

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE UN SISTEMA DE COMUNICACIÓN
A TRAVÉS DE LINEAS DE POTENCIA

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por el Br. Fernández A. Pablo M.
para optar al título de
Ingeniero Electricista

Caracas, 2006

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**ESTUDIO Y ANÁLISIS DE UN SISTEMA DE COMUNICACIÓN
A TRAVÉS DE LINEAS DE POTENCIA**

TUTOR ACADÉMICO: Prof. Freddy Brito.

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por el Br. Fernández A. Pablo M.
para optar al título de
Ingeniero Electricista

Caracas, 2006



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA
DEPARTAMENTO DE COMUNICACIONES




CONSTANCIA DE APROBACIÓN

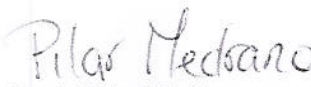
Caracas, 28 de junio de 2006


Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Eléctrica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por el Bachiller Fernández A. Pablo M., titulado:

**“ESTUDIO Y ANÁLISIS DE UN SISTEMA DE COMUNICACIÓN
ATRAVÉS DE LÍNEAS DE POTENCIA”**

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al Título de Ingeniero Electricista en la mención de Comunicaciones, y sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por el autor, lo declaran APROBADO.


Prof. Vanessa Carlson
Jurado


Prof. Pilar Medrano
Jurado


Prof. Freddy Brito
Tutor Académico

DEDICATORIA

A mis padres que han sido los que me han dado todo el apoyo para lograr todas las metas que me he propuesto y siempre han estado ahí, cada vez que los necesito, este es un regalo fruto de mi esfuerzo y del suyo.

A mi futura hija quien esta por venir a este mundo, quien también se ha convertido en una fuente más de inspiración, para lograr esta meta que me he propuesto.

A mis hermanos por ser también, un punto de apoyo en mi vida.

A mis amigos.

A Mónica.

Pablo M. Fernández A.

RECONOCIMIENTOS Y AGRADECIMIENTOS

Hago un reconocimiento a todos los profesores de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Central de Venezuela, quienes fueron mis mentores.

Al Profesor Francisco Varela por ser quién me propuso el tema para la realización de este Trabajo de Grado y al Profesor Freddy Brito quién se encargó de dirigirme para su realización.

A todos mis amigos quienes me han apoyado en la vida.

Pablo M. Fernández A.

Fernández A., Pablo M.

**ESTUDIO Y ANÁLISIS DE UN SISTEMA DE COMUNICACIÓN A
TRAVÉS DE LÍNEAS DE POTENCIA.**

Prof. Guía: Ing. Freddy Brito. Tesis.

**Caracas. U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Eléctrica.
Ingeniero Electricista. Opción Comunicaciones. Institución U.C.V. 2006. 100 h +
anexos.**

Palabras claves: PLC, Powerline, Sistema de Comunicación, Líneas de Potencia

Resumen: Se plantea un estudio técnico comparativo a nivel de equipos e interfaces acerca de la tecnología Power Line Communications (PLC) y como puede ser aplicada e implementada en Venezuela. Para ello se realizó una investigación acerca de cómo están constituidas las redes eléctricas en nuestro país y a la par una comparación con los servicios de comunicaciones de telefonía fija, esto con el fin de justificar una de las razones por la cuales sería conveniente la implementación de un sistema de comunicaciones con esta tecnología. Luego, parte de la investigación se concentra en como se conforman las redes basadas en tecnología Powerline, como es su arquitectura, cuales son los equipos necesarios para su despliegue, escenarios de redes PLC y se mencionan los estándares que actualmente se encuentran en Europa y en Norteamérica, con los cuales se documentó este trabajo. Además se propone un ejemplo de implementación general, para la implementación de un sistema con tecnología PLC.

INDICE GENERAL

	Pág.
<i>PAGINAS PRELIMINARES</i>	
CONSTANCIA DE APROBACIÓN	
DEDICATORIA	ii
RECONOCIMIENTOS Y AGRADECIMIENTOS	iii
RESUMEN	iv
INDICE GENERAL	v
INDICE DE TABLAS	x
INDICE DE FIGURAS	xi
ACRÓNIMOS	xii
<i>CUERPO DEL TRABAJO</i>	
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I	
DEFINICION DEL PROBLEMA	3
1.1. Planteamiento.	3
1.2. Objetivos.	4
1.2.1. Objetivo general.	4
1.2.2. Objetivos específicos.	4
CAPITULO II	
LINEAS ELECTRICAS	5
2.1. Sistema de suministro eléctrico	6
2.1.1. Generación.	7
2.1.2 Transporte.	7
2.1.3. Subestaciones.	9
2.1.4. Distribución	9
2.1.5. Centros de Transformación	10
2.1.6. Instalación de Enlace	10

2.2. Cantidad de subscriptores	11
2.3 Justificación para una alternativa de comunicaciones usando líneas eléctricas.	14
2.4. Definición de la tecnología PLC	16
2.4.1. Funcionamiento	17
2.4.1. Red de acceso	18
2.4.2. Red de Distribución	19
2.5. Dificultades de transmisión	20
CAPITULO III	
REDES DE COMUNICACIONES	26
3.1. Modelo OSI	26
3.1.1. Estructura del Modelo OSI de ISO	26
3.1.1.1. Estructura multinivel	26
3.1.1.2. Puntos de acceso	26
3.1.1.3. Dependencias de niveles y encabezados	27
3.1.2. Niveles del Modelo OSI.	27
3.1.2.1. Capa Física.	28
3.1.2.1.1. Codificación de la señal	29
3.1.2.1.2. Topología y medios compartidos	30
3.1.2.1.3. Equipos adicionales.	30
3.1.2.2. Capa de enlace de datos	31
3.1.2.2.1. Tramas	32
3.1.2.3. Capa de red	32
3.1.2.4. Capa de transporte	33
3.1.2.5. Capa de sesión	34
3.1.2.6. Capa de presentación	35
3.1.2.7. Capa de aplicación	36
3.2. Concepto de redes	37
3.2.1. Clasificación de las redes	37
3.2.1.1 Redes según la escala	37

3.2.1.2. Redes según la direccionalidad	39
3.2.2. Topología	39
3.2.2.1. Redes tipo anillo	39
3.2.2.2. Redes tipo Estrella	40
3.2.2.3. Redes tipo Bus	40
3.2.3. Protocolos de redes	41
3.2.4. Dispositivos de redes	42
CAPITULO IV	
SISTEMA POWERLINE COMMUNICATIONS	46
4.1. Arquitectura de red para un sistema PLC	46
4.2. Equipamiento Powerline	47
4.2.1. Equipo multifuncional de Backbone	47
4.2.2. Cabecera PLC	48
4.1.3. Repetidor PLC	50
4.2.4. Módem PLC	53
4.3. Tecnologías existentes para sistemas PLC	54
4.3.1. Descripción	55
4.3.2. Características de las tecnologías existentes para PLC	58
4.3.2.1. Personalización.	58
4.3.2.2. Mecanismos de configuración	59
4.3.2.3. Velocidad	60
4.3.3. Ventajas que ofrecen las tecnologías existentes para PLC	60
4.4. Multiplexación OFDM	61
4.4.1 Adecuación de la señal al medio	64
4.4.2. Ventajas de la Modulación OFDM.	66
4.5. Mecanismo de transmisión	66
4.6. Adaptación al medio eléctrico	68
4.6.1 Acoplamiento inductivo	69
4.6.2. Acoplamiento capacitivo.	70
4.7. Procedimiento para efectuar los acoplamientos	71

4.8. Accesorios PLC	73
4.9. Aplicaciones y beneficios de la tecnología PLC	73
4.10. Ventajas de un sistema con tecnología PLC	75
4.11. Desventajas de un sistema con tecnología PLC	75
4.12. Estructura de un sistema PLC, dentro del modelo OSI	76
CAPITULO V	
ESCENARIOS DE RED	77
5.1. Red de comunicaciones empleando líneas de media tensión.	77
5.2. Red de comunicaciones empleando líneas de baja tensión.	79
5.3. Red LAN en un edificio de oficinas	80
5.4. Red de Área Local utilizando dos Módems PLC	82
5.5. Red VPN	84
5.5.1. Tecnología de túnel.	85
5.5.2. Requerimientos básicos de una VPN.	85
5.5.3. Herramientas de una VPN.	86
CAPITULO VI	
ESTANDARIZACION	87
6.1. PLC Forum.	87
6.2. Normativas Europeas.	87
6.2.1. Estándares ETSI.	88
6.2.1.1. ETSI TR-102 049	88
6.2.1.2. ETSI TR-102 175	89
6.2.1.3. ETSI TR-102 258	90
6.2.1.4. ETSI TR-102 259	90
6.2.1.5. ETSI TR-102 269.	90
6.2.1.6. ETSI TR-102 270	90
6.2.1.7. ETSI TR-102 324	91
6.2.1.8. ETSI TR-102 494	91
6.2.1.9. ETSI TS-102 867.	91
6.2.1.10. ETSI TS-102 896	92

6.3. Normativas norteamericanas	92
6.3.1. HomePlug 1.0.	93
6.4. Ejemplo de implementación se un sistema PLC en Venezuela.	94
6.4.1. Reconocimiento de la red eléctrica	94
6.4.2. Instalación del Equipo de cabecera	94
6.4.3. Instalación del equipo repetidor	95
6.4.4. Comprobación de cobertura	95
6.4.5. Realización de un mapa de la red PLC	95
6.4.6. Instalación de los módem de usuario PLC	96
6.5. Ejemplo de un despliegue completo PLC en un entorno doméstico	96
<i>ELEMENTOS FINALES</i>	
RECOMENDACIONES	97
CONCLUSIONES	98
BIBLIOGRAFÍAS	101
ANEXOS	103

INDICE DE TABLAS

TABLAS	Pág.
1. Tensiones de los Sistemas.	11
2. Total de clientes con acceso a servicio de electricidad. Por entidad federal.	12
3. Servicios eléctrico y telefónico, por región para el año 2002.	13
4. Servicios públicos por vivienda a nivel nacional.	14

INDICE DE FIGURAS

FIGURAS	Pág.
1. Diagrama esquematizado del sistema de suministro eléctrico	7
2. Esquema de red de acceso.	19
3. Ejemplo de una función de transferencia de una línea eléctrica.	21
4. Señales de ruido, medidas en Alemania, (ETSI tr102269).	24
5. Esquema de conexión de un repetidor Home Gateway.	52
6. Forma de empleo del AB para sistemas de 1G y 2G para PLC.	56
7. Canales de transmisión para un sistema PLC.	57
8. Representación de bits.	63
9. Modulación de los bits de la señal.	63
10. Conversión entre dominio de frecuencia y tiempo.	64
11. Función de transferencia y valor de umbral para la emisión.	65
12. Trama Powerline.	67
13. Acoplamiento inductivo general.	70
14. Bypass del transformador.	72
15. Estructura del modelo OSI para un sistema Powerline.	76
16. Esquema de un sistema Powerline en media tensión.	79
17. Esquema de un sistema PLC en Baja tensión.	80
18. Extendiendo una conexión de Internet a una red Powerline.	84
19. Red In Home extendida.	84
20. Funcionamiento de una red VPN.	86
21. Esquema general de un despliegue PLC	87

ACRÓNIMOS

ADSL: Asymmetrical Digita Subscriber Line
AP: Acces Point.
AT: Alta Tensión
ASCII: American Standard Code for Information Interchange
ASN.1: Abstract Syntax Notation 1
ATM: Asynchronous Transfer Mode
B(t): Campo Magnético variable en el tiempo.
BLP: Broadband Line Power.
BT: Baja Tensión.
CADAFE: Compañía Anónima de Administración y Fomento Eléctrico
CAVEINEL: Cámara Venezolana de la Indústria Eléctrica.
CE: Comisión Europea.
CEN: Comisión Europea de Normalización.
CENELEC: Comité Européen de Normalisation Électrotechnique
COVENIN: Comision Venezolana de Normas Industriales.
CONATEL: Comisión Nacional de Telecomunicaciones.
CPE: Customer Premises Equipment.
CSMA/CD: Carrier Sense Multiple Access/ Collision Detect.
DHCP: Direct Host Control Protocol.
DNS: Domain Name Server.
DS2: Marca fabricante de chipsets Powerline
E(t): Campo Electrico variable en el tiempo
EBDIC: Extended Binary Coded Decimal Interchange Code.
EMC: Electro Magnetic Compability
EMI: Electro Magnetic Interferente.
EP: End Point
ETD: Equipo Terminal de Datos.
ETSI: European Telecommunications Standards Institute
FCC: Federal Communications Comision.
FDD: Frecuency Division Duplex
FO: Fiber Optic.
FTAM: File Transfer Access and Management.
FTP: File Transfer Protocol.
GHz: Giga Hertz.
HDLC: High-Level Data Link Control.
HDTV: High Definition Tele Vision.

HE: Head End.
HG: Home Gateway.
HTML: Hyper Text Markup Language
HTTP: Hyper Text Transfer Protocol.
HW: Hardware.
Hz: Hertz.
IBM: International Business Machines Corporation.
IEEE: Institute of Electrical and Electronic Engineers.
IFFT: Inverse Fast Fourier Transform.
IP: Internet Protocol.
IPX: Internetwork Packet Exchange.
ISP: Internet Service Provider.
ITU: Internacional Telecommunication Union.
LAN: Local Area Network.
LCL: Longitudinal Conversion Loss
LMDS: Local Multipoint Distribution System.
MAC: Médium Access Control.
MAN: Metropolitan Area Network.
MAU: Médium Acces Unit.
MHz: Mega Hertz.
MT: Media Tensión.
NIC: Network Interface Card.
NRZ: Non Return Zero.
OFDM: Orthogonal Frecuency
OSI: Open System Interconection.
P2P: Peer to Peer.
PAM: Pulse Amplitude Modulation.
PAN: Personal Area Network
PCM: Pulse Code Modulation.
PCS: Physic Carrier Sense.
PDA: Personal Digital Assistant
PHY: PHYsical Layer
PLC: Power Line Communiations.
PLC-HN: : Power Line Communiations/ Home Network
PLT: Power Line Telecommuniations.
POP: Post Office Protocol.
PPP: Point to Point Protocol.
PSK: Phase Shift Keying.
QAM: Quadrature Amplitude Modulation.

QoS: Quality of Service.
RDSI: Red Digital de Servicios Integrados.
RF: Radio Frecuencia.
RJ11: Interfaz física para conexiones telefónicas.
RJ45: Interfaz física para conexiones de cableado estructurado.
RPC: Remote Procedure Call.
RS232: Interfaz de Red para intercambios binarios.
RTC: Red Telefónica Conmutada.
SMTP: Simple Mail Transfer Protocol.
SNMP: Simple Network Management Protocol.
SOHO: Small Office Home Office.
SSH: Secure SHell.
SW: Software.
TCF: Technical Contruction File.
TCP: Transfer Control Protocol.
TDD: Time Division Duplex.
TEM: Transverse Electro Magnetic.
TV: TeleVision
U.C.V: Universidad Central de Venezuela.
USB: Universal Serial Bus.
VCS: Virtual Carrier Sense
VLAN: Virual LAN
VoIP: Voice over Internet Protocol
VPN: Virtual Private Network.
WAN: Wide Area Network.
WiFi: Marca de la Wi-Fi Alliance.
WiMAX: Worldwide Interoperability for Microwave Access.
xDSL: x Digital subscriber Line

INTRODUCCION

El presente trabajo tiene como finalidad, hacer un estudio y análisis a nivel técnico de una alternativa de comunicaciones, empleando una infraestructura ya desplegada como lo es la red eléctrica en Venezuela. Esto con la intención de proponer una tecnología de comunicaciones novedosa, que aún cuando lleva años funcionando en entornos de alta tensión, se encuentra emergiendo dentro de los entornos de baja y media tensión, esta tecnología hoy día se conoce como PLC, Power Line Communications.

El propósito general de este estudio está orientado hacia las líneas de media y baja tensión, que es precisamente, donde se encontraban los mayores inconvenientes para la transmisión de señales de comunicación, por ser ambientes muy hostiles para la propagación de estas señales.

En el Capítulo I se exponen los objetivos general y específicos, que contemplan el alcance que se pretende, con el presente trabajo, se hace además una justificación, del porqué un sistema PLC es apropiado para a solución de las insuficiencias en materia de telecomunicaciones, que actualmente existen en Venezuela.

En el Capítulo II se hace una comparación, entre el porcentaje de personas que tienen acceso a un medio de telecomunicaciones como lo es el par telefónico, (abonado fijo) y el porcentaje de personas que poseen servicio de energía eléctrica, a nivel de zonas geográficas. En consecuencia se observa que en Venezuela, la energía eléctrica llega a un número mayor de personas que el servicio telefónico. En este mismo Capítulo, se explica como están conformadas las redes eléctricas en Venezuela; Sistema de suministro eléctrico, componentes, tensiones nominales para los diferentes servicios que se ofrecen, y como están distribuidas en el país. Además,

se menciona cual es la cantidad de subscriptores a nivel nacional que poseen suministro eléctrico, los cuales serían, clientes potenciales para el uso de esta tecnología alternativa, como lo es PLC.

En el Capítulo III se tratan los conceptos generales de las redes de comunicaciones, topologías, como se clasifican y los componentes que la conforman, además se explica como es la estructura del modelo OSI para sistemas de comunicación y la definición de sus distintas capas.

Posteriormente en el Capítulo IV se define como es el funcionamiento de un sistema Powerline, como es su arquitectura y los componentes que la conforman, como cumple con el modelo OSI, las tecnologías existentes, como es el mecanismo de modulación, cuales son las dificultades que se presentan.

En el Capítulo V se explica como se conforman las redes basadas en la tecnología PLC en distintos escenarios, cuales son las topologías comunes, entornos en media tensión y en baja tensión, como conformar redes LAN en edificios con entornos de oficinas, como implementar redes privadas.

En el Capítulo VI se mencionan los organismos de estandarización que actualmente trabajan en la elaboración de las normativas y estándares existentes, que no son muchos. También se propone un ejemplo de aplicación, en donde se detallan los pasos a seguir para implantar un sistema con esta tecnología en nuestro país.

Por último se exponen una serie de recomendaciones para la implementación de sistemas con tecnología Power Line Communications en nuestro País.

CAPITULO I

DEFINICION DEL PROBLEMA.

1.1. Planteamiento.

Existe la necesidad de disponer de una herramienta que sea capaz de proveer servicios de comunicaciones, que se adapte a las condiciones económicas actuales en nuestro país. Con el advenimiento de la era de la informática, los cambios en teorías, la presentación de nuevos descubrimientos, la generación de corrientes ideológicas, hechos noticiosos ocurridos en cualquier parte del mundo, avances tecnológicos, etc. son presentados rápidamente y publicados para todas las personas a través de Internet. No hay lugar a duda, de la gran importancia que juega este medio, para el desarrollo del conocimiento, la comunicación y la información.

En vista de la imposibilidad de muchas personas de acceder a un medio de comunicación, en zonas rurales y/o en plena urbanización, como es el caso de una línea telefónica fija o inalámbrica, se hace necesario la realización de un estudio de los diferentes equipos e interfaces para la implementación de un sistema PLC, siglas de Power Line Communications, el cual es una alternativa de conexión a la Internet en banda ancha y telefonía empleando una infraestructura ya desplegada como lo son las redes de electricidad, para una gran cantidad de usuarios en Venezuela.

Esta tecnología aun cuando no es nueva en el país, sólo estuvo disponible para líneas de alta tensión. Debido a que por tener un ancho de banda muy bajo, se empleaba para transmisiones de datos y control entre las subestaciones de energía. No era usada en líneas de media y baja tensión debido a los inconvenientes, que se presentaban y en la actualidad son posibles de solventar.

Es por ello, al ser una tecnología relativamente nueva, que se hace necesario la realización de un estudio, debido a la importancia que tiene para el desarrollo de las telecomunicaciones en nuestro país, además que, la posibilidad de interconectar a las personas y a los países mediante el tendido eléctrico, harían más accesibles a servicios como Internet y lo transformaría en un medio masivo, capaz de llegar a cualquier zona que posea un servicio de energía eléctrica.

Los beneficios que traería esta tecnología son múltiples. Las empresas proveedoras de electricidad podrían comercializar esta tecnología y en consecuencia ingresar fuertemente en el ámbito de las telecomunicaciones y lo que es mejor, sin que ello requiera de grandes inversiones de dinero, pues el despliegue de la infraestructura de cables ya está realizado.

1.2. Objetivos.

1.2.1. Objetivo general.

Elaborar un estudio técnico-comparativo de las alternativas que puede ofrecer la tecnología PLC (Power Line Communications), a nivel de equipos e interfaces.

1.2.2. Objetivos específicos.

Evaluar las distintas interfaces que actualmente existen a fin de determinar ventajas y desventajas.

Relacionar la tecnología PLC (Power Line Communications), con aplicaciones y servicios que se soportarían en Venezuela.

Analizar la generación de sistemas abiertos y estándares en los sistemas PLC a fin de realizar una propuesta para su implementación.

CAPITULO II

LÍNEAS ELÉCTRICAS

La mayor complejidad tecnológica que día a día nos está envolviendo requiere una mayor especialización de cualquier componente que forme parte de un equipo. El cable eléctrico tradicional no ha sido una excepción. Cada nuevo avance técnico o la implantación de una nueva tecnología, ha requerido de una mayor especialización para los cables eléctricos.

La tradicional división entre cables de energía y de comunicaciones es un tanto simplista. La aparición de las tecnologías de la información y del mayor grado de control y automatización requerido a los equipos en aplicaciones industriales y en entornos de oficina y domésticos, ha dado pie a la aparición de un tercer grupo de cables denominados cables para la transmisión de datos. Esta familia de cables ha tomado características constructivas y técnicas de sus otros dos hermanos, especialmente de los cables de comunicación, llevándolos a tener una personalidad propia.

En principio podemos decir que los cables utilizados para la automatización, incluyendo la instrumentación, transmisión de señales y datos a través de redes de ordenadores, son cables de transmisión de datos.

Los cables de energía transportan energía, los de comunicación transmiten voz y señales de comunicación. En los cables de datos, la información transmitida puede abarcar sonido, imagen, texto, medidas o datos de control, incluyendo también las señales de detección de fuego o de disparo de alarmas. La línea de separación entre cables de comunicación y cables de datos no siempre es clara, existen muchos cables y aplicaciones en las que ambas familias se superponen.

Definir en estos casos si un cable es de datos o comunicación es difícil, en especial cuando un mismo cable puede transmitir perfectamente varios conceptos: señales, voz y datos.

2.1. Sistema de suministro eléctrico.

El sistema de suministro eléctrico comprende el conjunto de medios y elementos útiles para la generación, el transporte y la distribución de la energía eléctrica. Este conjunto está dotado de mecanismos de control, seguridad y protección.

Constituye un sistema integrado que además de disponer de sistemas de control distribuido, está regulado por un sistema de control centralizado que garantiza una explotación racional de los recursos de generación y una calidad de servicio acorde con la demanda de los usuarios, compensando las posibles incidencias y fallas producidas.

Con este objetivo, tanto la red de transporte como las subestaciones asociadas a ella pueden ser propiedad, en todo o en parte y, en todo caso, estar operadas y gestionadas por un ente independiente de las compañías propietarias de las centrales y de las distribuidoras o comercializadoras de electricidad.

En la figura siguiente, Figura # 1, se pueden observar en un diagrama esquematizado las distintas partes que componen un sistema de suministro eléctrico; Comenzando desde la central generadora (generación de la señal eléctrica), pasando por un transformador elevador, luego viene la red de transporte, luego la señal pasa por una subestación de transformación, posteriormente sigue por la red de reparto, luego pasa por otra subestación transformadora de distribución, viaja por la red de distribución y llega a los clientes industriales y luego para que la señal llegue a los clientes residenciales vuelve a pasar por un transformador de media a baja tensión, donde esta baja tensión es la que normalmente empleamos en nuestros hogares.

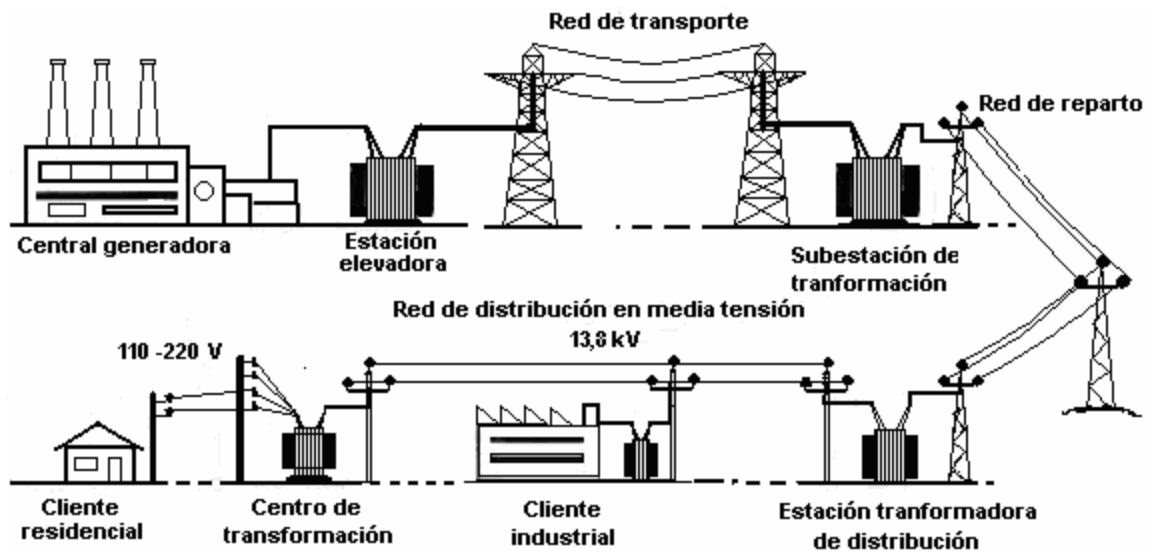


Figura # 1. Diagrama esquematizado del Sistema de suministro eléctrico.

A continuación se describen brevemente cada una de las etapas o escalones del sistema.

2.1.1. Generación.

La energía eléctrica se genera en las Centrales Eléctricas. Una central eléctrica es una instalación que utiliza una fuente de energía primaria para hacer girar una turbina que, a su vez, hace girar un alternador, generando así electricidad.

El hecho de que la electricidad, a nivel industrial, no pueda ser almacenada y deba consumirse en el momento en que se produce, obliga a disponer de capacidades de producción con potencias elevadas para hacer frente a las puntas de consumo con flexibilidad de funcionamiento para adaptarse a la demanda.

2.1.2 Transporte.

La red de transporte es la encargada de enlazar las centrales con los puntos de utilización de energía eléctrica, repartidas a lo largo y ancho del país.

Por el hecho de cubrir áreas extensas es necesario que las líneas de transporte estén interconectadas entre sí con estructura en forma enmallada, de manera que puedan transportar la energía eléctrica entre puntos muy alejados y con las menores pérdidas posibles.

Pero a su vez existe un problema adicional y es que al tener que cubrir grandes distancias, las líneas, por características intrínsecas, presentan una cierta resistencia al paso de la energía eléctrica. Es por ello que, para transmitir una cantidad determinada de potencia, es necesario la utilización de centros de transformación que elevan los niveles tensión (y a su vez reducen el nivel de la corriente que fluye por la línea), esto logra como consecuencia, una disminución en las pérdidas por Efecto Joule.

Parte fundamental de la red de transporte de energía eléctrica son las líneas de energía eléctrica de Alta Tensión (AT), son el medio físico mediante el cual se realiza la transmisión de la energía eléctrica a grandes distancias. Está constituida tanto por el elemento conductor, usualmente cables de cobre o aluminio, como por sus elementos de soporte, las Torres de alta tensión. Al estar estas formadas por estructuras hechas de perfiles de acero, como medio de sustentación del conductor se emplean aisladores de disco y herrajes para soportarlos.

La red de transporte de energía eléctrica es en conclusión, la parte del sistema de suministro eléctrico constituida por los elementos necesarios para llevar hasta los puntos de consumo, y a través de grandes distancias, la energía generada en las centrales hidroeléctricas, térmicas y de ciclo combinado.

Los niveles de tensión de electricidad que se manejan en la red de transporte son de Alta Tensión (AT) y en Venezuela, son mayores a 69 kV. Por lo general están entre los 115 y 765 kV. Una red de transmisión emplea usualmente, líneas con tensiones del orden de 115 kV y superiores 230 kV, 400 kV y 765 kV,

2.1.3. Subestaciones.

Las instalaciones llamadas subestaciones son plantas transformadoras que se encuentran junto a las centrales generadoras y en la periferia de las diversas zonas de consumo, enlazadas entre ellas por la Red de Transporte.

En ellas, se reduce el nivel de tensión de electricidad de transporte (Alta tensión (AT)) al nivel de tensión de electricidad de distribución (Media tensión (MT)).

Las subestaciones eléctricas se ubican en las inmediaciones de las centrales eléctricas para elevar el voltaje a la salida de sus generadores y en las cercanías de las poblaciones y los consumidores, para bajarlo de nuevo. La razón técnica para realizar esta operación es la conveniencia de realizar el transporte de energía eléctrica a larga distancia a voltajes elevados para reducir las pérdidas resistivas, que dependen de la intensidad de corriente.

2.1.4. Distribución.

Desde la subestaciones ubicadas cerca de las áreas de consumo, el servicio eléctrico es responsabilidad de la compañía suministradora (distribuidora o comercializadora) que ha de construir y mantener las líneas necesarias para llegar a los clientes.

Estas líneas, con distintos niveles de tensión (niveles nominales para media tensión) y las instalaciones en que se reduce la tensión hasta los valores utilizables por los usuarios, constituyen la red de distribución. Las líneas de la Red de Distribución pueden ser aéreas o subterráneas.

Para las redes de distribución en Venezuela las tensiones nominales de funcionamiento están desde 2,4 kV., hasta 34,5 kV.

La red de distribución de energía eléctrica en Venezuela, es en su mayoría, operada por la empresa CADAPE, la cual tiene líneas con tensiones nominales de funcionamiento de 13,8 kV. y líneas de 34,5 kV., con sus respectivos centros de transformación.

2.1.5. Centros de Transformación.

Los Centros de Transformación, dotados de transformadores alimentados por las líneas de distribución en Media Tensión, son los encargados de realizar la última transformación, efectuando el paso de las tensiones de distribución a la tensión de utilización. En este caso de media tensión (MT) (en configuración delta (Δ) sin neutro) a Baja tensión (BT) (generalmente en configuración estrella (Y), con neutro).

2.1.6. Instalación de Enlace.

El punto que une las redes de distribución con las instalaciones interiores de los clientes se denomina Instalación de Enlace y está compuesta por: Acometida, Caja general de protección, Línea repartidora y Derivaciones individuales.

Para Baja Tensión (BT), que son los niveles de tensión de usuario se tienen 2 tipos de sistemas: Sistemas monofásicos y Sistemas trifásicos.

Los sistemas monofásicos se dividen a su vez en sistemas a dos hilos y tres hilos; en modalidades de fase activa y neutra, dos fases activas y sistemas a tres hilos en modalidades de dos activas y neutro. Para los sistemas trifásicos, existen a tres hilos tres fases activas y sistemas a cuatro hilos tres fases activas y neutro, configuración delta (Δ) y configuración estrella (Y).

Los niveles de tensión nominal, estandarizados en Venezuela, para sistemas de Baja Tensión (BT), (inferiores a 1kV.) según la norma COVENIN 159-1997 [anexo No.1], se encuentran expuestos en la Tabla 1. A continuación.

Tabla # 1. Tensiones nominales de los sistemas eléctricos.

Sistema		Tensión nominal	Campo de aplicación
Fases	Nº de hilos	V	recomendado
Monofásico	2	120	Residencial
	3	120/240	Residencial, pequeños comercios y alumbrado público.
	3	240/480	Alumbrado público y campos deportivos
Trifásico	4	208Y/120	Residencial, comercial edificaciones públicas y pequeñas industrias.
	3	240 Δ	Uso restringido
	4	480Y/277	Comercial, edificios públicos e industrial
	3	480 Δ y 600 Δ	Industrial.

2.2. Cantidad de subscriptores.

En Venezuela, CAVEINEL (Cámara Venezolana de la Industria Eléctrica) es una institución que actualmente, agrupa a todas las empresas de servicio eléctrico, su principal objetivo es ejercer la representación institucional de sus afiliados y velar por los intereses generales de la industria eléctrica y su personal, en armonía con los intereses de la colectividad.

Esta institución, la cual posee información estadística a nivel de cantidad de subscriptores de servicio eléctrico, estima que la cantidad de subscriptores nivel nacional para el año de 2004 es de 4.811.288, número que no proporciona la cantidad de personas que se benefician del servicio, sino de aquellos abonados, que pagan a alguna de las empresas vendedoras de electricidad, afiliadas a esta institución.

Según la Tabla # 2, se puede observar la cantidad de subscriptores de electricidad a nivel nacional por entidad federal, lo cual puede dar una idea de cómo se encuentra repartido el suministro de electricidad en Venezuela.

Esta tabla, proporciona información acerca del tipo de servicio, residencial, comercial, industrial y su respectiva cantidad de subscriptores.

Tabla # 2. Total de clientes con acceso a servicio de electricidad. Por entidad federal.

Entidades Federales	Residencial	Comercial	Industrial	Otros	Total
Amazonas	15.446	1.310	3	398	17.157
Anzoátegui	189.188	19.202	375	1.816	210.581
Apure	53.130	3.101	133	1.310	57.674
Aragua	260.064	28.093	1.069	3.815	293.041
Barinas	104.359	9.025	168	1.898	115.450
Bolívar	173.354	18.333	685	1.366	193.738
Carabobo	345.904	38.470	1.256	3.268	388.898
Cojedes	46.570	3.216	83	1.984	51.853
Falcón	140.087	9.743	154	3.280	153.264
Guárico	96.489	7.949	204	1.849	106.491
Lara	333.495	43.275	166	633	377.569
Mérida	136.033	12.818	257	1.895	151.003
Dto. Capital –					
Miranda,Vargas	999.945	153.002	8.652	8.731	1.170.330
Monagas-Delta Amacuro	124.325	9.367	280	2.260	136.232
Nueva Esparta	100.490	10.046	143	1.336	112.015
Portuguesa	132.357	8.672	420	3.085	144.534
Sucre	111.159	6.577	221	2.270	120.227
Táchira	199.792	20.944	1.181	4.528	226.445
Trujillo	123.953	8.853	240	2.818	135.864
Yaracuy	98.366	7.324	793	2.969	109.452
Zulia	470.304	67.572	301	1.263	539.440
Total	4.254.810	486.892	16.784	52.772	4.811.258

Fuente, CAVEINEL, Consumo de energía y clientes por entidad federal y categoría de servicio, año 2004.

Se puede observar que el servicio de energía eléctrica llega a una cantidad notable de personas, teniendo en cuenta que, según en INE (Instituto Nacional de Estadística) el censo nacional de 2001 arroja como resultados los siguientes valores, expuestos en la Tabla # 3, la cual sólo expone, entre otros, la cantidad de viviendas que poseen servicio de electricidad; estos valores fueron gravados en 2001 según el Censo Nacional de ese año. Se Pueden observar diferencias con respecto a la tabla anterior, pero esto es, con el fin de obtener porcentajes a fin hacer una comparación con respecto al servicio de telefonía fija.

Según la Tabla # 3 a continuación se observa que, en la cantidad de viviendas censadas el porcentaje de ellas que poseen servicio de electricidad es bastante mayor al de viviendas con servicio de telefonía fija, y es bueno aclarar que con respecto a la telefonía fija, estos sean con par de hilos de cobre. Esto con el fin de establecer una comparación a nivel de despliegue de redes eléctricas y de telefonía en cuanto al cableado.

Tabla # 3. Servicios públicos por vivienda a nivel nacional.

Disponibilidad y tipo de servicio público	Total	Quinta o Casa-Quinta	Casa	Apto.* en edificio	Apto.* en quinta, casa-quinta o casa	Casa de vecindad	Rancho
Servicio eléctrico	5.175.130	359.829	3.597.603	672.513	72.604	182	472.399
Tiene	5.008.066	359.112	3.505.301	672.155	72.367	181	398.950
No tiene	167.064	717	92.302	358	237	1	73.449
Teléfono fijo							
Total	5.175.130	359.829	3.597.603	672.513	72.604	182	472.399
Tiene	1.842.943	269.059	1.004.493	527.034	31.829	51	10.477
No tiene	3.332.187	90.770	2.593.110	145.479	40.775	131	461.922
Venezuela	5.175.130	359.829	3.597.603	672.513	72.604	182	472.399

*Apto.: Apartamento

Fuente: INE Instituto Nacional de Estadística de Venezuela Censo 2001, extracto de la tabla de Viviendas familiares ocupadas, por tipo de vivienda, según disponibilidad y servicio público.

Se observa que el porcentaje de viviendas que posee servicio eléctrico es de un 96,77% y el porcentaje de viviendas con acceso a un teléfono fijo es de un 35,61%. Esto establece de manera definitiva que el porcentaje de personas con acceso a una línea de electricidad, es mayor que el de personas con acceso a una línea de telefónica fija.

A nivel de localización geográfica, podemos establecer una comparación entre las áreas de mayor concentración de suscriptores de electricidad y telefonía fija, lo cual se muestra a continuación en la Tabla # 4.

Tabla # 4. Servicios eléctrico y telefónico, por región para el año 2002.

REGIÓN	SERVICIO ELECTRICO AÑO 2002		SERVICIO TELEFONICO AÑO 2002	
	Clientes	%	Clientes	%
CAPITAL	1.263.602	26,69	921.341	36,61
CENTRAL	661.910	13,98	227.185	9,03
CENTRO-LLANO	176.327	3,72	228.032	9,06
CENTRO- OCCIDENTAL	714.173	15,08	203.373	8,08
NOR- OCCIDENTAL	673.967	14,23	311.102	12,36
LOS ANDES	493.528	10,42	248.360	9,87
ORIENTAL	751.259	15,87	377.148	14,98
TOTALES	4.734.766	100,00	2.516.560	100,00

2.3 Justificación para una alternativa de comunicación usando líneas eléctricas.

Se puede decir que la red de transmisión de electricidad en Venezuela, es muy extensa, además de cubrir gran cantidad del territorio nacional, llega a una gran cantidad de personas.

Esto en contraposición con las líneas telefónicas, que no tienen un gran porcentaje de localización geográfica, y que en su mayoría no cubren zonas rurales como en el caso de las líneas eléctricas.

Es por ello, para ciertas zonas en Venezuela en donde las líneas de comunicación no son de fácil accesibilidad pero si las líneas eléctricas, que existiendo una tecnología que permita establecer un enlace de telecomunicaciones a través de las líneas eléctricas, se puede lograr que, una gran cantidad de personas puedan tener acceso al mundo de las comunicaciones, de manera rápida, sencilla y sin un gran costo, debido a que la infraestructura de cableado, ya esta realizada.

En los últimos años se ha producido un avance notable en materia de comunicaciones, fomentando principalmente el auge de Internet. Pero este auge lleva a la par un deseo por parte de los usuarios de mejores y mayores prestaciones, para lo que se ha de recordar que, el acceso a esta red siempre ha tenido como base las redes telefónicas, las cuales han sufrido grandes cambios en los últimos años.

Para cubrir los accesos a la telaraña mundial en la que se ha convertido Internet, se han usado entonces, las redes de telefonía existentes en nuestro país, fijas e inalámbricas, de mayor y menor ancho de banda. Es por ello que se han ido buscando diversas alternativas que puedan permitir accesos de calidad, y que lleguen fácilmente al usuario final, por supuesto sin la necesidad de grandes inversiones de capital, como por ejemplo requieren el despliegue de tendidos de fibra óptica.

Surge entonces la necesidad de encontrar otros caminos que permitan anchos de banda razonables y a la vez que no necesiten del despliegue de infraestructuras complejas. En consecuencia, surge a la idea de usar el tendido eléctrico como alternativa de medio de transmisión, una tecnología llamada Power Line Communications, por sus siglas PLC, también conocida como BLP (BroadBand Line Power) en Norteamérica y PLT (Power Line Telecommunications), en Europa.

Surge entonces esta tecnología como una posible solución al tema de las telecomunicaciones, con la cual se puede transmitir información por el tendido eléctrico, logrando así, llegar a zonas las cuales no tienen acceso a servicios de telecomunicaciones, bien sea que por cualquier causa, no se hayan llevado a cabo.

2.4. Definición de la tecnología PLC.

La tecnología PLC (Power Line Communications), permite transmitir información a través de la infraestructura eléctrica ya existente, convirtiendo los enchufes convencionales en puntos de conexión para servicios de telecomunicaciones (Internet de alta velocidad, telefonía,).

Se trata de una tecnología usada desde hace tiempo, en la que sólo se obtenían pequeños anchos de banda. En la actualidad la tecnología PLC nos permite transmitir datos a alta velocidad, constituyendo ya una alternativa real dentro de las tecnologías de “última milla”.

Paralelamente a los servicios de banda ancha, se retoma la posibilidad de ofrecer nuevos servicios como el control remoto, seguridad en el hogar o en el trabajo y transmisión de datos o voz entre diferentes estancias, para los cuáles sería posible emplear un cableado ya existente: la red eléctrica.

El hecho de emplear un cableado ya presente en la gran mayoría de los edificios y casas, como es el tendido de la red eléctrica abarata en gran medida el coste del sistema, ya que no es necesaria una instalación exclusiva para dichos servicios. Sin embargo, este medio es bastante desconocido como canal de comunicación.

La instalación es sencilla. Desde los centros de transformación, que pueden dar servicio a una comunidad de viviendas, se transmite la señal inyectada en los

cables de media tensión mediante el uso de diversos equipos que son los que procesan las señales de comunicaciones para ser llevadas por ambas redes de media y de baja tensión.

En cada edificio o vivienda participante, se instala un equipo repetidor desde el que se obtiene la señal que será inyectada en los cables del cliente final. La señal se induce en los cables, no es necesario en esta última fase, que los cables que llevan la señal, contacten con el cobre que sube a los clientes / participantes. Con esto, la instalación evita riesgos innecesarios.

La señal inducida, en ningún caso es perjudicial para la salud de las familias residentes en comunidades o pisos inyectados y por supuesto, tampoco trae ningún riesgo para los aparatos conectados en las viviendas ni por sobretensiones ni interferencias.

2.4.1. Funcionamiento.

Como ya se ha mencionado, PLC utiliza las redes de distribución de electricidad para la transmisión de datos. La energía eléctrica llega a los usuarios en forma de corriente alterna de baja frecuencia (60 Hz, en Venezuela.). PLC utiliza portadoras de alta frecuencia (la banda utilizable cubre desde 1 hasta 34 MHz) para transportar los datos. La técnica es similar a la que se usa en ADSL (Asynchronous Digital Subscriber Line), solo que para ADSL la señal de baja frecuencia es la banda utilizada para la voz, entre 300 y 3600 HZ.

Al igual que ADSL, PLC utiliza codificación OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing), para transmitir los datos.

Esta modulación es la más inmune a las interferencias presentes en las redes eléctricas y aporta el mayor nivel de rendimiento y eficiencia espectral, más adelante se explica con mayor detalle el funcionamiento de esta técnica de modulación.

La existencia de la tecnología PLC en Media Tensión convierte esta parte de la red en anillos metropolitanos, afianzando aún más a PLC como una alternativa real de Banda Ancha y solución de acceso.

La Baja Tensión se utiliza como red de acceso para los hogares e industrias, (como sustituto del lazo de abonado), mientras que los tramos de Media tensión hacen las veces de red de distribución, transportando los datos desde y hacia el enlace de datos de la red.

2.4.1. Red de acceso.

La red de Acceso PLC se despliega utilizando el tendido eléctrico de Baja Tensión y cubre desde el transformador de Media a Baja tensión (Ej. 13,8 kV/ 110V), tramo al que se llamará Outdoor, en el cual para la transmisión se emplea un rango de frecuencias entre 1.6 y 18 MHz., luego, pasando por el cuarto de contadores hasta el enchufe eléctrico en casa del abonado, tramo al que se llamará Indoor, en el cual para la transmisión se utilizan frecuencias más elevadas entre 18 y 36 MHz.

En la Figura # 2, se puede apreciar un esquema de cómo esta conformada una red de acceso en un sistema Powerline PLC.

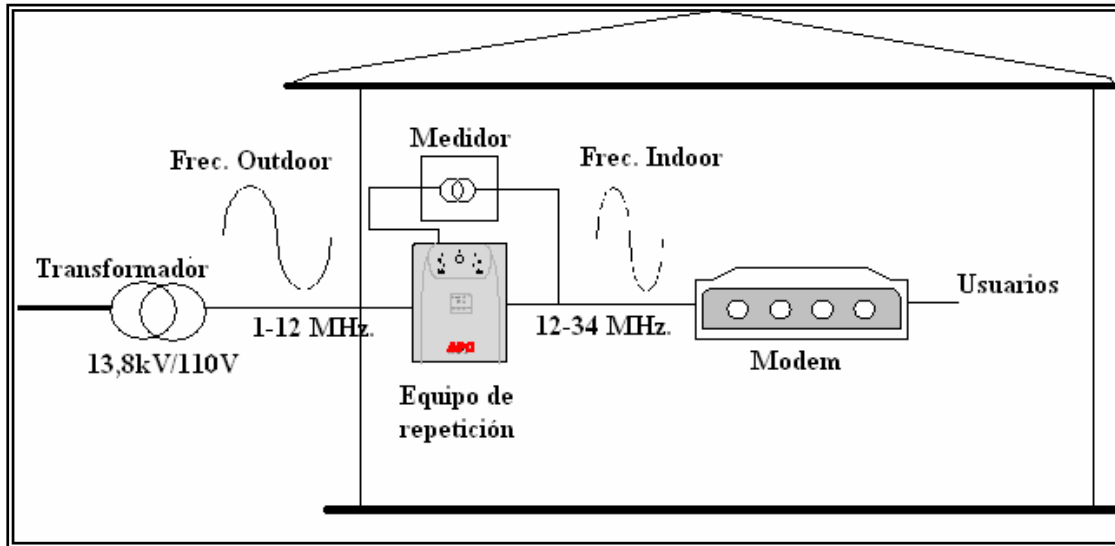


Figura # 2. Esquema de red de acceso.

2.4.2. Red de Distribución.

La red de distribución es la encargada de interconectar múltiples redes o usuarios dispersos con la red de Backbone. En el caso de las redes PLC, la red distribución interconecta los equipos denominados HE (Head-End), que dan servicio a las redes de baja tensión.

PLC ofrece una alternativa a los actuales anillos metropolitanos al posibilitar el uso de la red de Media Tensión para la transmisión de datos. Esto es ventajoso en lugares en los que por una baja densidad de clientes, no sea rentable desplegar fibra para llegar a los transformadores de Baja Tensión.

La tecnología utilizada en los equipos de Media Tensión es esencialmente la misma que los de baja, pero adaptados para mejorar su rendimiento, fiabilidad y latencia.

El nodo de media tensión puede desempeñar distintas funciones dependiendo de su situación en la red. Así un nodo de media tensión puede actuar de equipo de cabecera, de repetidor o de equipo final para la red de media tensión y tener o no derivaciones hacia la red de baja tensión, actuando como equipo de cabecera de la misma.

2.5. Dificultades de transmisión

Para cualquier diseño de un sistema de comunicaciones, es necesaria la caracterización del medio físico por el que se va a llevar a cabo la transmisión de datos. Es fundamental entonces tomar en cuenta, las siguientes propiedades:

- Respuesta frecuencial del canal, tanto en módulo como en fase.
- Interferencias con un impacto significativo en las comunicaciones.
- Impedancia del canal, en el caso concreto de las comunicaciones Powerline, de la red eléctrica.

A fin de entender correctamente el funcionamiento de la tecnología Powerline, se ha de ver en primer lugar que la red eléctrica, que en este caso va a ser nuestro canal de información, es un medio “hostil”, ya que la comunicación a través una línea eléctrica conlleva la convivencia de la señal de comunicaciones con otro conjunto de ellas que viaja por la misma base y que son provocadas por ruidos e interferencias generadas por diversas fuentes, como por ejemplo la variada cantidad de equipos electrónicos que generan una cantidad importante de armónicos que son “inyectados” a la red.

Al mismo tiempo, las líneas eléctricas no están sometidas a una carga constante y controlada, ya que pueden existir un sin fin de cargas conectadas y que a su vez pueden ser desconectada o conectadas nuevamente en cualquier momento; ejemplo de ello las lámparas, electrodomésticos, maquinarias, etc. Esto, hace que la

línea vaya variando sus características de funcionamiento a lo largo del tiempo, una misma línea puede tener distintas funciones de transferencia en momentos distintos, cuestión que no sucede en una línea Ethernet, por ejemplo, que tiene unas características fijas e invariables en el tiempo.

Para contemplar esta problemática, basta con mirar la gráfica de la atenuación con respecto a la frecuencia de una función de transferencia de una línea eléctrica, que alimenta un circuito de cualquier vivienda. Figura # 3.

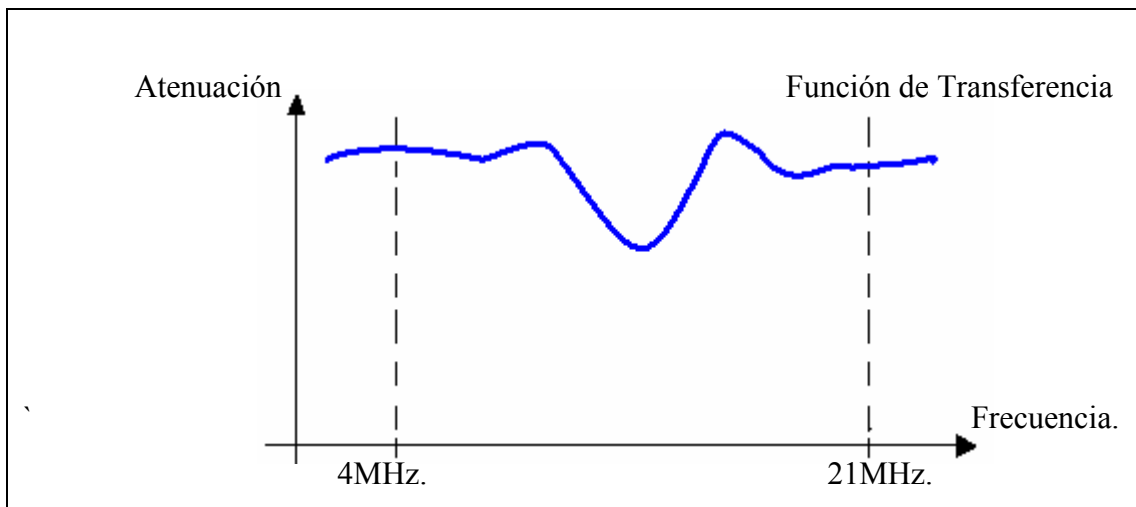


Figura # 3. Ejemplo de una función de transferencia de una línea eléctrica.

Como se puede comprobar la atenuación es una característica del medio por el que viaja la señal y que va a limitar la correcta transmisión de la misma, así pues un medio con escasa atenuación va a permitir que la señal viaje fácilmente permitiendo que el receptor y el emisor establezcan un buen canal de comunicación sin que la misma se debilite excesivamente, en contraparte si la atenuación es elevada, la señal va a debilitarse rápidamente, lo que va a provocar que no se cree un buen canal de comunicación entre el emisor y el receptor.

De tal manera y como se puede apreciar en la figura anterior, el medio de transmisión, en este caso una línea eléctrica, va a tener una atenuación variable por lo que dependiendo de la frecuencia con la que estemos modulando la portadora para llevar datos, la línea se va a comportar como un buen o mal medio de transmisión.

Pero aún hay más, ya que no sólo la función de transferencia va a ser variable en el dominio de la frecuencia, sino que también es variable en el tiempo, ya que, se está trabajando con un medio de transmisión “vivo” y sometido a variaciones por la conexión y desconexión de cargas de manera independiente de la transmisión de datos que se pueda estar produciendo en ese momento.

Y además, esta función es variable a su vez dependiendo de la línea que sea y los puntos que esté uniendo físicamente, ya que va a tener cargas diferentes así como posiblemente propiedades físico-químicas diferentes, que hacen que esa función sea también en cualquier momento distinta (variable).

Es entonces que intentar modular una señal de datos sobre una portadora cualquiera, puede dar lugar a que esa portadora (cualquiera) a una determinada frecuencia, sea buena en unos casos y sea mala en otros. Es por ello que una tecnología fiable debe asegurar una buena transmisión independientemente de esta variación de atenuación. Más adelante se explica las soluciones a esta problemática, como por ejemplo, el empleo de una modulación efectiva de la señal de información.

La impedancia de la línea, es también altamente variable con respecto a la frecuencia, en rangos que van desde los pocos Ω (Ohms) hasta los $k\Omega$ (kiloOhms), con picos en algunas frecuencias donde la red se comporta como un circuito resonante paralelo. En muchos de los rangos de frecuencias la impedancia puede comportarse de modo inductivo o capacitivo y puede rondar un rango entre los 90 y los 100 Ω .

La impedancia de una línea eléctrica en el caso de bajo voltaje, está influenciada por la topología de red a emplear y las cargas conectadas a ella y como se ha mencionado antes, la característica aleatoria de encendido/apagado de ellas, (las cargas) hacen que algunos o todos estos inconvenientes se puedan llevar a cabo en un mismo instante.

Una vez que se puede adaptar la señal a la función de transferencia que se tiene, se ha de tener que afrontar otro problema muy común en las líneas de transmisión eléctrica como lo son la existencia de fuentes generadoras de ruido en la red, que van y vienen a elevada velocidad y que no podrían ser detectadas con la suficiente velocidad por el sistema, a fin de variar los parámetros de emisión.

Estas son señales que pueden generarse en cualquier momento y que tienen una duración de al menos $1 \mu\text{s}$ y dado que la transmisión de datos se produce al menos a 14 Mbps, una interferencia de esta magnitud puede convertir la señal de datos en un conjunto de bits “basura” rápidamente.

Estas fuentes de ruido, pueden ser equipos tan corrientes como lámparas halógenas, que pueden causar altas tensiones que generan graves problemas de interferencias, en el momento de encendido y apagado, por lo que éste es un punto delicado, en vista que, son elementos muy comunes que se encuentran conectados a la red eléctrica de cualquier edificio o vivienda.

El espectro de ruido en el rango de frecuencias superiores a los 145 kHz. Consiste de cuatro tipos de ruido:

- (a) Ruido de fondo coloreado, el cual es la superposición de fuentes de bajo poder como motores universales, La densidad espectral de potencia de este tipo de ruido, es dependiente de la frecuencia, conforme es mayor la frecuencia, menor es la densidad espectral de potencia de ruido.

- (b) Ruido impulsivo periódico (sincrónico o asincrónico dependiendo de la frecuencia), proveniente de artefactos que producen armónicos de entre 50 y 100 Hz.
- (c) También existe un tipo de ruido llamado ruido impulsivo pero no es periódico, que es causado por el encendido/apagado de artefactos.
- (d) Ruido de banda estrecha, producido por señales sinusoidales de amplitud modulada (emisoras de radio, estaciones de TV, etc.). Este ruido es también conocido como ruido tonal.

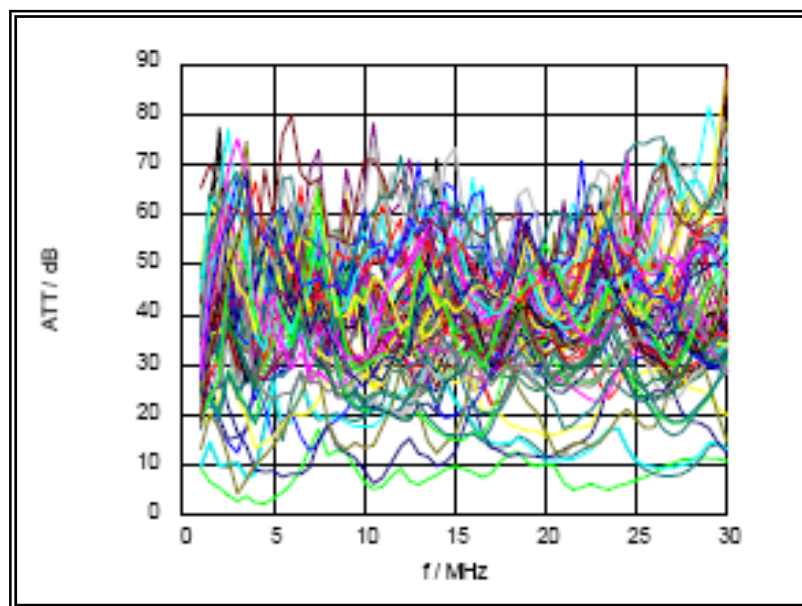


Figura # 4. Señales de ruido, medidas en Alemania, (ETSI tr102269).

Existen estándares que normalizan una serie de procedimientos para la medición de estos parámetros de ruido, impedancia y función de transferencia para las líneas de baja tensión, a fin de tomar estrategias de diseño, para el desarrollo de un sistema con tecnología Powerline, estos estándares se mencionan más adelante.

De hecho, a fin de evitar estos inconvenientes, se ha propuesto implementar a la tecnología Powerline de un robusto “Forward Error Correction” similar al que se puede encontrar en la telefonía móvil o en los reproductores de CD’s, entre otros, ya que en general cualquier aplicación donde los datos puedan corromperse por efecto del ruido u otras interferencias.

Así se pueden implementar métodos de corrección de errores tales como codificadores/decodificadores, por ejemplo Reed Solomon o Viterbi que por separado o bien juntos combinados en serie, son capaces e reconstruir las cadena de bits dañada; La función principal de las técnicas de control de errores es introducir redundancia controlada permitiendo que los mensajes transmitidos que hayan sido corrompidos sean corregidos antes de ser procesados.

Con esta redundancia controlada sólo un subconjunto de todos los posibles mensajes (secuencias de bits) contiene mensajes válidos. Esto quiere decir que si formamos secuencias de 7 bits, podremos recibir $2^7=128$ secuencias distintas, pero los posibles mensajes transmitidos no serán 128 sino un subconjunto de ellos, luego si no hemos recibido una secuencia de 7 bits que coincida con uno de los posibles mensajes transmitidos, habremos recibido una secuencia con errores.

Estos principios adaptados lógicamente para el medio, que en nuestro caso son las líneas de potencia, aseguran que los bits de protección lleguen correctamente a destino lo que corrige eficazmente este problema.

A continuación se mencionan algunos conceptos, a fin de entender y al mismo tiempo, explicar como es el funcionamiento como sistema de comunicaciones, a esta tecnología, para enmarcarla sobre todo, dentro del modelo de interconexión de sistemas abiertos OSI, y tratar de definirla como tecnología de comunicaciones propiamente dicho.

CAPITULO III

REDES DE COMUNICACIONES.

3.1. Modelo OSI

El Modelo OSI es un lineamiento funcional para tareas de comunicaciones y, por consiguiente, no especifica un estándar de comunicación para dichas tareas. Sin embargo, muchos estándares y protocolos cumplen con los lineamientos del Modelo OSI.

3.1.1. Estructura del Modelo OSI de ISO

3.1.1.1. Estructura multinivel

Se diseñó una estructura multinivel con la idea de que cada nivel se dedique a resolver una parte del problema de comunicación. Esto es, cada nivel ejecuta funciones específicas.

El nivel superior utiliza los servicios de los niveles inferiores: Cada nivel se comunica con su similar en otras computadoras, pero debe hacerlo enviando un mensaje a través de los niveles inferiores en la misma computadora. La comunicación internivel está bien definida. El nivel N utiliza los servicios del nivel N-1 y proporciona servicios al nivel N+1.

3.1.1.2. Puntos de acceso.

Entre los diferentes niveles existen interfaces llamadas “puntos de acceso” a los servicios.

3.1.1.3. Dependencias de Niveles y Encabezados.

Cada nivel es dependiente del nivel inferior y también del superior. En cada nivel, se incorpora al mensaje un formato de control. Este elemento de control permite que un nivel en la computadora receptora se entere de que su similar en la computadora emisora esta enviándole información. Cualquier nivel dado, puede incorporar un encabezado al mensaje. Por esta razón, se considera que un mensaje esta constituido de dos partes: Encabezado e Información. Entonces, la incorporación de encabezados es necesaria aunque representa un lote extra de información, lo que implica que un mensaje corto pueda ser voluminoso. Sin embargo, como la computadora destino retira los encabezados en orden inverso a como fueron incorporados en la computadora origen, finalmente el usuario sólo recibe el mensaje original.

En cada nivel, la unidad de información tiene diferente nombre y estructura.

3.1.2. Niveles del Modelo OSI.

1. Físico.
2. Enlace de datos.
3. Red.
4. Transporte.
5. Sesión.
6. Presentación.
7. Aplicación.

3.1.2.1. Capa Física.

La Capa Física del modelo de referencia OSI es la que se encarga de las conexiones físicas de la computadora hacia la red, tanto en lo que se refiere al medio (cable conductor, fibra óptica o inalámbrico); características del medio (Ej. Tipo de cable o calidad del mismo; tipo de conectores normalizados o en su caso tipo de antena; etc.) y la forma en la que se transmite la información (codificación de señal, niveles de tensión/intensidad de corriente eléctrica, modulación, tasa binaria, etc.)

Es la encargada de transmitir los bits de información a través del medio utilizado para la transmisión. Se ocupa de las propiedades físicas y características eléctricas de los diversos componentes; de la velocidad de transmisión, si esta es unidireccional o bidireccional (simplex, duplex o full-duplex). También de aspectos mecánicos de las conexiones y terminales, incluyendo la interpretación de las señales eléctricas/electromagnéticas.

Se encarga de transformar una trama de datos proveniente del nivel de enlace en una señal adecuada al medio físico utilizado en la transmisión. Estos impulsos pueden ser eléctricos (transmisión por cable); o electromagnéticos. Estos últimos, dependiendo de la frecuencia /longitud de onda de la señal pueden ser ópticos, de micro-ondas o de radio. Cuando actúa en modo recepción el trabajo es inverso; se encarga de transformar la señal transmitida en tramas de datos binarios que serán entregados al nivel de enlace.

Sus principales funciones se pueden resumir como:

- (a) Definir el medio o medios físicos por los que va a viajar la comunicación: cable de pares trenzados (o no, como en RS232/EIA232), coaxial, guías de onda, aire, fibra óptica, líneas de potencia.

- (b) Definir las características materiales (componentes y conectores mecánicos) y eléctricas (niveles de tensión) que se van a usar en la transmisión de los datos por los medios físicos.
- (c) Definir las características funcionales de la interfaz (establecimiento, mantenimiento y liberación del enlace físico).
- (d) Transmitir el flujo de bits a través del medio.
- (e) Manejar las señales eléctricas/electromagnéticas.
- (f) Especificar cables, conectores y componentes de interfaz con el medio de transmisión, polos en un enchufe, etc.
- (g) Garantizar la conexión (aunque no la fiabilidad de ésta).

3.1.2.1.1. Codificación de la señal.

El nivel físico recibe una trama binaria que debe convertir a una señal electro magnética, de tal forma que a pesar de la degradación que pueda sufrir en el medio de transmisión vuelva a ser interpretable correctamente en el receptor.

En el caso más sencillo el medio es directamente digital, como en el caso de las fibras ópticas, dado que por ellas se transmiten pulsos de luz.

Cuando el medio no es digital hay que codificar la señal, en los casos más sencillos la codificación puede ser por pulsos de tensión PCM o Pulse Code Modulation (por ejemplo 5 Volts para los “unos” y 0 Volts para los “ceros”), lo que se denomina codificación unipolar NRZ y otros se codifican mediante presencia o ausencia de corriente. En general estas codificaciones son muy simples y no colaboran bien para dar capacidad al medio. Cuando se quiere sacar más partido al medio se usan técnicas de modulación más complejas, y suelen ser muy dependientes de las características del medio concreto. En los casos más complejos, como suelen ser las comunicaciones inalámbricas, se pueden dar modulaciones muy sofisticadas, este es el caso de los estándares para Wi-Fi, con técnicas de modulación complejas de espectro ensanchado.

3.1.2.1.2. Topología y medios compartidos.

Indirectamente el tipo de conexión que se haga en la capa física puede influir en el diseño de la capa de Enlace. Atendiendo al número de equipos que comparten un medio hay dos posibilidades:

- Conexiones punto a punto: que se establecen entre dos equipos y que no admiten ser compartidas por terceros.
- Conexiones multipunto: en las que dos o más equipos pueden usar el medio.

Así por ejemplo la fibra óptica no permite fácilmente conexiones multipunto y por el contrario las conexiones inalámbricas son inherentemente multipunto. Hay topologías como el anillo, que permiten conectar muchas máquinas a partir de una serie de conexiones punto a punto.

La técnica utilizada para lograr que los nodos sobre la red, accedan al cable ó medio de comunicación y evitar que dos o más estaciones intenten transmitir simultáneamente es trabajo del nivel 2, la capa de enlace.

3.1.2.1.3. Equipos adicionales.

A la hora de diseñar una red hay equipos adicionales que pueden funcionar a nivel físico, se trata de los repetidores, en esencia se trata de equipos que amplifican la señal, pudiendo también regenerarla. En las redes Ethernet con la opción de cableado de par trenzado (la más común hoy por hoy) se emplean unos equipos de interconexión llamados Concentradores (Hubs) que convierten una topología física en estrella en un bus lógico y que actúan exclusivamente a nivel físico, a diferencia de los conmutadores (switches) que actúan a nivel de enlace.

3.1.2.2. Capa de enlace de datos.

El nivel de enlace es el segundo nivel del modelo OSI recibe peticiones del nivel de red y utiliza los servicios del nivel físico.

El objetivo del nivel de enlace es conseguir que la información fluya, libre de errores, entre dos máquinas que estén conectadas directamente.

Para lograr este objetivo tiene que montar bloques de información (llamados tramas en este nivel), dotarles de una dirección de nivel de enlace, gestionar la detección o corrección de errores, y ocuparse del control de flujo entre equipos (para evitar que un equipo más rápido desborde a uno más lento).

Cuando el medio de comunicación está compartido entre más de dos equipos es necesario administrar el uso del mismo. Esta tarea se realiza en el subnivel de acceso al medio.

Dentro del grupo de normas IEEE 802, el subnivel de enlace lógico se recoge en la norma IEEE 802.2 y es común para todos los demás tipos de redes (Ethernet o IEEE 802.3, IEEE 802.11 o Wi-Fi, IEEE 802.16 o WiMAX, etc.); todas ellas especifican un subnivel de acceso al medio así como un nivel físico distintos.

Otro tipo de protocolos de nivel de enlace serían PPP(Point to Point Protocol o protocolo punto a punto), HDLC (High level Data Link Control o protocolo de enlace de alto nivel), por citar dos.

En la práctica el subnivel de acceso al medio suele formar parte de la propia tarjeta de comunicaciones, mientras que el subnivel de enlace lógico estaría en el programa adaptador de la tarjeta (Driver en inglés).

3.1.2.2.1. Tramas.

En la capa de enlace, los datos se organizan en unidades llamadas tramas. Cada trama tiene una cabecera que incluye una dirección e información de control y una cola que se usa para la detección de errores.

La cabecera de una trama de red de área local (LAN) contiene las direcciones físicas del origen y el destino de la LAN. La cabecera de una trama que se transmite por una red de área extensa (WAN) contiene un identificador de circuito en su campo de dirección.

Recuerde que un enlace es una red de área local, una línea punto a punto o alguna otra facilidad de área extensa por la que se pueden comunicar los sistemas mediante un protocolo de la capa de enlace de datos.

3.1.2.3. Capa de red.

El nivel de red es el tercer nivel del modelo OSI y su misión es conseguir que los datos lleguen desde el origen al destino aunque no tengan conexión directa.

Para conseguir este objetivo tiene que realizar ciertas tareas:

- Asignación de direcciones de red únicas.
- Interconexión de subredes distintas.
- Encaminamiento de paquetes.
- Control de congestión.

Hay dos formas en las que el nivel de red puede funcionar internamente, mediante datagramas o por circuitos virtuales. En una red de datagramas cada paquete se encamina independientemente, sin que el origen y el destino tengan que pasar por un establecimiento de comunicación previo. En una red de circuitos virtuales dos equipos que quieran comunicarse tienen que empezar por establecer una conexión,

durante este establecimiento de conexión, todos los encaminadores (o *routers*) que haya por el camino elegido reservarán recursos para ese circuito virtual.

Independientemente de que la red funcione internamente con datagramas o con circuitos virtuales puede dar hacia el nivel de transporte un servicio orientado a conexión o no.

El problema del encaminamiento consiste en encontrar un camino óptimo entre un origen y un destino. La Optimización, puede tener diferentes criterios: velocidad, retardo, seguridad, regularidad, distancia, longitud media de las colas, costos de comunicación, etc.

Los equipos encargados de esta labor se denominan encaminadores (router en inglés), aunque también realizan labores de encaminamiento los conmutadores (switch, en inglés) “multicapa” o “de nivel 3”, si bien estos últimos realizan también labores de nivel de enlace.

Cuando en una red un nodo recibe más tráfico del que puede cursar se puede dar una congestión. El problema es que una vez que se da congestión en un nodo el problema tiende a extenderse por el resto de la red. Por ello hay técnicas de prevención y control que se pueden y deben aplicar en el nivel de red.

3.1.2.4. Capa de transporte.

Su función básica es aceptar los datos enviados por las capas superiores, dividirlos en pequeñas partes si es necesario, y pasarlos a la capa de red. En el caso del modelo OSI, también se asegura que lleguen correctamente al otro lado de la comunicación. Otra característica a destacar es que debe aislar a las capas superiores de las distintas posibles implementaciones de tecnologías de red en las capas inferiores, lo que la convierte en el corazón de la comunicación.

En esta capa se proveen servicios de conexión para la capa de sesión que serán utilizados finalmente por los usuarios de la red al enviar y recibir paquetes. Estos servicios estarán asociados al tipo de comunicación empleada, la cual puede ser diferente según el requerimiento que se le haga a la capa de transporte. Por ejemplo, la comunicación puede ser manejada para que los paquetes sean entregados en el orden exacto en que se enviaron, asegurando una comunicación punto a punto libre de errores, o sin tener en cuenta el orden de envío.

Una de las dos modalidades debe establecerse antes de comenzar la comunicación para que una sesión determinada envíe paquetes, y ése será el tipo de servicio brindado por la capa de transporte hasta que la sesión finalice. De la explicación del funcionamiento de esta capa se desprende que no está tan encadenada a capas inferiores como en el caso de las capas 1 a 3, sino que el servicio a prestar se determina cada vez que una sesión desea establecer una comunicación. Todo el servicio que presta la capa está gestionado por las cabeceras que agrega al paquete a transmitir.

En resumen, esta capa es la encargada de efectuar el transporte de los datos (que se encuentran dentro del paquete) de la máquina origen a la destino, independizándolo del tipo de red física que se esté utilizando.

3.1.2.5. Capa de sesión.

Esta capa ofrece varios servicios que son cruciales para la comunicación, como son:

- Control de la sesión a establecer entre el emisor y el receptor (quién transmite, quién escucha y seguimiento de ésta).
- Control de la concurrencia (que dos comunicaciones a la misma operación crítica no se efectúen al mismo tiempo).

- Mantener puntos de verificación (checkpoints), que sirven para que, ante una interrupción de transmisión por cualquier causa, la misma se pueda reanudar desde el último punto de verificación en lugar de repetirla desde el principio.

Por lo tanto, el servicio provisto por esta capa es la capacidad de asegurar que, dada una sesión establecida entre dos máquinas, la misma se pueda efectuar para las operaciones definidas de principio a fin, reanudándolas en caso de interrupción.

3.1.2.6. Capa de presentación.

El objetivo de la capa de presentación es encargarse de la representación de la información, de manera que aunque distintos equipos puedan tener diferentes representaciones internas de caracteres (ASCII, unicode, EBCDIC), números (Little-Endian tipo Intel, Big-Endian tipo \square ferent), sonido o imágenes; los datos lleguen de manera reconocible.

Para conseguir este objetivo se describió una posible notación de sintaxis abstracta (ASN.1), que en realidad se utiliza internamente en los MIB de SNMP (protocolo de gestión de red, para supervisar equipos de comunicaciones a distancia).

Esta capa es la primera en trabajar más el contenido de la comunicación que cómo se establece la misma. En ella se tratan aspectos tales como la semántica y la sintaxis de los datos transmitidos, ya que distintas computadoras pueden tener diferentes formas de manejarlas.

Son ejemplos claros datos transmitidos en ASCII a un receptor que utiliza EBCDIC, como en el caso de los mainframes de IBM, o la utilización de diferentes normas de punto flotante o aritméticas de complemento para representar los enteros.

Por lo tanto, podemos resumir definiendo a esta capa como la encargada de manejar las estructuras de datos abstractas y realizar las conversiones de representación de datos necesarias para la correcta interpretación de los mismos.

3.1.2.7. Capa de aplicación.

Ofrece a las aplicaciones (de usuario o no) la posibilidad de acceder a los servicios de las demás capas y define los protocolos que utilizan las aplicaciones para intercambiar datos, como correo electrónico, gestores de bases de datos y servidor de ficheros. Hay tantos protocolos como aplicaciones distintas y puesto que continuamente se desarrollan nuevas aplicaciones el número de protocolos crece sin parar.

Cabe aclarar que el usuario normalmente no interactúa directamente con el nivel de aplicación. Suele interactuar con programas que a su vez interactúan con el nivel de aplicación pero ocultando la complejidad subyacente. Así por ejemplo un usuario no manda una petición “VER/1.0 get index.html” para conseguir una página en HTML, ni lee directamente el código HTML/XML.

Entre los protocolos (refiriéndose a protocolos genéricos, no a protocolos de la capa de aplicación de OSI) más conocidos destacan:

- HTTP (HyperText Transfer Protocol) el protocolo bajo la www.
- FTP (File Transfer Protocol) (FTAM, fuera de TCPIP) transferencia de ficheros.
- SMTP (Simple Mail Transfer Protocol) (X.400 fuera de TCP/IP) envío y distribución de correo electrónico.
- POP (Post Office Protocol): reparto de correo al usuario final.
- SSH (Secure Shell) principalmente terminal remoto, aunque en realidad cifra casi cualquier tipo de transmisión.

- Telnet otro terminal remoto, ha caído en desuso por su inseguridad intrínseca, ya que las claves viajan sin cifrar por la red.

Hay otros protocolos de nivel de aplicación que facilitan el uso y administración de la red:

- SNMP (Simple Network Management Protocol)
- DNS (Domain Name System)

Casi todas las aplicaciones descritas comparten la arquitectura cliente-servidor, aunque hay otros paradigmas minoritarios como las redes P2P, los sistemas maestro-esclavo o el modelo RPC de Sun.

3.2. Concepto de redes.

Es un conjunto de dispositivos físicos “hardware” y de programas “software”, mediante el cual podemos comunicar computadoras para compartir recursos (discos, impresoras, programas, etc.) así como trabajo (tiempo de cálculo, procesamiento de datos, etc.). A cada una de las computadoras conectadas a la red se le denomina un nodo. Se considera que una red es local si solo alcanza unos pocos kilómetros.

3.2.1. Clasificación de las redes.

3.2.1.1 Redes según la escala.

Según el área geográfica que abarcan las redes se pueden clasificar en:

- PAN Redes de área personal (menores a 1 m).
- LAN Redes de área local (cuarto, edificio, campus; menores a 1 km.).
- MAN Redes de área metropolitana (ciudad; menores a 10 km.).
- WAN Redes a área amplia (país, continente; menores a 1000 km.).

Las redes PAN (red de administración personal) son redes pequeñas, conformadas por no más de 8 equipos. Últimamente esta clasificación se está utilizando para una red local inalámbrica con un alcance muy limitado (hasta 10 metros). Las redes PAN se utilizan para conectar dispositivos, como asistentes personales digitales (PDA), teclados, ratones, impresoras, etc., que utiliza una persona con su computador. Al desaparecer los cables, estas redes permiten una interconexión más fácil. Bluetooth es una tecnología que se utiliza por lo general, para formar una red personal.

Un segmento de red suele ser definido por el Hardware (HW) o una dirección de red específica. Por ejemplo, en el entorno “Novell NetWare”, en un segmento de red se incluyen todas las estaciones de trabajo conectadas a una tarjeta de interfaz de red de un servidor y cada segmento tiene su propia dirección de red.

LAN es un acrónimo inglés de Local Area Network (red de área local), que se refiere a las redes locales de computadoras. Una LAN es un segmento de red que tiene conectadas estaciones de trabajo y servidores o también un conjunto de segmentos de red interconectados, generalmente dentro de la misma zona. Por ejemplo un edificio.

Una red de campus está considerada como una LAN y se extiende a otros edificios dentro de un campus o área industrial. Los diversos segmentos o LAN de cada edificio suelen conectarse mediante cables de la red de soporte.

Una red MAN es también un acrónimo inglés de Metropolitan Area Network (red de área metropolitana), es una red que se expande por pueblos o ciudades y se interconecta mediante diversas instalaciones públicas o privadas, como el sistema telefónico o los suplidores de sistemas de comunicación por microondas o medios ópticos.

Las WAN es también un acrónimo inglés de Wide Area Network (red de área amplia) las WAN y redes globales se extienden sobrepasando las fronteras de las ciudades, pueblos o naciones. Los enlaces se realizan con instalaciones de telecomunicaciones públicas y privadas, además por microondas y satélites.

3.2.1.2. Redes según la direccionalidad.

Según la direccionalidad de los datos las redes se clasifican en:

- Simplex unidireccionales, un Equipo Terminal de Datos (ETD) transmite y otro recibe.
- Half-duplex bidireccionales, un solo ETD transmite por vez.
- Full-duplex ambos ETD pueden transmitir y recibir a la vez.

3.2.2. Topología.

La topología o forma lógica de una red se define como la forma de tender el cable a estaciones de trabajo individuales; por muros, suelos y techos del edificio. Existe un número de factores a considerar para determinar cual topología es la más apropiada para una situación dada. Existen tres topologías comunes:

- Anillo.
- Estrella.
- Bus.

3.2.2.1. Redes tipo anillo.

Las estaciones están unidas unas con otras formando un círculo por medio de un cable común (Figura 1). El último nodo de la cadena se conecta al primero cerrando el anillo. Las señales circulan en un solo sentido alrededor del círculo, regenerándose en cada nodo. Con esta metodología, cada nodo examina la

información que es enviada a través del anillo. Si la información no está dirigida al nodo que la examina, la pasa al siguiente en el anillo. La desventaja del anillo es que si se rompe una conexión, se cae la red completa.

3.2.2.2. Redes tipo Estrella.

La red se une en un único punto, normalmente con un panel de control centralizado, como un concentrador de cableado. Los bloques de información son dirigidos a través del panel de control central hacia sus destinos. Este esquema tiene una ventaja al tener un panel de control que monitorea el tráfico y evita las colisiones y una conexión interrumpida no afecta al resto de la red.

3.2.2.3. Redes tipo Bus.

Las estaciones están conectadas por un único segmento de cable (Figura 3). A diferencia del anillo, el bus es pasivo, no se produce regeneración de las señales en cada nodo. Los nodos en una red de “bus” transmiten la información y esperan que ésta no vaya a chocar con otra información transmitida por otro de los nodos. Si esto ocurre, cada nodo espera una pequeña cantidad de tiempo al azar, después intenta retransmitir la información.

El bus lineal, la estrella y el anillo se combinan algunas veces para formar combinaciones de redes híbridas. Estas combinaciones pueden darse como:

Anillo en estrella. Esta topología se utiliza con el fin de facilitar la administración de la red. Físicamente, la red es una estrella centralizada en un concentrador, mientras que a nivel lógico, la red es un anillo.

Bus en estrella. El fin es igual a la topología anterior. En este caso la red es un “bus” que se cablea físicamente como una estrella por medio de concentradores.

Estrella jerárquica. Esta estructura de cableado se utiliza en la mayor parte de las redes locales actuales, por medio de concentradores dispuestos en cascada para formar una red jerárquica.

3.2.3. Protocolos de redes.

Un protocolo de red es como un lenguaje para la comunicación de información. Son las reglas y procedimientos que se utilizan en una red para comunicarse entre los nodos que tienen acceso al sistema de cable. Los protocolos gobiernan dos niveles de comunicaciones.

- Los protocolos de alto nivel: Estos definen la forma en que se comunican las aplicaciones.
- Los protocolos de bajo nivel: Estos definen la forma en que se transmiten las señales por cable.

Como es frecuente en el caso de las computadoras el constante cambio, también los protocolos están en continuo cambio. Actualmente, los protocolos más comúnmente utilizados en las redes son Ethernet, Token Ring y ARCNET. Cada uno de estos está diseñado para cierta clase de topología de red y tienen ciertas características estándar.

Actualmente, Ethernet es el protocolo más sencillo y es de bajo costo. Utiliza la topología de “Bus” lineal. El protocolo de red IBM es el Token Ring, el cual se basa en la topología de anillo. ARCNET es también un protocolo de red que está basado en la topología de estrella o estrella distribuida, pero tiene una topología y protocolo propio.

3.2.4. Dispositivos de redes.

NIC/MAU (Tarjeta de red)

“Network Interface Card” (Tarjeta de interfaz de red) o “Media Access Unit” (Medio de unidad de acceso). Cada computadora necesita el “hardware” para transmitir y recibir información. Es el dispositivo que conecta la computadora u otro equipo de red con el medio físico.

La NIC es un tipo de tarjeta de expansión de la computadora y proporciona un puerto en la parte trasera de la PC al cual se conecta el cable de la red. Hoy en día cada vez son más los equipos que disponen de interfaz de red, principalmente Ethernet, incorporadas. A veces, es necesario, además de la tarjeta de red, un transductor. Este es un dispositivo que se conecta al medio físico y a la tarjeta, bien porque no sea posible la conexión directa (10 base 5) o porque el medio sea distinto del que utiliza la tarjeta.

Hubs (Concentradores)

Son equipos que permiten estructurar el cableado de las redes. La variedad de tipos y características de estos equipos es muy grande. En un principio eran solo concentradores de cableado, pero cada vez disponen de mayor número de capacidad de la red, gestión remota, etc. La tendencia es a incorporar más funciones en el concentrador. Existen concentradores para todo tipo de medios físicos.

Repetidores

Son equipos que actúan a nivel físico. Prolongan la longitud de la red uniendo dos segmentos y amplificando la señal, pero junto con ella amplifican también el

ruido. La red sigue siendo una sola, con lo cual, siguen siendo válidas las limitaciones en cuanto al número de estaciones que pueden compartir el medio.

Bridges (Puentes)

Son equipos que unen dos redes actuando sobre los protocolos de bajo nivel, en el nivel de control de acceso al medio. Solo el tráfico de una red que va dirigido a la otra atraviesa el dispositivo. Esto permite a los administradores dividir las redes en segmentos lógicos, descargando de tráfico las interconexiones. Los bridges producen las señales, con lo cual no se transmite ruido a través de ellos.

Routers (Encaminadores)

Son equipos de interconexión de redes que actúan a nivel de los protocolos de red. Permite utilizar varios sistemas de interconexión mejorando el rendimiento de la transmisión entre redes. Su funcionamiento es más lento que los bridges pero su capacidad es mayor. Permiten, incluso, enlazar dos redes basadas en un protocolo, por medio de otra que utilice un protocolo diferente.

Gateways

También conocidos como puertas de enlace, son equipos empleados para interconectar redes con protocolos y arquitecturas completamente diferentes a todos los niveles de comunicación. La traducción de las unidades de información reduce mucho la velocidad de transmisión a través de estos equipos.

Servidores

Son equipos que permiten la conexión a la red de equipos periféricos tanto para la entrada como para la salida de datos. Estos dispositivos se ofrecen en la red

como recursos compartidos. Así un terminal conectado a uno de estos dispositivos puede establecer sesiones contra varios ordenadores multiusuario disponibles en la red. Igualmente, cualquier sistema de la red puede imprimir en las impresoras conectadas a un servidor.

Módems

Son equipos que permiten a las computadoras comunicarse entre sí a través de líneas telefónicas; modulación y demodulación de señales electrónicas que pueden ser procesadas por computadoras. Los módems pueden ser externos (un dispositivo de comunicación) o interno (dispositivo de comunicación interno o tarjeta de circuitos que se inserta en una de las ranuras de expansión de la computadora).

Luego de esto se puede afirmar que un sistema PLC, es un sistema de comunicaciones que emplea a la red de electricidad como una interfaz física por la cual las señales de datos viajan en conjunto con la señal de potencia bien sea en media tensión o en baja tensión, que es el objetivo de estudio. Entonces la red eléctrica se convierte en una interfaz de comunicaciones al mismo tiempo y sin afectar de manera notoria a la señal eléctrica de potencia, sin perturbaciones notorias sobre los elementos que la componen.

Pero además, la tecnología PLC, integra una serie de equipos que son necesarios para poder establecer un enlace de comunicaciones, que para el caso, en su generalidad, son señales de datos.

Luego de examinar como es el Modelo de Interconexión de Sistemas Abiertos (Modelo OSI), se puede observar que un sistema PLC (Power Line Communications), cumple con este modelo (por ahora) a nivel de capa física. Es entonces, que PLC puede ser denominado una interfaz física para telecomunicaciones.

Los módems PLC, explicados más adelante, además de proveer el mecanismo de modulación y codificación necesario para que las señales viajen y lleguen a su destino, de la manera más práctica posible y sin inconvenientes, se convierten en el punto de acceso que tiene un usuario cualquiera para conectarse a la red de comunicaciones, estableciendo a las líneas eléctricas como canal de comunicaciones, válgame la redundancia, como enlace de datos.

En el Capítulo IV, se explica como es la arquitectura de red para un sistema PLC y cuales son los equipos necesarios para implementar sobre las líneas eléctricas, una red de comunicaciones.

CAPITULO IV

SISTEMA POWER LINE COMMUNICATIONS.

4.1. Arquitectura de red para un sistema PLC.

La arquitectura de red, para un sistema PLC (Power Line Communications), consiste en:

- a) Conexión al backbone en un centro de transformación (subestación de distribución de energía eléctrica en media tensión), la señal de datos proveniente de una WAN o proveedor de servicios IP, se transfiere a la red de distribución mediante el uso del equipo de backbone.
- b) Distribución de la señal utilizando las líneas de media tensión para llegar a varios centros transformación, estos centros de transformación; son los transformadores aéreos o subterráneos en donde se transforma la energía de media tensión en energía de baja tensión.
- c) Distribución de la señal utilizando las líneas de baja tensión para alcanzar los edificios, para ello se utiliza un equipo de cabecera o Head-End, en donde se puede transferir la señal de datos que viene en media tensión a baja tensión.
- d) Distribución de la señal dentro de los edificios para alcanzar los pisos y enchufes.
- e) Posibilidad de utilizar repetidores activos y/o pasivos, para alcanzar mayores distancias o mayores distribuciones.

- f) Utilización de distintas frecuencias y fases para eliminar las interferencias entre repetidores.

4.2. Equipamiento Powerline.

La señal de Powerline Communications puede coexistir en el mismo medio del tendido eléctrico con la señal de energía, gracias a la diferencia de frecuencia por donde es enviada la señal de Internet y la energía eléctrica. Mientras que la energía eléctrica llega a los hogares a la frecuencia de 60 Hz, la señal de Internet viaja en frecuencias muy superiores, esto impide que ellas se interfieran.

Para que el envío y recepción de las señales operen de forma óptima, se debe contar con una serie de dispositivos a lo largo del tendido eléctrico que mantengan la señal viva, no sufra grandes interferencias ni interrupciones, y pueda viajar en ambos sentidos por grandes distancias. Para ello es requerido que existan 3 componentes básicos en un sistema PLC.

- Equipo multifuncional de Backbone.
- Cabecera PLC (Head End).
- Repetidor PLC (Home Gateway).
- Módem PLC (CPE).

4.2.1. Equipo multifuncional de backbone.

Se denomina Backbone, a la infraestructura de una red de alta velocidad basada en tecnología 100% ATM. El Backbone es una plataforma que permite brindar todo tipo de servicios, como transmisión de datos, voz, interconexión de redes de alta velocidad y aplicaciones multimedia que exijan calidad de servicio. De modo más simple de explicar, el Backbone será el proveedor de acceso a Internet, quien pondrá a disposición de la tecnología PLC, un enlace dedicado de fibra óptica de un

mínimo de 10 Mbps, para que, posteriormente sea distribuido a través de la red de baja tensión a los usuarios que utilicen dicho servicio. El equipo multifuncional de Backbone convierte (En general) a la red de media tensión en un Backbone de datos.

Un equipo multifuncional de backbone, no es más que la interfaz para interconectar dos medios físico distintos. Es precisamente un módem de cabecera HE que se explica a continuación.

4.2.2. Cabecera PLC.

El componente principal en la topología de una red PLC es el Equipo de Cabecera HE (Head End), que se suele denominar también TPE (Transformer Premises Equipment) o módem de cabecera. Este equipo actúa como “Maestro”: autentifica, coordina la frecuencia y actividad del resto de equipos que conforman la red PLC, de forma que se mantenga constante en todo momento el flujo de datos a través de la red eléctrica. Además permite conectar al sistema con la red externa (WAN, Internet, etc.) por lo que es el interfaz adecuado entre la red de datos y la red eléctrica.

La elección de su ubicación es un aspecto clave de la arquitectura de una red PLC, ya que es esencial que la inyección de datos se produzca de forma ventajosa y permita proporcionar la máxima cobertura posible dentro de la red. El HE se sitúa por lo general junto a los transformadores de media a baja tensión, aunque se pueden usar otras distribuciones, como en el caso de entornos SOHO, proporcionando servicios de distribución de acceso o servicios LAN.

Utilizando diferentes frecuencias y espacios, diversos HE pueden ser utilizados en la misma red. El HE es en esencia un módem digital de alta velocidad, generalmente propiedad de la compañía eléctrica. Consiste en un router que contiene una tarjeta módem con tecnología Powerline. El HE se comunica con diversos Home

Gateways y/o CPE's. El HE es el dispositivo "Maestro" de la red PLC y proporciona elevado ancho de banda a un máximo de 254 nodos.

Incorporado al equipo de cabecera PLC, se encuentra una unidad Transceiver, que es un adaptador desarrollado especialmente para permitir la conversión de la señal de redes basado en hilos de fibra óptica a cables de hilos de cobre, y viceversa. Mediante la tecnología de fibra óptica se puede conectar dispositivos a distancias mínimas de 50 kilómetros en modo Full-duplex.

Una vez que la señal es convertida (desde la red de fibra óptica a red Ethernet) entra a la cabecera PLC, llamada HE (Head End) a través de una puerta Ethernet. La señal es procesada en el interior del HE e inyectada a la red de baja tensión a través de un acoplador de señal.

En este momento, la señal de Internet ha sido introducida a la red de baja tensión en una frecuencia llamada Outdoor, con un ancho de banda que va desde los 1.6 a 18 Mhz. El HE es considerado también como Gateway de alta velocidad, que opera entre la red Powerline y la red de fibra óptica.

La configuración del HE varía, dependiendo de si el Backbone es una red de datos "clásica" o si utilizamos la red de Media Tensión como Backbone.

En el primer caso, el Head End dispondrá de un interfaz Ethernet para conectarse al switch o router conectado al Backbone. En el segundo, posee incorporado un Módem PLC de media tensión, bajo esta condición el HE puede actuar como un repetidor.

. La última generación de HE tiene una configuración flexible basada en varias diferentes tarjetas.

- Tarjeta de baja tensión. Inyecta la señal PLC en la red de acceso a través de los cables de baja tensión.
- Tarjeta de media tensión. Se usa para la comunicación con los TE de las otras subestaciones incluidas en la red de distribución.
- Tarjetas de Fast Ethernet o Gigabit para permitir la interconexión con otras redes existentes (fibra, xDSL, LMDS, etc.).

El alcance típico de la señal de datos, empleando un equipo de Cabecera HE:

- 600 metros en media tensión.
- 300 metros en baja tensión.

4.2.3. Repetidor PLC

El repetidor PLC o también llamado HG (Home Gateway), es un dispositivo que regenera la señal PLC, en aquellos lugares donde ella se ha deteriorado por la distancia, para ello, cambia la frecuencia de la señal. La señal viene desde el HE en una frecuencia de 1.6 a 18 Mhz (frecuencia Outdoor), el repetidor toma esta señal, y eleva la señal a la frecuencia de 18 a 36 Mhz (frecuencia Indoor).

De esta forma, se establece una separación de frecuencias, para que los dispositivos conversen entre ellos. Es así como un HE se entiende con un HG en la frecuencia de Outdoor, y un HG conversa con un módem PLC en la frecuencia Indoor. En este caso, el sistema maestro esclavo se establece de la siguiente forma:

- HE es maestro, el HG es esclavo.
- HG es maestro, módem PLC es esclavo.

Un HG, es instalado al interior de una vivienda, a continuación del medidor de energía eléctrica. Su utilización está relacionada con la cantidad de equipos módem PLC que estén instalados en el interior de la vivienda o edificio, como también la distancia que exista entre el HE y el módem PLC. Los fabricantes de estos productos, señalan que la distancia máxima requerida para utilizar un repetidor, en baja tensión es de 300 metros.

Este equipo normalmente se aloja en el cuarto de contadores de cada vivienda. Normalmente cada edificio, dispone de una sola acometida eléctrica, que una vez en el cuarto de contadores, se divide en acometidas individuales para cada abonado.

Es útil en las siguientes situaciones:

Si la subestación está situada lejos del edificio: reinyecta la señal PLC para compensar el ruido y la atenuación de la línea.

Este repetidor o Gateway podría estar conectado a una LAN existente, permitiendo a varios usuarios compartir esa conexión de alta velocidad. (SOHO — Small Office Home Office).

En la figura siguiente, se observa un esquema de conexión de un HG o repetidor en un cuarto de contadores o conocidos también como medidores de energía eléctrica.

El alcance típico:

- 300 metros en líneas de Baja Tensión.
- Más de 20 viviendas en Centralizaciones de Contadores

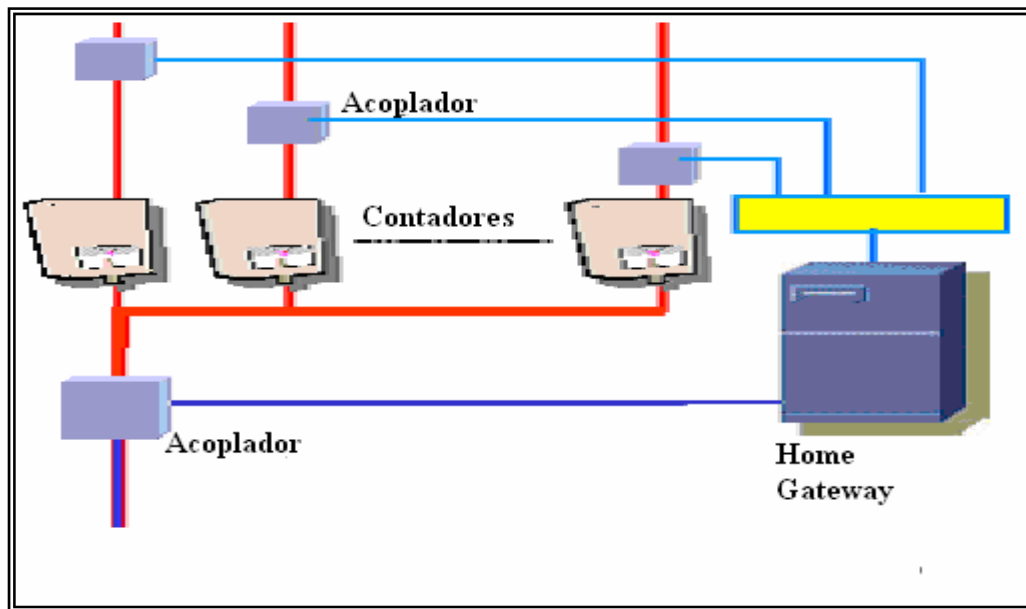


Figura # 5. Esquema de conexión de un repetidor Home Gateway.

El Home Gateway es el dispositivo que se encarga de:

- (a) Hacer de puente de los contadores para la señal de datos (alta frecuencia).
- (b) Distribuir la señal PLC desde la acometida general entre todas las acometidas individuales.
- (c) Arbitrar el acceso al medio entre todos los módems o dispositivos PLC instalados en el edificio.

Un HG, puede ser utilizado para expandir la cobertura de la red PLC, o mejorar el ancho de banda disponible. Si se desea implementar una red LAN al interior de un hogar, es requisito disponer de un HG, para que este cumpla funciones de Router. El costo notoriamente más alto de un HG con respecto de un HE, está dado por su equipamiento de 2 chips Powerline. Un chip cumple una función de esclavo del HE, y el otro cumple una función de maestro de los módem PLC que debe atender. Estos chips son los encargados de efectuar la modulación de los datos, para ser volcados a la red de baja tensión.

4.2.4. Módem PLC.

Posteriormente, una vez que la señal ha entrado en el hogar, y para que pueda ser interpretada y utilizada por el computador después de haber sido transmitida a través del tendido eléctrico, es de vital requerimiento, que el usuario cuente con un módem PLC, también conocido como Customer Premises Equipment CPE, es el encargado de demodular los datos provenientes de la línea e incorporarlos al equipo de usuario final.

La función de doble conducción del cable eléctrico, parte en el transformador. Es lo que se llama utilización de la última milla. Si se produjera un corte en el suministro de energía eléctrica, el sistema PLC podría seguir operando, ya que si se cuenta con la precaución de disponer de sistemas de respaldo de energía en el ISP, en la cabecera, y en el hogar, no debería haber una interrupción del servicio. Los equipos PLC, se comunican a través de interfaces Ethernet y USB, con los usuarios, entregando una fácil y simple conexión entre el usuario final y los equipos de la central (Backbone).

Mediante los CPE, desde cualquier toma de corriente, se puede acceder a la red de comunicaciones, es por eso que los sistemas protegen los datos de los usuarios a través de mecanismos de encriptación. Todos los sistemas PLC, pueden ser manejados vía DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) y SNMP (Simple Network Management Protocol). Esto permite la integración estándar para la administración de sistemas de redes, otorgando un efectivo y seguro sistema de herramientas, para monitorear el tráfico, y localizar de forma rápida los errores que se produzcan.

Este es el equipo que provee la conexión para usuario final. Se ubica en cualquier enchufe o toma de baja tensión. Provee distintas interfases de usuario, Ethernet, USB, RJ11, y en algunos casos una interfaz para conexiones inalámbricas.

El CPE suele ser propiedad del usuario y se sitúa en la conexión eléctrica del mismo o directamente en un enchufe. Los datos enviados por el usuario son transmitidos desde el CPE al HE o al Home Gateway. Está conectado al computador a través de un puerto Ethernet, un concentrador/conmutador u otros medios como interfaces USB, etc. También se puede utilizar un adaptador telefónico (TelGateway) que permite la conexión de un teléfono analógico a través de la red eléctrica.

Este módem puede estar integrado en una caja decodificadora externa o bien como una tarjeta instalada en el PC del usuario, que se conecta directamente al enchufe eléctrico. Los datos son transmitidos desde el CPE al HE. El CPE es el esclavo en la red, y su acceso ha debido es autorizado previamente por el HE. El HE también asignará “slots” específicos, de frecuencia y tiempo, en el canal de comunicación, a diversos CPE’s, para permitirles transmitir simultáneamente.

4.3. Tecnologías existentes para sistemas PLC.

Existen diversas compañías, dedicadas a la fabricación de equipos especializados para sistemas Power Line Communications (PLC), que a su vez son proveedoras de tecnologías propias, soluciones basadas en los estándares existentes en Europa y en Norteamérica. En este trabajo se compararon sólo dos de ellas una norteamericana que esta regida bajo los estándares HomePlug y otra europea, regida bajo los estándares europeos.

Del análisis efectuado a ambas soluciones tecnológicas, se evidencia que aún cuando en Europa y Norteamérica, las redes de transmisión eléctrica son distintas en cuanto a la frecuencia de transmisión y a las tensiones nominales, poseen la misma estructura y las mismas características a nivel de equipos e interfaces, para lograr establecer a las líneas eléctricas de baja y media tensión como canales de comunicación. A continuación se describen ambas soluciones en conjunto.

4.3.1. Descripción.

La tecnología PLC comparte el medio, muchos usuarios están accediendo a la red al mismo tiempo, por ello existe la necesidad de proteger la privacidad del tráfico individual. Los sistemas desarrollados por estas compañías, están basados en los estándares de redes VLAN IEEE 802.1Q para este propósito. Esto permite separar las especificaciones de usuarios de los simples datos, dando como resultado la protección de éstos. Además, utilizan la arquitectura maestro-esclavo, con el empleo de un protocolo de comunicación MAC (Control de Acceso al Medio), en tres tipos:

- MV MAC (Control de Acceso al Medio en Media Tensión), es punto a punto en configuración Maestro-Esclavo.
- LV MAC (Control de Acceso al Medio en Baja Tensión), es punto multipunto también en configuración Maestro-Esclavo.
- IH MAC (Control de Acceso al Medio en entornos In Home, redes internas en baja tensión, es en malla peer to peer.

Un equipo HE, es el equipo maestro, mientras que un CPE (módem PLC) es un equipo esclavo. La transmisión de datos desde el equipo HE hacia el equipo CPE, es llamada transmisión downstream, mientras que la transmisión desde el equipo CPE hacia el equipo HE, es llamada transmisión upstream.

La arquitectura Maestro-Esclavo proporciona un sistema de alta seguridad y eficacia de datos. Este sistema también permite que la QoS (Quality of Service, calidad de servicio) sea controlada, asegurando el ancho de banda y el estado latente de los servicios críticos, tales como transferencias de datos garantizados, telefonía IP, vídeo a pedido.

Ambos sistemas aseguran en forma implícita la autenticación del usuario y permite solamente que los usuarios autorizados utilicen la red. A través del software

administrador es posible, restringir, ampliar, fijar, modificar, el ancho de la banda que se ofrece y en forma remota. Estas operaciones, pueden hacerse a través de Internet.

Actualmente existen dos generaciones funcionando en sistemas norteamericanos y europeos, La primera generación con velocidades hasta 45 Mbps (FDD Full Duplex). La segunda generación con velocidades de hasta 200 Mbps (TDD Half Duplex) en un solo canal.

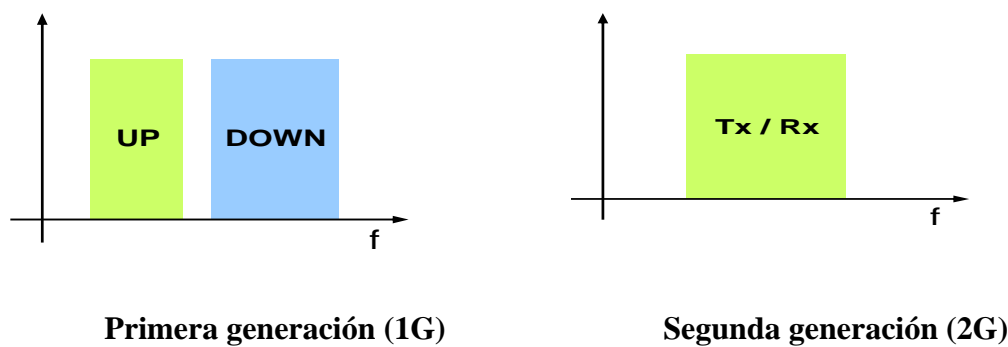


Figura # 6. Forma de empleo del AB para sistemas de 1G y 2G para PLC.

El número de portadoras en cada canal de transmisión, para la primera generación:

Upstream (subida):	512
Downstream (bajada):	768
TOTAL	1.280

Para la segunda generación, existen 1536 portadoras por cada canal, divididos en 3 canales básicos con anchos de banda de 10 MHz, 20 MHz y 30 MHz los cuales son denominados modos básicos de comunicación, cada uno con una frecuencia central de entre 1 y 34 MHz.

La siguiente figura muestra como estos modos básicos de comunicación, tienen a su vez sub-modos en el espectro total (banda de 2 a 34 MHz), cada uno con un ancho de banda básico de 10, 20 o 30 MHz.

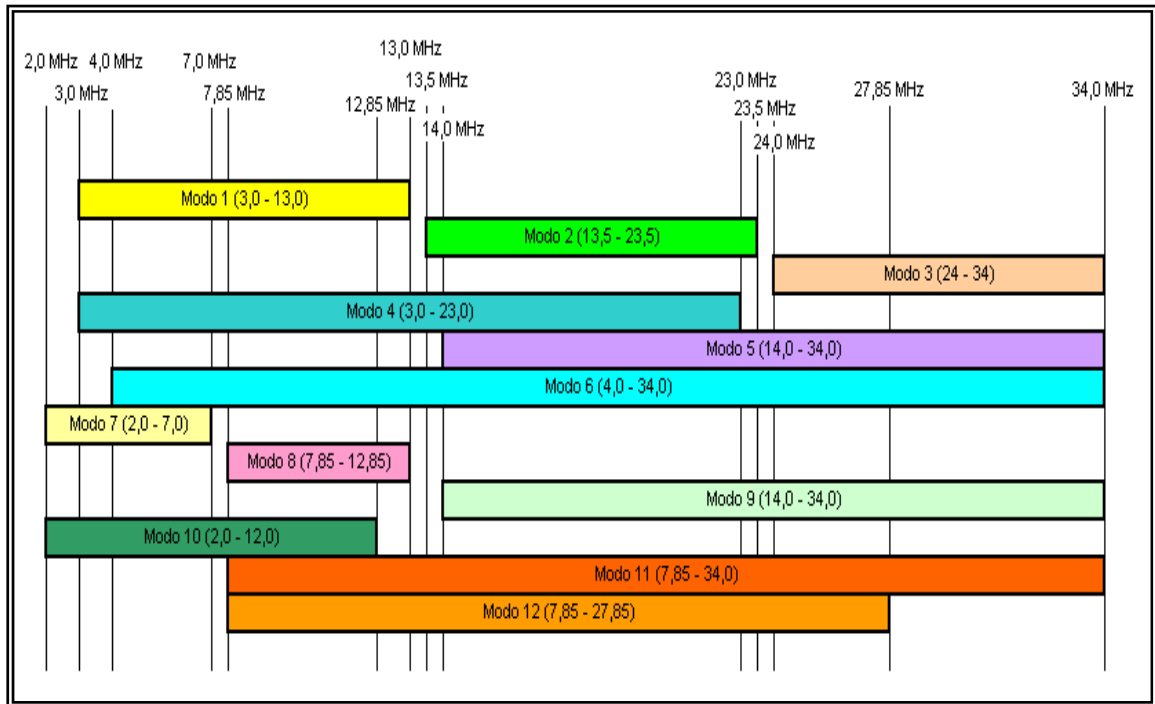


Figura # 7. Canales de transmisión para un sistema PLC.

Ambas tecnologías poseen como técnica de modulación OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing). OFDM no es una nueva tecnología, y está siendo utilizada por otros sistemas de comunicaciones tales como ADSL y WiMax. Utiliza un rango de frecuencia establecido, habilitando entre 1280 y 1536 sub-canales para transferir datos.

4.3.2. Características de las tecnologías existentes para PLC.

4.3.2.1. Personalización.

El Operador de Red puede personalizar todos los parámetros de la señal:

- Niveles de modulación
- Densidad de potencia espectral transmitida / Deshabilitar portadoras (para cumplir con regulaciones locales, situaciones de interferencias, etc.).
- BER deseado (10^{-6} por defecto)
- QoS.

Además incluye:

- Estimación automática de la calidad del enlace y adaptación de los parámetros de modulación:
 - Densidad de potencia espectral transmitida
 - Complejidad de la modulación (bits/segundo/hercio)
 - Parámetros de corrección de errores
 - Asignación de frecuencias
- Gestión centralizada de los siguientes parámetros:
 - Ancho de Banda garantizado.
 - Limitación de latencia.
 - Bit Error Rate deseado.
 - Disponibilidad garantizada.

- Aspectos de seguridad:
 - Arquitectura Maestro – Esclavo con un protocolo MAC propietario.
 - Autenticación y autorización de usuario.
 - Modulación específica por usuario variable en tiempo real.
 - Encriptación en nivel de enlace.
 - 802.1q VLAN.
 - VPN encriptada.
- Implementación hasta nivel 3 (bridging).
- Algoritmo de corrección de errores Reed-Solomon.

4.3.2.2. Mecanismos de configuración.

- SNMP.
- Telnet.
- Consola serie.
- Ficheros de configuración.
- Herramientas de gestión de red estándar o específicas, (JEIZER).
- Posibilidad de actualizar remotamente todos los módulos del sistema.

4.3.2.3. Velocidad.

- A nivel físico, en condiciones óptimas:
 - Downstream 27 Mbps.
 - Upstream 18 Mbps.

- Medido con FTP, en condiciones óptimas:
 - Downstream 20,48 Mbps.
 - Upstream 12,48 Mbps.

4.3.3. Ventajas que ofrece las tecnologías existentes para PLC.

- Throughput máximo, hasta 200 Mbps, usando menos de 10 Mhz del espectro.
- PLC sobre líneas de media tensión (diseños de referencia y unidades de acoplo especialmente desarrollados para líneas de media tensión).
- Soporte de topologías en anillo (MT), con redundancia de equipos para tolerancia a fallos.
- Métodos de transmisión optimizados para baja latencia, bajo BER.
- Mecanismos para evitar frecuencias radio-sensibles usando técnicas OFDM.
- Garantiza la mejor adaptación a regulaciones actuales y futuras con el mayor número de portadoras y la mayor densidad de bits por Hertzio.
- La solución europea cumple con los estándares FCC parte 15, ETSI y CENELEC.
- La solución norteamericana cumple con el estándar HomePlug 1.0.
- Ambos cumplen con los estándares de seguridad y compatibilidad electromagnética (EMC).

- Herramientas de gestión de red estándar SNMP y especialmente diseñadas y optimizadas.
- Cadenas de datos orientadas a paquetes como en redes IP (tamaño de paquete hasta 8 Kbps para tráfico en tiempo real como VoIP).

Aunque se reconoce que la fibra óptica es lejos el mejor medio de transmisión (porque alcanza velocidades de transmisión de datos más elevadas que cualquier otro medio), todavía es muy poco accesible al público general, quedando únicamente al alcance de grandes empresas, instituciones y gobiernos. La tecnología PLC, en ese sentido, puede compararse con el par de cobre telefónico o el cable coaxial tomando en cuenta su rendimiento para telecomunicaciones como en costo, pues las redes ya están instaladas.

4.4. Multiplexación OFDM.

OFDM es una tecnología de modulación digital, una forma especial de modulación multi-portadora, consiste en la suma de portadoras PSK o m-QAM. La técnica de espectro disperso de OFDM distribuye los datos en un gran número de portadoras ortogonales que están espaciados entre sí en distintas frecuencias precisas. Ese espaciado evita que los demoduladores vean frecuencias distintas a las propias. Además, tiene una alta eficiencia espectral, permitiendo más canales en el mismo ancho de banda que usando métodos tradicionales de filtraje pasabanda, posee resistencia a la interfaz RF y menor distorsión multi-ruta.

Cada portadora busca tener una longitud de símbolo mayor a la memoria del canal, además la frecuencia primaria se divide en cada portadora que ahora transmite símbolos más largos a alta velocidad, permite aumentar el desempeño del sistema.

Antes de comenzar la transferencia, chequea la integridad de cada canal, y el nivel de ruido existente en el medio, una vez determinado qué canales puede ser utilizados a su mayor capacidad, y cuáles no, se da inicio al envío de los datos.

El principio de funcionamiento es simple, antes de proceder a la combinación de cada una de las señales individuales, cada una de esas señales es previamente desfasada para representar cada uno de los bits de la señal, de esta manera, mediante la modulación de cada uno de los bits de la señal sobre las señales individuales, permite que puedan transmitirse una gran cantidad de bits de información en una pequeña fracción de tiempo. Así pues, mediante esta técnica se consigue maximizar la transmisión de bits, a la vez que se minimiza el tiempo necesario para su transmisión, es decir que, se consigue incrementar la tasa de transferencia.

Este proceso de modulación de cada uno de los bits de la señal esta representado en la Figura # 8.

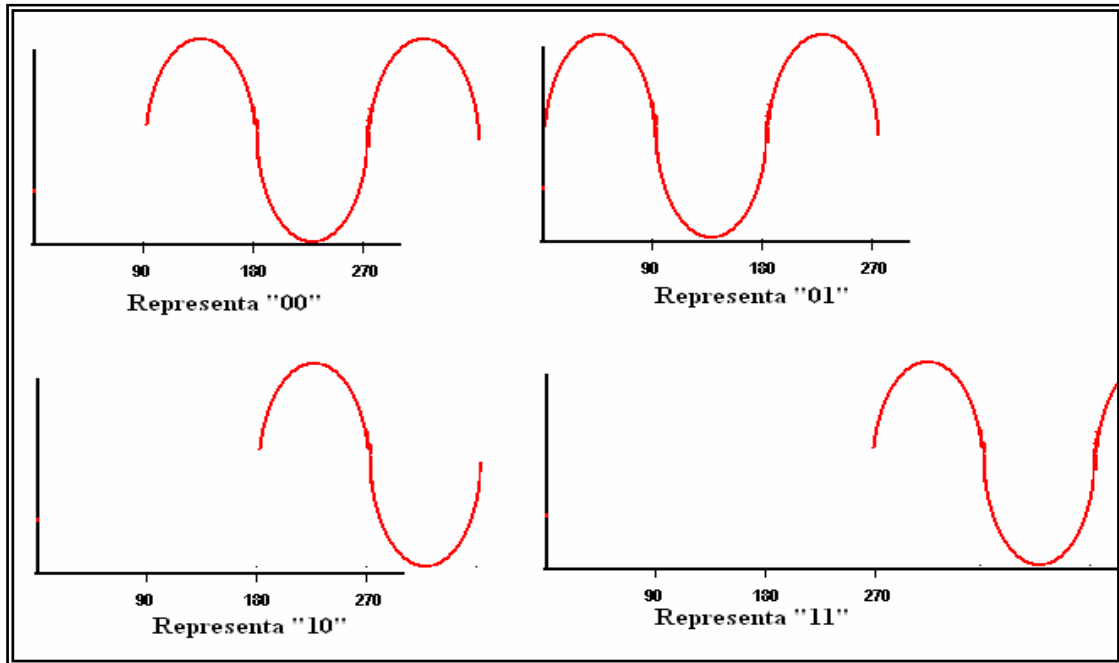


Figura # 8. Representación de bits.

Una vez que cada una de las señales es modulada según una variación de fase, éstas en su conjunto son combinadas mediante la técnica OFDM de tal manera que cada una de las señales que representan cada bit quedan contenidas entre si, en una única que representa un conjunto de bits que van a ser transmitidos, proceso que se representa en la Figura # 9.

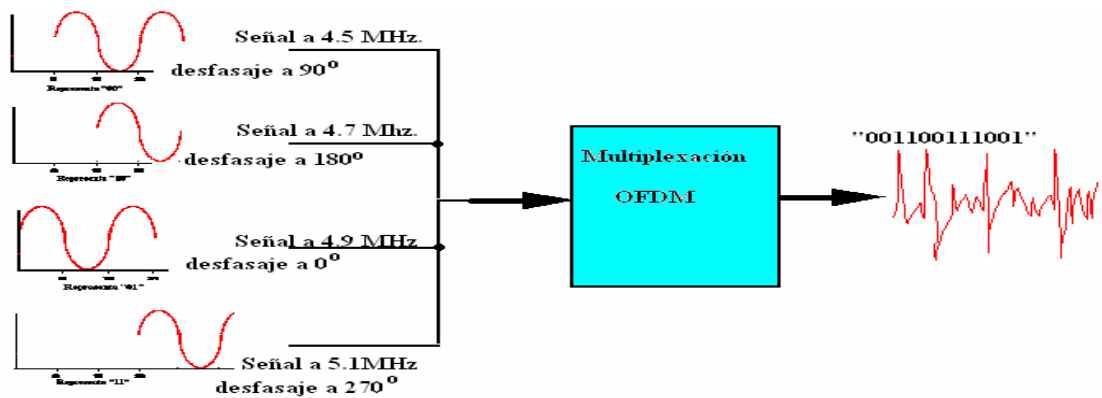


Figura # 9. Modulación de los bits de la señal.

Cada una de las señales moduladas representa en el dominio de la frecuencia una única posición, es lo que se denomina portadora. Las formas multiplexadas por OFDM, son generadas habitualmente mediante la utilización de IFFT (Inverse Fast Fourier Transform), lo que significa inversa de la transformada rápida de Fourier, así pues la salida de la IFFT es una señal en el dominio del tiempo denominada símbolo OFDM. Este proceso de conversión entre el dominio de la frecuencia y el tiempo queda representado en la Figura # 10.

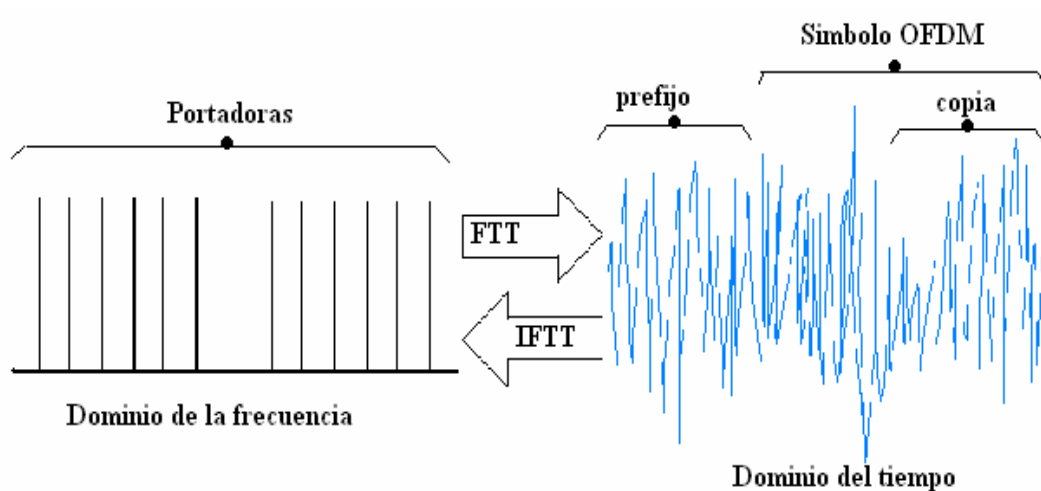


Figura # 10. Conversión entre dominio de frecuencia y tiempo.

4.4.1 Adecuación de la señal al medio

Si se atiende a la función de transferencia de una línea eléctrica cualquiera, que se observa en la Figura # 11, se puede observar como unas frecuencias van a estar altamente atenuadas, mientras que otras prácticamente no lo van a estar, o lo que es lo mismo algunas frecuencias van a presentar problemas en la transmisión y otras no los van a tener.

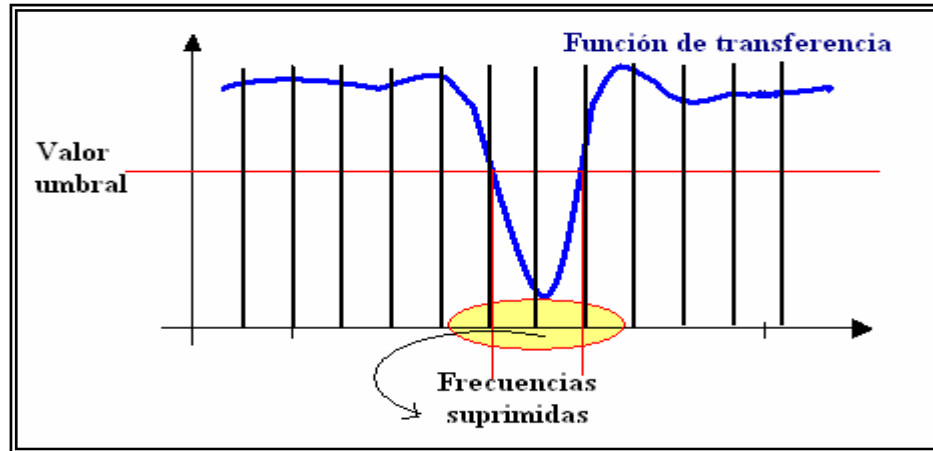


Figura # 11. Función de transferencia y valor de umbral para la emisión.

Por lo tanto, lo ideal es poder adaptar la transmisión a la función de transferencia que se tuviera en cada momento, para ello, la solución pasa por fijar un umbral para el que se asegure la correcta transmisión de la señal, de tal manera que la si la atenuación fuera muy alta para la transmisión de la misma, esta fuera suprimida por el sistema.

Entonces el sistema Powerline, lo que hace es que va a estar continuamente monitorizando la línea de transmisión, la línea eléctrica, a fin de poder detectar las posibles variaciones que se puedan dar, que afectan a la función de transferencia de la línea, de tal manera que envíe y suprima las señales según el momento.

De esta manera se consigue que una línea de potencia se convierta en un medio de transmisión de alta velocidad, pero al mismo tiempo seguro en cuanto a la correcta transmisión de la información.

4.4.2. Ventajas de la Modulación OFDM.

Eficiente en canales multicamino con gran atenuación (En nuestro caso, las líneas eléctricas).

Cantidad de información adaptable por portadora (en función de la relación señal/ruido detectada).

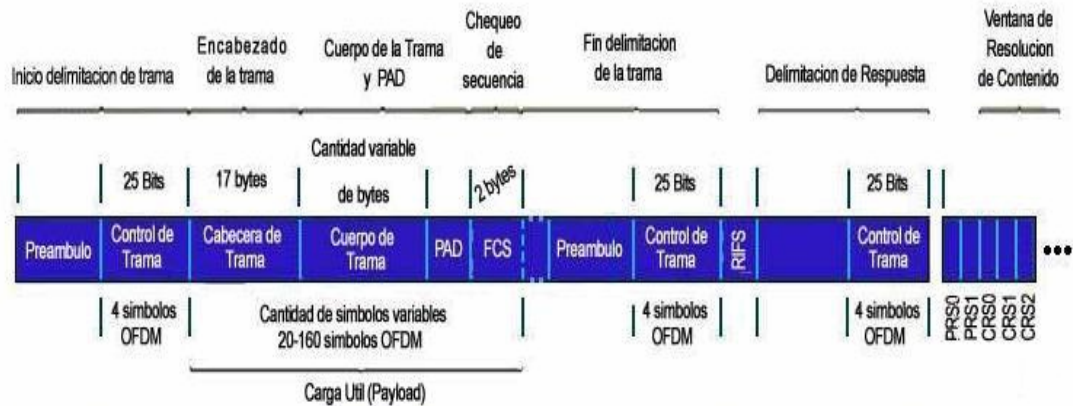
La más inmune a las interferencias (Éstas sólo afectarán a algunas portadoras, mientras que el resto asegura una comunicación fiable).

Ofrece el más alto nivel de rendimiento y eficiencia espectral.

4.5. Mecanismo de transmisión

El sistema PLC utiliza dos portadoras, una física y otra virtual, de tal manera que la física es la encargada de la transmisión propiamente dicha mientras que la virtual no es más que una señal de sincronización que permite conocer si el medio está ocupado. Para ello es pertinente, como en la mayoría de los casos de modulación digital, el empleo de una trama de comunicaciones a la cual denominaremos trama Powerline, o trama PLC, la cual es el mecanismo utilizado, en nuestro caso, para la transmisión de la información.

En cuanto a la trama PLC, está compuesta por un delimitador inicial, un núcleo y delimitador final de la trama. Los delimitadores, final e inicial son llamados también tramas de control, constan de 4 símbolos, el núcleo contiene la sub-trama de cabecera, que consta de 17 bytes, la sub-trama de cuerpo cuya cantidad de bytes es variable y 2 bytes de chequeo de secuencia. En la Figura # 12 se muestra un dibujo esquemático de la trama PLC.



Inicio delimitación de Trama	Carga Util (payload)	Fin delimitación de la Trama	Indicador de Respuesta	PRS0 & PRS1
Comiezo de la trama	Por encima de 13.75Mbps	Fin de la trama	ACK: Paquete entregado OK	11 - Prioridad Alta (3)
Control de contenido	Tasa (PHY)	Control de contenido	NACK: Errores detectados	10 - Prioridad Media (2)
Longitud de la trama	Modulación adaptada y tonos	Prioridad en canales de acceso	FAIL: Receptor Ocupado	01 - Prioridad Baja (1)
Índice de mapeos de tonos	Decodificación basados en mapeo por tonos Extensible para velocidades mas altas			00 - Prioridad mas baja (0)

Figura # 12. Trama Powerline.

La información contenida en el campo de la trama de control de cada uno de los delimitadores, es la que permite al receptor determinar por cuanto tiempo va a estar ocupado ese canal para esa transmisión, incluso si el receptor perdiera la sincronización de la trama.

De esta manera, las colisiones no van a ser detectadas durante la transmisión debido al amplio rango de frecuencias del sistema, por lo que las colisiones del sistema serían detectadas únicamente como la ausencia de una señal esperada por parte del destinatario.

En cuanto al acceso al medio éste está basado en un método aleatorio utilizado por la tecnología Ethernet, implementado con la técnica de paso de testigo, muy

similar a la utilizada en las redes LAN y complementado por la existencia de un bit de nivel de prioridad, que permite una gestión, en principio, bastante eficaz del problema de las colas.

Así mismo se implementa una función de segmentación de tramas de manera que se fraccionan aquellas tramas que exceden una determinada duración y que pudieran hacer que las tramas de alta prioridad se vieran obligadas a esperar en cola hasta que otras de menor importancia y elevada longitud se terminaran de transmitir, con lo que las tramas de alta prioridad pueden enviarse entre la transmisión de una trama segmentada de menor importancia.

4.6. Adaptación al medio eléctrico.

Por motivos de seguridad y para evitar pérdidas de señal, los equipos PLC no se conectan directamente a tensión. Para ello se utilizan unidades de acoplamiento, que son los accesorios que, físicamente, adaptan e inyectan la señal PLC en los cables de media o baja tensión.

La salida de la señal de los equipos PLC es mediante un cable de comunicaciones, que se lleva hasta las inmediaciones del lugar donde se va a realizar la conexión a las líneas eléctricas (punto de inyección), conectándose a las mismas a través de una unidad de acoplamiento. La tensión que circula por el cable de comunicaciones es mínima.

Generalmente se usan para hacer lo que se conoce como ByPass en los transformadores de tensión, debido a que la señal de datos se atenúa dentro de ellos. Existen dos tipos de acoplamientos: Inductivo y Capacitivo, los cuales se mencionan a continuación.

4.6.1 Acoplamiento inductivo.

No hay contacto físico entre la unidad de acoplo y la línea eléctrica, la señal de alta frecuencia (señal de datos) es recogida por el acoplador, que en esencia es una bobina, y es enviada por éste, hacia los equipos de repetición o de enrutamiento. Y también en forma inversa, estos por medio de proceso de inducción magnética traspasan la señal de comunicaciones a la línea de tensión.

El funcionamiento de estas unidades de acoplamiento se basa en la Ley de Faraday, la corriente eléctrica que posee la señal de alta frecuencia, que circula por la bobina es variable en tiempo $I(t)$, y a su vez esta corriente genera un campo magnético también es variable en el tiempo $B(t)$.

Este campo $B(t)$ induce un campo eléctrico también variable en tiempo, $E(t)$ en el núcleo de la bobina, en este caso, el núcleo de la bobina es el cable de tensión. Este campo $E(t)$ generado es a su vez perpendicular al campo $B(t)$ y lo que genera una onda electromagnética que es la señal de datos que se va a propagar por el cable de tensión.

Esta onda electromagnética tiene la peculiaridad de poseer asociados una forma de propagación eléctrico y magnético, debido a que fue generada por la acción de ambos $B(t)$ y $E(t)$, ambos con componentes normales a la superficie del cable $H_z(t)$ y $E_z(t) = 0$, y a esto se le conoce como modo de propagación TEM, Transverso Electro Magnético. La energía electromagnética, es guiada en el dieléctrico circundante a la línea de tensión y no dentro de ésta.

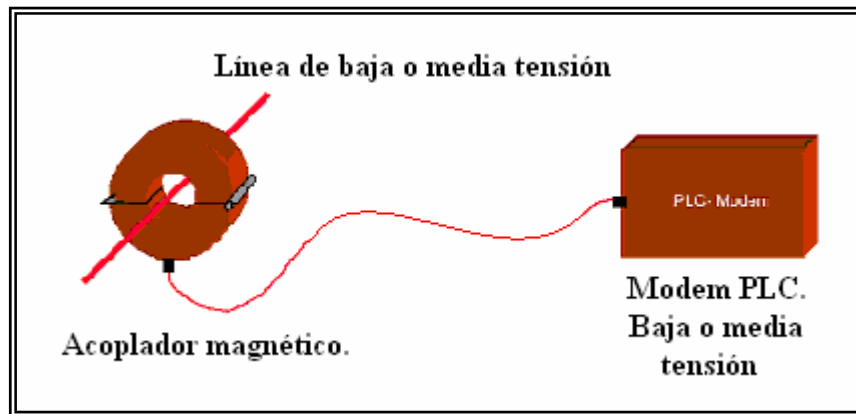


Figura # 13. . Acoplamiento inductivo general.

Existen dos tipos de unidades de acoplamiento inductivo:

- Unidad de acoplo inductiva para media tensión.
- Unidad de acoplo inductiva para baja tensión.

Este tipo de acoplador se comporta como un filtro pasa alto, esto quiere decir que solo deja pasar la energía de alta frecuencia, la señal de baja frecuencia, en este caso, la señal eléctrica de 60 Hz, se ve imposibilitada de seguir por el acoplador, esta señal de baja frecuencia, “sigue su camino”, sin la señal de alta frecuencia. Dicho con otras palabras, este dispositivo separa las señales que viajan por la línea tomando o inyectando, según sea el caso, la señal de alta frecuencia.

4.6.2. Acoplamiento capacitivo.

Hay contacto físico entre la unidad de acoplo y la línea eléctrica. Las unidades de acoplo capacitivas incorporan elementos para aislar la entrada del cable de comunicaciones de la línea eléctrica.

El acoplamiento capacitivo se basa en el comportamiento que presenta un capacitor frente a una señal de baja frecuencia. En vista que la impedancia capacitiva es inversamente proporcional a la frecuencia, al ser la frecuencia muy elevada la impedancia de éste disminuye permitiendo el paso de la señal de datos y a la vez en impide que la señal de baja frecuencia (60 Hz.) atraviese el acoplador, en vista que para la señal de baja frecuencia el acoplador capacitivo presenta una alta impedancia, esto hace que la señal fluya por el cable y no por el acoplador.

- Unidad de acoplo capacitiva para media tensión.
- Unidad de acoplo capacitiva para baja tensión.

4.7. Procedimiento para efectuar los acoplamientos.

En vista que los transformadores atenúan considerablemente la mayoría del espectro de RF utilizado por PLC, se debe efectuar un procedimiento llamado Bypass que consiste en darle un camino alternativo sólo a la señal de datos y no a la señal de 60 Hz. La señal se toma en la entrada del transformador (primario), mediante una unidad de acoplamiento inductivo o capacitivo. Luego la señal es procesada por el repetidor o router (según sea el caso) y es introducida al secundario del transformador, también por medio de estas mismas unidades de acoplamiento.

Los acoplamientos pueden ser capacitivo-capacitivo, inductivo-inductivo o una combinación de estos, todo depende de cual es el que mejor se adapta a las condiciones que se requieran. Es más apropiado el uso de acopladores capacitivos en media tensión, en vista de los niveles de potencia que se manejan, y los inductivos en baja tensión, por comodidad.

Los acoplamientos pueden ser aéreos o subterráneos, en vista que los transformadores (en ciudades como Caracas) se encuentran en tanquillas bajo tierra por motivos de seguridad.

Un ejemplo de este procedimiento y a manera de representar gráficamente la forma como se conectan los equipos a las líneas de tensión, se muestra en la siguiente Figura. El X-nodo, en este caso representa el equipo de cabecera HE, el cual, toma la señal de datos de la línea de media tensión (que en esta caso actúa como Backbone) y la inyecta en una línea de baja tensión (y viceversa), el acoplamiento mostrado es de tipo combinado.

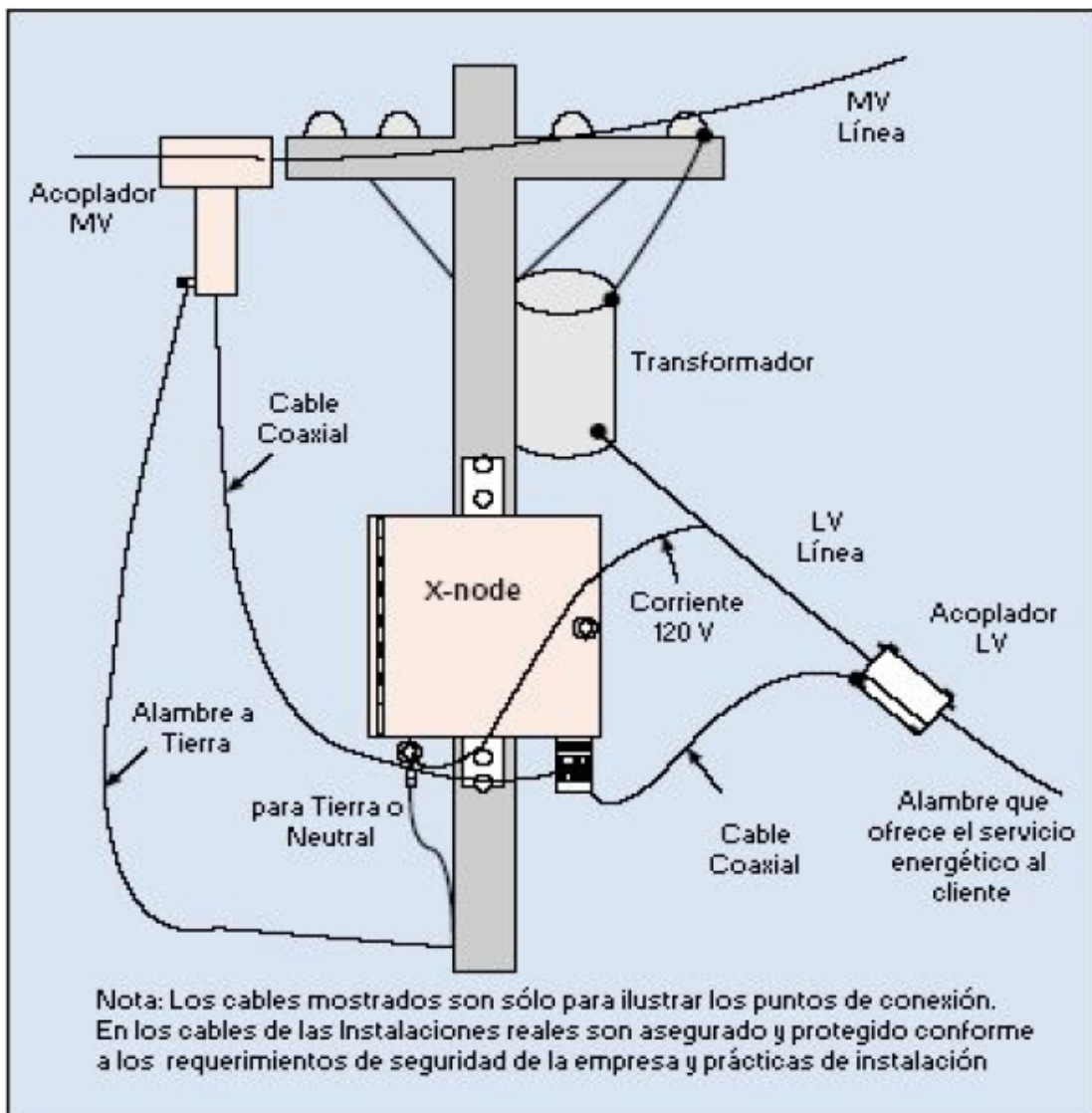


Figura # 14. Bypass del transformador

4.8. Accesorios PLC.

Filtros de Coexistencia: Dado que secciones contiguas de la red de distribución utilizan diferentes frecuencias portadoras para transmitir la señal PLC, se utilizan filtros de coexistencia antes de inyectar en la red de potencia la señal que viene de las tarjetas de media o baja tensión de los TE o los repetidores.

Filtros de Bloque y Unidades de Adaptación de Impedancias: Es necesario colocar filtros de bloque para eliminar las interferencias que se pueden inducir a otros usuarios u otras partes del edificio, así como, en ocasiones, usar unidades de adaptación de impedancias en la conexión eléctrica del domicilio.

4.9. Aplicaciones y beneficios de la tecnología PLC.

El desarrollo e implementación de la tecnología PLC permitiría los siguientes beneficios y aplicaciones a desarrollar:

1. Ampliación de mercado de banda ancha.
2. Utilización de infraestructura eléctrica existente.
3. Ampliación de productos y servicios a través de PLC.
4. Innovación al momento de implementar tecnología de punta por una empresa.
5. Creación de conexiones cerradas y seguras entre el ISP y los usuarios.
6. Optimización del uso de la infraestructura de fibra óptica.
7. Creación de redes PLC con mayor cobertura que la red de telefonía.
8. Implementación de redes PLC sin requerir desarrollo de obra civil para conseguir que cada toma de corriente sea un potencial nodo de conexión.

9. Transmisión de voz, datos, imágenes y electricidad; todo al mismo tiempo y por un único conductor.
10. Simplicidad y economía para el desarrollo del sistema.
11. Conexión a Internet always on.
12. Ejecución de aplicaciones multimedia a través de Internet.
13. Explotación de telefonía IP.
14. Creación y desarrollo de servicios de tele vigilancia y seguridad.
15. Automatización y control a distancia de hogares a través de la tecnología domótica. Acciones como encender un electrodoméstico, luces, televisión, todo a distancia, será posible con la integración de Internet y artefactos inteligentes operados a través de software altamente especializado y muy amistoso.
16. Integración de servicios. Los servicios técnicos de fabricantes de electrodomésticos, podrán conocer las averías y presupuestar las reparaciones, sin tener que desplazarse hasta el domicilio.
17. Economía en la instalación de redes de telefonía y redes de computadores.
18. Creación de redes virtuales para transmitir voz y datos al interior de la organización.
19. Habilidad de trabajo en grupo.
20. Implementación de vídeo conferencia, entre clientes y empresa.
21. Utilización de protocolos IP. PLC es una red IP de banda ancha. Esto posibilita que cada abonado sea identifica en el universo de usuarios que se encuentren utilizando el servicio al mismo tiempo posibilitando el uso de tecnologías y servicios basadas en el protocolo IP.
22. Rapidez y economía en el despliegue de PLC.
23. Integración y cobertura a nivel regional.
24. Ampliación, cobertura e integración de hogares sin diferenciación de sector geográfico ni social.

4.10. Ventajas de un sistema con tecnología PLC.

Las ventajas del PLC son evidentes; Cuando se requiere una instalación de telefonía, es necesario hacer la infraestructura de cableado. Mediante la implementación de un sistema PLC cualquier enchufe de una vivienda u oficina puede ser válido, aunque depende mucho de la calidad del cable, de los empalmes o incluso de la sección del cable. A mayor sección, mayor inducción y transmisión de la señal.

No requiere instalar cableado adicional, sólo se usa el cableado eléctrico existente (sin interferir en el suministro eléctrico).

Tecnología de Banda Ancha (hasta 205 Mbps con G2)

Basta enchufar un módem PLC y conectarlo al PC para tener acceso a Internet de alta velocidad

Sólo con enchufar un módem PLC y conectarle un teléfono se puede tener una línea telefónica adicional (independiente de las líneas ya existentes)

Donde haya un enchufe (vivienda, oficina, fábrica,...) se puede tener una puerta abierta a los servicios de telecomunicaciones.

4.11. Desventajas de un sistema con tecnología PLC.

Requiere de niveles bajos de potencia a la hora de la inyección de la señal, en el cable eléctrico, debido a las interferencias que pueden surgir con respecto a otros sistemas de comunicación ya existentes, esto hace que, el recorrido de la señal de comunicaciones por las líneas eléctricas sea limitado 600m, necesitando entonces la implementación de varios repetidores, en el caso por ejemplo de las líneas de media

tensión. Cada repetidor introduce un retardo Δt , que para el caso de despliegues de largas distancias para la implementación de un sistema de telefonía, estos retardos harían inteligible una conversación, lo cual es inaceptable.

4.12. Estructura de un sistema PLC, dentro del modelo OSI.

Un sistema Powerline, permite establecer un enlace de comunicaciones mediante el uso de una infraestructura ya existente y que además es empleada para la transmisión de energía eléctrica. Para ello emplea una serie de dispositivos explicados anteriormente, que son los que hacen posible que tal fenómeno se lleve a cabo. Estos dispositivos son los módems PLC, aun cuando tienen denominaciones distintas en el fondo son módems de comunicación.

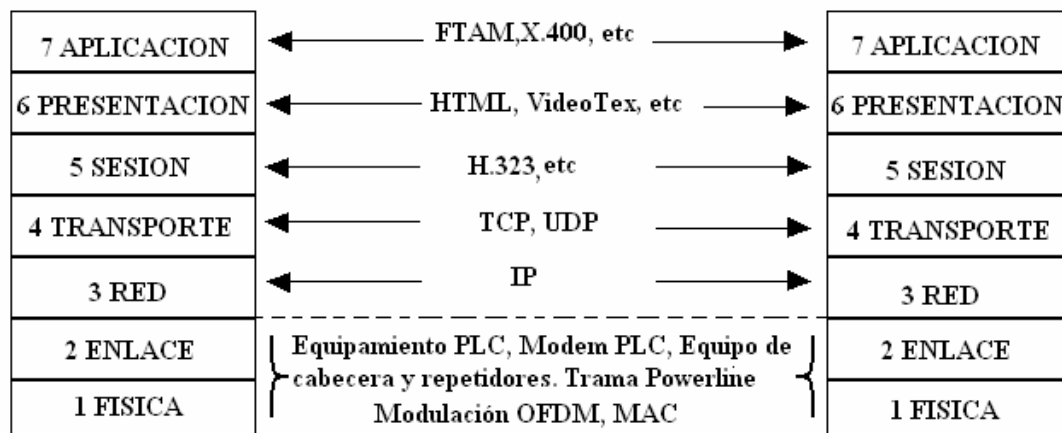


Figura # 15. Estructura del modelo OSI para un sistema Powerline.

Estos módems, se comunican entre sí con bajo una estructura particular, enmarcada, dentro de las dos primeras capas, capa física y capa de enlace, este sistema posee una trama de comunicaciones específica, bajo un tipo de modulación OFDM, con la cual se accede al medio.

CAPITULO V

ESCENARIOS DE RED

Es posible mediante esta tecnología establecer redes de comunicación con los componentes anteriormente expuestos. Tales son los casos de redes LAN, WAN y MAN. Pero, ¿cómo se logra este objetivo? Para ello se explican entonces diversos escenarios de redes con estas características empleando sólo las redes eléctricas y empleando otros dispositivos de red para implementar subredes de comunicación.

5.1. Red de comunicaciones empleando líneas de media tensión.

Para implementar una red de comunicaciones en las líneas de media tensión es necesario la utilización de los equipos anteriormente mencionados como lo son: el equipo de cabecera HE de media tensión, los repetidores HG de media tensión, filtros y acopladores.

Por supuesto, es imprescindible tener acceso al proveedor de servicios de Internet ISP, o en el caso de requerir una red de datos con exclusividad bien sean información bancaria o en general privada, se debe contar con la infraestructura pertinente para estos enlaces privados, Servidores, Routers, Switches, Gateways, etc.

La infraestructura eléctrica de media tensión se va a emplear como enlace físico de estas redes. Los equipos de comunicaciones Powerline, van a ser los encargados de la conversión de las señales de datos y del transporte de éstas por las líneas de media tensión.

Hay que mencionar que las líneas de media tensión pueden ser aéreas y subterráneas, aun cuando los equipos de comunicaciones como el HE y HG siguen siendo los mismos, los acopladores de la señal deben ser los adecuados bien sea para

el caso de que sean líneas aéreas o el caso en que sean líneas subterráneas. Los equipos HE y HG están hechos para la intemperie, por lo que pueden utilizarse en ambos casos.

Luego, se estima la longitud del enlace que se requiere, ejemplo si mi punto de partida es una subestación, es necesario saber hacia donde se requiere que se encuentra la zona iluminada, esta zona iluminada que no es más, que aquella donde se requiere que llegue la señal de datos.

La longitud de las líneas de media tensión es por lo general, de cientos de metros o varios kilómetros, por lo que es necesario el empleo de varios repetidores HG, para la regeneración de la señal.

Entonces una vez desplegada la infraestructura PLC, cualquier punto de la línea (en cualquier parte), se puede tener acceso a la red de comunicaciones, por ejemplo Internet de banda ancha, claro está, es necesario hacer un despliegue entonces en baja tensión, empleando el equipamiento PLC pertinente para baja tensión.

En definitiva las líneas de media tensión se podrán emplear como Backbone de datos y como red de comunicaciones, es posible implementar una red LAN o MAN, dependiendo, claro está, del tipo servicios que se requieran, y de los dispositivos de red que sean implementados para tales fines.

El esquema de implementación de una red Powerline en líneas de media tensión se puede observar en la Figura # 16, la cual representa los equipos y dispositivos empleados para la implementación del mismo.

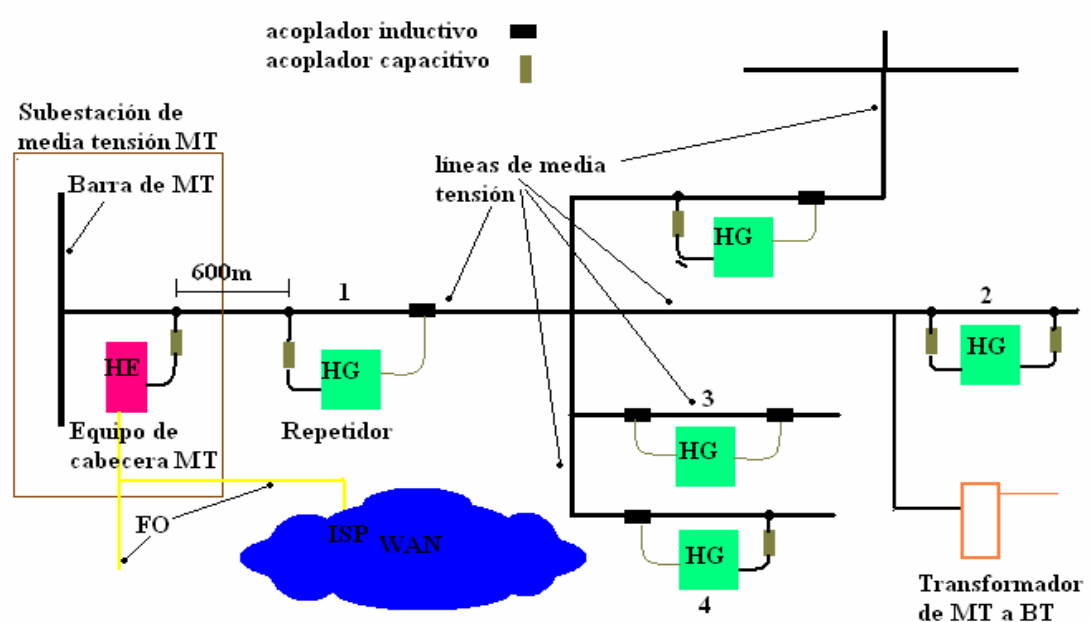


Figura # 16. Esquema de un sistema Powerline en media tensión.

5.2. Red de comunicaciones empleando líneas de baja tensión.

Entonces para implementar una red comunicaciones en un entorno de baja tensión, (conocida como red In Home) se pueden optar por varias configuraciones; empleando como Backbone de datos bien sea una línea de media tensión (la señal de datos se recoge de una línea de media tensión) o bien sea el caso, de emplear como Backbone de datos cualquier tipo de conexión que provenga del ISP o proveedor de servicios de Internet.

Es entonces, la señal proveniente del Backbone es ingresada por medio de una interfaz física, al equipo de cabecera y luego es inyectada por medio de un acople bien puede ser inductivo o capacitivo, y luego esta señal es recogida por un repetidor el cual además de amplificar nuevamente la señal, hace un cambio en la frecuencia de transmisión y la inyecta nuevamente a la línea eléctrica de baja tensión del usuario final donde finalmente cada enchufe (toma de corriente de 110 V (por ejemplo)) se

convierte en un punto de acceso (AP) a la red y posteriormente se conecta un módem PLC, que es en este caso la interfaz del usuario, el cual posee un puerto de conexión de red. Entonces el usuario final, con esta estructura, puede conectarse (por ejemplo) a Internet. A continuación se muestra esquematizado este caso, en la figura siguiente.

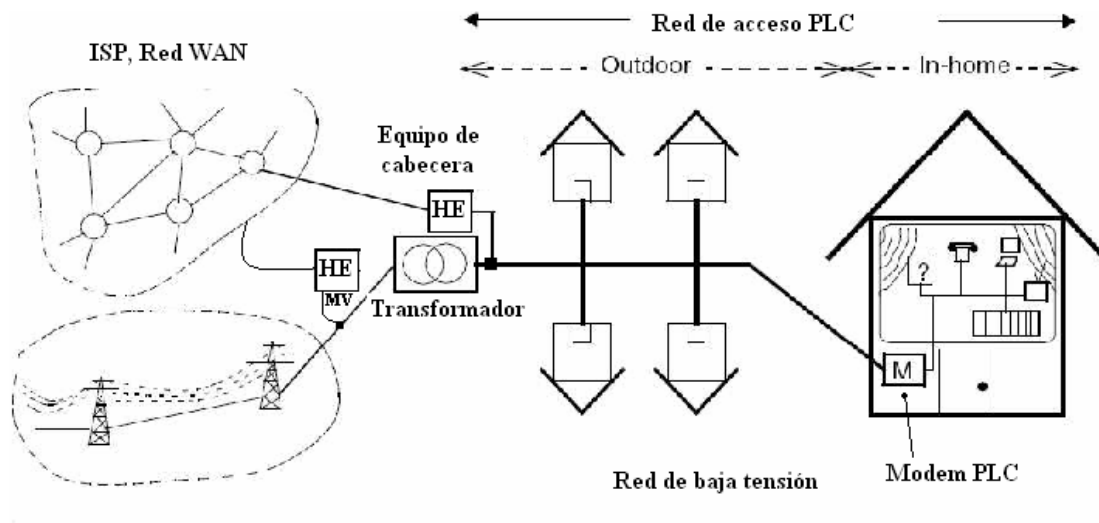


Figura # 17. Esquema de un sistema PLC en Baja tensión.

Para implementar una red de datos en baja tensión, debemos explicar que las redes de baja tensión por tener entornos reducidos de tamaño, en vista que los transformadores de baja tensión, están generalmente cerca de un edificio, casa o conjunto de casas no muy extenso, claro está. Por ser entonces entornos reducidos se puede decir que al implementar una red en un entorno de baja tensión, estamos hablando de una red del tipo LAN.

5.3. Red LAN en un edificio de oficinas.

Para implementar una red LAN en un edificio de oficinas empleando el cableado eléctrico existente es necesario, tener en cuenta cuan larga es la longitud de los cables para estimar el número de repetidores HG que son necesarios, para que la

señal no se atenúe en el caso que estas líneas tengan más de 300 metros de longitud desde el punto de inyección.

Es necesario, en el caso de no tener como backbone de datos a la línea de media tensión, tener un punto de conexión a la red de datos, bien sea mediante enlaces digitales (E1, T1) por pares de cobre o sistemas de elevadas velocidades y tasas de información como sistemas STM1 por fibra óptica o sistemas inalámbricos. Cualquiera de estos sistemas de acceso de última milla son soportados por los equipos de cabecera HE.

Luego de tener un punto de acceso a la red de datos, como en el caso anterior, es necesario colocar un equipo repetidor principal que es el que va a hacer el puente entre los medidores, además de amplificar la señal y hacer el cambio de frecuencias, y éste a su vez se acoplará a cada línea de baja tensión dentro del edificio, dependiendo por supuesto de cómo sea la configuración eléctrica, si es por piso o si es centralizada. Cada fase acoplada al HG se convierte en un bus de comunicaciones, por denominarlo de algún modo, brindando una conexión de datos a cualquier toma corriente existente en el edificio.

Claro está, cada usuario a conectarse debe poseer un módem PLC, que va a ser el equipo encargado de convertir a las señales de datos en posibles aplicaciones para el usuario.

Estas aplicaciones, entre otras, brindar servicios de Internet, Intranet, telefonía IP (mediante una central telefónica), las extensiones telefónicas de los usuarios del edificio, por ejemplo, pudieran ser del tipo VoIP, y no sería necesario el despliegue de cableado telefónico entre los pisos, claro está, esto implica el uso de varios módems PLC (uno por usuario) o bien el empleo de un solo módem PLC por piso, siendo necesario implementar una red de cableado estructurado adicional.

También podría darse el caso de tener, un solo módem PLC, que algunos fabricantes incorporan en éste una interfaz inalámbrica, convirtiéndolo en un Access Point (AP) del tipo Wireless, pudiéndose implementar además una subred inalámbrica WLAN para los usuarios del piso en cuestión.

Claro está, para hacer una implementación de una red LAN interna y brindar todos estos servicios, es necesario tener una configuración de servidores, que son aquellos que, conectados a la red, van a estar encargados de darle curso a las aplicaciones necesaria que se vayan a dar lugar.

5.4. Red de Área Local utilizando dos Módems PLC.

El siguiente esquema muestra una red simple PLC (Powerline), donde dos adaptadores son utilizados para crear una conexión de área local disponible en todos los enchufes dentro del hogar. Este es el ejemplo más sencillo, donde no se requiere ninguna configuración de QoS (Calidad del Servicio).

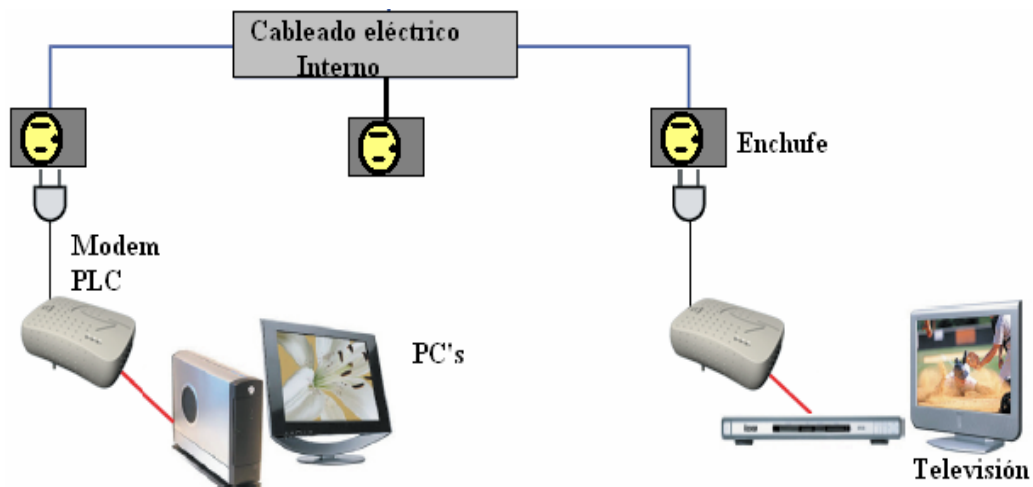


Figura # 18. Extendiendo una conexión de Internet a una red Powerline.

El siguiente esquema muestra una red PLC (Powerline) más avanzada, con 3 módems. Ésta es una configuración común de red, donde el acceso a Internet y video digital son transmitidos a través de la misma línea ADSL. Ésta configuración requiere algunos ajustes en el Software de QoS para garantizar una óptima calidad de video aún cuando la red tenga altos volúmenes de datos a través de la conexión a Internet.

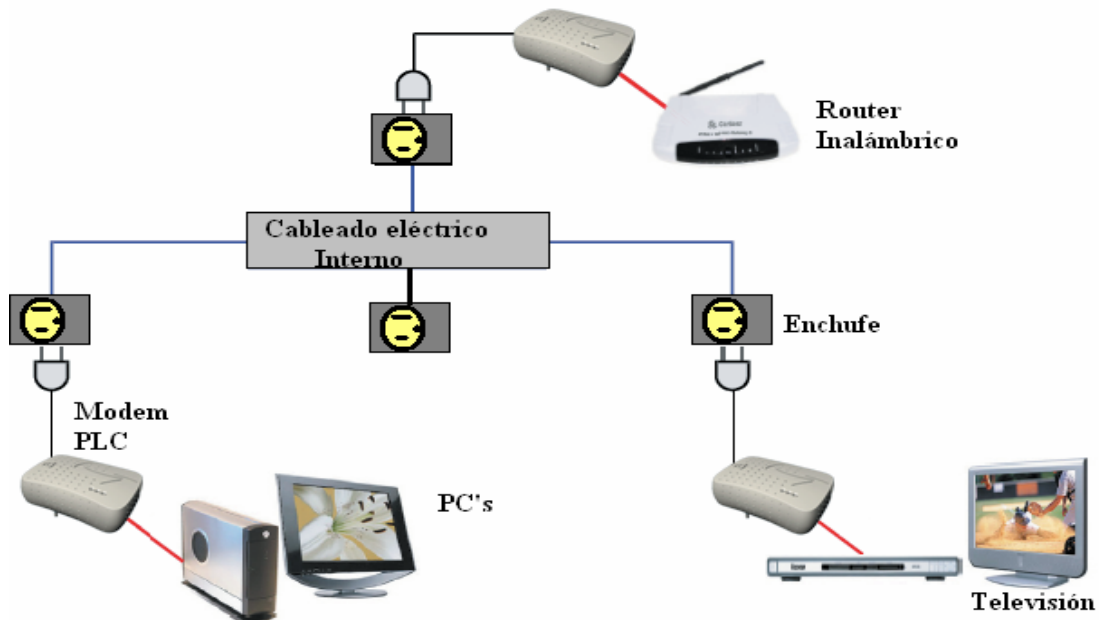


Figura # 19. . Red In-Home extendida.

Cualquiera de los dos escenarios básicos, vistos en la Figura # 19 puede ser ampliado, agregando más adaptadores, computadores o módulos de conexión (Set-Top Boxes (dispositivos decodificadores de audio y video)).

Claro está, para hacer una implementación de una red LAN interna y brindar todos estos servicios, es necesario tener una configuración de servidores, que son aquellos que, conectados a la red, van a estar encargados de darle curso a las aplicaciones necesaria que se vayan a dar lugar.

5.5. Red VPN.

VPN es el acrónimo inglés de Virtual Private Network, una red privada que se extiende, mediante un proceso de encriptación, de los paquetes de datos a distintos puntos remotos mediante el uso de unas infraestructuras públicas de transporte.

Los paquetes de datos de la red privada viajan por medio de un “túnel” definido en la red pública.

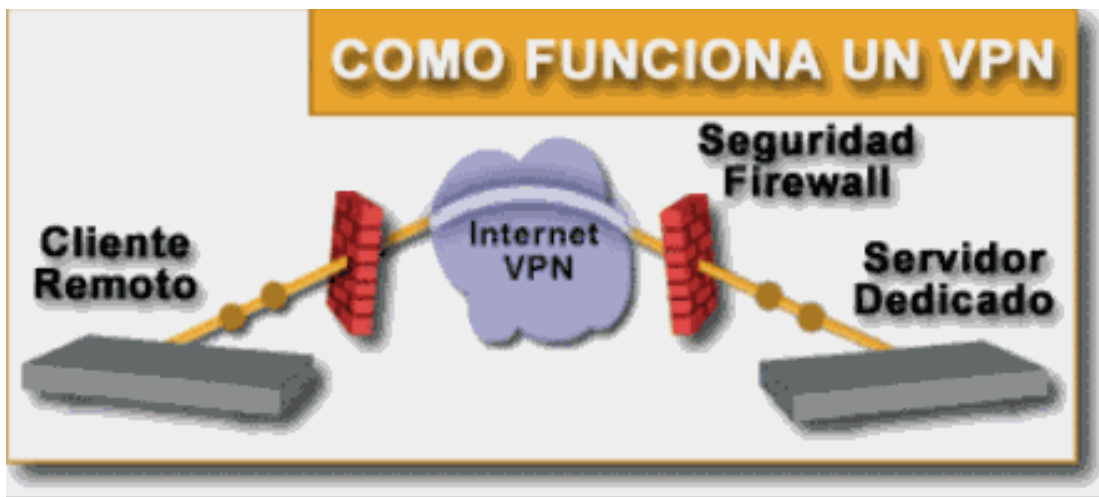


Figura # 20. Funcionamiento de una red VPN.

En la figura anterior (Figura # 20) se muestra como viajan los datos a través de una VPN ya que el servidor dedicado es del cual parten los datos, llegando a un Firewall que hace la función de una pared para engañar a los intrusos a la red, después los datos llegan a nube de Internet donde se genera un túnel dedicado únicamente para nuestros datos para que estos con una velocidad garantizada, con un ancho de banda también garantizado y lleguen a su vez al Firewall remoto y terminen en el servidor remoto.

Las VPN pueden enlazar mis oficinas corporativas con los socios, con usuarios móviles, con oficinas remotas mediante los protocolos como Internet, IP, Isec, Frame Relay, ATM, etc.

5.5.1. Tecnología de túnel.

Las redes privadas virtuales crean un túnel o conducto de un sitio a otro para transferir datos a esto se le conoce como encapsulación además los paquetes van encriptados de forma que los datos son ilegibles para los extraños.

El servidor busca mediante un enrutador (router) la dirección IP del cliente VPN y en la red de tránsito se envían los datos sin problemas.

5.5.2. Requerimientos básicos de una VPN.

Por lo general cuando se desea implantar una VPN hay que asegurarse que esta proporcione:

- Identificación de usuario
- Administración de direcciones
- Codificación de datos
- Administración de claves
- Soporte a protocolos múltiples

La VPN debe ser capaz de verificar la identidad de los usuarios y restringir el acceso a la VPN a aquellos usuarios que no estén autorizados. Así mismo, debe proporcionar registros estadísticos que muestren quien acceso, que información y cuando.

Tiene que establecer una dirección del cliente en la red privada y debe cerciorarse que las direcciones privadas se conserven así. Los datos que se van a transmitir a través de la red pública deben ser previamente encriptados para que no puedan ser leídos por clientes no autorizados de la red.

Debe generar y renovar las claves de codificación para el cliente y el servidor y debe ser capaz de manejar los protocolos comunes que se utilizan en la red pública. Estos incluyen el protocolo de Internet (IP), el intercambio de paquete de Internet (IPX) entre otros.

5.5.3. Herramientas de una VPN.

- VPN Gateway, el dispositivo de puerta de enlace, con software y hardware especial para proveer de capacidad a la VPN.
- Software, éste se encuentra sobre una plataforma PC o Workstation. Desempeña todas las funciones de la VPN.
- Firewall
- Router

Para implementar una VPN Powerline, es necesario establecer primero la red comunicaciones LAN, por ejemplo, y luego se configura con los componentes mencionados.

CAPITULO VI

ESTANDARIZACIÓN.

6.1. PLC Forum.

El PLC Forum es una organización que se encarga del proceso de normalización para la tecnología PLC, agrupa a una serie de miembros que son fabricantes de tecnología Powerline. Trabaja en conjunto con los organismos de estandarización europeos y norteamericanos.

6.2. Normativas Europeas.

Como el PLC involucra aspectos tanto de comunicaciones como de energía, necesita un proceso de regulación en ambos campos. Además, como tecnología de comunicación, debe de cumplir con las normas EMC (Electro Magnetic Compability) de producto y de seguridad, esto por el hecho de emplearse sobre una red que contiene otros dispositivos de índole eléctrica distinta.

Actualmente, aunque no hay ningún estándar definido para los dispositivos, los fabricantes de productos PLC pueden marcar sus productos CE (Comisión Europea) a través de un TCF (Technical Construction File), según el artículo 10.2 de la Directiva de EMC.

La Comisión Europea enfatiza los siguientes puntos en relación al despliegue de los sistemas PLC: Una red PLC que cumpla la directiva EMC debe estar formada por equipos que cumplan dicha Directiva; las situaciones de interferencias deberán resolverse caso por caso; además, se proponen técnicas avanzadas como la utilización de Spectral Notches para minimizar las interferencias.

6.2.1. Estándares ETSI.

ETSI son las siglas del European Telecommunications Standards Institute, (Intituto Europeo de Estandares de Telecomunicaciones), es una organización europea encargada de las normalizaciones en materia de telecomunicaciones, la cual esta llevando a cabo un proyecto de normalización para la tecnología Powerline. Esta organización ya tiene 10 estándares, que regulan los sistemas PLC, (para ETSI, PLT Power Line Telecommunications).

Esta organización, lleva trabajando en estas normativas o regulaciones desde el año 2000, en conjunto, como se mencionó anteriormente, con otros organismos de regulación europeos, con respecto a la tecnología Powerline. Las normativas que ya se encuentran aprobadas en esta materia se presentan a continuación.

Los estándares ETSI, que se encuentran actualmente, con respecto a la tecnología Powerline son los siguientes:

6.2.1.1. ETSI TR-102 049.

El estándar TR-102049 que tiene como título, **“PowerLine Telecommunications (PLT); Quality of Service (QoS) requirements for in-house systems”**. Se refiere a los requerimientos de calidad de servicio QoS para sistemas Powerline (PLC o también PLT) en entornos internos. Expone una definición acerca de los parámetros y requisitos de calidad de servicio QoS necesarios para aplicaciones con sistemas de comunicaciones Powerline, en entornos internos de casas, edificios u oficinas, con líneas de baja tensión.

Define el sistema (PLC-HN) PLC Home Network para redes en entornos domésticos. Expone una serie de normativas que se deben cumplir en entornos domésticos; Escenarios, dispositivos y aplicaciones para usuarios, requerimientos

mercado sobre un sistema PLC-HN. Clases de servicios, Tipos de tráfico. Requerimientos de control y gestión para un sistema PLC-HN; Instalación, operación y mantenimiento, recursos de gestión, gestión de sesión monitoreo de red, control de acceso.

Requerimientos de Calidad de servicio; perfiles, parámetros de QoS, parámetros de seguridad en la red, modelos de QoS para tráfico IP End to End, parámetros de calidad para aplicaciones End to End, aplicaciones en tiempo real, protocolos de reserva de recursos. Normalización para los tiempos de retardos para las aplicaciones. Todo esto se puede visualizar en el Anexo No. 3, que expone en detalle este estándar.

6.2.1.2. ETSI TR-102 175.

El estándar TR-102175 que tiene como título, “**PowerLine Telecommunications (PLT); Channel characterization and measurement methods**”. Se refiere a la normalización de las técnicas de medición para caracterizar el canal de transmisión que es la línea eléctrica, de baja tensión para la implantación de un sistema PLC.

Expone, cuales son los esquemas circuitales a implantar para efectuar las mediciones de los parámetros de la red de baja tensión, como por ejemplo, pérdida de conversión longitudinal, perdida de transferencia longitudinal, perdida de transferencia transversal, impedancia asimétrica, impedancia simétrica, factor de acoplamiento, entre otros. Además expone, cuales son los equipos necesarios para la realización de estas mediciones. Anexo No. 4.

6.2.1.3. ETSI TR-102 258.

El estándar TR-102258 que tiene como título, “**PowerLine Telecommunications (PLT); LCL review and statistical referent**”. Se refiere a la normalización de las técnicas de medición para las pérdidas de conversión longitudinal (LCL) en baja tensión para la implantación de un sistema PLC. Anexo No.5.

6.2.1.4. ETSI TR-102 259.

El estándar TR-102259 que tiene como título, “**PowerLine Telecommunications (PLT); EMI review and statistical referent**”. Se refiere a la normalización de las técnicas de inspección y análisis estadístico para Interferencia Electromagnética en baja tensión para la implantación de un sistema PLC. Anexo 6.

6.2.1.5. ETSI TR-102 269.

El estándar TR-102269 que tiene como título, “**PowerLine Telecommunications (PLT); Hidden Node review and statistical referent**”. Este estándar proporciona una serie de gráficas normalizadas obtenidas de manera estadística, para la revisión de los nodos ocultos dentro de una red de baja tensión, para la implementación de un sistema PLC. Anexo No. 7.

6.2.1.6. ETSI TR-102 270.

El estándar TR-102270 que tiene como título, “**PowerLine Telecommunications (PLT Basic Low Voltage Distribution Network (LVDN) measurement data**”. Este se refiere a las mediciones que se deben efectuar, en una red de baja tensión, para la recolección de datos mediante el empleo de equipos de

medición y el software requerido, los cuales, esta descritos, y además explica la normativa a seguir para el análisis de los resultados obtenidos.

Proporciona una serie de gráficas de parámetros auxiliares ya medidos en diversas localidades como: Alemania, Holanda y España. Anexo No.8.

6.2.1.7. ETSI TR-102 324.

El estándar TR-102324 que tiene como título, **“PowerLine Telecommunications (PLT); Radiated emissions’ characteristics and measurement method of state of the art Powerline communication networks”**. Tiene como finalidad normalizar los procedimientos de medición de las características de las emisiones radiadas en redes PLC que operan en el rango de frecuencias de 1,6 a 30 MHz. Anexo No. 9.

6.2.1.8. ETSI TR-102 494.

El estándar TR-102494 que tiene como título, **“PowerLine Telecommunications (PLT); Technical requirements for In-House PLC modems”**. Se refiere a la normalización de los requerimientos técnicos de los módems PLC a nivel de capa física y a nivel de capa MAC, para los distintos escenarios de aplicación, además de los requerimientos conexión, consumo de potencia y aspectos ambientales y requerimientos de coexistencia de un sistema PLC para futuras generaciones de los mismos. Anexo No. 10.

6.2.1.9. ETSI TS-102 867.

El estándar TR-102867 que tiene como título, **“PowerLine Telecommunications (PLT); Coexistence of Access and In-House Powerline Systems”**. Se refiere a la gestión de frecuencias a emplear para una red de acceso y

las redes In Home (In House) para primera y segunda generación, además de exponer cuales son las técnicas de modulación a emplear para mejor desempeño de los sistemas Powerline. Hace referencia también al empleo de filtros de bloqueo, para separar dos sistemas Powerline que estén en una misma red de baja tensión, para que no existan interferencias entre ellos. Anexo No. 11.

6.2.1.10. ETSI TS-102 896.

El estándar TR-102259 que tiene como título, “**PowerLine Telecommunications (PLT); eferente Network Architecture Model; PLT Phase 1**”. Se refiere a regulación de la arquitectura eléctrica en bloques, para la implementación de sistemas PLC, en sus diversas interfases físicas. Anexo No.12.

6.3. Normativas Norteamericanas.

Las actividades de normalización, como se puede deducir de lo dicho hasta ahora, están básicamente centradas en la asignación del espectro de frecuencias, así como la definición de las máscaras de espectros para asegurar la compatibilidad con otros servicios de telecomunicaciones, particularmente la radiodifusión y las bandas de radioaficionados. Mientras que el consorcio Homeplug aborda los problemas de interoperabilidad, mediante la definición de modos de modulación y protocolos de acceso al medio, en el dominio de acceso de primera milla aún se encuentran en etapas preliminares.

Más enfocado en los aspectos de PLC en entornos domésticos, está el grupo de interés especial Homeplug, que agrupa a numerosas empresas del sector, particularmente en EE.UU., y que ha editado su especificación de interfaz, basada en modulación OFDM, pero que al operar en la banda de 4-22 MHz interfiere con las bandas definidas por ETSI. El estándar HomePlug 1.0

6.3.1. HomePlug 1.0.

El estándar HomePlug 1.0 explica, en sus preliminares cuales son los problemas que presentan las líneas eléctricas de baja tensión en entornos domésticos. Tales como interferencias, ruido, cambios de las características del canal en cualquier instante por causa variaciones en las cargas debidas al encendido/apagado de artefactos eléctricos que se encuentra en un entorno doméstico, Ej. Lámparas fluorescentes.

Propone como mecanismo de modulación para los equipos PLC , el empleo de OFDM, el cual provee ciertas ventajas, para la transmisión de datos sobre las líneas eléctricas, ya que las señales de comunicación se vuelven más inmunes a las interferencias o ruido que otras técnicas de modulación. HomePlug PHY (capa física).

Propone dos formatos básicos para la trama de comunicación Powerline, trama larga (160 símbolos OFDM de carga) y trama corta (esta trama se encuentra representada en la Figura # 12 y en el anexo No.2), además de un protocolo de acceso al medio HomePlug MAC, con encriptación de datos, que a su vez, emplea una combinación de Sensores de Portadora Física (PCS) y Sensores de Portadora Virtual (VCS) para determinar el estado del canal. Habla sobre el mecanismo de segmentación y ensamblado de la trama, las características de calidad de servicio que debe tener un sistema PLC, cuales son las tasas de transmisión de información, aspectos de seguridad y coexistencia de sistemas.

Todas estas consideraciones están incluidas en el trabajo, y se pueden visualizar en el anexo No. 2. Es por ello que solo se hacen mención al contenido sin entrar en detalles.

6.4. Ejemplo de implementación de un sistema PLC en Venezuela.

Para implementar un sistema PLC en Venezuela, en un entorno doméstico, bien puede ser un campus universitario, centro comercial, edificio de oficinas o una casa o urbanización pequeña y tomando en cuenta, todas las consideraciones expuestas en este trabajo. Se deben cumplir con las siguientes especificaciones:

6.4.1. Reconocimiento de la red eléctrica.

Es imprescindible tener en cuenta donde está, el centro de transformación de baja tensión, generalmente compuesto por 3 transformadores de media a baja tensión, y luego hacer un reconocimiento de las fases en las distintas áreas del entorno doméstico. Esto con el fin de realizar un mapa del sistema, si es que no se tiene, para el proceso de instalación. Es imprescindible tener un buen sistema de aterramiento.

6.4.2. Instalación del Equipo de cabecera.

El equipo de cabecera, debe localizarse cercano a un punto de conexión de red, bien sea por fibra óptica, o por cualquier otra tecnología, puede ser por ejemplo por medio de un par telefónico, para lo cual es necesario la implementación de un routers especiales por ejemplo un router ADSL, o si es un enlace Wireless, se debe contar con la interfaz pertinente para que la señal pueda ser adquirida por el equipo. Los equipos de cabecera HE de baja tensión se pueden encontrar en el mercado con puertos de entrada para la señal de datos del tipo 10/100 BASE-TX para conexiones con LAN y del tipo 1000 BASE FX para redes de tipo WAN.

Si la línea de media tensión que alimenta al transformador, posee ya una señal Powerline, en otras palabras si ya se ha implementado como Backbone de datos, es necesario acoplarla mediante un acoplador capacitivo de media tensión con el equipo de cabecera. En este caso, el HE cuenta con un módem de media tensión interno que se encarga de la transformación de la señal. El equipo debe estar cercano al centro de transformación.

Este equipo de cabecera se acopla a la línea de baja tensión por medio de un acoplador inductivo, en el caso que el HE se pueda localizar en el cuarto de contadores no es necesario la implementación de un repetidor HW. La señal de datos se acoplará en un punto después del medidor de energía. Cabe decir que estos equipos si se localizan dentro de los cuartos de medición o cercanos a transformadores o UPS (Unidades Suplementarias de Poder), es recomendable que se encuentren dentro de gabinetes metálicos para que sean inmunes a interferencias electromagnéticas, que puedan afectar su funcionamiento.

6.4.3. Instalación del equipo repetidor.

Para instalar el equipo repetidor, en el caso que sea necesario, se elige primero su ubicación, este va a ir acoplado a la línea por medio de acopladores inductivos F-N o capacitivos F-F, es común para las líneas eléctricas en Venezuela la implementación de acopladores inductivos.

6.4.4. Comprobación de cobertura.

Posterior a la instalación de los equipos, se procede a evaluar el grado de cobertura de la señal en distintos puntos y la verificación de la calidad de la misma, esto con el fin de ver si es necesaria la implementación de repetidores adicionales en el sistema o filtros adicionales para garantizar la calidad de la señal.

6.4.5. Realización de un mapa de la red PLC.

Posterior a la implementación del sistema es recomendable realizar un mapa de la instalación, en donde se especifiquen la ubicación de todos los componentes instalados. Esto con el fin de tener una documentación acerca del sistema.

6.4.6. Instalación de los módem de usuario PLC.

Posteriormente se procede a la instalación de los módems de usuario PLC en los diversos puntos donde se requiera acceso a la red. Si es requerido es posible que sean necesarios filtros de bloqueo para el caso de crear varias subredes dentro del entorno donde se instale el sistema PLC.

6.5. Ejemplo de un despliegue general con tecnología PLC

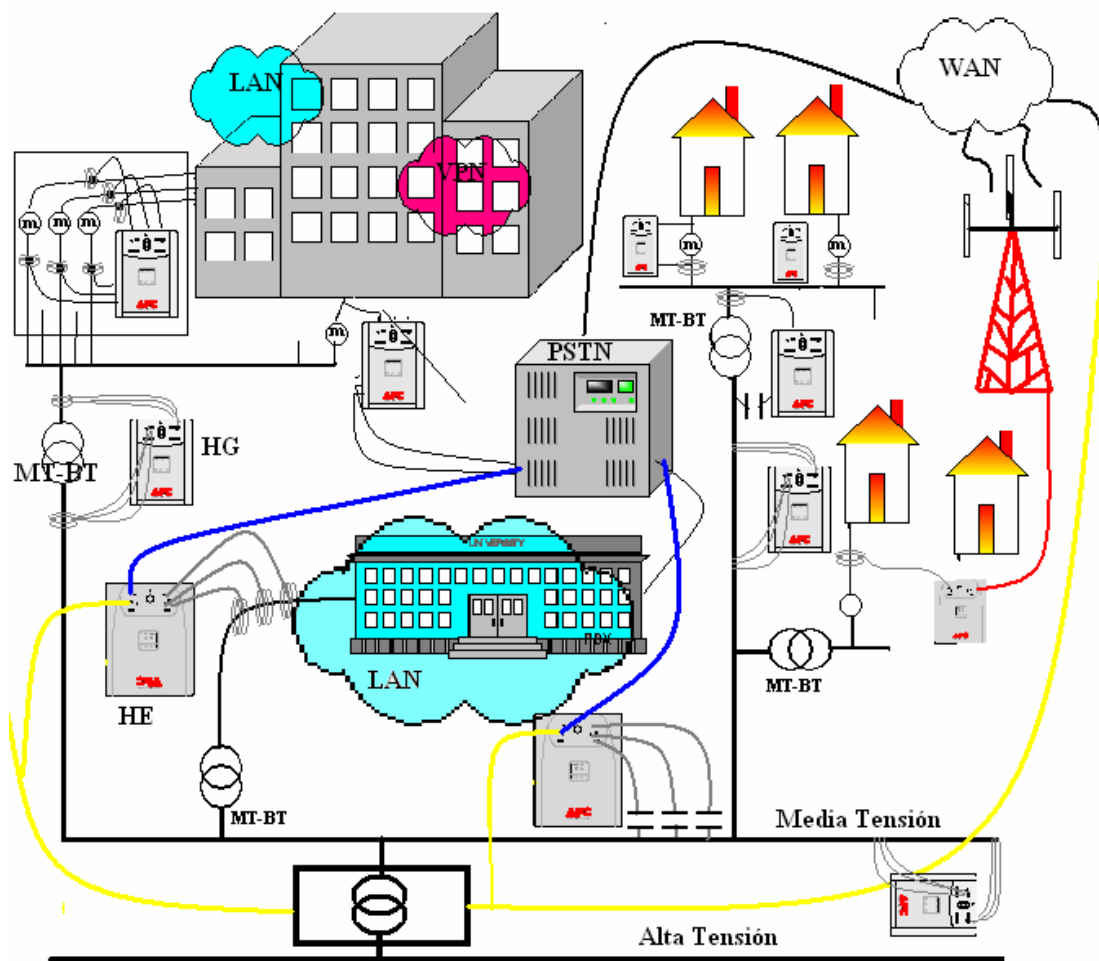


Figura # 21. Esquema general de un despliegue PLC

RECOMENDACIONES

Se recomienda, la realización de pruebas piloto, en un campus universitario, en donde puedan ponerse a prueba todas las normativas existentes en la actualidad, con el fin de examinarse y comprobarse para la elaboración de las normativas regulatorias propias para nuestro país. Esto con el fin de realizar una evaluación sobre la eficacia de los sistemas basados en esta tecnología y de surgir nuevos inconvenientes, contar con resultados para posteriores estudios y posibles soluciones de los mismos.

Se propone además que se aproveche la versatilidad que posee este sistema para la implantación, no solo de aplicaciones domésticas como; como Internet, telefonía VoIP o Televisión bajo demanda, sino también por ejemplo, la implementación de sistemas de seguridad, para las diferentes ciudades a nivel nacional, permitiendo la implementación de una estación de control de monitoreo de tráfico automotor y de vigilancia, desplegando cámaras en los postes de alumbrado y/o semáforos, estos también podrían ser controlados, a las horas pico en donde el tráfico es crítico, desde el o los centros de control.

Se propone un estudio acerca del uso de ferritas y las propiedades que estas tienen para asegurar que las señales viajen mayores distancias, sin tener que colocar varios repetidores, para los tramos de media tensión (en vista que estos producen retardos y para una comunicación telefónica no sería lo más adecuado) y así poder llegar a tener un despliegue (a futuro) de un sistema puramente PLC. Pudiendo cubrir todo el territorio nacional y brindar a las poblaciones un servicio de comunicaciones que pueda ser costeadado sin que ello represente grandes sumas de dinero.

CONCLUSIONES

Se concluye que; los objetivos perseguidos para el desarrollo de este trabajo, fueron obtenidos de manera satisfactoria, logrando así la elaboración un estudio técnico-comparativo de las alternativas que puede ofrecer la tecnología PLC (Power Line Communications), a nivel de equipos e interfaces, además de evaluar las distintas soluciones que existen en la actualidad con sus respectivas ventajas y desventajas.

Se logró establecer una relación de la tecnología PLC (Power Line Communications), con aplicaciones y servicios que son capaces de existir en Venezuela, también se hizo un análisis de esta tecnología basado en el modelo de interconexión de sistemas abiertos OSI, a fin de justificar la tecnología Powerline como sistema de comunicación propiamente dicho.

Se realizó una investigación acerca de los estándares existentes en la actualidad, para esta tecnología, tanto en Europa como en Norteamérica, y las organizaciones que se encuentran desarrollándolos en a actualidad, con la cual se realizó la documentación de este trabajo y una propuesta para la implementación de un sistema PLC.

Posteriormente se concluye: en Venezuela el porcentaje de viviendas y por ende de personas que poseen suministro eléctrico es superior al porcentaje de éstas que poseen servicio telefónico fijo, además que las zonas que tienen acceso a la telefonía fija están concentradas en pocos estados, no siendo así el caso de el servicio de suministro eléctrico, el cual abarca, todo el territorio nacional.

La tecnología PLC puede competir en prestaciones con las técnicas de cableado estructurado tradicional y el auge que tienen actualmente los sistemas

inalámbricos. Adicionalmente, al hacer uso de la infraestructura eléctrica, ya existente y muy extendida, representa una importante solución, para ser utilizada en aquellos casos en los que el despliegue no sea viable por razones económicas.

En vista de poder lograr que las personas que no tienen acceso a un medio masivo de comunicación como lo es Internet, surge la tecnología PLC como alternativa, para ofrecer servicios de este tipo a habitantes de poblaciones que poseen limitados accesos a las líneas telefónicas, para poder disfrutar de un servicio como Internet.

La tecnología PLC, permite el tránsito de señales de datos por medio del empleo de líneas eléctricas, compartiendo el mismo medio físico, pudiendo coexistir ambas señales mediante un despliegue de equipos, que se convierten a su vez en las interfases de acceso para la red Internet, para cualquier usuario.

Existen limitaciones, estos sistemas por transmitir en frecuencias que ya han sido asignadas, se pueden presentar problemas de interferencias con esas bandas. La cuestión de las interferencias en cuanto al funcionamiento del PLC se debe a que las líneas eléctricas no están blindadas, por lo que parte de la energía de RF que porten puede ser radiada.

Si bien los dispositivos de control de la distribución eléctrica, tales como transformadores, y a veces la instalación subterránea de líneas que es característica de muchos sistemas de servicio eléctrico público, tienden a reducir considerablemente la eficacia de esos sistemas como radiadores de energía de RF, sigue existiendo la posibilidad de radiaciones significativas procedentes de los sistemas de servicio eléctrico portadores de señales de radiofrecuencia.

Esa fuga de energía, puede convertirse en interferencia perjudicial si no se la controla cuidadosamente. En otras palabras que los sistemas de radio que usen las mismas bandas de frecuencias por las que se transmitan las señales de acceso PLC

podrían recibir una interferencia perjudicial debida a dicha fuga de señales, si no se toman las debidas medidas de protección.

Este sistema puede proveer una amplia gama de aplicaciones a nivel nacional, en general en materia de seguridad, permite convertir a los cables de tensión en canales de información, por los cuales podemos desplegar circuitos cerrados de televisión para el control de trafico automotriz, vigilancia en zonas con altos índices de vandalismo, señalizaciones automatizadas en carreteras y autopistas, por ejemplo si una vía tuviese un canal obstruido por cualquier causa, mediante el despliegue de pantallas, podría advertirse a conductores que se encuentren antes de una eventualidad, para que tomen las medidas pertinentes. También podrían implementarse un sin número de aplicaciones sin tener que hacer un despliegue de cableado adicional, u otro sistema que fuera más costoso.

Esta tecnología, puede no ser ventajosa, cuando los tramos de líneas son muy largos (en vista que las señales se atenúan, en una corta distancia (600m), a la señal de comunicaciones) haciéndose necesaria, la implementación de equipos adicionales, que entre otras desventajas (como mayor costo) generan un retardo en las señales.

BIBLIOGRAFIA

Pérez Méndez, Daniel. Tecnología Powerline (Curso de doctorado), España: Ingeniería de Sistemas y Aeronáutica, 2001-2002.

Power Line Communications [en línea]. < <http://www.Tecnocom.biz/plc>.> [Consulta: 2006].

Revista Telem@tica [en línea]. < <http://www.cujae.edu.cu/revistas/telematica/articulos/419.htm>.> [Consulta: 2006].

Wikipedia en Español [en línea]. < <http://www.wikipedia.org/wiki/plc> >. [Consulta: 2005].

Wikipedia en Español [en línea]. < <http://www.wikipedia.org/wiki/vpn> >. [Consulta: 2006].

Wikipedia en Español [en línea]. < <http://www.wikipedia.org/wiki/osi> >. [Consulta: 2005].

Latchman, Haniph & Yonge, Lawrence. “Power Line Local Area Networking”, IEEE Communications Magazine. April 2003. pp 32-34.

Pavlidou, Niovi & Han Vink, A.J. & Yazdani, Javad & Honary, Bahram. “Power Line Communications: State for the art and future trends.”. IEEE Communications Magazine. April 2003. pp 34-40.

Pérez L., Luis P. PLC: Power Line Communications, Comunicación por vía eléctrica/ Perez Liscutin Luis Pedro (Tesis).—Uruguay: Universidad de Montevideo, 2006.

HomePlug 1.0 specification [en línea] < <http://www.homeplug.org> > [Consulta: 2006].

Palet, Jordi. Como IP puede llegar a todo el planeta: 6Power, Boletín de RedIris No.62-63, 2002-2003.

García, Francisco & González Juan. La tecnología PLC en los programas de fomento de la sociedad de información de Red.es, Boletín de Red Iris, No. 68-69, Septiembre de 2004.

Estadísticas del sector de telecomunicaciones [en línea] < [http://www.conatel.gov.ve/indicadores/ Indicadores2005/ Presentación_Gerentes_I_2006.pdf](http://www.conatel.gov.ve/indicadores/Indicadores2005/ Presentación_Gerentes_I_2006.pdf) > [Consulta: 2005].

Estadísticas consolidadas 2004 [en línea], < <http://www.caveinel.org.ve/estadisticas/consolidadas2004.htm> > [consulta: 2006].

Instituto Nacional de Estadística, Condiciones de vida [en línea] < <http://www.ine.gov.ve/condiciones/electricidad.asp> > [Consulta: 2006].

Instituto Nacional de Estadística, Condiciones de vida [en línea] < <http://www.ine.gov.ve/condiciones/telefonos.asp> > [Consulta: 2006].

Stremler, Ferrel G. Introducción a los sistemas de comunicación, 3ra. Ed. U.S.A: Addison Wesley Iberoamericana, S.A., 1993.

Covenin (159:1997). Tensiones normalizadas de servicio 2da. Revisión.— Caracas: Comisión Venezolana de Normas Industriales. Ministerio de Fomento.—9 p.

[ANEXO No. 1]

[Norma COVENIN 159: 1997]

NORMA VENEZOLANA TENSIONES NORMALIZADAS DE SERVICIO

COVENIN
159 :1997

1 OBJETO

Esta norma venezolana establece las exigencias y recomendaciones relativas al suministro de las diferentes tensiones de servicios de los sistemas eléctricos de potencia en el país.

Determina y normaliza las tensiones nominales de servicio de los sistemas eléctricos en el país.

Normaliza las tolerancias en las variaciones de tensión de servicio con relación a los valores nominales.

Hace recomendaciones en el uso de los sistemas normalizados en sus diferentes aplicaciones.

Normaliza la nomenclatura de las diferentes tensiones de servicio.

Sirve de pauta para la normalización de las tensiones máximas de diseño en la fabricación de equipos eléctricos.

2 REFERENCIAS NORMATIVAS

Para la aplicación de esta norma no es necesario la consulta específica de ninguna otra.

3 DEFINICIONES

3.1 TENSION NOMINAL

Es valor asignado al circuito o sistema para la denominación de su clase de tensión. La tensión real a la cual funciona el circuito, varía dentro de una banda que permita un funcionamiento satisfactorio del equipo.

3.2 TENSION MÁXIMA

Es el mayor valor de la tensión que aparece en cualquier instante y en cualquier punto del sistema en condiciones normales de funcionamiento. Este valor excluye las variaciones momentáneas de la tensión, como aquellas debidas a maniobras en el sistema, causas accidentales o cambios bruscos del régimen de carga.

3.3 TENSION MÍNIMA

Es el menor valor de tensión que aparece en cualquier instante y en cualquier punto del sistema, en condiciones normales de funcionamiento.

Este valor excluye las variaciones momentáneas de la tensión, como aquellas debidas a maniobras en el sistema, causas accidentales o cambios bruscos del régimen de carga.

3.4 VARIACIÓN DE TENSION

Es el valor, en unidades de tensión, en cualquier instante, de la diferencia entre la tensión máxima y la tensión mínima en un punto del sistema, con respecto a la tensión nominal. Este valor se puede expresar en tanto por ciento con su signo, con relación a la tensión nominal del sistema.

3.5 FRECUENCIA NOMINAL

Es el valor nominal asignado el circuito o sistema para la denominación de su clase de frecuencia.

3.6 VARIACIÓN DE FRECUENCIA

Es el valor en hertz de las diferencias entre los valores máximo y mínimo de la frecuencia del sistema en cualquier instante, con respecto a la frecuencia nominal del mismo. Este valor se puede expresar en tanto por ciento, con su signo, con relación a la frecuencia nominal del sistema.

3.7 CAÍDA DE TENSION

Es el valor en unidades de tensión de la diferencias entre la tensión en un punto cualquier del sistema con la de otro punto más cercano a la fuente, tomado como referencia u origen, debido a la impedancia del circuito eléctrico. Este valor se puede expresar en tanto por ciento con relación a la tensión nominal del sistema.

3.8 ZONA A

Es la gama de tensiones comprendidas entre los límites establecidos para el punto de medición de energía suministrada por las empresas de servicio eléctricos en condiciones normales de funcionamiento (ver tablas 1 y 2).

3.9 ZONA B

Es la gama de tensiones por encima y por debajo de los límites de la zona A, que resulta de la maniobras o emergencias en los sistemas de suministro de energía eléctrica (ver tablas 1 y 2).

4 REQUISITOS

4.1 La variación de la frecuencia debe estar comprendida entre $\pm 2\%$ en condiciones normales.

4.2 TENSIONES NORMALIZADAS DE 100 V A 1 000 V DE CORRIENTE ALTERNA 60 Hz

4.2.1 Tensiones nominales de los sistemas

Las tensiones nominales de los sistemas deben cumplir con lo indicado en la tabla 3.

4.2.2 Límites permisibles de la tensión del sistema en el punto de medición

Los límites permisibles de la tensión del sistema en el punto de medición deben cumplir con los valores indicados en la tabla 1.

4.2.3 Nomenclatura de las tensiones

La denominación de las tensiones se debe hacer de acuerdo con la columna de tensiones nominales de la tabla 3 con la tabla 4.

4.3 TENSIONES NORMALIZADAS SUPERIORES A LOS 1 000 V DE CORRIENTE ALTERNA

4.3.1 Tensiones nominales de los sistemas de distribución hasta 34,5 kV

Las tensiones nominales de los sistemas de distribución hasta 34,5 kV deben cumplir con lo especificado en la tabla 2.

4.3.2 Tensiones nominales de los sistemas de 69 kV en adelante.

Los valores de tensiones nominales de los sistemas de 69 kV en adelante deben cumplir con lo indicado en la tabla 5.

4.3.3 Nomenclatura de las tensiones para sistemas monofásicos de dos y tres hilos, derivados de sistemas trifásicos de alta tensión hasta 34,5 kv

La denominación de las tensiones se debe de acuerdo con la columna de tensiones nominales de las tablas 2 y 5, y se debe utilizar el sistema de nomenclatura indicado en la tabla 6 para ramales de una fase, dos fases o dos fases y neutro.

BIBLIOGRAFIA

IEC 38-84	Standar Voltages
ANSI C84.1-1989	Voltage Ratings for Electrical Power Systems and Equipment (60 Hz)

Tabla 1. Límites permisibles de la tensión de servicio del sistema en el punto de medición

Tensión nominal (V)	Zona A		Zona B	
	Tensión mínima (V)	Tensión máxima (V)	Tensión mínima (V)	Tensión máxima (V)
120	114	126	110	127
240Δ	228Δ	252Δ	220Δ	254Δ
120/240	114/228	126/252	110/220	127/254
240/480	228/456	252/504	220/440	245/508
208 Y/120	197 Y/114	218 Y/126	191 Y/110	220 Y/127
408 Y/127	456 Y/263	504 Y/291	440 Y/254	507 Y/293
480Δ	456	504	440	508
600Δ	570	630	550	635

Tabla 2. Tensiones nominales y límites permisibles de la tensión de servicio en el punto de medición de los sistemas de distribución hasta 34,5 kV

Tensión nominal		Zona A		Zona B	
3 Hilos	4 Hilos	Tensión mínima	Tensión máxima	Tensión mínima	Tensión máxima
2 400		2 340	2 520	2 280	2 540
4 800		4 680	5 040	4 560	5 080
	8 320 Y/ 4 800	8 110 Y/ 4 680	8 730 Y/ 5 040	7 900 Y/ 4 560	8 800 Y/ 5 080
	12 470 Y/ 7 200	12 160 Y/ 7 020	13 090 Y/ 7 560	11 850 Y/ 6 840	13 200 Y/ 7 620
13 800		13 460	14 490	13 110	14 520
	24 000 Y/ 13800 (ver nota 3)	23 290 Y/ 13 460	25 100 Y/ 14 490	22 680Y/ 13 110	25 150 Y/ 14 520
	24 940 Y/ 14 400	24 320 Y/ 14 040	26 190 Y/ 15 120	23 690 Y/ 13 680	26 400 Y/ 15 240
	34 500 Y/ 19 920	33 640 Y/ 19 420	36 230 Y/ 20 920	32 780 Y/ 18 930	36 510 Y/ 21 080
34 500		33 640	36 230	32 780	36 310

Notas:

- 1) Los usuarios deben establecer contacto con la empresa de servicio correspondiente, a fin de conocer la tensión nominal que puede ser suministrada en la zona de utilización del equipo.
- 2) Existen en algunos sectores del país sistemas que no están dentro de los valores nominales indicados en la tabla 2 y que en lo posible deben pasar a algún valor normalizado en dicha tabla.
- 3) Se permite una tolerancia de - 0,42%

Tabla 3. Tensiones de los sistemas.

Sistema	Tensión nominal	Campo de aplicación	
Fases	Nº de hilos	V	
		recomendado	
Monofásico	2	120	Residencial
	3	120/240	Residencial, pequeño comercio y alumbrado público
	3	240/480	Alumbrado público y campos deportivos
Trifásico	4	208Y/120	Residencial, comercial, edificaciones públicas y pequeñas industrias
	3	240Δ	Uso restringido
	4	480 Y/277	Comercial, edificios públicos e industrial
	3	480Δ	Industrial
	3	600Δ	Industrial

Notas:

Los usuarios deben establecer contacto con la empresa de servicio correspondiente, a fin de conocer la tensión nominal que puede ser suministrada en la zona de utilización del equipo.

Ciertos equipos de control y protección tendrán disponible un límite de tensión máxima de 600 V. El fabricante, el suministro de energía o ambos deben consultarse para asegurar una adecuada aplicación.

Tabla 4. Nomenclatura de las tensiones por sistema monofásicos de tres hilos de dos fases de un sistema trifásico.

Descripción	Nomenclatura
2 activos de un sistema 208 Y/120 V	2 X 208 Y/ 120 V
2 Activos y neutro de un sistema 240 Δ /120 V	2 X 240 Δ/120 V
2 activo y neutro de un sistema 480 Y/ 277 V	2 X 480 Y/ 277 V

Tabla 5. Tensiones nominales de los sistemas de 69 kV en adelante con sus tensiones máximas de servicio.

Tensión nominal (kV)	Tensión máxima de servicio (kV)
69	72,5
115	121
138 (ver nota)	145
230	242
400	420
765	800

Nota: Se utiliza en la zona del Lago de Maracaibo

Tabla 6. Nomenclatura de las tensiones para sistemas monofásicos de dos y tres hilos, derivados de sistemas trifásicos de alta tensión hasta 34,5 kV

Descripción	Nomenclatura
Monofásico activo y neutro o 1 fase y neutro	1 x FN (1)
Monofásico 2 activos	2 x FF (2)
Monofásico 3 hilos 2 activos y neutro	2 x FF/FN

(1) FN = Fase neutro
(2) FF = Fase fase

COVENIN
159:1997

CATEGORÍA
B

CODELECTRA

Comité de Electricidad de Venezuela

Av. Sucre Los Dos Caminos, Centro Parque
Boyacá, Torre Centro, Piso 5, Oficina 51.
Teléfonos: 285-28-67 / 77-74 Fax: 285-47-87
E-mail: codelectra@codelectra.org

ICS: 17.220

ISBN:

RESERVADOS TODOS LOS DERECHOS

Phohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio.

Descriptores: Servicios Públicos.

[ANEXO No. 2]

[Estándar HomePlug 1.0]



HomePlug 1.0 Technology White Paper

With the inevitable arrival of broadband access, the demand for sending digital voice, video and Internet data within the home increases continuously. While retrofitting the house with special wires is one option, it is expensive and time consuming. With multiple outlets in every room, residential powerlines are already the most pervasive network in the home. HomePlug standards allow the use of this existing infrastructure to provide high speed networking capabilities.

Affordable broadband Internet communication to residential customers is now available via Cable Modems and various flavors of Digital Subscriber Lines (DSL). In turn there is a growing need for in-home networks to share this single full-time Internet access link, while supporting a wide range of digital data and multimedia communication services. While it is a simple matter to use a 10/100 Base-T network hub to link several computers in a single room or in a small office environment, it is much more challenging to provide network connections in several rooms in a typical home. One option is to re-wire the home with network cabling (typically 10/100 Base-T CAT-5 cabling) which is quite an expensive proposition especially if existing homes are to be retrofitted with data communication cables.

With multiple outlets in every room, residential powerlines are already the most pervasive network in the home. Using this existing infrastructure to provide high speed networking capabilities provides several benefits. First of all, there is no need for expensive rewiring of the house. Secondly, almost all devices that need to be networked are already connected to the AC wiring. Thus, home networking becomes as simple as plugging the device in the AC outlet.

HomePlug Powerline Alliance, a non-profit industry association, was formed in March of 2000 by a group of industry leading companies to enable standards based powerline networking products. The first industry standard [1] was released in June 2001. In this white paper we provide an overview of the HomePlug 1.0 standards.

Powerline Medium

Home powerline is originally devised for distribution of power at 50-60Hz. The use of this medium for communications at higher frequencies presents some technically challenging problems. Power line networks are usually made of a variety of conductor types, joined almost at random, and terminating into loads of varying impedance. Such a network has an amplitude and phase response that varies widely with frequency. At some frequencies, the signal may arrive at the receiver with relatively very little loss, while other frequencies may be driven below the noise floor. Furthermore, the channel characteristics can also vary with time as the load on the network changes.

Powerline networks are also affected by interference. Electric appliances with brush motors, switching power supplies and halogen lamps produce impulse noise that can reduce the reliability of communication signals. Due to high attenuation over the powerline, the noise is also location dependent. Apart from these, ingress sources such as amateur radio transmission can render certain frequencies unfit for communication.

HomePlug 1.0 products overcome these challenges by using an adaptive approach that uses robust transmission technique combined with sophisticated forward error correction (FEC), error detection, data interleaving, and automatic repeat request (ARQ).

HomePlug Physical Layer

Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) is the basic transmission technique used by the HomePlug. OFDM is well known in the literature and in industry [1,2]. It is currently used in DSL technology [3], terrestrial wireless distribution of television signals, and has also been adapted for IEEE's high rate wireless LAN Standards (802.11a and 802.11g). The basic idea of OFDM is to divide the available spectrum into several narrowband, low data rate subcarriers. To obtain high spectral efficiency the frequency response



of the subcarriers are overlapping and orthogonal, hence the name OFDM. Each narrowband subcarrier can be modulated using various modulation formats. By choosing the subcarrier spacing to be small the channel transfer function reduces to a simple constant within the bandwidth of each subcarrier. In this way, a frequency selective channel is divided into many flat fading subchannels, which eliminates the need for sophisticated equalizers.

The OFDM used by HomePlug is specially tailored for powerline environments. It uses 84 equally spaced subcarriers in the frequency band between 4.5MHz and 21MHz. Cyclic prefix and differential modulation techniques (DBPSK, DQPSK) are used to completely eliminate the need for any equalization. Impulsive noise events are overcome by means of forward error correction and data interleaving. HomePlug payload uses a concatenation of Viterbi and Reed-Solomon FEC. Sensitive frame control data is encoded using turbo product codes.

An Adaptive Approach

The powerline channel between any two links has a different amplitude and phase response. Furthermore, noise on the powerline is local to the receiver. HomePlug technology optimizes the data rate on each link by means of an adaptive approach. Channel adaptation is achieved by Tone Allocation, modulation and FEC choice. Tone allocation is the process by which certain heavily impaired carriers are turned off. This significantly reduces the bit error rates and helps in targeting the power of FEC and Modulation choices on the good carriers. HomePlug allows for choosing from DBPSK 1/2, DQPSK 1/2 and DQPSK 3/4 on all the carriers. The end result of this adaptation is a highly optimized link throughput.

Certain types of information, such as broadcast packets, cannot make use of channel adaptation techniques. HomePlug uses an innovative modulation called ROBO, so that information is reliably transmitted. ROBO modulation uses a DBPSK with heavy error correction with bit repetition in time and frequency to enable highly reliable communication. ROBO frames are also used for channel adaptation.

HomePlug MAC

The choice of Medium Access Control (MAC) protocol provides a different set of challenges. Home networks should be able to support a diverse set of applications ranging from simple file transfer to very high QoS demanding applications such as Voice-over-IP (VoIP) and Streaming Media. The HomePlug MAC is built to seamlessly integrate with the physical layer and addresses these needs.

HomePlug MAC is modeled to work with IEEE 802.3 frame formats. This choice simplifies the integration with the widely deployed Ethernet. HomePlug MAC appends the Ethernet frames with encryption and other management before transmitting it over the powerline. A segmentation and reassembly mechanism is used to in cases where the complete packet cannot be fit in a single frame.

Frame Formats

HomePlug technology uses two basic frame formats (refer Figure 1). A Long Frame consists of a Start of Frame (SOF) delimiter, Payload and End of Frame delimiter (EOF). A Short Frame consists of a Response Delimiter and is used as part of the Stop-and-Wait automatic repeat request (ARQ) process. ARQ mechanism causes retransmission of corrupt packets, thus reducing the packet error rate.

All the delimiters share a common structure. A delimiter consists of a Preamble and Frame Control information field. The Preamble is a form of spread spectrum signal that is used to determine the start of a delimiter. This is followed by Frame Control information, which is encoded using a robust Turbo Product Code and can be detected reliably even at several dB below the noise floor. Among other things, delimiters convey timing information that is used by MAC to determine the availability of the medium. The robust design of the delimiter helps the nodes to obtain a very high level of synchronization, thus reducing unintended collisions. The details of the various field contained in the Frame Control are given in Table 1. The Payload of the Long Frame delimiter is encoded based on the channel adaptation. The first 17 bytes of the payload contain the Frame Header. This field contains the source address, destination address and segmentation information.



The HomePlug networking specifications are the only globally recognized standards for high-speed powerline networking.



HomePlug technology limits the maximum length of the payload field in the Long Frame to 160 OFDM Symbols (~1.3 msec). This manifests as better guarantees of QoS as the delay incurred by higher priority traffic due to on going lower priority transmission is reduced. If the packet cannot be fitted into a Long Frame, a segmentation and reassembly mechanism is used to send it in multiple Long Frames. The frame header contains information that is used by the receiver to properly reconstruct the segmented packet. The Payload is protected by a Frame Check Sequence (FCS) to detect uncorrected errors.

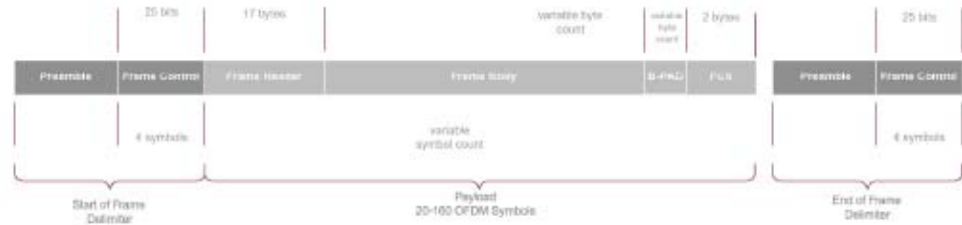


Figure 1: Long Frame Format



Millions of HomePlug based products have shipped throughout North America, Europe and Asia.

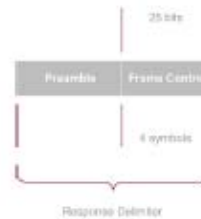


Figure 2: Short Frame Format

Channel Access Mechanism

The channel access mechanism used by the HomePlug MAC is a variant of the well-known CSMA/CA protocol. A typical CSMA/CA protocol would require nodes to sense the medium (this is the carrier sensing part) for other traffic. If the medium is busy, nodes will defer from transmitting until the medium becomes idle. When the medium becomes idle, nodes will wait for a randomly chosen duration (this is the collision avoidance part). A node will transmit only if it detects no other traffic on the medium during this randomly chosen duration. HomePlug channel access scheme builds upon this mechanism by providing prioritized access along with high network utilization. The overall protocol includes a carrier sensing mechanism, a priority resolution mechanism and a backoff algorithm.

The carrier sense mechanism helps HomePlug nodes to synchronize with each other. At the heart of this mechanism are the delimiters. HomePlug technology uses a combination of Physical Carrier Sense (PCS) and Virtual Carrier Sense (VCS) to determine the state of the medium (i.e., if the medium is idle or busy and for how long). PCS is provided by the HomePlug PHY and basically indicates whether a preamble signal is detected on the medium. VCS is maintained by the HomePlug MAC layer and is updated based on the information contained in the delimiter (refer Table 1). Delimiters contain information not only on the duration of current transmission but also on which priority traffic can contend for the medium after this transmission. PCS and VCS information is maintained by the MAC to determine the exact state of the medium.



Table 1: Frame Control Information Fields

Delimiter Type	Fields	Meaning
Start of Frame (SOF)	Type	This can be SOF with response expected or an SOF with no response expected depending on whether a Short Frame delimiter is expected at the end of this Long Frame
	Contention Control	When set to 1, this prevents all HomePlug nodes with packets of priority level equal to or less than the current Long Frame's priority from accessing the channel. However, higher priority nodes can still interrupt this transmission
	Frame Length	This indicates the length of the payload in multiples of OFDM symbol blocks
	Tone Map Index	This is an index to the channel adaptation information stored at the receiver. Note that the variable length Payload is encoded using the maximum transfer rates that can be achieved by the link.
End of Frame (EOF)	Type	This can be EOF with response expected or an EOF with no response expected depending on whether a Short Frame delimiter is expected at the end of this Long Frame.
	Contention Control	The information conveyed is same as that conveyed by this field in SOF delimiter. This redundancy helps in better synchronization.
	Channel Access Priority (CAP)	This field indicates the priority of the current Long Frame.
Response (Resp)	Type	This can be ACK (positive acknowledgment), NACK, (negative acknowledgment indicating faulty reception) , or FAIL (negative acknowledgment indicating lack of resources)
	Channel Access Priority (CAP)	This field indicates the priority of the preceding Long Frame



Connecting HomePlug enabled products is easy, convenient, and cost-effective.

The Priority resolution mechanism provides prioritized access of the medium in a highly distributed manner. Due to the distributed nature of this mechanism, there is no need for a central node to coordinate access over the medium as in the case of some networking technologies. HomePlug allow up to four different priority levels. At the heart of this priority resolution mechanism are the priority resolution slots (PRS) and the priority resolution signals. Priority resolution signals use a form of spread spectrum signal that has a high tolerance to delay spread and is also very robust. High tolerance to delay spread prevents destructive interference when multiple nodes assert in the same priority resolution slot. After the end of every transmission, two slots are allocated for priority resolution. Figure 3 shows the occurrence of priority resolution signals with respect to the end of previous transmission and the subsequent contention period. After priority resolution slots, contention will be only between nodes that have the highest available priority in the network. For example, when all four priorities are present in the network, Priority 3 and Priority 2 nodes will transmit priority resolution signal in PRS0. Priority 1 and Priority 0 nodes will detect this signal, causing them to defer to the higher priority traffic. Priority 3 nodes will transmit a priority resolution signal in PRS1 which will be detected by the Priority 2 nodes, causing them to defer. Thus only Priority 3 nodes will contend in the Contention Period.

Information about frame priority can be indicated to the HomePlug MAC by higher network layers using VLAN tags as defined in IEEE 802.1Q Clause 9. Table 2 provides the HomePlug recommendations for priority usage over the powerline. The over all design of the HomePlug priority mechanism results in a very high level of guarantees on the QoS parameters.



Figure 3: Priority Resolution and Backoff scheme

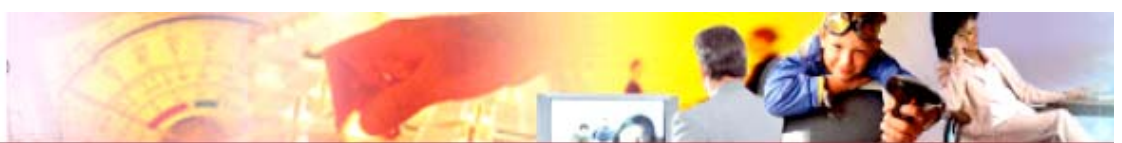


Table 2: Recommended use HomePlug priority

Powerline Channel Access Priority	User Priorities (from VLAN tag)	Application Class
Priority 3	7,6	"Voice" - characterized by less than 10 msec delay and jitter (example: VoIP)
Priority 2	4,5	"Video" or "Audio" - characterized by less than 100 msec delay
Priority 1	0,3	Bulk transfers and other back ground traffic
Priority 0	1,2	Best effort traffic

The backoff algorithm used by HomePlug MAC is designed to provide high network utilization (which manifests itself as high network throughput) even under heavily loaded conditions. It is also tailored to seamlessly integrate with the priority level construction and the applications that each of these priorities is expected to support. Note that only nodes that have the highest priority available in the network will contend during the Contention Period and all other nodes will defer. From a HomePlug view of the powerline network, all traffic with priority a less than the maximum available traffic priority in the network is pretty much ignored. Lower priority traffic will has to wait till all the higher priority traffic is transmitted.

As with other CSMA/CA algorithms, the backoff slot is chosen to be a random integer between 0 and the Contention Window Size. The growth of the contention window under homeplug is controlled by the estimation of traffic on the network as well as on the priority of the traffic. This helps HomePlug nodes achieve higher network utilization and also control the latency for higher priority traffic.



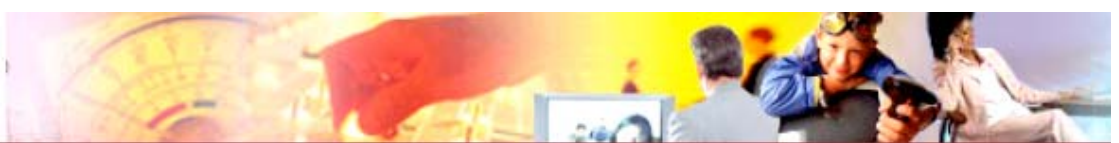
HomePlug networking eliminates cabling used to extend the reach of wireless and broadband networks. for home networking, gaming, audio/video, security, and VoIP.

Segmentation and Reassembly Mechanism

HomePlug uses an adaptive approach to maximize the throughput on each link. Furthermore, the maximum size of the long frame is limited to 160 OFDM symbols for the payload. For cases in which the complete Ethernet packet cannot be fitted in a single long frame, segmentation and reassembly mechanism is used. The necessary information for proper reassembly at the receiver is included in the segment control field of the frame header. Multiple segments can be transmitted in a single burst to obtain high throughputs. However, each segment is required to go through priority resolution mechanism. This ensures that a segment burst can be interrupted by a higher priority traffic, thus reducing the latency for higher priority traffic. HomePlug allows extension of this segment bursting across multiple Ethernet packets to provide contention free access.

QoS Features

- HomePlug MAC is designed to provide guarantees of QoS. This enables HomePlug based home networks to support applications like VoIP and Streaming media. Below is a list of some of the salient features:
- Supports up to 4 different priority classes based on VLAN tag (IEEE 802.1Q),
- Completely distributed approach reduces the implementation complexity,
- Optional support for contention free access,
- Segmentation and Reassembly ensures that higher priority traffic does not get excessively delayed due to on going lower priority packet transmission,
- Aggressive backoff algorithm for higher priority traffic (Priority 3 and Priority 2) ensures lower latencies,
- Variable packet discard timer and maximum retry limit ensures that excessively delayed packets are discarded.



HomePlug Performance

Throughput performance of HomePlug can be measured at various layers. The interpretation of the various throughputs presented in this document is as follows:

Physical layer throughput: This is the rate at which data can be transferred in the payload of a long frame.

MAC layer throughput: This is the rate at which the bytes of Ethernet frame are transferred.

TCP layer throughput: This is the rate at which the payload of TCP is transferred.

Table 3 provides the maximum physical layer throughputs for various modulations and FEC choices. This assumes that 84 carriers are used per OFDM symbol.

Table 4 provides the maximum throughput at various layers (using DQPSK 3/4).

Table 5 provides a comparison of HomePlug throughput with other technologies.

Table 3: Physical Layer throughputs for various modulation and FEC choices

	Modulation	FEC	Physical Layer Throughput (Mbps)
DQPSK 3/4	DQPSK	3/4 Convolution Code and Reed-Solomon Code	13.78
DQPSK 1/2	DQPSK	1/2 Convolution Code and Reed-Solomon Code	9.19
DBPSK 1/2	DBPSK	Convolution Code and Reed-Solomon Code	4.59 Code and Reed-Solomon Code
ROBO	DBPSK	1/2 Convolution Code, Reed-Solomon Code and each bit is repeated four time	1.02

Table 4: Throughput at various layers

	Throughput (Mbps)
Physical layer throughput	13.78
MAC layer throughput	8.2
TCP layer throughput	6.2

Table 5: Comparison of HomePlug with other technologies

	HomePlug	10 Mbps Ethernet	IEEE 802.11b	HomePNA (2 Baud)	HomePNA (4 Baud)
Physical Layer	13.78	10	11	16	32
MAC Layer	8.2	9.9	7.48	14.6	26.9



HomePlug AV is built from the ground up to support entertainment applications, such as HDTV and home theatre. Key members of the HomePlug Alliance, which includes consumer electronics companies and service providers, are driving the HomePlug AV standard.

HomePlug Field Tests

HomePlug uses existing powerline inside the house for home networking. To address concerns on how well the technology performs in the real world, HomePlug powerline alliance put HomePlug technology through extensive field testing. Tests were conducted in 500 houses throughout USA and Canada. More than 7000 paths were tested by volunteers and HomePlug engineers.

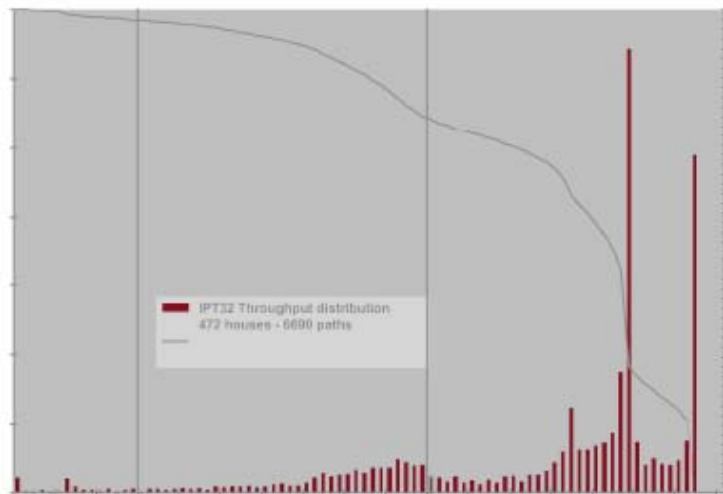
These trials included two node field tests, that involved testing the throughput between a pair of HomePlug devices. Two node tests were conducted by volunteers in 450 houses, 6690 power line links, throughout United States and Canada. Figure 4 shows the distribution of throughput obtained from these tests. The bar chart is a histogram of the various throughputs sorted into bins of 100 kbps throughput. The y-axis for the



bar chart is at the left of the chart and shows the number of paths that fell into each bin of 100 kbps. The rightmost bar corresponds to paths that achieve the maximum rate that the technology supports, which is about 8.2 Mbps. Nearly 1000 paths out of 6690 achieved this rate. The curve shows the percentage of paths that exceeds a throughput greater than the value represented on the x-axis. The y-axis of this curve is on the right of the chart. These results showed that

- 77% of the power line links will support at least 5Mbps of MAC throughput
- 98% of the power line links will support at least 1.5Mbps MAC throughput.

Figure 4: Throughput results obtained from two node field tests



The HomePlug Powerline Alliance is playing a key role in delivering Internet access through Broadband Powerline (BPL) networking, and is the only organization that is ensuring optimal co-existence between in-home and access powerline networks.

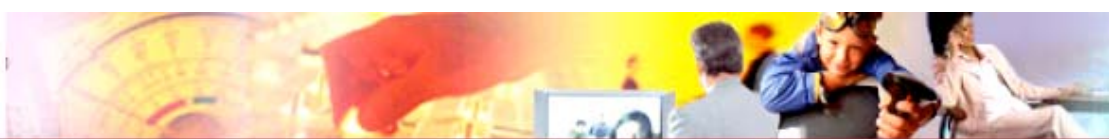
Security

As multiple homes are usually served from a common transformer, physical powerline networks extend beyond the boundaries of a single residence. Privacy is established by creating logical networks through the use of encryption (Figure 5). HomePlug's privacy and security scheme is based on the 56-bit Data Encryption Standard (56-bit DES).

Each station maintains a table of encryption keys and associated Encryption Key Select (EKS) values (Table 6). The EKS values serve as an index or identifier for each encryption key. When transmitting a frame, an encryption key is used to encrypt each frame body and the associated EKS is included in the frame header. Upon reception of the frame, the receiving station uses the EKS to select the associated encryption key from its table of keys to properly decrypt the frame body.

Table 6: Example Table of Encryption Keys

EKS	Encryption Key	Note
0x00	0x08856DAF7CF58185	Default Encryption Key (unique for each device)
0x01	0x46D613E0F84A764C	Network Encryption Key (common for a logical network)
...
0xFF



All transmissions in a logical network are encrypted with a shared Network Encryption Key (NEK). A unique NEK defines a logical network. To participate in a given logical network, a station must have the NEK and associated EKS for the network.

To ease the process of selecting encryption keys, HomePlug defines a means of using ASCII passwords to generate encryption keys. Keys are generated from passwords using industry standard cryptography and hashing algorithms. In this fashion, users may select unique and easy to remember passwords to define their logical networks.

For simplicity, most HomePlug devices are shipped with a common network password of "HomePlug" to generate an NEK using EKS 0x01. This allows out-of-the-box communication between stations. The use of a common network password (and thus common NEK) yields a non-private configuration.

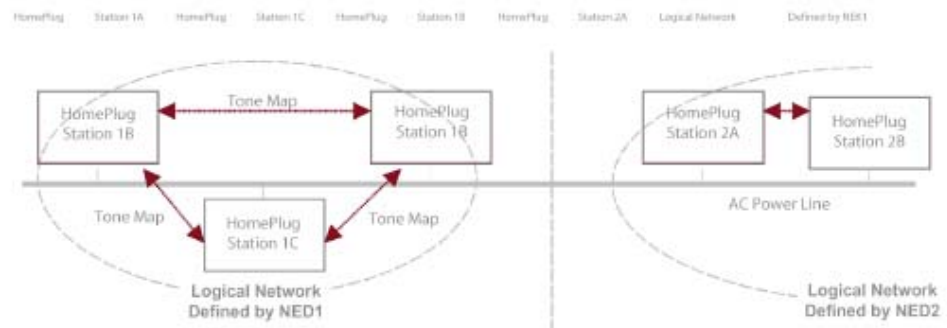
To achieve a private configuration, a unique network password is selected and entered into each station on the logical network. The logical network's NEK/EKS pair may be entered locally into each station by configuring stations with the new network password. Alternately, the NEK/EKS pair may be transmitted over the powerline to each station being added to the logical network. This is performed using HomePlug MAC management frames. The transmission of these special management frames is kept secure by using private encryption keys, known as Default Encryption Keys (DEK), that are factory programmed to be unique for each HomePlug device. The DEK of each station to be added to the network must be known at the station transmitting the management frames. Only the receiving station will be capable of decrypting the frame using its DEK. The DEK is only used for the secure exchange of NEK values over the powerline. All other communication between stations makes use of the NEK for encryption.

Another informal level of security comes from the uniqueness of the channel between any two stations on a network. This stems from the uncontrolled nature of the powerline wiring. The channel estimation process between two stations results in a pair of Tone Maps of usable carriers, FEC coding rate and modulation method to be used by the stations for each direction of communication. Tone Maps are also regularly reassessed to adapt to the changing nature of the powerline network. As a result, any third station attempting to inappropriately monitor or become engaged in the communications from another point in the network would typically require its own different Tone Map to each of the stations.



HomePlug 1.0, HomePlug AV, and HomePlug BPL work together to create a harmonious environment for in-the-home and to-the-home networks.

Figure 5: HomePlug Logical Networks





Compliance and Coexistence

HomePlug standards use the unlicensed frequency band between 4.5 - 21MHz for transmitting the signal over the powerline. According to FCC rules, HomePlug is a secondary user in this band. FCC has two primary requirements with respect to emissions performance of such devices:

Products must meet FCC part 15 radiation limits

Product must not cause harmful interference to licensed users of the band.

HomePlug has expended substantial efforts to ensure that products designed to the HomePlug specification can meet these requirements. To meet the radiation limits imposed by FCC part 15 rules, the specification limits the maximum signal level that can be injected on to the power line. Tests conducted by FCC certified labs in various regions of United States show that the maximum signal levels incorporated in the specifications result in emissions that are below the part 15 limits. HomePlug also limits its power spectral density around the amateur-radio bands by inserting 30-dB notches for the HAM bands in 4.5- to 21-MHz HomePlug frequency range. Due to this notching of HAM bands, only 76 OFDM carriers are usable in HomePlug products operating in United States. Joint testing conducted by HomePlug and ARRL showed that, in general, with a moderate separation of the antenna from the structure containing the HomePlug signal, interference was barely perceptible. HomePlug is also compatible with other low speed powerline technologies like CEBus, X10 and LonsWorks as they operate in different frequencies.



The HomePlug Powerline Alliance is the world's only organization that certifies high-speed powerline products.

References

HomePlug 1.0 Specifications

Bingham, J.A.C., "Multicarrier Modulation for Data Transmission: An Idea Whose Time Has Come," IEEE Communications Magazine, pp. 5-14, May, 1990.

Proakis, J.G., Digital Communications, McGraw Hill, 1995.

Starr, T., Cioffi, J., and P., Silverman, Understanding Digital Subscriber Line Technology, Prentice Hall, 1999.

About the HomePlug Powerline Alliance

The HomePlug Powerline Alliance, Inc. is an industry-led initiative established to create specifications for home powerline networking products and services and to accelerate the demand for these products and services worldwide through the sponsorship of market and user education programs. Currently, the Alliance is comprised of about 50 industry-leading companies. HomePlug Sponsor companies include Arkados, Inc. a subsidiary of CDKNet.com, Inc. (OTC BB:CDKN), Cogency Semiconductor, Comcast (CMCSK), Conexant (CNXT), DS2, EarthLink (ELNK), Intellon, RadioShack (RSH), and Sharp (SHCPFM). Additional information about the Alliance including a complete listing of certified products is available at www.homeplug.org.

HomePlug Powerline Alliance, Inc.

2400 Camino Ramon

Suite 375

San Ramon, CA 94583

Phone: 1.925.275.6630

Fax: 1.925.886.3614

Email: help@homeplug.org

HomePlug is a registered trademark of the HomePlug Powerline Alliance, Inc.
All other trademarks, trade names and service marks mentioned and/or used belong to their respective owners.

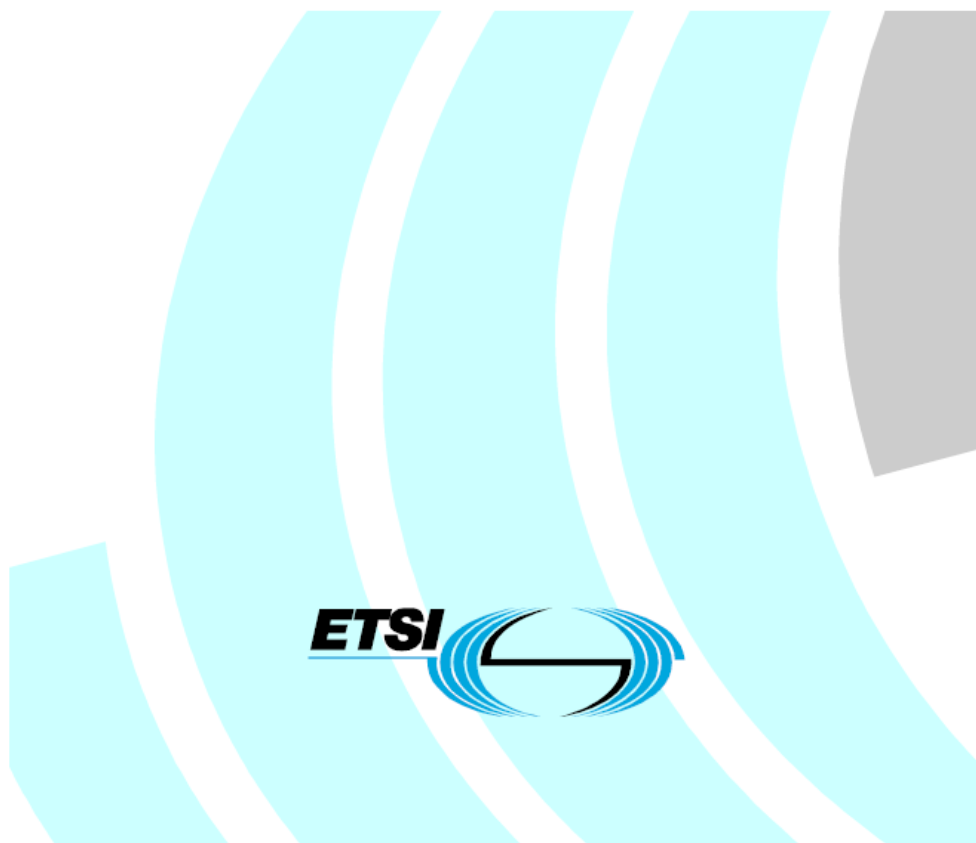
[ANEXO No. 3]

[Estándar ETSI TR 102-049]

ETSI TR 102 049 V1.1.1 (2002-05)

Technical Report

**PowerLine Telecommunications (PLT);
Quality of Service (QoS) requirements for in-house systems**



ReferenceDTR/PLT-00008

KeywordsQoS

ETSI

650 Route des Lucioles
F-06921 Sophia Antipolis Cedex - FRANCE

Tel.: +33 4 92 94 42 00 Fax: +33 4 93 65 47 16

Siret N° 348 623 562 00017 - NAF 742 C
Association à but non lucratif enregistrée à la
Sous-Préfecture de Grasse (06) N° 7803/88

Important notice

Individual copies of the present document can be downloaded from:

<http://www.etsi.org>

The present document may be made available in more than one electronic version or in print. In any case of existing or perceived difference in contents between such versions, the reference version is the Portable Document Format (PDF). In case of dispute, the reference shall be the printing on ETSI printers of the PDF version kept on a specific network drive within ETSI Secretariat.

Users of the present document should be aware that the document may be subject to revision or change of status.

Information on the current status of this and other ETSI documents is available at

<http://portal.etsi.org/tb/status/status.asp>

If you find errors in the present document, send your comment to:

editor@etsi.fr

Copyright Notification

No part may be reproduced except as authorized by written permission.
The copyright and the foregoing restriction extend to reproduction in all media.

© European Telecommunications Standards Institute 2002.

All rights reserved.

DECT™, PLUGTESTS™ and UMTS™ are Trade Marks of ETSI registered for the benefit of its Members.
TIPHON™ and the TIPHON logo are Trade Marks currently being registered by ETSI for the benefit of its Members.
3GPP™ is a Trade Mark of ETSI registered for the benefit of its Members and of the 3GPP Organizational Partners.

Contents

Intellectual Property Rights	4
Foreword.....	4
Introduction	4
1 Scope	5
2 References	5
3 Definitions and Abbreviations.....	6
3.1 Definitions	6
3.2 Abbreviations	8
4 User scenarios and applications	9
4.1 Categories of home applications and home devices	9
4.1.1 Categories of home applications	10
4.1.2 Categories of home devices	10
4.1.3 In-home device connectivity between consumer products	11
5 User and market requirements on a PLC-HN system	12
6 Service classes.....	13
7 Traffic classes.....	13
8 Control and management service requirements of a PLC-HN.....	14
8.1 Network installation and configuration requirements	14
8.2 PLC-HN operation and maintenance requirements	14
8.3 PLC-HN resource management.....	15
8.4 Session management requirements.....	15
8.5 Network monitoring	15
8.6 Admission control	17
9 Quality of Service requirements.....	17
9.1 QoS profiles.....	18
9.2 Generic QoS performance parameter	18
9.3 Network QoS performance parameter	18
9.4 Network security	19
9.5 End-to-end QoS model.....	19
9.6 End-to-End QoS Budget.....	20
9.7 End-to-end QoS parameter of application types.....	21
9.8 QoS Budget on the PLC-HN	22
9.9 Session description on session layer.....	22
9.10 Real-time applications	22
9.11 Resource reservation protocols.....	22
9.11.1 Resource reservation on network layer.....	22
9.11.2 Resource reservation on data link layer	23
10 QoS profile mapping for in-house PLC systems	24
History.....	25

Intellectual Property Rights

IPRs essential or potentially essential to the present document may have been declared to ETSI. The information pertaining to these essential IPRs, if any, is publicly available for **ETSI members and non-members**, and can be found in ETSI SR 000 314: "*Intellectual Property Rights (IPRs); Essential, or potentially Essential, IPRs notified to ETSI in respect of ETSI standards*", which is available from the ETSI Secretariat. Latest updates are available on the ETSI Web server (<http://webapp.etsi.org/IPR/home.asp>).

Pursuant to the ETSI IPR Policy, no investigation, including IPR searches, has been carried out by ETSI. No guarantee can be given as to the existence of other IPRs not referenced in ETSI SR 000 314 (or the updates on the ETSI Web server) which are, or may be, or may become, essential to the present document.

Foreword

This Technical Report (TR) has been produced by ETSI Powerline Telecommunications (PLT).

The present document describes the Quality of Service (QoS) requirements of PLT in-house systems.

Introduction

The present document contains a definition of Quality of Service (QoS) parameters and QoS requirements for an in-house PowerLine Communications (PLC) network system needed for applications in the home environment (HE). Such a system is here called a PLC home network (PLC-HN). Input to the present document came from company contributions and from ETSI, IEEE, IETF, and ITU-T standards documents. The QoS requirements and definitions are derived from well-known and industry wide accepted standards.

The performance of the PLC-HN has to be predictable, i.e. the QoS requirements of each application supported by the PLC-HN have to be guaranteed in order to satisfy the user and market requirements. Even under an overload condition of the network, a lifeline service like telephony and network control services have still to be assured. Services with a minor priority have to draw back its network arbitration to keep lifeline services alive.

1 Scope

The scope of the present document is to achieve a consistent view on the quality of a service (QoS) on a PLC home network. The main focus will be on CE applications in the home, typical examples for CE-in-home applications are Voice, Audio/Video and Data services.

The QoS requirements shall be described in a layered view according to the ISO-OSI model. The mapping of the QoS description across layers shall be non-ambiguous. A parameterized and prioritized QoS description shall be used as found in the literature.

The user QoS requirements on the services have to be described by QoS parameters on the application layers. A non-ambiguous mapping will be defined to map the application QoS profile to a network QoS profile. Each profile is defined by a set of parameters. These parameters shall be uniquely used for traffic engineering, resource reservation and media arbitration.

The restrictions of the Powerline medium shall be taken into account. An over-provisioning might not be possible due to the limited throughput of the PLC network and the broadband services used at home. The network shall be aware of network capacity bottlenecks and shall provide means to maintain the limited resources. No central server, no manual configuration or network operator support should be needed. The network shall provide a distributed auto-configuration concept and shall reconfigure itself after erroneous events.

2 References

For the purposes of this Technical Report (TR) the following references apply:

- [1] ETSI TR 101 329 (V2.1.1) : "Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks (TIPHON); General aspects of Quality of Service (QoS)".
- [2] ETSI TR 101 329-5 (V1.1.1): "Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks (TIPHON) Release 3; End-to-end Quality of Service in TIPHON systems; Part 5: Quality of Service (QoS) measurement methodologies".
- [3] ETSI TR 101 329-2 (V1.1.1): "Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks (TIPHON) Release 3; End-to-end Quality of Service in TIPHON systems; Part 2: Definition of speech Quality of Service (QoS) classes".
- [4] ITU-T Recommendation I.211 (1993): "B-ISDN service aspects".
- [5] ITU-T Recommendation I.350 (1993): "General aspects of quality of service and network performance in digital networks, including ISDNs".
- [6] ITU-T Recommendation H.323 (1998): "Packet-based multimedia communications systems".
- [7] ITU-T Recommendation E.800 (1994): "Terms and definitions related to quality of service and network performance including dependability".
- [8] ITU-T Recommendation G.1010 (2001): "End-user multimedia QoS categories".
- [9] ITU-T Recommendation E.164: "The international public telecommunication numbering plan".
- [10] ITU-T Recommendation G.711: "Pulse code modulation (PCM) of voice frequencies".
- [11] ITU-T Recommendation G.726: "40, 32, 24, 16 kbit/s adaptive differential pulse code modulation (ADPCM)".
- [12] IEEE 802.1D: "IEEE Standard for Local Area Network MAC (Media Access Control) Bridges".
- [13] IETF RFC 2205: "Resource ReSerVation Protocol (RSVP) - Version 1 Functional Specification".
- [14] IETF RFC 2209: "Resource ReSerVation Protocol (RSVP) - Version 1 Message Processing Rules".

- [15] IETF RFC 2210: "The Use of RSVP with IETF Integrated Services".
- [16] IETF RFC 2211: "Specification of the Controlled-Load Network Element Service".
- [17] IETF RFC 2212: "Specification of Guaranteed Quality of Service".
- [18] IETF RFC 2215: "General Characterization Parameters for Integrated Service Network Elements".
- [19] IETF RFC 2327: "SDP: Session Description Protocol".
- [20] IETF RFC 2475: "An Architecture for Differentiated Service".
- [21] IETF RFC 2814: "SBM (Subnet Bandwidth Manager): A Protocol for RSVP-based Admission Control over IEEE 802-style networks".
- [22] IETF RFC 2815: "Integrated Service Mappings on IEEE 802 Networks".
- [23] IETF RFC 2543: "SIP: Session Initiation Protocol".
- [24] IETF RFC 1889: "RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications".
- [25] IETF RFC 2474: "Definition of the Differentiated Services Field (DS Field) in the IPv4 and IPv6 Headers".
- [26] IETF RFC 2401: "Security Architecture for the Internet Protocol".
- [27] IETF RFC 2402: "IP Authentication Header".
- [28] IETF RFC 2406: "IP Encapsulation Security Payload (ESP)".
- [29] IETF RFC 2816: "A Framework for Integrated Services Over Shared and Switched IEEE 802 LAN Technologies".

3 Definitions and abbreviations

3.1 Definitions

For the purposes of the present document, the following terms and definitions apply:

adhoc network: In an adhoc network, direct connections between User Terminals are established without the need of a central station.

Application Programming Interface (API): set of inter-layer service request and service response messages, message formats, and the rules for message exchange between hierarchical clients and servers

NOTE: API messages may be executed locally by the server, or the server may rely on remote resources to provide a response to the client.

authentication: means of identifying the participants of the system in order to find all information about them, including namely billing and user profile

bridge: interconnection between two fixed (sub-)networks

confidentiality: the protection of information from unauthorized disclosure or the protection of content related to usage and user profile in the system against unauthorized participants

core network: portion of the Delivery System composed of networks, systems, equipment and infrastructures, connecting the Service Providers to the Access Networks

corporate network: IP-based network under the administration of one single company (i.e. an infrastructure consisting basically of LAN, wireless LAN and routers)

direct link: direct connection terminal to terminal

encryption: mathematical technique used to ensure the confidentiality of security management information

end user: a user, either human or machine, whose primary interaction with the system is through the User Terminal

function: feature that is realized through the system

home network: network comprising a PLC-HN with optionally a wireless network and/or Ethernet sub-network

NOTE: The PLC-HN may also have a network termination.

interface: point of demarcation between two blocks through which information flows from one block to the other

key management: the generation, storage, distribution archiving, deletion, revocation, registration, and de-registration of cryptographic keys

latency: the perceived delay between an action and the corresponding reaction

NOTE: Different elements of an overall system may contribute to the overall latency of an action. Latency is very much implementation specific, and may vary with system load.

logical interface: interface where the semantic, syntactic, and symbolic attributes of information flows is defined. Logical interfaces do not define the physical properties of signals used to represent the information. A logical interface can be an internal or external interface. It is defined by a set of information flows and associated protocol stacks.

mobility: nomadic mobility of terminals is involved

Network Termination (NT): the element of the Access Network performing the connection between the infrastructure owned by the Access Network operator and the Consumer System (ownership de-coupling). The NT can be passive or active, transparent or not.

NOTE 1: The NT provides for termination of the interface towards the Service Provider (SP) network and for connection services for terminals the Home Network to/from the SP network

NOTE 2: NTs can be based on Access PLC, xDSL, CATV, and Radio in the Local Loop (RLL).

physical interface: where the physical characteristics of signals used to represent information and the physical characteristics of channels used to carry the signals are defined

NOTE 1: A physical interface is an external interface and it is fully defined by its physical and electrical characteristics.

NOTE 2: Logical information flows map to signal flows that pass through physical interfaces.

port: abstraction used by transport protocols to distinguish among multiple destinations associated with particular applications running on a host computer; an application can specify the ports it wants to use; some ports are reserved for standard applications/services such as e-mail (also known as well-known ports)

privacy: protects authorized participants from illegal utilization or knowledge of information related to their components in the system

protocol: set of message formats (semantic, syntactic, and symbolic rules) and the rules for message exchange between peer layer entities (which messages are valid when)

Quality of Service (QoS): qualified and quantified description of what is needed by a service or what is respected from a network

security: involves functions like: authentication, encryption, levels, Privacy, SIM card

server: any service providing system

Service Provider (SP): entity that provides a service to a client

NOTE 1: An operator of a network providing different types of network services, e.g. TV broadcasting, Internet connectivity, telephony etc.

NOTE 2: The network services actually provided depends both on the Service Provider as well as type of network used and deployed by the Service Provider.

session: interval during which a logical, mutually agreed correspondence between two objects exists for the transfer of related information. A session defines a relationship between the participating users in a service instance.

session control: responsible for establishing and terminating the environment in which an application will operate

NOTE: This environment may include the quality of service requirements for both the application and product entities.

socket: communications transport API that provides applications inter-process communication services using the underlying services provided by TCP/IP; the API allows an application to open a socket, request delivery services, and bind the socket to the desired destination and then send or receive data

system: collection of interacting objects that serves a useful purpose; typically, a primary subdivision of an object of any size or composition (including domains)

transparent information: information that is not significant semantically to an object used to transport the information

3.2 Abbreviations

For the purposes of the present document, the following abbreviations apply:

API	Application Programming Interface
BER	Bit Error Rate
CE	Consumer Electronics
DS	Differentiated Service
EPG	Electronic Program Guide
FEC	Forward Error Correction
HVAC	Heating Ventilation Air Conditioning
IETF	Internet Engineering Task Force
IP	Internet Protocol
ISO	International Standards Organization
ITU	International Telecommunication Union
LAN	Local Area Network
MAC	Medium Access Control
MIB	Management Information Base
MSDU	MAC Service Data Unit
NT	Network Termination
OSI	Open Systems Interconnection
PC	Personal Computer
PER	Packet Error Rate
PLC	PowerLine Communications
PLC-HN	PowerLine Communication Home Network
PLT	PowerLine Telecommunications
QoS	Quality of Service
RLL	Radio in the Local Loop
RSVP	ReSource reserVation Protocol
RTP	Real-time Transport Protocol
SDP	Session Description Protocol
SIM	Subscriber Identity Mode
SNR	Signal to Noise Ratio
t.b.d.	to be defined (written)
TCP	Transmission Control Protocol
ToS	Type of Service
TV	TeleVision
VCR	Video Cassette Recorder

4 User scenarios and applications

The requirements for the PLC-HN shall be derived from user scenarios and the applications to be offered to the user over the PLC-HN.

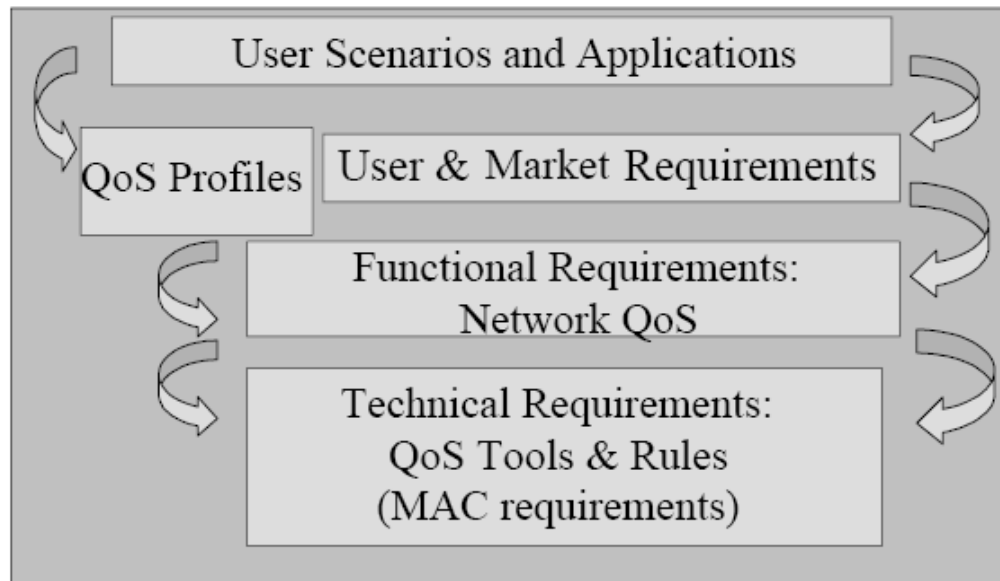


Figure 4.1: User scenarios and applications determine requirements for the MAC layer of the PLC-HN

Applications and Services to be provided on an In-house PLC Network:

- home automation
- in-house data and file transfer services
- internet retrieval and messaging services
- telephony and voice-services
- interactive multimedia incl. video-conferencing
- audio/video distribution

The QoS requirements of each service have to be defined. Each service either has to be:

- prioritized by a service class description or
- parameterized by a QoS profile or flow specification

4.1 Categories of home applications and home devices

Domestic electronics like televisions, set-top boxes, cameras, stereo equipment and computers are connected to the mains. Devices equipped with a PLC interface shall automatically establish a connection in an ad-hoc modus. Ad-hoc networking is ideal, where low cost, plug-and-play, and flexibility of the system architecture are essential requirements.

Powerline networks, both for low and high frequencies may be used to provide a range of services within a building. We have to be aware that more and more Internet and Intranet services will be interactive, real-time applications, which cannot be served on a network offering best-effort only. Audio/video services and voice telephony services require a sustainable QoS on the PLC network.

The system will not interfere with narrow-band Powerline control systems operating in the CENELEC bands below 150 kHz. Home control applications may optionally be provided in the frequency bands addressed by ETSI-PLT.

4.1.1 Categories of home applications

Entertainment:

- Audio
- Video
- Games

Infotainment:

- Internet
- EPG
- E-Commerce
- Tele-Services

Communication (email, voice, gaming, collaboration):

- Voice Telephony
- Video-phone
- Mailing

Home automation and device control:

- HVAC - Heating, Ventilation, Air-Conditioning
- Domestic appliance control

Security and Surveillance:

- Observation camera, fire detector, motion detector

4.1.2 Categories of home devices

To ease the definition of Quality of Service profiles, the devices in a home environment will be grouped in categories to distinguish between clients and servers. Clients are the sink or source of a data stream or are controlled devices. Clients, e. g. loudspeakers, shall not establish a communication session itself. Servers shall set up connections, they are responsible to prioritize or parameterize a service and interact with a network resource management system.

Clients:

Input Devices

- Camera
- Microphone
- Keyboard/Keypad
- Scanner

Output Devices

- TV
- PC monitor
- Loudspeaker
- Printer

Storage Devices

- VCR
- DVD-RW
- Hard disc
- Optical disc

Controlled devices

- Domestic appliances

Servers:

- Residential gateway
- Modem
- PC
- STB

4.1.3 In-home device connectivity between consumer products

The limited resources have to be managed on the shared Powerline medium. A fair and prioritized access to the medium has to be guaranteed. To manage and control the access efficiently, the traffic flows have to be studied and the originators of traffic flows have to be identified.

On an in-home Powerline network there are several devices, either from within one Powerline technology or from different technologies, which will not or cannot interact. These different services and technologies shall be aware of each other and shall coexist on the medium, i.e. respect their resource and QoS needs. Low cost, non QoS enabled Powerline network technologies shall not prevent QoS enabled in-home Powerline network technologies to deliver their services according their QoS performance requirements ("in-house/in-house coexistence"). A detailed list of services, the location they reside and the devices they interact with have still to be defined and categorized. The arbitration is determined by the network layer user priority of each service and the resource and QoS requirements. Each device, which asks for a sustainable QoS, shall be aware of the traffic load on the PLC medium and shall decide autonomously whether the available resources are high enough to set up a new connection.

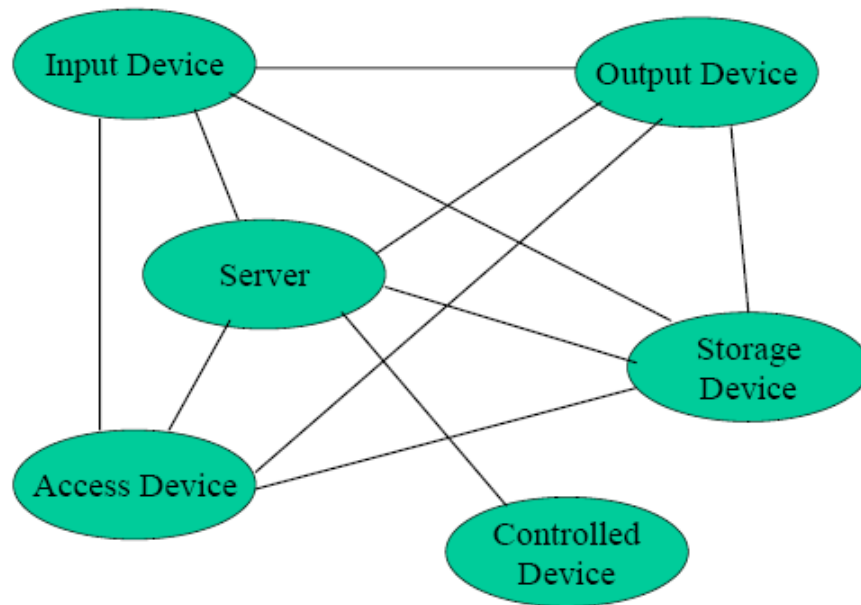


Figure 4.2: PLC-HN device connectivity

5 User and market requirements on a PLC-HN system

Some important requirements for the PLC home network environment from a user and Consumer Electronics (CE) perspective are:

- Predictable service delivery (QoS)
- Connection to an Access network via home gateways, e.g. set-top box (STB)
- Assured channel to Content Service Provider
- Interconnection to CE device cluster
- Mobility and freedom of placement of PLC network nodes
- No wiring hassle
- Efficient delivery of audio and video streams
- Security and user-friendly security management
- Extensibility and scalability
- No network and frequency planning
- Auto/Re-configuration does not involve user. New products are added automatically
- Low cost
- Network resources shall be managed carefully and efficiently
- Graceful degradation under network congestion

Bandwidth resources available in PLC home networks are limited compared to high-speed wire line networks like e.g. Gigabit Ethernet. An over-provisioning of the PLC-HN will not be possible. Therefore it is mandatory to manage the powerline network resource carefully in order to prevent network congestion causing unacceptable quality of service degradation for the user.

6 Service classes

The classification shall be according to the ITU-T Recommendation I.211 [4]. Two main service categories have been specified: interactive services and distribution services.

The interactive services are subdivided into three classes:

- Conversational services
 - telephony, video conferencing, collaborative working, interactive games, command and control
- Messaging services
 - E-mail, voice/video mail
- Retrieval services
 - Data, audio, video retrieval

The distribution and streaming services are subdivided into two classes:

- Distribution service without user presentation control
 - Audio/TV broadcasting
- Distribution service with user presentation control
 - video distribution services, remote education, tele-services

7 Traffic classes

On the data link layer we shall distinguish between seven traffic classes according IEEE 802.1D [12], which are grouped regarding their timing behaviour in *time critical* and *non-time critical* as follows:

- Time critical services (real-time services)
 - Network control
 - Voice (and video conferencing)
 - Video (and audio)
- Non-time critical services (non-real-time services)
 - Controlled load
 - Excellent effort
 - Best effort
 - Background

For priority controlled services the Differentiated Services Field [25] ("DS" byte) (which supersedes the IPv4 Type of Service "ToS" byte) in the IPv4 or IPv6 header has to be set: the PLC Network Interface module shall process the IP header and shall set this network layer User Priority. The value for the network layer user priority is determined by the QoS profile of each service.

The mapping of the user priorities (given by the DS (ToS) byte of the IP header) will be mapped to the traffic class on the data link layer according to IEEE 802.1D [12]. The mapping of the traffic classes onto the DS byte is applicable both in IPv4 and IPv6.

Services, which do not provide the DS byte will be treated as best effort services.

Service set-up by real-time protocols, e. g. RSVP [13], [14] and [15], or ITU-T Recommendation H.323 [6], should be assured the highest arbitration access right. The resource manager through interaction with the load monitoring system has to guarantee that during call set-up the network resources for guaranteed services are not overbooked to keep the performance of the network predictable.

8 Control and management service requirements of a PLC-HN

In this clause, important higher layer, network and session management requirements are given.

8.1 Network installation and configuration requirements

The PLC-HN shall provide to the user the capability of transmitting data to each outlet in the home.

Minimal or preferable no user intervention shall be required.

Automatic set-up and plug and play ad-hoc networking should be possible.

Hot plugging/unplugging of devices shall be supported.

Network Management functionality shall be offered to the user by the PLC-HN system, e. g:

- Start and stop of applications
- Maintain resources
- Disable devices
- Configuration of devices

8.2 PLC-HN operation and maintenance requirements

The PLC-HN should allow network maintenance and should supply information for a PLC-HN management system.

The PLC-HN should provide auto-recovery mechanisms to detect failures and to restore the network after failure events.

The PLC-HN should provide a failure management tool that shall monitor the system, capture erroneous states, store failure statistics and shall send alarm messages to a network management system.

The PLC-HN should provide a performance management tool. It shall provide network performance parameter (bit error rate, average network load, collisions) for the network resource management and resource reservation protocols.

Low cost devices which may not request for QoS may not monitor the network. Low cost devices shall only have a best effort access to the network, but shall be compliant with the ETSI PLT in-house/in-house co-existence standard in order to not prevent co-existing QoS enabled powerline communications network technologies from delivering QoS.

Devices that ask for a certain QoS shall monitor the network behaviour. QoS- capable devices shall store in a local Management Information Base (MIB) all statistical information which are needed for the applications running on the device.

There might optionally be an Operation and Maintenance device. This OAM device (if available) should store all statistical information on the network in a central MIB. All devices may retrieve data from the central MIB resp. send data or events to the OAM device.

8.3 PLC-HN resource management

Due to the limited bandwidth resources compared to high-speed wire-line networks, the limited network resources shall be managed carefully and efficiently to avoid network congestion and service degradation.

Each application session must be able to announce a flow specification or parameterized QoS profile for each connection depending on the type of the application.

During an active application session the traffic flow specification or parameterized QoS profile of this application has to be stored in the local MIB of the device.

Services requesting for a certain QoS have to check with the performance and the resource management system on the availability of the needed resources before an arbitration to the media is permitted.

It shall back-off its request, if its needs cannot be granted. It may start arbitrating the medium later on when the needed resources are again available.

The principle of the media arbitration is "first come first serve". This basic principle is the general rule in all managed transport networks. When the network resources are exhausted a further arbitration request has to be rejected.

8.4 Session management requirements

Point-to-point, point-to-multipoint, multipoint-to-point and multipoint-to-multipoint connections shall be supported.

The user shall be able to interrupt a service (e. g. viewing a movie) and:

- return to the original (previous) service
- use another service, then return to the original service
- cancel and not view the remainder of the program.

There shall be a time-out limit whenever a session is temporarily inactive.

Session Mobility: the transfer of a session between terminals within a house shall be supported.

The Session Description Protocol (SDP) [19] may be used to announce the service and its needed resources.

The Session Description Protocol (SDP) may inter-operate with the Resource Management system and the RSVP.

The Real-time Transport Protocol (RTP) [24] may be used to monitor the performance of the network.

The Session Initiation Protocol (SIP) [23] may be used to set up a telephony application on the packet switched PLC-HN.

The session Initiation Protocol (SIP) may inter-operate with the Performance and Resource Management system.

The SIP protocol shall back-off the session initiation, if the resources are not available.

8.5 Network monitoring

The paradigm of the PLC-HN is to assure predictable network behaviour. This demands that on the shared PLC media the QoS requirements of all running services shall be maintained. The admission to the network shall be based on the principle "first come first service". This means that terminals cannot establish new connections for a certain traffic class if the needed resources are not available for this class. This principle guarantees that the performance of running applications cannot be degraded by new services.

Network Monitoring should be done on all devices, which need a predictable QoS for the applications served by this device. The monitored information is stored in a local MIB. Only that information has to be stored in the local MIB that are needed by the running applications. The local MIBs on the different devices have not to be consistent, because each device is responsible for its own MIB and the kind of information it collects. A Network Management Agent (residing anywhere in the network) may read the local MIBs of all devices on demand.

The monitor has to provide for each terminal all information that is needed to set up a new connection without hampering running services with the same or higher service class. Each terminal shall decide autonomously whether an access according to the given network load conditions is permitted.

The monitor function, which shall be contacted by the session initiation process, could either reside locally in the terminal or could be provided by a monitor agent elsewhere in the PLC-HN. All new services, which do not use a session initiation process, should only run as a best effort service. All best effort services can be blocked by any service with a higher priority.

The monitor should provide the statistical status information as follows:

- Bit error rate (BER)
- Packet error rate (PER)
- Collisions
- Retransmissions
- Round trip time for retransmissions
- Bandwidth occupied by time critical real time services
- Unused network capacity
- Bandwidth used per priority class

The statistical information is a snapshot of the network performance of the recent time interval. The duration of the time interval has to be defined. These statistical information are stored in a local MIB in each device. Devices that do not provide delay sensitive or bandwidth sensitive traffic do not need to have a local MIB. However, such devices cannot request any QoS. The Medium Access Control (MAC) protocol for these devices can only provide best-effort services.

8.6 Admission control

Each station decides either autonomously or with the use of an agent whether an arbitration is permitted. The managers engaged in the admission control process are illustrated in figure 8.1.

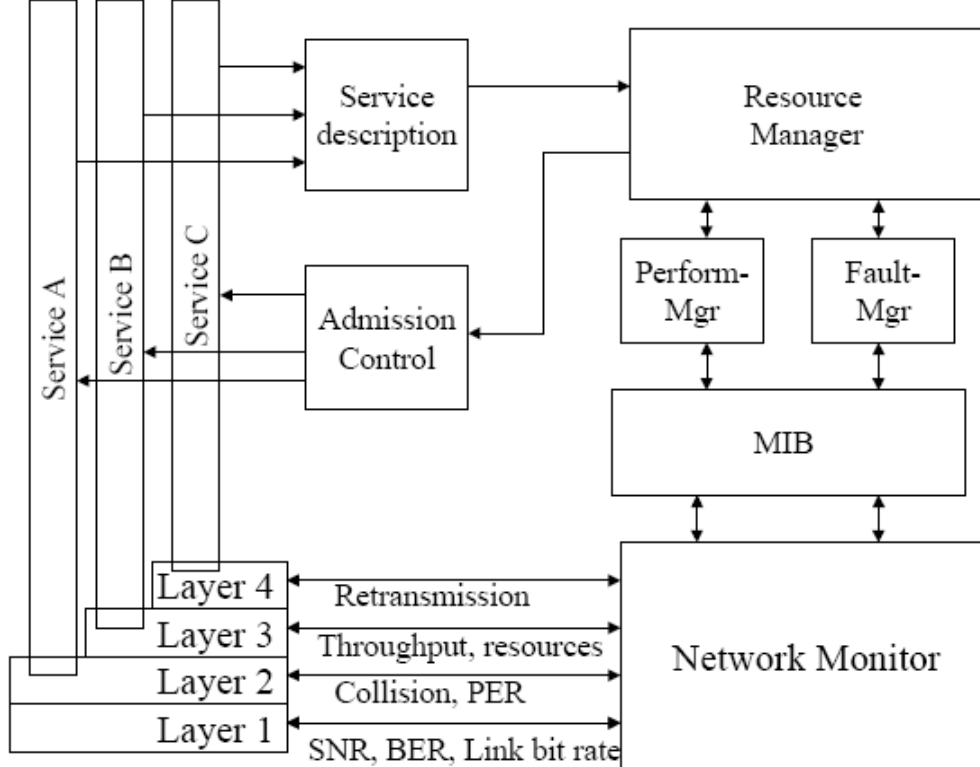


Figure 8.1: Management Architecture on PLC-HN

9 Quality of Service requirements

All requirements on the quality of a service are driven by the application and the user needs. In the present document, general aspects of QoS will be defined to achieve a consistent view on the quality of a service on a PLC home network.

The QoS requirements shall be described in a layered view according to the ISO-OSI model. The mapping of the QoS description across layers shall be non-ambiguous. A parameterized and prioritized QoS description shall be used as defined by ITU-T and IETF.

For a parameterized QoS profile a guaranteed, absolute QoS will be achieved by mapping the flow specification of RSVP onto shared media [21], [22], [29]. Admission Control and Bandwidth Management will be done to achieve predictable network behaviour.

For prioritized QoS profiles the User Priority to Traffic Class mapping will be used as recommended by IEEE 802.1D [12].

The restrictions of the powerline medium shall be taken into account. An over-provisioning might not be possible due to the limited throughput of the PLC network and the broadband services used at home. The network shall be aware of network capacity bottlenecks and shall provide means to maintain the limited resources.

9.1 QoS profiles

The purpose is to describe first the application specific user requirements by a set of QoS parameters, which form the QoS profile of a particular service. A non-ambiguous mapping will be defined to map the application specific user requirements onto the parameters of the QoS profile. A QoS profile has to be determined for each service and is then used for traffic engineering, resource reservation and media arbitration.

Certain applications (e.g. MP3 audio files, DVD videos) may use predefined fixed profiles. The relation between application and profile shall be unique for these applications.

The QoS profiles may be used by session description protocols (SDP) as defined in RFC 2327 [19] to announce the QoS request to the network. The network arbitration has to be done with respect to the given service class and may use Network Resource Reservation Protocols and a Resource Manager to announce their needs. If the network cannot guarantee the requested QoS due to the actual load being monitored, the start of a new session shall be withdrawn. All services, which have not announced their needs, will be transported as best effort service.

The services provided on an in-home LAN shall be split according to its QoS profile in prioritized services and parameterized services. The IETF Internet proposed recommendation RFC 2475 [20] will be used for prioritized services. The IETF Internet proposed recommendation RFC 2210 [15] may be used for parameterized services.

9.2 Generic QoS performance parameter

The QoS parameters are according ITU-T Recommendation I.350 [5]. These generic parameters describe the QoS performance in a qualitative manner. Quantitative figures for these parameters have to be specified before the connection could be set-up.

The generic parameters are as follows:

- Access speed
- Access accuracy
- Access dependability
- Information transfer speed
- Information transfer accuracy
- Information transfer dependability
- Disengagement speed
- Disengagement accuracy
- Disengagement dependability
- Availability

9.3 Network QoS performance parameter

The Network QoS is defined by the following parameter:

- Throughput
- Delay (latency)
- Delay variation (Jitter)

- Reliability (affected by Loss)
 - Bit Error Rate (BER)
 - Packet Error Rate (PER)
 - Packet discard probability (due to lifetime expiration)

9.4 Network security

Security should be provided by an authentication service and an encryption of the MAC Service Data Unit (MSDU). The security is limited to device-to-device data exchange. Encryption keys are predefined private keys, which have to be defined.

The security services provided on a PLC-HN are as follows:

- Confidentiality
- Privacy
- Authentication
- Access control

IP capable devices may optionally use the IPSec transport mode to achieve a higher level on security. The key exchange protocol, the authentication and the encryption algorithm should be according RFC 2401 [26], RFC 2402 [27], and RFC 2406 [28].

9.5 End-to-end QoS model

For IP traffic the Internet Engineering Task Force (IETF) has defined the following three service models:

- Best effort service
 - Basic connectivity with no QoS guarantees
 - Application sends data whenever it has to and in any quantity, without requesting permission or informing the network
 - The network delivers the data as best as it can without assurance of delay bounds, throughput, and reliability
- Differentiated services
 - Traffic is grouped in service classes that are served differently by the network
 - One service class may be treated better than another
 - Results in a statistical preference and not in a hard guarantee
 - Problem: within one service class, only best effort service is possible
 - QoS class indication e.g. by
 - Type of service field in the IPv4 header
 - Traffic class field in the IPv6 header
 - No explicit signalling by application before sending data

- **Integrated services**
 - Absolute reservation of network resources for specific traffic
 - Application requests a specific kind of service from the network before sending data
 - Explicit signalling, e.g. by use of Resource Reservation Protocol (RSVP) (RFC 2209 [14], RFC 2210 [15])
 - Support
 - **Controlled Load Services** (RFC 2211 [16])
 - Provides level of service equivalent to best effort service in a lightly loaded network, regardless of the actual network load
 - Work well on low-loaded networks, but their performance degrades quickly under overloaded conditions
 - **Guaranteed Service** (RFC 2212 [17], RFC 2215 [18])
 - Guarantees a maximum end-to-end delay and bandwidth
 - Intended for voice (telephony), audio- and voice applications with strict bandwidth and delay requirements
 - Application is expected to send data only after it gets confirmation from the network. The network performs admission control based on the service flow specification and the available network resources.

9.6 End-to-End QoS Budget

The overall transmission Quality Rating and the QoS budgets shall be according to TR 101 329-2 [3] and TR 101 329 [1].

Both the end-to-end delay and the connection set-up delay is defined by TR 101 329 [1].

Table 9.1: End-to-end QoS classes for TIPHON systems (from [1])

	4 (Best)	3 (High)	2 (Medium)	1 (Low)
TIPHON Speech Quality (one way, non interactive measurement)	Better than ITU-T Recommendation G.711 [10]	Equivalent or better than ITU-T Recommendation G.726 [11] at 32 kbit/s	Equivalent or better than GSM-FR	
End-to-end delay	< 150 ms	< 250 ms	< 350 ms	< 450 ms
Call setup time	Direct IP addressing < 1,5 s	< 4 s	< 7 s	< 7 s
	ITU-T Recommendation E.164 [9] Number translation to IP address (scenario 1)	< 2 s	< 5 s	< 10 s
	ITU-T Recommendation E.164 [9] Number translation to IP via clearing house or roaming (scenario 1)	< 3 s	< 8 s	< 15 s
	ITU-T Recommendation E.164 [9] Number translation to IP address (scenario 2)	< 4 s	< 10 s	< 20 s
	ITU-T Recommendation E.164 [9] Number translation to IP via clearing house or roaming (scenario 2)	< 6 s	< 15 s	< 30 s
	E-mail alias translation to IP address	< 4 s	< 13 s	< 25 s

NOTE 1: These classes have been defined by reference to existing codec types to facilitate comparative measurements and to provide classifications that are easy for users to understand.

NOTE 2: The descriptions in this table include the effects of packet loss.

NOTE 3: 'best effort' connections may also be provided without giving any guarantee for end-to-end QoS values.

NOTE 4: Call setup times for scenarios 3 and 4 are for further study.

9.7 End-to-end QoS parameter of application types

Table 9.2: End-to-end QoS parameters of application types (partly taken from ITU-T Recommendation G.1010 [8])

application type	QoS Profile					
	data rate	end-to-end one way delay	delay jitter	loss sensitivity	privacy	data integrity
voice	< 64 kb/s	< 150 ms (preferred) < 400 ms limit	< 1 ms	low, packet rate < 10E-3	encryption needed	no FEC, no retransmission
gaming	t.b.d. Mb/s	< 200 ms	not specified	medium packet loss rate	no	FEC
audio + video streaming	t.b.d. Mb/s	< 10 s	<<1 msec	low, < 1 %	authentication	FEC, fault monitoring, L2 retransmission
DVD		< 20 ms	< 2 ms			
mailing	low	Preferred < 2 s Acceptable < 4 s	not specified	high	high, encryption needed	FEC, L3 retransmission
Internet	low	Preferred < 2 s/page Acceptable < 4 s/page	not specified	high		retransmission
E-commerce	low	Preferred < 2 s Acceptable < 4 s	not specified	high	authentication, authorization, encryption	L3 retransmission
Tele-Services	high	< 400 ms	< 600 ms	high	authentication,	retransmission
Home automation	low	< 400 ms	< 600 ms	high	authorization	L3 retransmission

9.8 QoS Budget on the PLC-HN

The following estimates for the delay budget of different application types on the PLC-HN take TR 101 329 [1] and table 9.2 for end-to-end delay budgets into account:

Table 9.3: QoS delay budget on the PLC-HN

application type	delay budget
voice	20 ms
gaming	20 ms
audio + video streaming	100 ms
DVD	20 ms
mailing	not specified
Internet	200 ms
E-commerce	100 ms
Tele-Services	200 ms
Home automation	200 ms

9.9 Session description on session layer

Services that are asking for a certain quality have to specify their requirements for a controlled usage of the network resource. It will be distinguished between well-known services and unknown services.

Well-known services, like MP3 streaming, telephony, are predefined by a fixed QoS profile. The service will be recognized by a service type identifier. The reservation will be done by the predefined QoS profile. No session description protocol is needed for predefined services.

An unknown service has to be described by the Service Description Protocol (SDP) according to RFC 2327 [19].

Services which are not able to announce their needs shall be run only as best-effort services.

9.10 Real-time applications

Real-time audio, video or data services, which request a guaranteed Quality of Service shall use the Real-time Transport Protocol (RTP) [24] within the PLC-HN.

Real time applications provided by a Service Provider across a public access network may use the ITU-T Recommendation H.323 standard [6]. The real-time services according to ITU-T Recommendation H.323 shall be transported on the PLC-HN by the RTP protocol as described in [6]. This standard describes the provisioning of real-time services on packet switched networks that may not provide guaranteed QoS. The Usage of the Resource Reservation Protocol (RSVP) shall be according to the annex II of ITU-T Recommendation H.323.

9.11 Resource reservation protocols

9.11.1 Resource reservation on network layer

It has to be distinguished between services requesting an absolute, guaranteed QoS and a relative, priority-controlled QoS.

A guaranteed service has to use the RSVP protocol according RFC 2205 [13]. The requested QoS - either requested by the Service Description Protocol (SDP) or described by the predefined QoS profile of well-known services - have to be mapped onto the FlowSpec of the RSVP protocol according to RFC 2210 [15].

The network monitor captures the RSVP messages to calculate which parts of the network resources are reserved by guaranteed services.

A priority controlled service shall use the DiffServ Architecture defined in RFC 2475 [20]. The priority should be determined by the sending terminal. The Priority will be set in the DS byte of the IP header.

Connections set-up by the RSVP protocol will always have a higher access priority than services classified by the DiffServ Architecture.

9.11.2 Resource reservation on data link layer

The mapping of the *network layer (OSI layer 3) user priority* onto the *data link layer (OSI layer 2) access priority* on a shared media should be according to the RFC 2815 [22] and RFC 2816 [29] standards.

IEEE 802.1D [12] recommends the following mapping of the user priority onto the traffic classes:

Table 9.4: Recommended user priority to traffic class mapping according IEEE 802.1D [12]

		Number of available traffic classes (= Number of available data link layer access priorities)							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Network layer user priority	0 (default)	0	0	0	1	1	1	1	2
	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	0	0	1
	3	0	0	0	1	1	2	2	3
	4	0	1	1	2	2	3	3	4
	5	0	1	1	2	3	4	4	5
	6	0	1	2	3	4	5	5	6
	7	0	1	2	3	4	5	6	7

A consequence of the mapping shown is that frames carrying the default user priority 0 are given preferential treatment relative to user priority 1 and 2.

The number of available traffic classes on PLC-HN has still to be defined.

The arbitration to the medium should be controlled by a bit resolution protocol. The number of the available traffic classes should be exactly the number of the priorities of the bit resolution protocol. The mapping is uniquely a one-to-one mapping.

The splitting of the network resources between the traffic classes has to be defined.

10 QoS profile mapping for in-house PLC systems

The mapping of the proposed traffic parameter and service classes on the IEEE 802.1D [12] traffic types is described as follows:

Table 9.4: Mapping of traffic parameters and service classes to IEEE 802.1D [12]

IEEE 802.1D [12] traffic type	Acronym	Traffic type description	Traffic parameters	Corresponding end-to-end QoS model	Associated QoS mechanism (QoS tools and rules)
Background	BK	Non-time-critical and loss insensitive, but of lower priority than best effort. This type includes bulk transfers and other activities that are permitted on the network but that should not impact the use of the network by other users and applications.	nothing specified (non-time-critical, loss insensitive)	Best effort	Relative priority levels: prio: lowest
Spare	-		nothing specified	Differentiated	prio: low
Best Effort	BE	Non-time-critical and loss insensitive. This is LAN traffic handled in the traditional fashion.	nothing specified (non-time-critical, loss insensitive)		prio: medium
Excellent Effort	EE	Also non-time-critical but loss sensitive, but of lower priority than controlled load. This is a best-effort type of service that an information services organization would deliver to its most important customers.	- non-time-critical - loss sensitive		prio: high
Controlled Load	CL	Non-time-critical but loss sensitive, such as streaming multimedia and business-critical traffic. A typical use is for business applications subject to some form of reservation or admission control, such as capacity reservation per flow.	- non-time-critical - loss sensitive - sustainable net bit rate	Integrated services - Controlled Load	Resource reservation
Video (and Audio)	VI	Time critical, characterized by less than 100 ms delay, such as interactive video.	- time critical - delay < 100 ms - sustainable net bit rate	Integrated services -	
Voice (and Video Conferencing)	VO	Time critical, characterized by less than 10 ms delay, such as interactive voice.	- time critical - delay < 10 ms - sustainable net bit rate	Guaranteed Service	
Network Control	NC	Both time critical and safety critical, consisting of traffic needed to maintain and support the network infrastructure, such as routing protocol frames.	- time critical - safety critical		Interrupt based arbitration

[ANEXO No. 4]

[Estándar ETSI TR 102 175]

ETSI TR 102 175 V1.1.1 (2003-03)

Technical Report

**Power Line Telecommunications (PLT)
Channel characterization and measurement methods**



ReferenceDTR/PLT-00014

Keywordsemission, methodology

ETSI

650 Route des Lucioles
F-06921 Sophia Antipolis Cedex - FRANCE

Tel.: +33 4 92 94 42 00 Fax: +33 4 93 65 47 16

Siret N° 348 623 562 00017 - NAF 742 C
Association à but non lucratif enregistrée à la
Sous-Préfecture de Grasse (06) N° 7803/88

Important notice

Individual copies of the present document can be downloaded from:

<http://www.etsi.org>

The present document may be made available in more than one electronic version or in print. In any case of existing or perceived difference in contents between such versions, the reference version is the Portable Document Format (PDF). In case of dispute, the reference shall be the printing on ETSI printers of the PDF version kept on a specific network drive within ETSI Secretariat.

Users of the present document should be aware that the document may be subject to revision or change of status.

Information on the current status of this and other ETSI documents is available at

<http://portal.etsi.org/tb/status/status.asp>

If you find errors in the present document, send your comment to:

editor@etsi.org

Copyright Notification

No part may be reproduced except as authorized by written permission.
The copyright and the foregoing restriction extend to reproduction in all media.

© European Telecommunications Standards Institute 2003.
All rights reserved.

DECT™, PLUGTESTS™ and UMTS™ are Trade Marks of ETSI registered for the benefit of its Members.
TIPHON™ and the TIPHON logo are Trade Marks currently being registered by ETSI for the benefit of its Members.
3GPP™ is a Trade Mark of ETSI registered for the benefit of its Members and of the 3GPP Organizational Partners.

Contents

Intellectual Property Rights	4
Foreword.....	4
Introduction	4
1 Scope	5
2 References	5
3 Abbreviations and symbols	5
3.1 Abbreviations	5
3.2 Symbols.....	5
4 Terminology guide	6
5 Measurement set-up	8
5.1 LCL measurement	8
5.2 Field strength measurement.....	8
5.3 Measurements with asymmetric feeding	9
5.4 Measurements with symmetric feeding	10
5.5 Summary of necessary measurement equipment.....	12
History.....	13

Intellectual Property Rights

IPRs essential or potentially essential to the present document may have been declared to ETSI. The information pertaining to these essential IPRs, if any, is publicly available for **ETSI members and non-members**, and can be found in ETSI SR 000 314: "*Intellectual Property Rights (IPRs); Essential, or potentially Essential, IPRs notified to ETSI in respect of ETSI standards*", which is available from the ETSI Secretariat. Latest updates are available on the ETSI Web server (<http://webapp.etsi.org/IPR/home.asp>).

All published ETSI deliverables shall include information which directs the reader to the above source of information.

Foreword

This Technical Report (TR) has been produced by ETSI Powerline Telecommunications (PLT).

Introduction

The objective of the present document is to describe the PLT channel characterization and the corresponding measurement methods chosen by ETSI PLT STF 222 as specified in the ToR of this STF.

1 Scope

The present document applies to measurements of the symmetry behaviour and the attenuation in Low Voltage Distribution Networks (LVDN) within premises. It also covers measurements for magnetic near fields within and in close vicinity of premises resulting from feeding HF-signals into LVDN. The measurements are intended for the measurement campaign of the ETSI Specialist Task Force (STF) 222, which investigates HF characteristics of LVDN relevant for the operation of PLT-systems as well as the hidden node aspect.

2 References

For the purposes of this Technical Report (TR) the following references apply:

- [1] ITU-T Recommendation G.117: "Transmission aspects of unbalance about earth".
- [2] CISPR 16-1: "Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods- Part 1: Radio disturbance and immunity measuring apparatus".
- [3] P. Macfarlane: "A probe for the measurement of electrical unbalance of networks and devices". (IEEE Transactions on EMC, Vol. 41, No. 1, February 1999)".

3 Abbreviations and symbols

3.1 Abbreviations

For the purposes of the present document, the following abbreviations apply:

E_L	Electromagnetic force (EMF) of the asymmetric feeding voltage
EMF	ElectroMagnetic Force
HF	High Frequency
L	Line
LCL	Longitudinal Conversion Loss
LCTL	Longitudinal Conversion Transfer Loss
LTL	Longitudinal Transfer Loss
LVDN	Low voltage distribution network
N	Neutral
PE	Protection Earth
PLT	Power Line Telecommunications
S	Switch
STF	Special Task Force
TCTL	Transverse Conversion Transfer Loss
ToR	Terms of Reference
TTL	Transverse Transfer Loss

3.2 Symbols

k_{asy}	Coupling factor for asymmetric feed
k_{sym}	Coupling factor for symmetric feed
Z_{asy}	Asymmetric impedance
Z_{sym}	Symmetric impedance

4 Terminology guide

The used terminology has been clarified by means of figures 1 to 9.

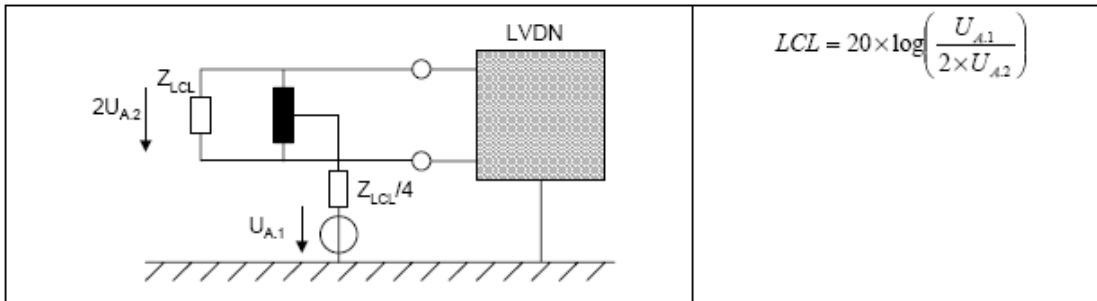


Figure 1: Longitudinal Conversion Loss (LCL)

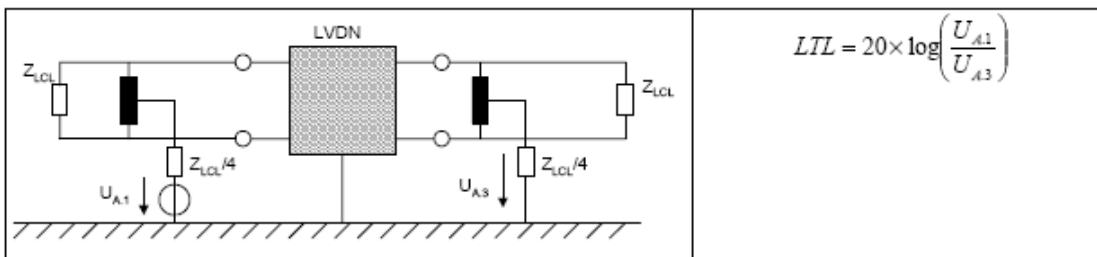


Figure 2: Longitudinal Transfer Loss (LTL)

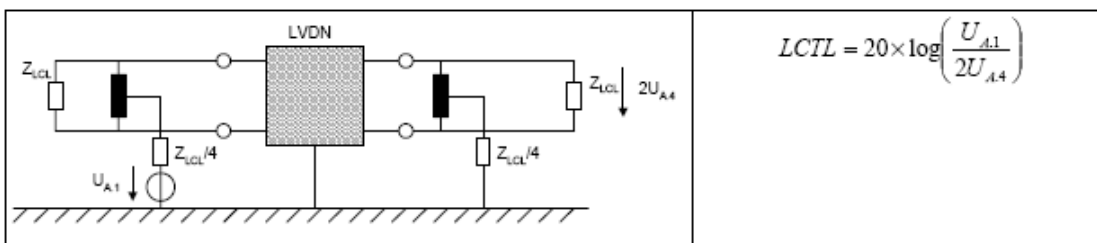
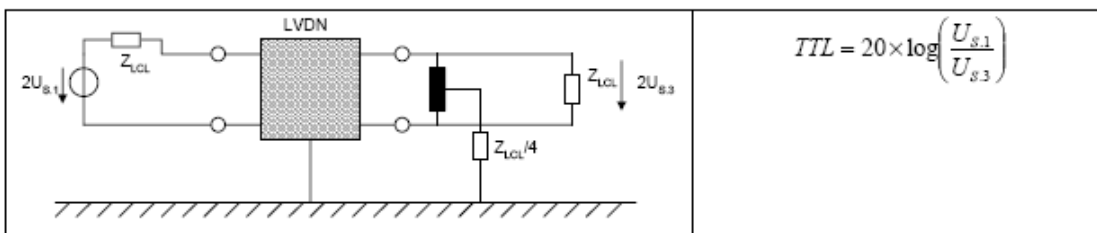
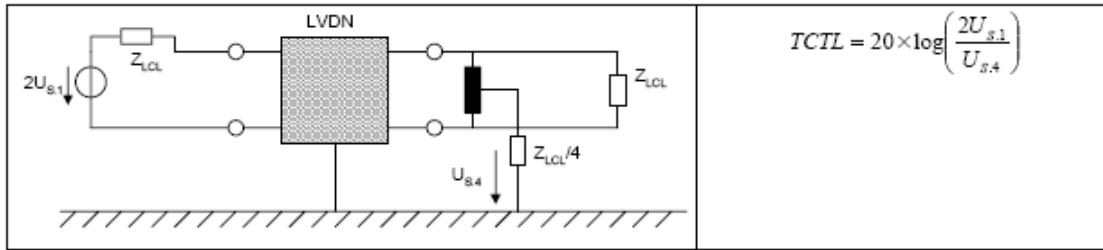


Figure 3: Longitudinal Conversion Transfer Loss (LCTL)



NOTE: This definition differs from the definition in ITU-T Recommendation G.117 [1], which uses an asymmetric impedance in the feeding point and relates the output voltage to the voltage at the input of the LVDN-port directly.

Figure 4: Transverse Transfer Loss (TTL)



NOTE 1: Factor 2 in the numerator due to the usage of a 1:4 impedance transformer.

NOTE 2: This definition differs from the definition in ITU-T Recommendation G.117 [1], which uses an asymmetric impedance in the feeding point and relates the output voltage to the voltage at the input of the LVDN-port directly.

Figure 5: Transverse Conversion Transfer Loss (TCTL)

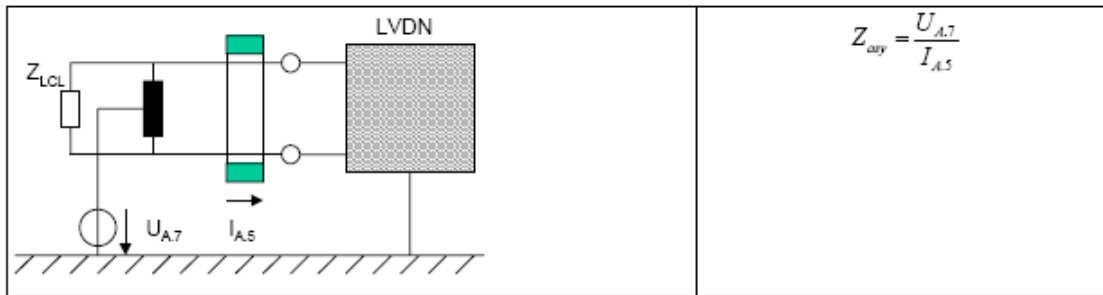
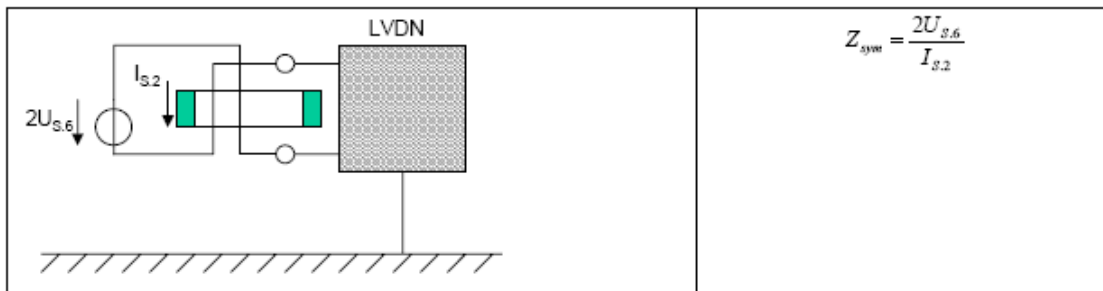


Figure 6: Asymmetric impedance (Z_{asy})



NOTE: Factor 2 in the numerator due to the usage of a 1:4 impedance transformer.

Figure 7: Symmetric impedance (Z_{sym})

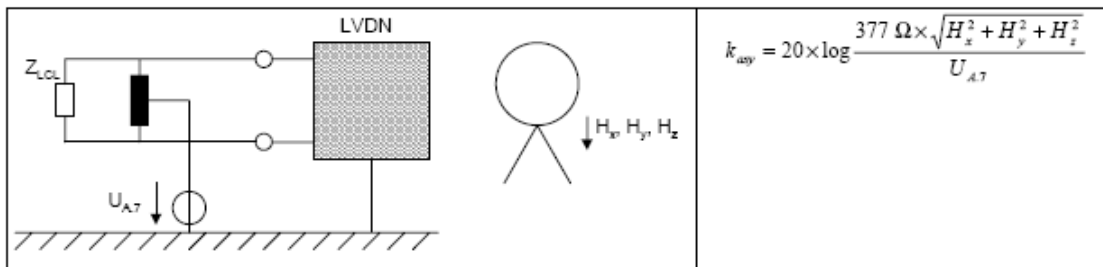
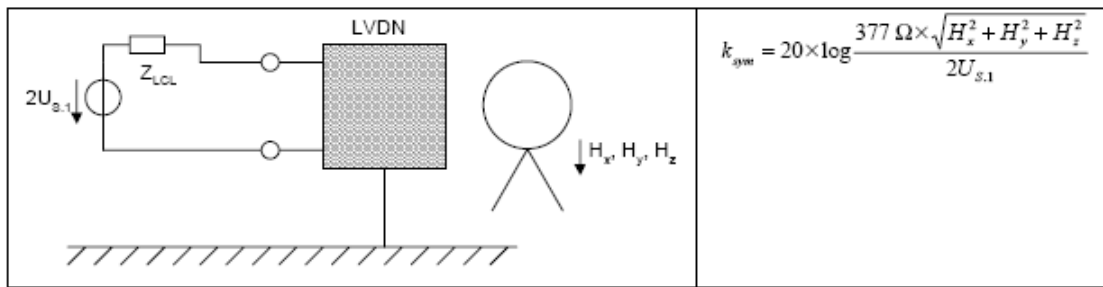


Figure 8: Coupling factor for asymmetric feed (k_{asy})



NOTE 1: Factor 2 in the denominator due to the usage of a 1:4 impedance transformer.

NOTE 2: This definition differs from the definition of the measurement campaign performed by plcforum (100 Ω).

Figure 9: Coupling factor for symmetric feed (k_{sym})

5 Measurement set-up

In contrast to other specifications or standards the present document defines a common measurement set-up for the collection of raw data, which is used for deriving quantities relevant for the operation of PLT. The main measurement concept is to use two independent subsystems, one for signal feeding and one for signal measurement. For simplification no synchronisation is used between the subsystems. Therefore a comb generator operates as signal source. Central elements of the measurements are two adapters for unbalance measurements as presented by Macfarlane [3]. Since the symmetric network impedance is a priori unknown, additional feeding adapters are necessary.

5.1 LCL measurement

The following impedance definitions are used:

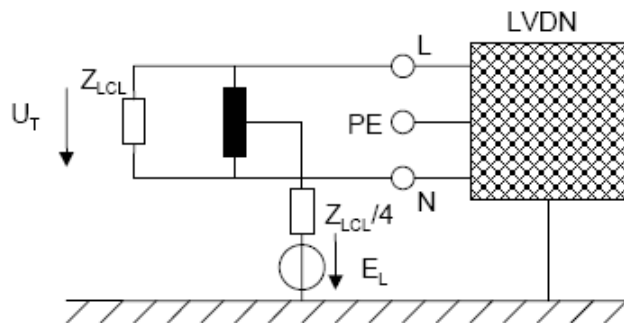


Figure 10: LCL measurement set-up

LCL is not only a function of the symmetric - and the asymmetric - impedance and the unbalance characteristic of the LVDN to be measured, but it is also a rather strong function of Z_{LCL} . Thus it is essential that both, Z_{LCL} across the bridge transformer and the generator impedance $Z_{LCL}/4$ are correctly chosen. The value of 100 Ω corresponds approximately to the average value of the symmetric impedance of LVDN and is common practice.

The protection earth of the mains socket to be measured is not connected to the ground plate of the measurement set-up. The rationale for this decision of STF 222 is the fact that there is no low inductive connection between PE at the power plug and the earth, when a PLC modem operates at the power plug.

5.2 Field strength measurement

The magnetic field strength is measured with a loop antenna. Measurements shall be performed with three orthogonal orientations of the antenna. The raw data file shall contain the three readings.

5.3 Measurements with asymmetric feeding

For asymmetric feeding the LCL-measurement adapter shall be used. Therefore an asymmetric impedance of $25\ \Omega$ is applied. The signal feeding subsystem consists of a comb generator, producing narrowband signals in 1 MHz spacing. An amplifier with an output power of minimum 1 W may be required for the measurement of the magnetic field strength. For the measurements a measurement receiver or equivalent measurement device shall be used. The bandwidth is 10 kHz, the average detector shall be used. Additional readings at frequencies between the comb generator spikes shall be taken for estimating the measurement dynamic.

The following data shall be collected in the frequency range 1 MHz to 30 MHz:

- A.0) Measurement according to A.1 without feeding a signal (noise floor measurement).
- A.1) Fed asymmetric voltage at near end (S open).
- A.2) Near end symmetric voltage (used for LCL-calculation).
- A.3) Far end asymmetric voltage (used for LTL-calculation).
- A.4) Far end symmetric voltage (used for LCTL-calculation).
- A.5) Near end asymmetric current (used for Z_{asy} -calculation).
- A.6) Magnetic field strength (used for k_{asy} -factor-calculation).
- A.7) Fed asymmetric voltage at near end (reference without $25\ \Omega$ impedance) (S closed).

For each measurement the connectors of unused ports shall be terminated with $50\ \Omega$. The current sensor must not be in the circuit for field strength or for voltage measurements.

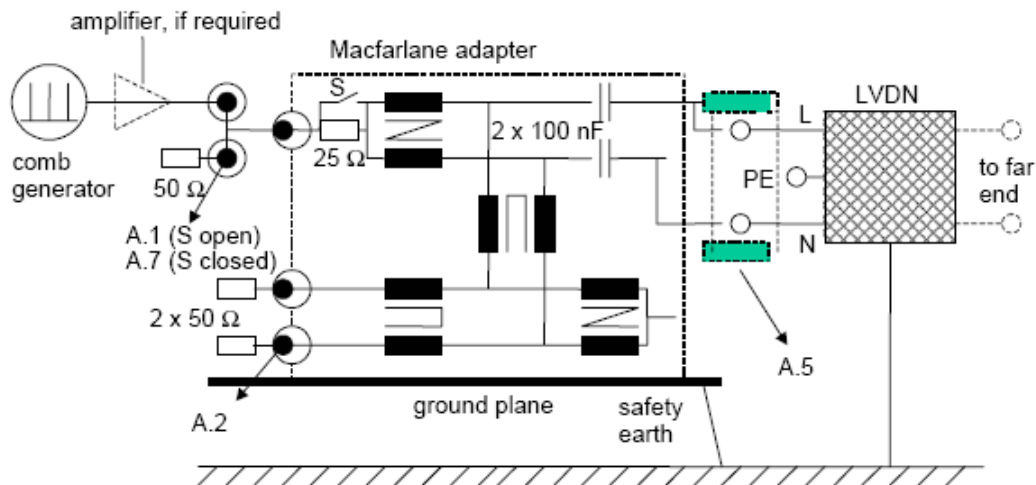


Figure 11: Near end measurements (asymmetric)

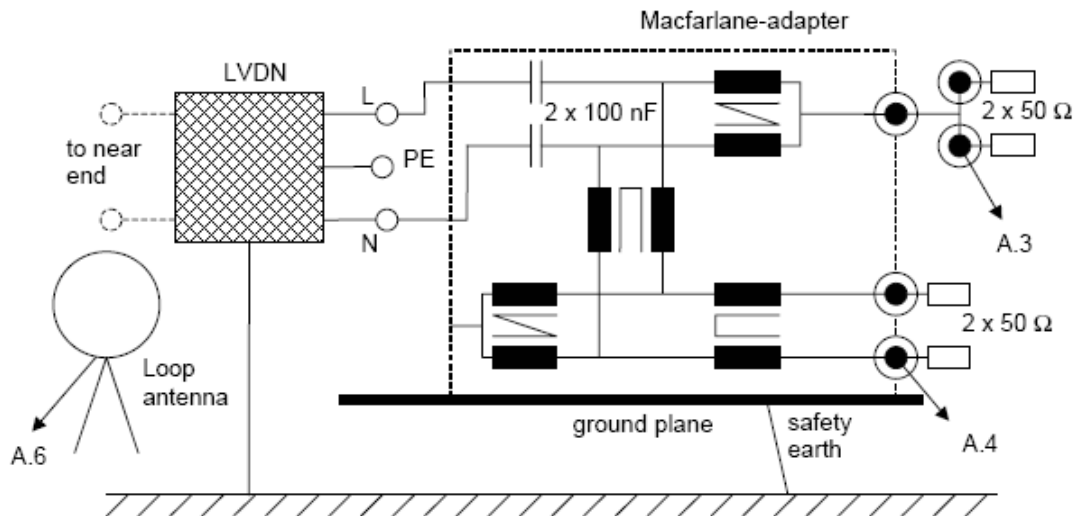


Figure 12: Far end measurements (asymmetric)

5.4 Measurements with symmetric feeding

For symmetric feeding a simple BALUN (impedance ratio 1:4) shall be used. Therefore a symmetric impedance of $100\ \Omega$ applies in conjunction with the circuit shown in the figures below. The signal feeding subsystem consists of a comb generator, producing narrowband signals in 1 MHz spacing. An amplifier with an output power of minimum 1 W may be required for the measurement of the magnetic field strength. For the measurements a measurement receiver or equivalent measurement device shall be used. The bandwidth is 10 kHz, the average detector shall be used. Additional readings at frequencies between the comb generator spikes shall be taken for estimating the measurement dynamic.

The following data shall be collected in the frequency range 1 MHz to 30 MHz:

- S.0) Measurement according to S.1 without feeding a signal (noise floor measurement).
- S.1) Fed symmetric voltage at near end (S open).
- S.2) Near end symmetric current (used for Z_{sym} -calculation).
- S.3) Far end symmetric voltage (used for TTL-calculation).
- S.4) Far end asymmetric voltage (used for TCTL-calculation).
- S.5) Magnetic field strength (used for k_{sym} -factor-calculation).
- S.6) Fed symmetric voltage at near end (S closed).

For each measurement the connectors of unused ports shall be terminated with $50\ \Omega$. The current sensor must not be in the circuit for field strength or for voltage measurements.

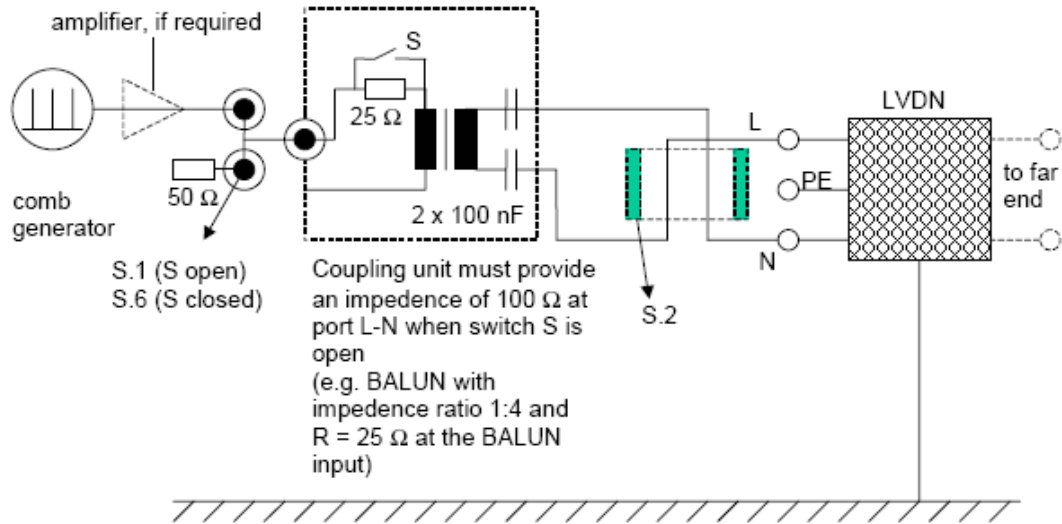


Figure 13: Near end measurements (symmetric)

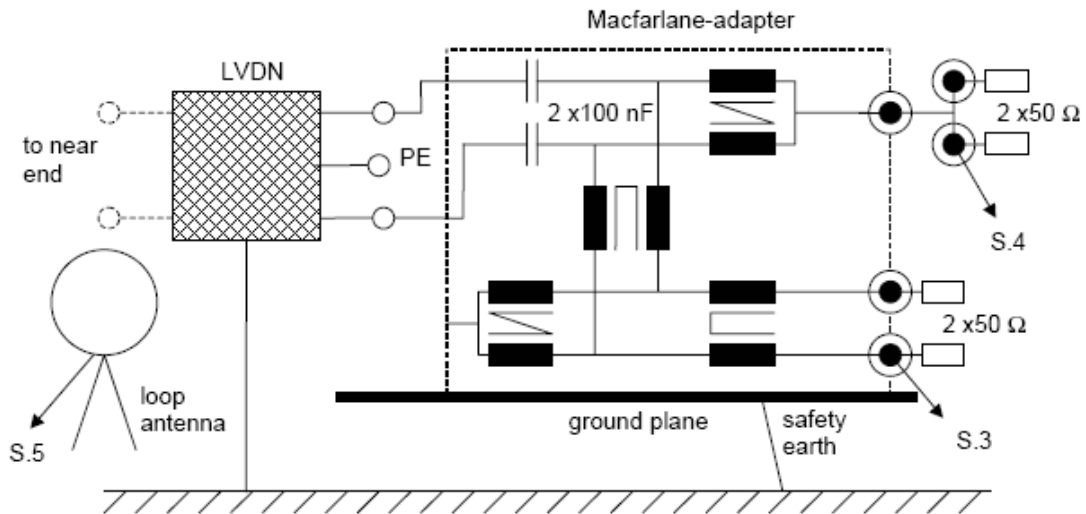


Figure 14: Far end measurements (symmetric)

5.5 Summary of necessary measurement equipment

- Comb generator, spikes in 1 MHz steps.
- Broadband amplifier (class A) minimum 1 W for field strength measurements.
- Measurement receiver, AV-detector, 10 kHz bandwidth, preselector.
- Power terminator 50 Ω (suitable for the amplifier).
- 6 terminator 50 Ω .
- 2 measurement adapters according to Macfarlane [3](with variable internal 25 Ω resistor and 0,1 μF decoupling capacitors).
- 1 BALUN for symmetric feeding with 0,1 μF decoupling capacitors and switchable resistor.
- Ground plane, surface not less than 1 m².
- Current sensor according to CISPR 16-1 [2].
- Loop antenna according to CISPR 16-1 [2].
- Additional cables and adapters.

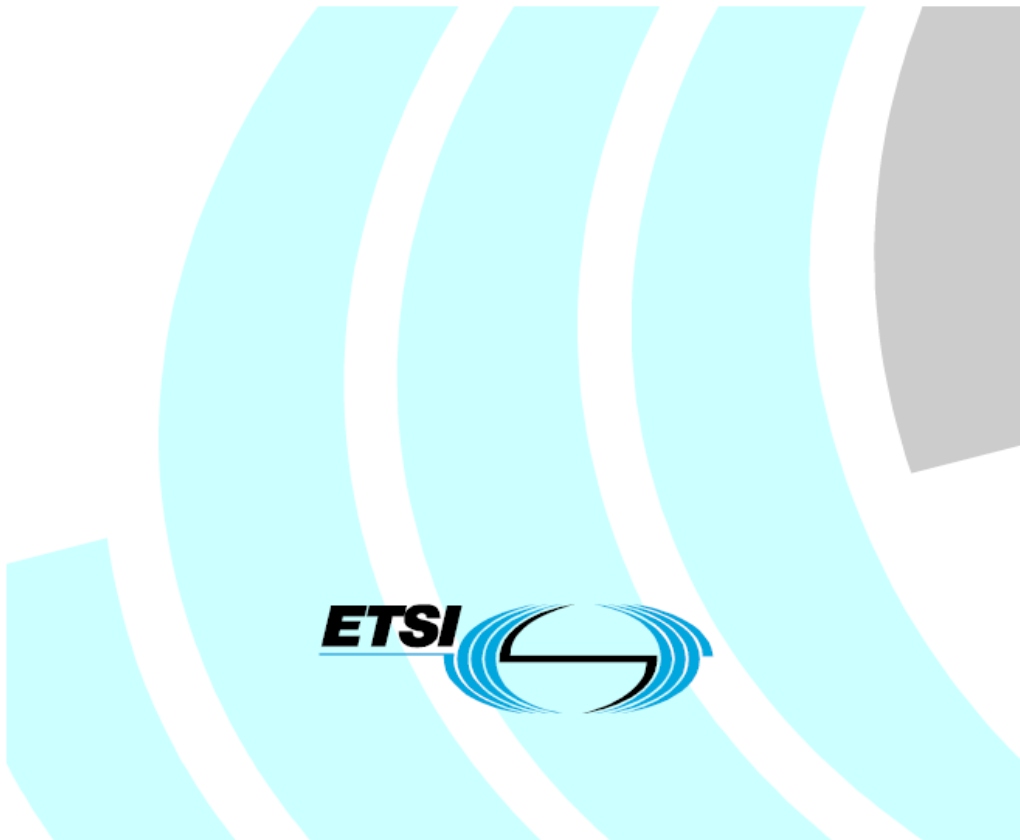
[ANEXO No. 5]

[Estándar ETSI TR 102 258]

ETSI TR 102 258 V1.1.1 (2003-09)

Technical Report

**PowerLine Telecommunications (PLT);
LCL review and statistical analysis**



ReferenceDTR/PLT-00012

Keywordsmethodology, powerline, transmission

ETSI

650 Route des Lucioles
F-06921 Sophia Antipolis Cedex - FRANCE

Tel.: +33 4 92 94 42 00 Fax: +33 4 93 65 47 16

Siret N° 348 623 562 00017 - NAF 742 C
Association à but non lucratif enregistrée à la
Sous-Préfecture de Grasse (06) N° 7803/88

Important notice

Individual copies of the present document can be downloaded from:

<http://www.etsi.org>

The present document may be made available in more than one electronic version or in print. In any case of existing or perceived difference in contents between such versions, the reference version is the Portable Document Format (PDF). In case of dispute, the reference shall be the printing on ETSI printers of the PDF version kept on a specific network drive within ETSI Secretariat.

Users of the present document should be aware that the document may be subject to revision or change of status.

Information on the current status of this and other ETSI documents is available at

<http://portal.etsi.org/tb/status/status.asp>

If you find errors in the present document, send your comment to:

editor@etsi.org

Copyright Notification

No part may be reproduced except as authorized by written permission.
The copyright and the foregoing restriction extend to reproduction in all media.

© European Telecommunications Standards Institute 2003.

All rights reserved.

DECT™, PLUGTESTS™ and UMTS™ are Trade Marks of ETSI registered for the benefit of its Members.
TIPHON™ and the TIPHON logo are Trade Marks currently being registered by ETSI for the benefit of its Members.
3GPP™ is a Trade Mark of ETSI registered for the benefit of its Members and of the 3GPP Organizational Partners.

Contents

Intellectual Property Rights	4
Foreword.....	4
Introduction	4
1 Scope	5
2 References	5
3 Abbreviations	5
4 Measurement method and measurement locations.....	5
5 Example test results.....	6
6 Proof of frequency independence.....	7
7 Statistical evaluation of the measured LCL.....	8
8 Dependencies from national particularities in installation - and earthing-techniques in Germany, the Netherlands and Spain.....	8
History.....	10

Intellectual Property Rights

IPRs essential or potentially essential to the present document may have been declared to ETSI. The information pertaining to these essential IPRs, if any, is publicly available for **ETSI members and non-members**, and can be found in ETSI SR 000 314: "*Intellectual Property Rights (IPRs); Essential, or potentially Essential, IPRs notified to ETSI in respect of ETSI standards*", which is available from the ETSI Secretariat. Latest updates are available on the ETSI Web server (<http://webapp.etsi.org/IPR/home.asp>).

Pursuant to the ETSI IPR Policy, no investigation, including IPR searches, has been carried out by ETSI. No guarantee can be given as to the existence of other IPRs not referenced in ETSI SR 000 314 (or the updates on the ETSI Web server) which are, or may be, or may become, essential to the present document.

Foreword

This Technical Report (TR) has been produced by ETSI Technical Committee Powerline Telecommunications (PLT).

Introduction

In order to study and compare characteristics of the LVDN network in different countries a STF (Special Task Force) was set-up. The present document is one of the four TRs which present the result of the work (TR 102 259 [4], TR 102 269 [5] and TR 102 270 [6]).

The present document takes into account matters like earthing variations, country variations, operator differences, phasing and distribution topologies, domestic, industrial housing types along with local network loading. The measurement set-up, the measurements as such, the used software the site reports and parts of the analysis are common for all the TRs and is collected in the TR 102 270 [6].

1 Scope

The present document presents the results from LCL measurements performed in Germany, The Netherlands and Spain. It investigates the distribution of the LCL values in respect to the frequency and to the national LVND-particularities (wiring technology, earthing etc.).

2 References

For the purposes of this Technical Report (TR) the following references apply:

- [1] ITU-T Recommendation G.117 (1996): "Transmission aspects of unbalance about earth".
- [2] Ian P. Macfarlane: "A probe for the measurement of electrical unbalance of networks and devices", IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, Vol. 41, Issue 1.
- [3] ETSI TR 102 175: "Powerline Telecommunications (PLT); Channel characterization and measurement methods".
- [4] ETSI TR 102 259: "PowerLine Telecommunications (PLT); EMI review and statistical analysis".
- [5] ETSI TR 102 269: "PowerLine Telecommunications (PLT); PLT Hidden Node Analysis".
- [6] ETSI TR 102 270: "PowerLine Telecommunication (PLT); Basic LVND measurement data".

3 Abbreviations

For the purposes of the present document, the following abbreviations apply:

EDP	Electronic Data Processing
LCL	Longitudinal Conversion Loss
LVND	Low Voltage Distribution Network
STF	Special Task Force
ToR	Terms of Reference

4 Measurement method and measurement locations

The measurements have been performed with a LCL-measurement adapter according to Macfarlane [2]. The differential mode design impedance is $Z = 100 \Omega$. The measurements corresponds to the LCL-definition of ITU-T Recommendation G.117 [1]. The protection earth at the socket to be measured was not connected to the ground plane. The size of the ground plane representing reference potential for the asymmetric mode is chosen in a way that changes of its size or low inductive connections to grounded structures (water pipes) does not influence the measurements (especially at low frequencies). The effect of measurement errors due to insufficient capacitive coupling to ground, as discussed in CISPR/I was not observed with this layout.

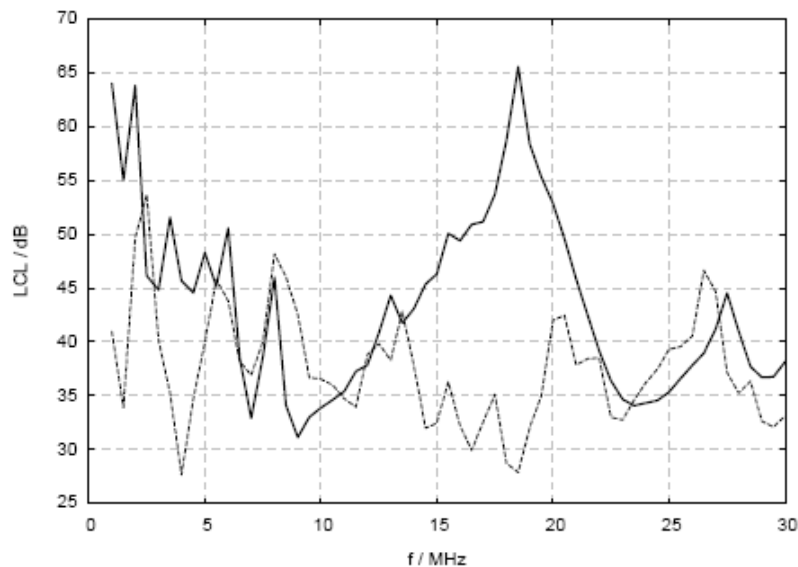
Several measurement locations have been chosen, so that different countries, different types of installations and different building usage are covered by the measurements. All measurements were performed during day-time with household appliances, EDP-equipment and production machinery normally connected to the mains.

In total the LCL of 68 plugs was measured. Each measurement consists of 59 measurement frequencies.

5 Example test results

The value of LCL varies in general with frequency and measurement location. Therefore a statistical evaluation must be performed in order to consider not the absolute worst case but a case, for which it can be guaranteed that most of the plugs of the LVDN are better than this case.

Figure 1 shows typical results of LCL measurements at two plugs on different measurement locations. Comparison of the different LCL plots shows that no specific LCL behaviour can be observed regarding to the country or the installation types (single phase, three phase, and earthing variations). Therefore it is not necessary to distinguish between principle installation types. A slight variation was found regarding usage of the building. Industrial usage with many installed tool machines yields to lower LCL values. However the slight difference and the small number of industrial sites do not justify a separate statistical evaluation.



NOTE: — : Germany
 - - - : Spain

Figure 1: Typical LCL measurement results of two plugs on different measurement locations

6 Proof of frequency independence

If the LCL behaviour shows no general tendency with frequency, all measurement points regardless of frequency can be used for statistical evaluation. A general frequency dependence can be established by calculating the regression line (especially its slope) with the least squares method for each LCL measurement location. From all slopes the cumulative probability can be obtained in dependence of the slope. This function is plotted in figure 2. It shows that the variance of the slope is low. The median value of the slope is nearly 0 dB/MHz. With this result the frequency independence of LCL is proven.

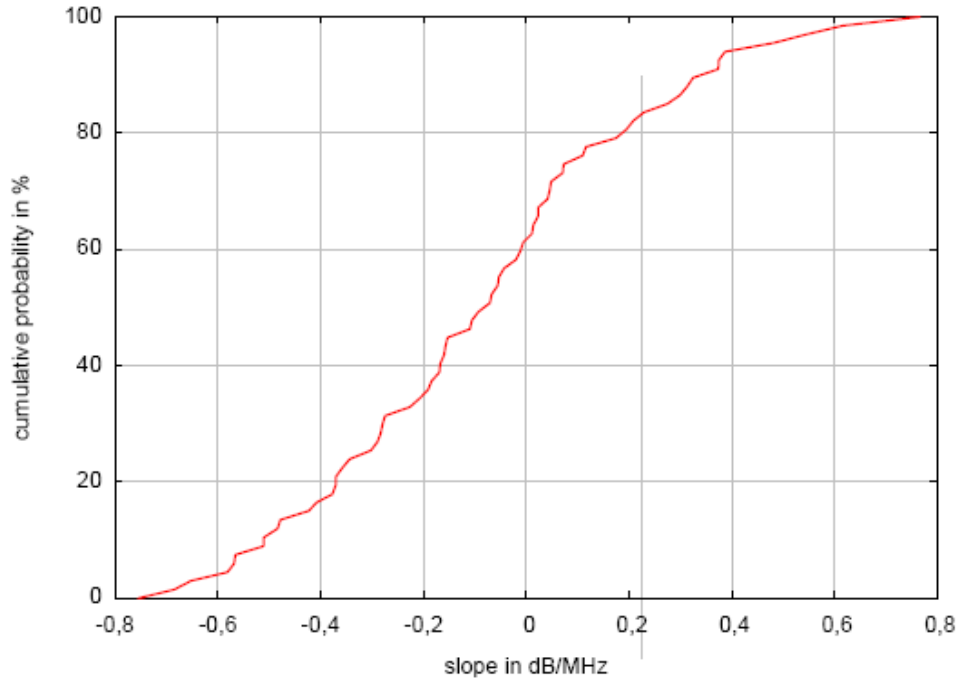


Figure 2: Cumulative probability of the slope of the regression line for the LCL –frequency plots

7 Statistical evaluation of the measured LCL

Taking into account all frequencies and locations (without pure industrial sites) the cumulative probability in dependence of the mean LCL for each site is plotted in figure 3. As it can be seen from this curve, the median LCL (50 %-value) is 33,0 dB and 80 % of all measurement sites show a LCL of more than 30,7 dB.

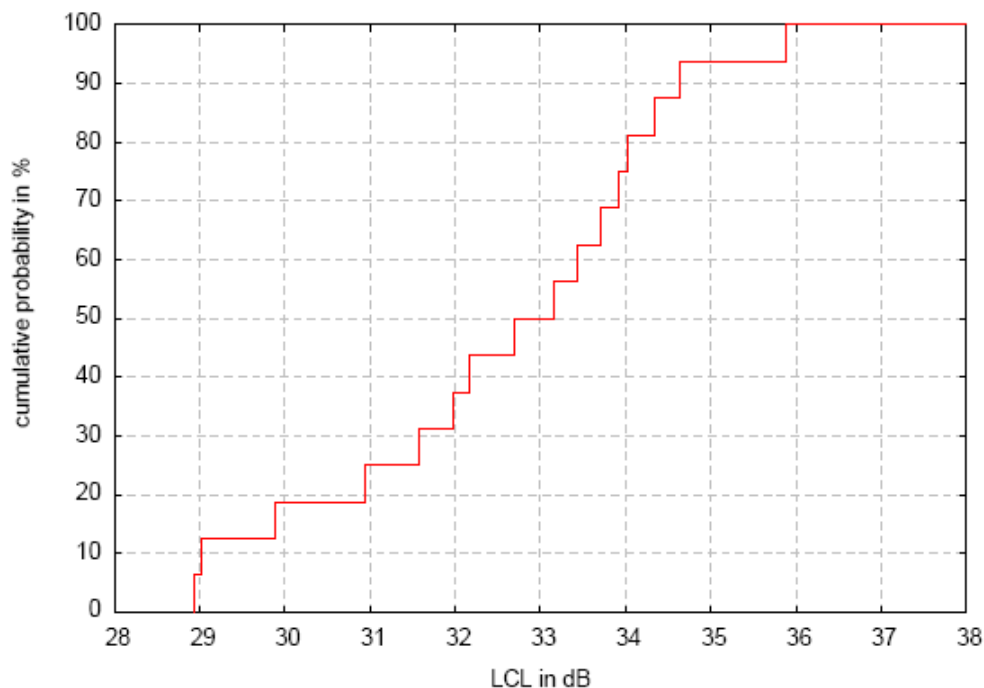


Figure 3: Cumulative probability in dependence of mean LCL for all measurement frequencies and locations

8 Dependencies from national particularities in installation - and earthing-techniques in Germany, the Netherlands and Spain

For comparison table 1 shows the evaluated LCL-values measured in the three countries (excluding factories, which were only measured in Spain and for which the statistical basis is insufficient).

Table 1

Country	Area	LCL (dB)
Germany	Stuttgart	31,6
The Netherlands	Eindhoven	29,9
Spain	Zaragoza	32,3

In addition to national dependences the data is analyzed according to installation types see table 2, i.e. installations with three phase or single phase per flat/house.

Table 2

Installation type	LCL (dB)
Three phases	31,0
Single phase	32,2

No significant difference can be detected.

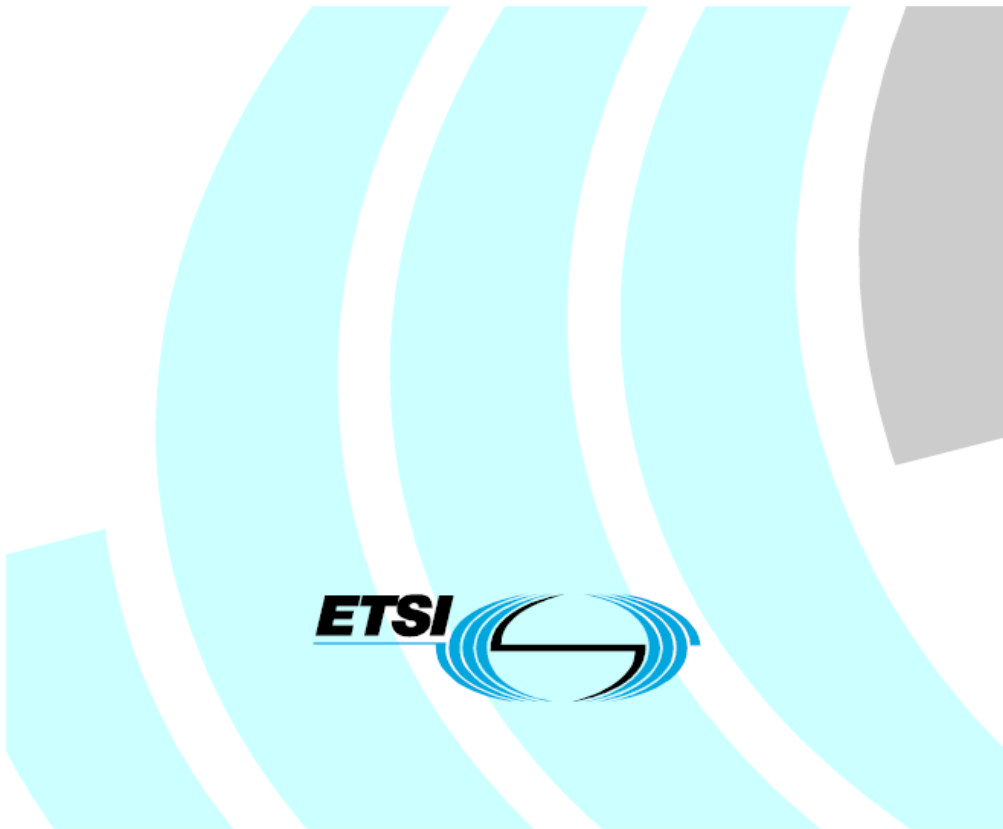
[ANEXO No. 6]

[Estándar ETSI TR 102 259]

ETSI TR 102 259 V1.1.1 (2003-09)

Technical Report

**PowerLine Telecommunications (PLT);
EMI review and statistical analysis**



ReferenceDTR/PLT-00013

Keywordsmethodology, powerline, transmission

ETSI

650 Route des Lucioles
F-06921 Sophia Antipolis Cedex - FRANCE

Tel.: +33 4 92 94 42 00 Fax: +33 4 93 65 47 16

Siret N° 348 623 562 00017 - NAF 742 C
Association à but non lucratif enregistrée à la
Sous-Préfecture de Grasse (06) N° 7803/88

Important notice

Individual copies of the present document can be downloaded from:

<http://www.etsi.org>

The present document may be made available in more than one electronic version or in print. In any case of existing or perceived difference in contents between such versions, the reference version is the Portable Document Format (PDF). In case of dispute, the reference shall be the printing on ETSI printers of the PDF version kept on a specific network drive within ETSI Secretariat.

Users of the present document should be aware that the document may be subject to revision or change of status.

Information on the current status of this and other ETSI documents is available at

<http://portal.etsi.org/tb/status/status.asp>

If you find errors in the present document, send your comment to:

editor@etsi.org

Copyright Notification

No part may be reproduced except as authorized by written permission.
The copyright and the foregoing restriction extend to reproduction in all media.

© European Telecommunications Standards Institute 2003.

All rights reserved.

DECT™, PLUGTESTS™ and UMTS™ are Trade Marks of ETSI registered for the benefit of its Members.
TIPHON™ and the TIPHON logo are Trade Marks currently being registered by ETSI for the benefit of its Members.
3GPP™ is a Trade Mark of ETSI registered for the benefit of its Members and of the 3GPP Organizational Partners.

Contents

Intellectual Property Rights	4
Foreword.....	4
Introduction	4
1 Scope	5
2 References	5
3 Abbreviations	5
4 Measurement method and measurement locations	5
5 Example test results.....	6
6 Frequency dependency	6
7 Statistical evaluation of measured coupling factor.....	7
8 Dependencies from national particularities in Installation - and earthing techniques in Germany, the Netherlands and Spain.....	8
9 Correlation between LCL and coupling factor	8
History	10

Intellectual Property Rights

IPRs essential or potentially essential to the present document may have been declared to ETSI. The information pertaining to these essential IPRs, if any, is publicly available for **ETSI members and non-members**, and can be found in ETSI SR 000 314: "*Intellectual Property Rights (IPRs); Essential, or potentially Essential, IPRs notified to ETSI in respect of ETSI standards*", which is available from the ETSI Secretariat. Latest updates are available on the ETSI Web server (<http://webapp.etsi.org/IPR/home.asp>).

Pursuant to the ETSI IPR Policy, no investigation, including IPR searches, has been carried out by ETSI. No guarantee can be given as to the existence of other IPRs not referenced in ETSI SR 000 314 (or the updates on the ETSI Web server) which are, or may be, or may become, essential to the present document.

Foreword

This Technical Report (TR) has been produced by ETSI Technical Committee Powerline Telecommunications (PLT).

Introduction

In order to study and compare characteristics of the LVDN network in different countries a STF (Special Task Force) was set-up. The present document is one of the four TRs which present the result of the work (TR 102 258 [2], TR 102 269 [3] and TR 102 270 [4]).

The present document takes into account matters like earthing variations, country variations, operator differences, phasing and distribution topologies, domestic, industrial housing types along with local network loading. The measurement set-up, the measurements as such, the used software the site reports and parts of the analysis are common for all the TRs and is collected in the TR 102 270 [4].

1 Scope

The present document presents the results from EMI measurements performed in Germany, the Netherlands and Spain. It investigates the distribution of the EMI values in respect to the frequency and to the national LVDN-particularities (wiring technology, earthing, etc.).

2 References

For the purposes of this Technical Report (TR) the following references apply:

- [1] ETSI TR 102 175: "Powerline Telecommunications (PLT); Channel characterization and measurement methods".
- [2] ETSI TR 102 258: "PowerLine Telecommunications (PLT); LCL review and statistical analysis".
- [3] ETSI TR 102 269: "PowerLine Telecommunications (PLT); PLT Hidden Node Analysis".
- [4] ETSI TR 102 270: "PowerLine Telecommunication (PLT); Basic LVDN measurement data".

3 Abbreviations

For the purposes of the present document, the following abbreviations apply:

BALUN	BALanced to UNbalanced transformer
EDP	Electronic Data Processing
EMI	ElectroMagnetic Interference
LCL	Longitudinal Conversion Loss
LVDN	Low Voltage Distribution Network
STF	Special Task Force
ToR	Terms of Reference for Specialist Task Force 222 (MB), TC PLT, September 2002

4 Measurement method and measurement locations

A symmetric signal with a defined power is fed into the LVDN at an arbitrary plug. As source a comb generator is used in conjunction with a suitable balun. The magnetic field strength is measured in a horizontal distance of 3 m from the external wall of the building (as far as technically feasible). The total field strength is determined by geometrical addition of the three measured field components (x, y and z). Adding $20 \times \log(377) = 51,5$ dB yield to an equivalent electrical field strength, which commonly is given as result of radiation measurements below 30 MHz.

The coupling factor in the present document is defined as the equivalent electrical field strength (in dB(μ V/m)) related to the fed forward power (in dBm), both measured in a 9 kHz bandwidth. With this definition a coupling factor of 50 (dB(μ V/m)-dBm) means an equivalent electrical field strength of 50 dB(μ V/m) when a forward power of 0 dBm (1mW) is fed into the LVDN.

For many measurement sites several measurement locations have been chosen. For each of these measurement locations the signal feeding point is also varied.

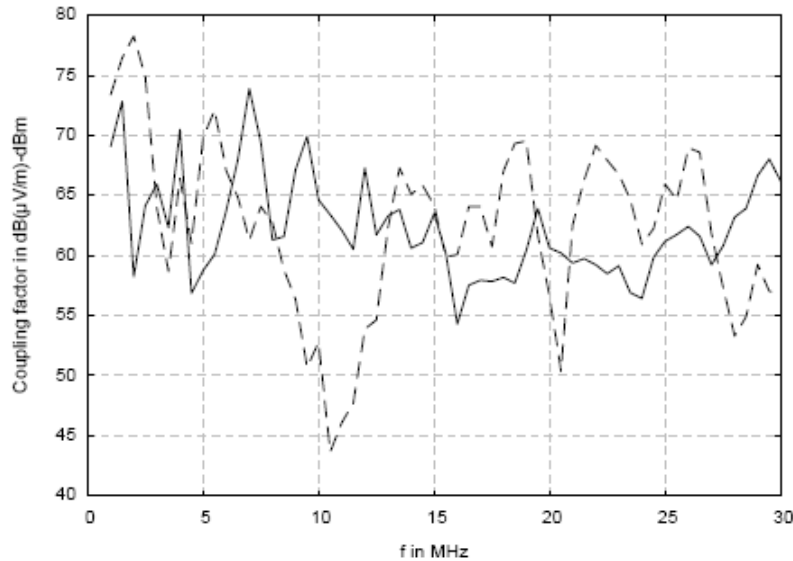
Several measurement locations have been chosen, so that different countries, different types of installations and different building usage are covered by the measurements. All measurements were performed during daytime with household appliances, EDP-equipment and production machinery normally connected to the mains. Further details of the investigated measurement locations can also be found in document [1].

In total the coupling factor of 98 plugs and antenna locations was measured. Each measurement consists of 59 measurement frequencies.

5 Example test results

The value of the coupling factor varies in general with frequency and measurement location. Therefore a statistical evaluation must be performed.

Figure 1 shows typical results of coupling factor measurements at two antenna locations on different measurement locations. Comparison of the different coupling factor plots show that no specific coupling factor behaviour can be observed regarding to the country or the installation types (single phase, three phase, earthing variations). Therefore it is not necessary to distinguish principle installation types.



NOTE: — : Germany
 - - - : Spain

Figure 1: Typical coupling factor measurement results of two antenna locations at different measurement locations

6 Frequency dependency

Figure 2 shows that the coupling factor behaviour can be regarded as constant over frequency.

Therefore all measurement points regardless of their frequency can be used for statistical evaluation.

Frequency dependency can be established by calculating the regression line (especially its slope) with the least squares method for each coupling factor measurement. From all slopes the cumulative probability can be obtained depending on the slope. This function is plotted in figure 2. It can be seen that there is a slight frequency dependency of about $-0,16 \text{ dB}(\mu\text{V/m})\text{-dBm}/\text{MHz}$. The decrease of coupling factor with increasing frequency can be explained by the attenuation of the lines, which also increases with frequency.

For the whole frequency range the medium slope yield to a total decrease of 4,8 dB (1 MHz to 30 MHz), which is within the measurement uncertainty. Therefore, the coupling factor will be evaluated independent of frequency.

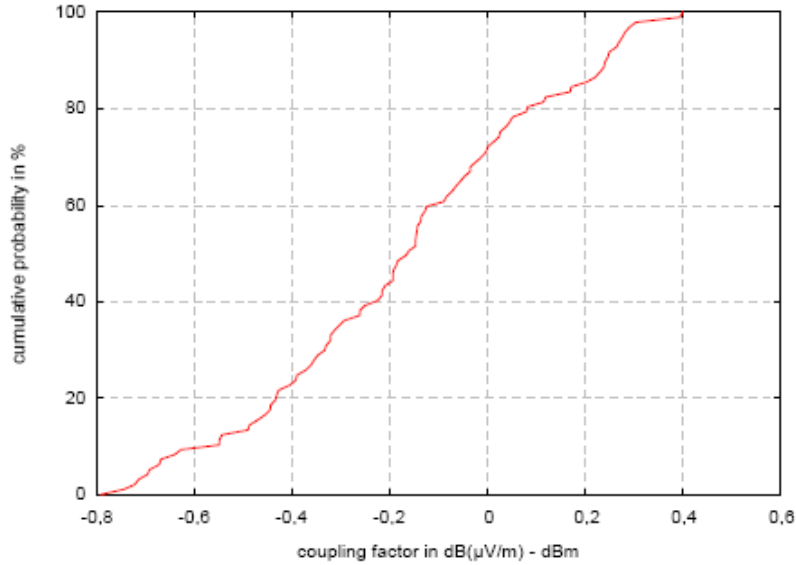


Figure 2: Cumulative probability of the slope of the regression line for the coupling factor

7 Statistical evaluation of measured coupling factor

Taking into account all frequencies and locations, the cumulative probability in dependence of the mean coupling factor for each site is plotted in figure 3. As it can be seen from this curve, the median (50 %-cum.prob.) is 61,2 dB(μV/m)-dBm and the 80 % is less than 63,2 dB(μV/m)-dBm.

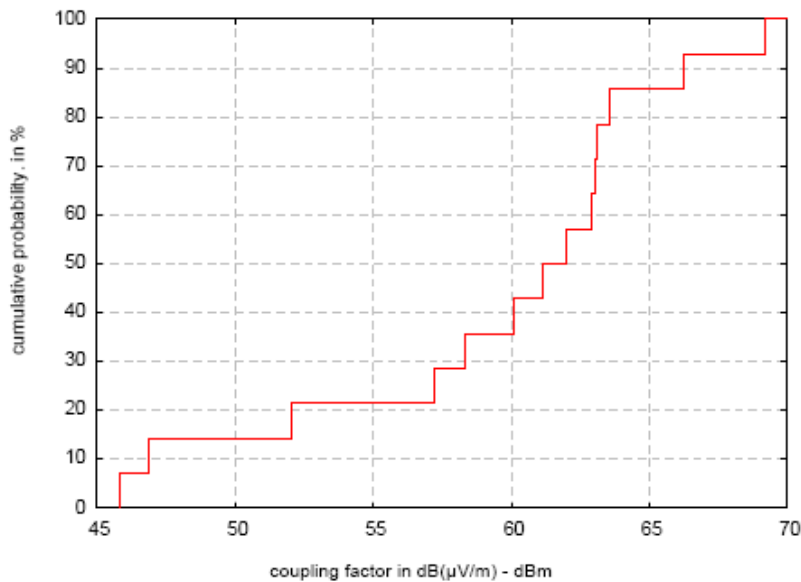


Figure 3: Cumulative probability in dependence of mean coupling factor for all measurement frequencies and locations

8 Dependencies from national particularities in Installation - and earthing techniques in Germany, the Netherlands and Spain

Table 1 shows the evaluated coupling factor-values measured in the three countries.

Table 1

Country	Area	Coupling factor
Germany	Stuttgart	62,3 dB(μ V/m)-dBm
The Netherlands	Eindhoven	67,6 dB(μ V/m)-dBm
Spain	Zaragoza	58,7 dB(μ V/m)-dBm

In addition to national dependences the data is analysed according to installation types, i.e. installations with three phases or single phase per flat/house (see table 2).

Table 2

Installation type	Coupling factor
Three phases	58,9 dB(μ V/m)-dBm
Single phase	63,9 dB(μ V/m)-dBm

Considering the measurement uncertainty of in situ field strength measurements, no significant differences of the coupling factor can be justified regarding national particularities of installations.

9 Correlation between LCL and coupling factor

For determination of any correlation between LCL and coupling factor the pre-evaluated coupling factor values (mean values of a single measurement site) are plotted dependent on the pre-evaluated LCL values as shown in figure 4. Obviously the LCL values of the different measurement sites (with exception of the extremely low LCL value of an industrial site in Spain) differ not much from each other. Furthermore, the variation of coupling factor is in the range of the measurement uncertainty of in-situ field strength measurements. Therefore, a correlation between LCL and coupling factor can neither be established nor excluded.

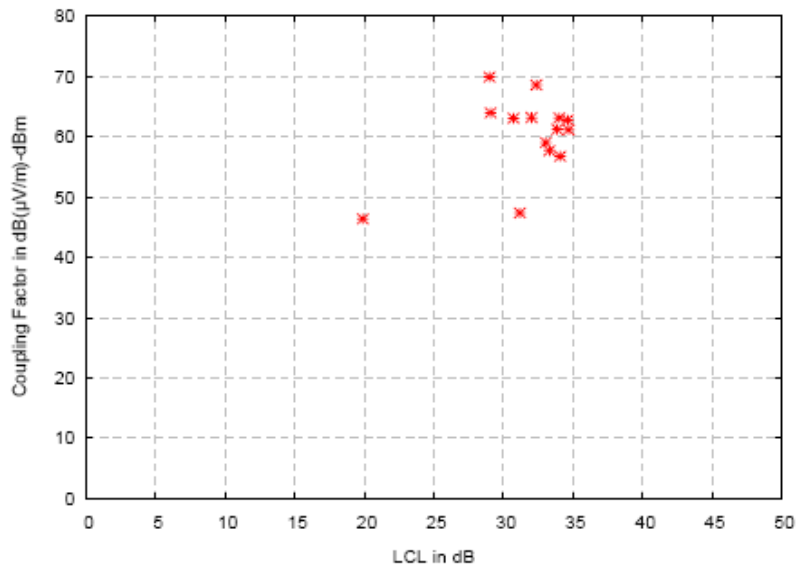


Figure 4: Mean value of coupling factor as a function of mean value of LCL for the different measurement sites

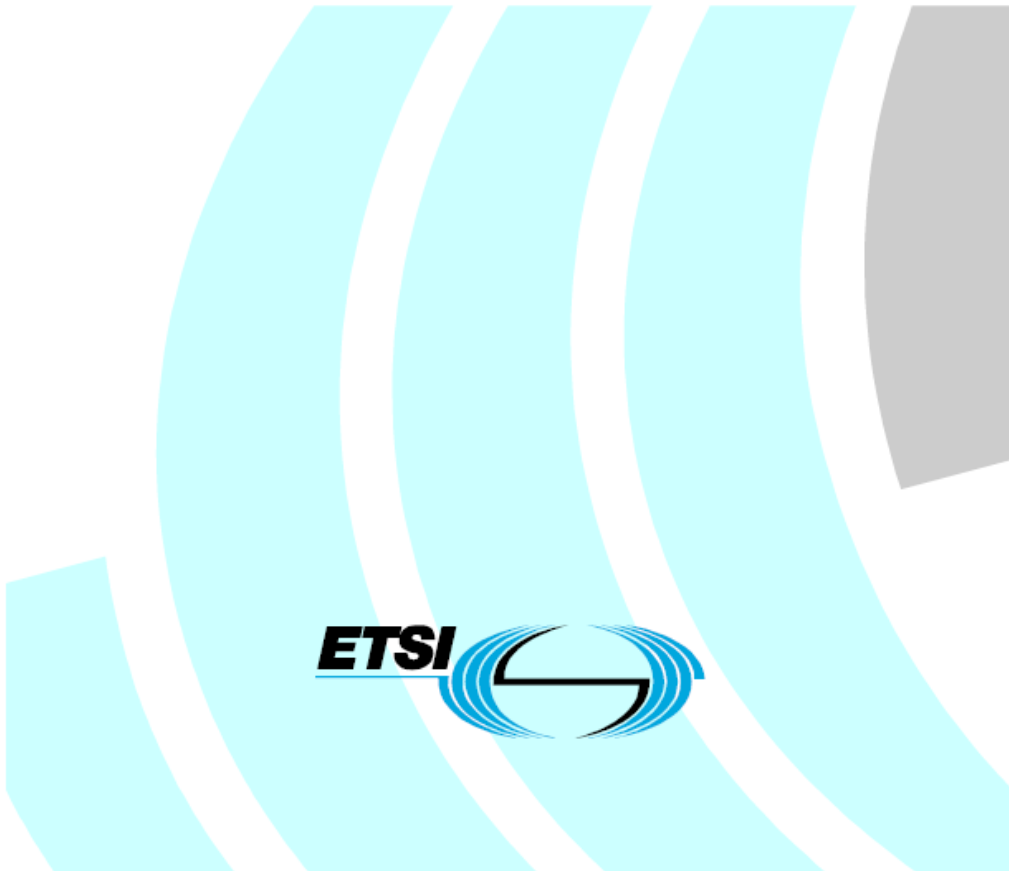
[ANEXO No. 7]

[Estándar ETSI TR 102 269]

ETSI TR 102 269 V1.1.1 (2003-12)

Technical Report

**PowerLine Telecommunications (PLT);
Hidden Node review and statistical analysis**



ReferenceDTR/PLT-00011

Keywordsanalysis, hidden node, transmission

ETSI

650 Route des Lucioles
F-06921 Sophia Antipolis Cedex - FRANCE

Tel.: +33 4 92 94 42 00 Fax: +33 4 93 65 47 16

Siret N° 348 623 562 00017 - NAF 742 C
Association à but non lucratif enregistrée à la
Sous-Préfecture de Grasse (06) N° 7803/88

Important notice

Individual copies of the present document can be downloaded from:

<http://www.etsi.org>

The present document may be made available in more than one electronic version or in print. In any case of existing or perceived difference in contents between such versions, the reference version is the Portable Document Format (PDF). In case of dispute, the reference shall be the printing on ETSI printers of the PDF version kept on a specific network drive within ETSI Secretariat.

Users of the present document should be aware that the document may be subject to revision or change of status.

Information on the current status of this and other ETSI documents is available at

<http://portal.etsi.org/tb/status/status.asp>

If you find errors in the present document, send your comment to:

editor@etsi.org

Copyright Notification

No part may be reproduced except as authorized by written permission.
The copyright and the foregoing restriction extend to reproduction in all media.

© European Telecommunications Standards Institute 2003.
All rights reserved.

DECT™, PLUGTESTS™ and UMTS™ are Trade Marks of ETSI registered for the benefit of its Members.
TIPHON™ and the TIPHON logo are Trade Marks currently being registered by ETSI for the benefit of its Members.
3GPP™ is a Trade Mark of ETSI registered for the benefit of its Members and of the 3GPP Organizational Partners.

Contents

Intellectual Property Rights	4
Foreword.....	4
Introduction	4
1 Scope	5
2 References	5
3 Abbreviations and symbols	5
3.1 Abbreviations	5
3.2 Symbols.....	5
4 Measurement method and measurement locations.....	6
5 Example test results.....	6
6 Principles of statistical evaluation of noise- and TTL-data.....	8
7 Statistical evaluation of noise measurements.....	9
8 Statistical evaluation of measured TTL.....	11
9 Dependencies from national particularities concerning installation- and earthing techniques in Germany, The Netherlands and Spain.....	19
History	20

Intellectual Property Rights

IPRs essential or potentially essential to the present document may have been declared to ETSI. The information pertaining to these essential IPRs, if any, is publicly available for **ETSI members and non-members**, and can be found in ETSI SR 000 314: *"Intellectual Property Rights (IPRs); Essential, or potentially Essential, IPRs notified to ETSI in respect of ETSI standards"*, which is available from the ETSI Secretariat. Latest updates are available on the ETSI Web server (<http://webapp.etsi.org/IPR/home.asp>).

Pursuant to the ETSI IPR Policy, no investigation, including IPR searches, has been carried out by ETSI. No guarantee can be given as to the existence of other IPRs not referenced in ETSI SR 000 314 (or the updates on the ETSI Web server) which are, or may be, or may become, essential to the present document.

Foreword

This Technical Report (TR) has been produced by ETSI Technical Committee PowerLine Telecommunications (PLT).

Introduction

In order to study and compare characteristics of the LVDN network in different countries a STF (Special Task Force) was set-up. The present document is one of the four TRs which present the result of the work of the STF (TR 102 258 [5], TR 102 259 [6] and TR 102 270 [3]).

The present document takes into account matters like earthing variations, country variations, operator differences, phasing and distribution topologies, domestic, industrial housing types along with local network loading. The measurement set-up, the measurements as such, the used software the site reports and parts of the analysis are common for all the TRs and is collected in the TR 103 270 [3].

1 Scope

The present document shows results from Transverse Transfer Loss (TTL) measurements performed in Germany, The Netherlands and Spain. It investigates the distribution of the TTL-values in respect to the carrier-frequency, to the relative location of the sockets, to the phase conditions between the sockets and to the national LVND-particularities (wiring technology, earthing etc).

These data are basic for the development of realistic hidden node models required for the development and/or the test of MAC-protocols as well as for the assessment of the performance in presence of hidden nodes.

2 References

For the purposes of this Technical Report (TR) the following references apply:

- [1] ITU-T Recommendation G.117: "Transmission aspects of unbalance about earth".
- [2] IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility (Vol 41, No. 1, pp 3-14): "A probe for the measurement of electrical unbalance of networks and devices", Ian P. Macfarlane.
- [3] ETSI TR 102 270: "PowerLine Telecommunication (PLT); Basic LVND measurement data".
- [4] ETSI TR 102 175: "PowerLine Telecommunications (PLT); Channel characterization and measurement methods".
- [5] ETSI TR 102 258: "PowerLine Telecommunications (PLT); LCL review and statistical analysis".
- [6] ETSI TR 102 259: "PowerLine Telecommunications (PLT); EMI review and statistical analysis".

3 Abbreviations and symbols

3.1 Abbreviations

For the purposes of the present document, the following abbreviations apply:

BALUN	BALanced to UNbalanced transformer
EDP	Electronic Data Processing
LCL	Longitudinal Conversion Loss
LVND	Low Voltage Distribution Network
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
STF	Special Task Force
ToR	Terms of Reference (see note)
TTL	Transverse Transfer Loss

NOTE: For Specialist Task Force 222 (MB).

3.2 Symbols

For the purposes of the present document, the following symbols apply:

a	frequency space for which noise or TTL is below a specified value
k	specified threshold, frequencies are usable when the TTL or noise are below k

4 Measurement method and measurement locations

For the analysis of hidden node problems, the signal strengths and the noise levels of different connection points to the LVDN must be known. The noise levels were measured symmetrically with the LCL-measurement adapter according to Macfarlane [2]. The differential mode design impedance of the adapter is $Z = 100 \Omega$.

Measurement locations were selected in order to get results from different countries, from different types of installations and from buildings of different use. All measurements were performed during day-time with household appliances, EDP-equipment and production machinery normally connected to the mains.

For the estimation of the signal strength available at a receiver location the output level of the transmitter and the attenuation of the network between transmitter and receiver location must be known. The output level is a specific modem design parameter and is therefore a priori unknown. The attenuation is a characteristic of the network and can be measured by Transverse Transfer Loss (TTL) according to ITU-T Recommendation G.711 [1]. Details of the measurement method and connection to the LVDN can be seen in TR 102 270 [3].

A modem designer will be able to determine the influence of hidden nodes by including the data presented in the present document into his system analysis, e.g. by calculating the data throughput both real and for the limit case of Shannon.

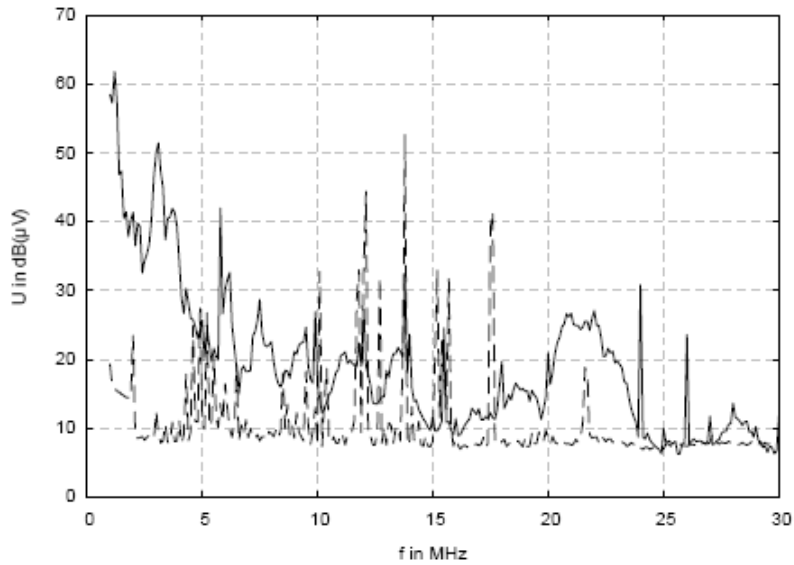
Since the present document must be independent of any specific modem design, further evaluation of the data cannot be provided. The present document is limited on the analysis of noise floor- and attenuation- measurements.

5 Example test results

In general, both noise floor and TTL are strongly dependent on frequency and measurement location. Therefore a statistical evaluation must be performed in order not to consider simply the absolute worst case or any other intuitively chosen conditions. The system parameters shall be chosen in such a way, that a defined percentage of the LVDN-sockets show equal or better results than the assumed limit case.

Figure 1 shows typical results of noise measurements at two plugs at different measurement locations (red: Germany, green: Spain). Figure 2 shows TTL at the same locations. Comparison of the different noise and TTL plots show that no specific behaviour can be observed regarding the country or the installation types (earthing variations). Therefore it is not necessary to distinguish between principle country- and installation-types for noise measurements. For the statistical evaluation of TTL two groups and two subgroups have been defined:

- a) Transmitter and receiver located in the same flat or the same (small) house:
 - 1) Transmitter and receiver connected to same LVDN-phase.
 - 2) Transmitter and receiver connected to different LVDN-phases.
- b) Transmitter and receiver located in different flats or houses in the neighbourhood.





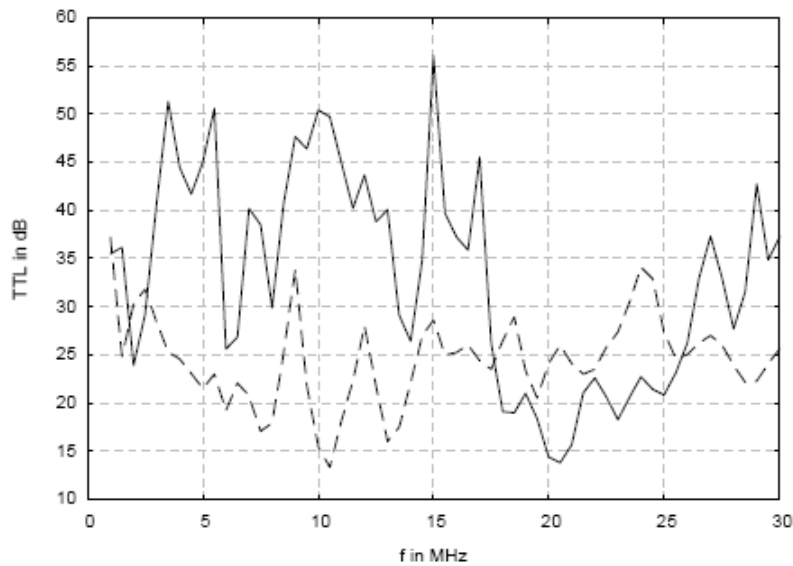
NOTE: : The Netherlands
: Spain

Figure 1: Example noise floor-measurements





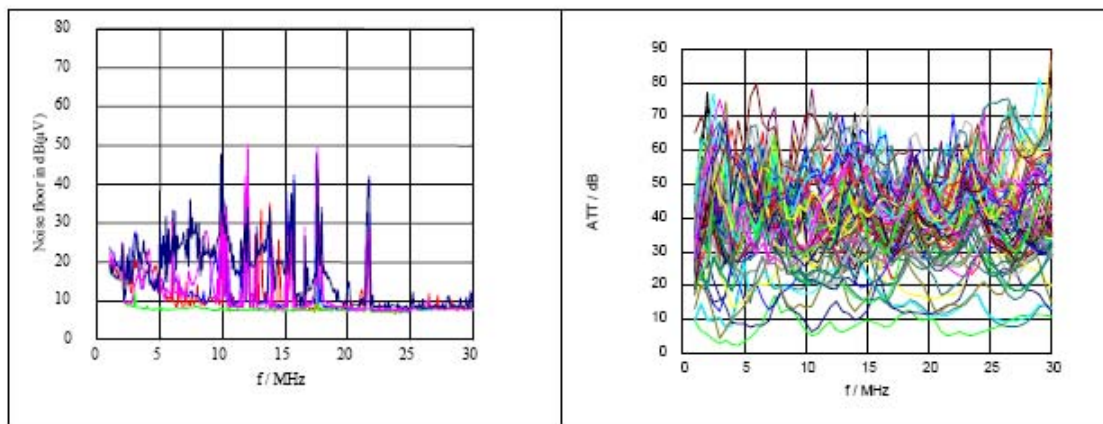
NOTE: : The Netherlands
: Spain

Figure 2: Example TTL-measurements

In total 69 noise floor measurements, 519 group A-TTL measurements and 124 group B-TTL measurements were performed. Each noise measurement consists of 291 single frequency points and each TTL measurement consists of 59 single frequency points.

Typical variations of the noise floor and TTL at a given measurement site are shown by figure 3, where all results measured in one flat are plotted in a single diagram.



NOTE: Gartenstrasse, Stuttgart, Germany.

Figure 3: Variation of noise floor and TTL at a single measurement site

6 Principles of statistical evaluation of noise- and TTL-data

For a general view all frequency plots were statistically evaluated. The empirical cumulative probability (using threshold k) was calculated and the contour lines for the probabilities of 20 %, 50 % and 80 % were chosen in figures 5 to 8.

From such plot it is difficult to derive hidden node criteria for a specific modem design, since these diagrams hide the spikes occurring on every measurement location. Therefore two other criteria were defined as shown in figure 4.

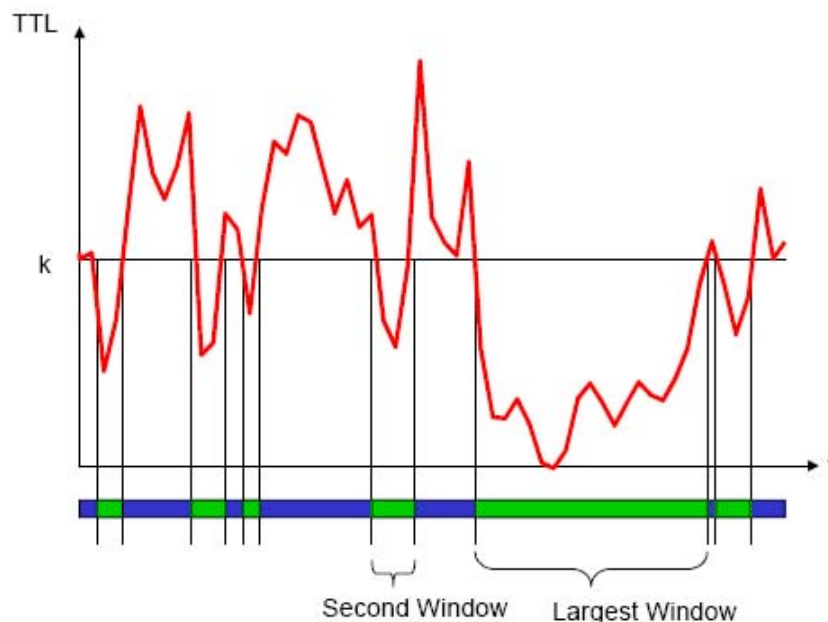


Figure 4: Definition of characteristic measures for hidden node analysis (TTL as example)

Criteria applicable for modems with OFDM and similar broadband modulation schemes are the part of the frequencies, for which noise and TTL are below specified threshold k . It is calculated as the ratio between the frequencies marked in green in figure 4 and the whole investigated frequency range (1 MHz to 30 MHz).

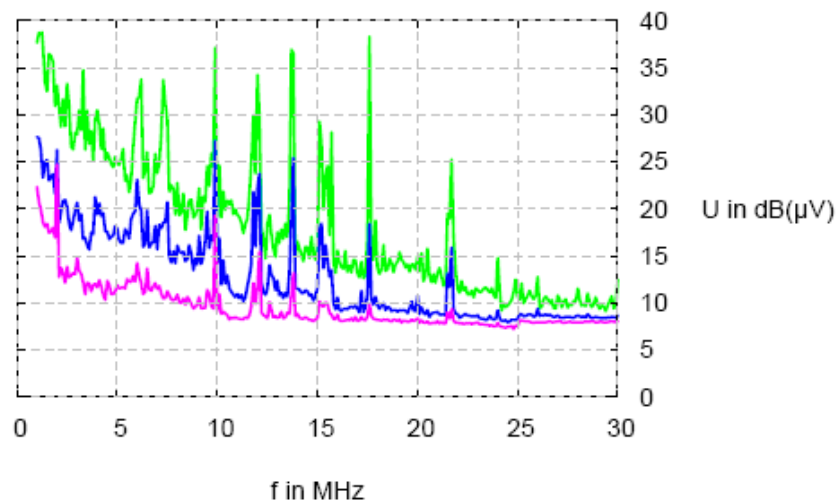
$$a = 100\% \times \frac{\text{frequency_space}(\text{Noise_or_TTL} < k)}{\text{whole_frequency_range}}$$

Another criteria applicable for modems which need a continuous frequency band is the size of the largest window (referred to as "size of window"), where noise and TTL are below specified threshold k . To consider modems needing two channels (up and downstream) an additional quantity (referred to as "sum of window size"), the sum of the sizes of the two largest windows is defined.

Due to the fact that noise was measured in a frequency raster of 100 kHz and with a bandwidth of 10 kHz and that TTL was measured in a frequency raster of 500 kHz it is possible that very narrow spikes are missed.

7 Statistical evaluation of noise measurements

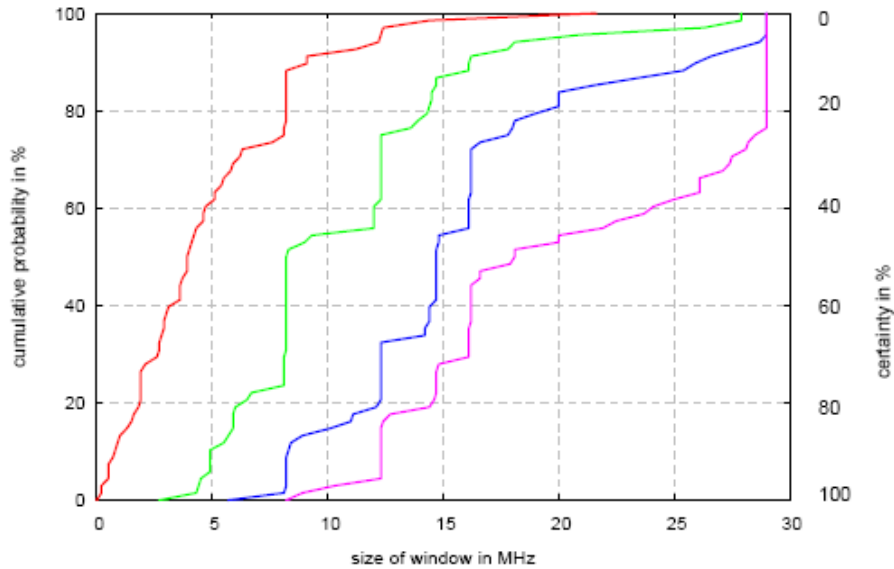
The general frequency-dependence of the noise floor can be seen in figure 5, where the cumulative probability is plotted on the noise-frequency plane as contour plot. The short wave broadcast-bands are well visible.



NOTE: from above: 80 % (green), 50 % (blue), 20 % (violet) cumulative probability.

Figure 5: Noise floor in dependence of frequency for all sites

The largest continuous window is evaluated in figure 6.



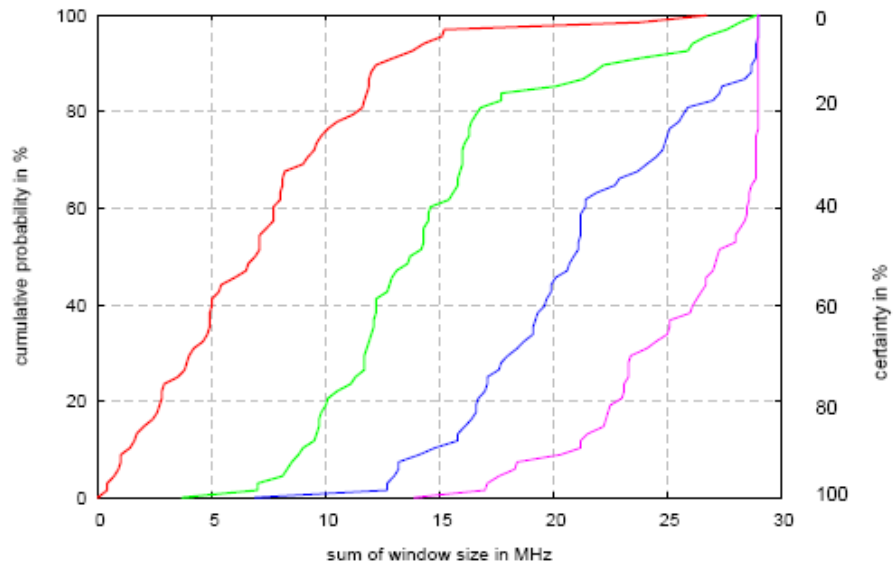
NOTE: from top to down: $k = 10$ dB(μ V) (red), 20 dB(μ V) (green), 30 dB(μ V) (blue), 40 dB(μ V) (violet).

Figure 6: Size of largest continuous window, for which noise $< k$

Figure 6 should be read in the following way:

- With a certainty of 0 % (never) a continuous frequency window of 29 MHz is available when a noise threshold k of 20 dB(μ V) (green curve) is assumed. This also describes the top right corner in figure 6.
- With a certainty of 80 % a continuous frequency window of 12 MHz or more is available when a noise threshold k of 30 dB(μ V) is assumed.

When a modem needs two channels and therefore requires two free frequency windows, figure 7 will give the analogous information.



NOTE: from top to down: $k = 10$ dB(μ V) (red), 20 dB(μ V) (green), 30 dB(μ V) (blue), 40 dB(μ V) (violet).

Figure 7: Sum of the size of largest two continuous windows, for which noise $< k$

Figure 7 shall be interpreted in the same way than figure 6.

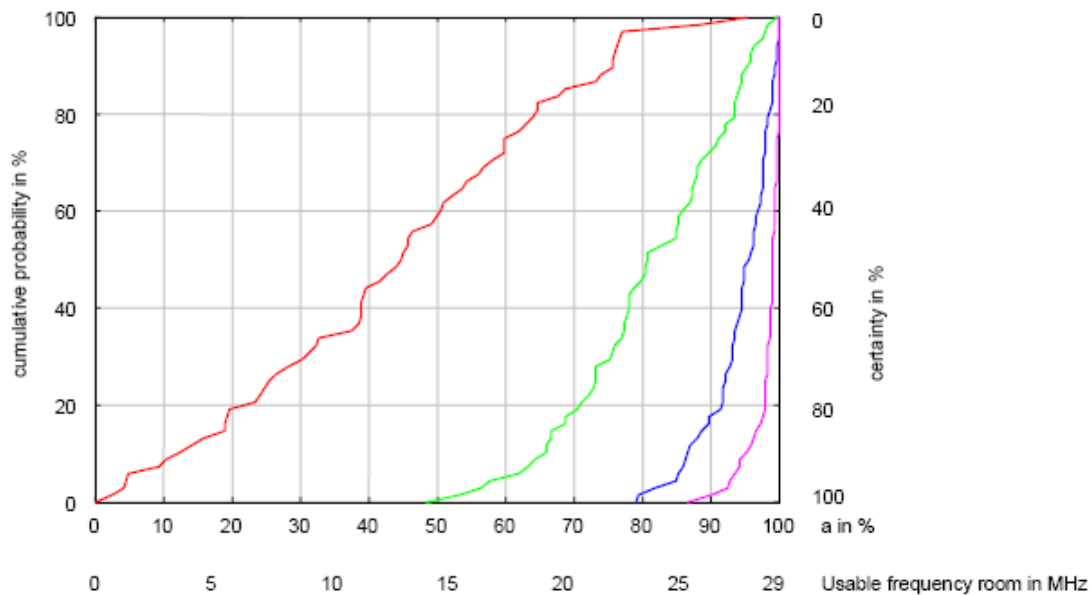
E.g. with a certainty of 80 % two continuous frequency windows with a total size of 17 MHz or more are available when a noise threshold k of 30 dB(μ V) is permissible.

The probability distribution of the sum of frequencies, for which noise is below a specified value k , is shown in figure 8. Figure 8 can be interpreted in the following ways:

- In 50 % of all measurement locations 45 % of the frequency range (1 MHz to 30 MHz) have a noise below 10 dB(μ V). If a higher degree of certainty is required (e.g. 80 %) we can read:
- In 20 % of all measurement locations 70 % of the frequency range (1 MHz to 30 MHz) have a noise below 20 dB(μ V).

For a modem design the noise may be considered in the following way:

- If a modem design needs a noise, which is less than 10dB(μ V), the maximum usable frequency range is 20 % (5,8 MHz) with a certainty of 80 %.

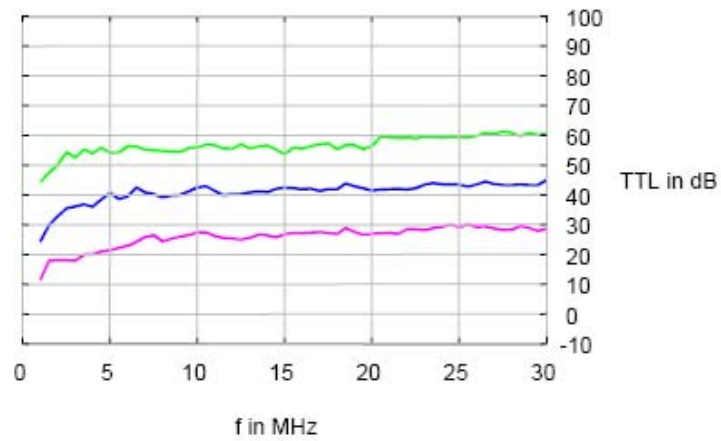


NOTE: from above: $k = 10$ dB(μ V) (red), 20 dB(μ V) (green), 30 dB(μ V) (blue), 40 dB(μ V) (violet).

Figure 8: Cumulative probability for the sum of frequencies with a noise below k

8 Statistical evaluation of measured TTL

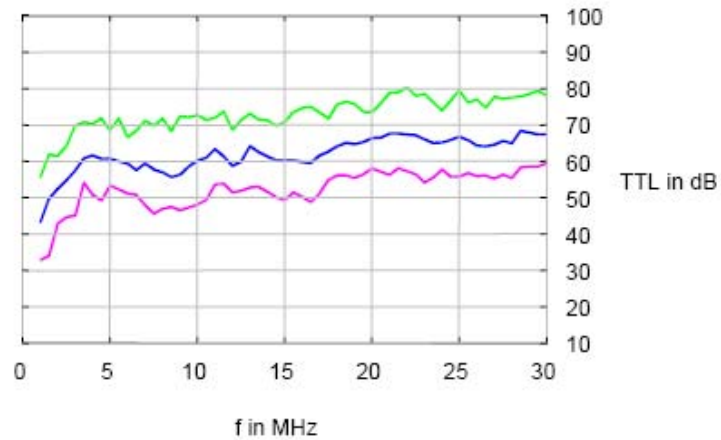
The general dependence of TTL on frequency can be seen in figures 9 to 12, where the cumulative probabilities are plotted on the TTL-frequency plane as contour plot.



NOTE 1: Group A: same flat/house independent of phase.

NOTE 2: from above: 80 % (green), 50 % (blue), 20 % (violet) cumulative probability.

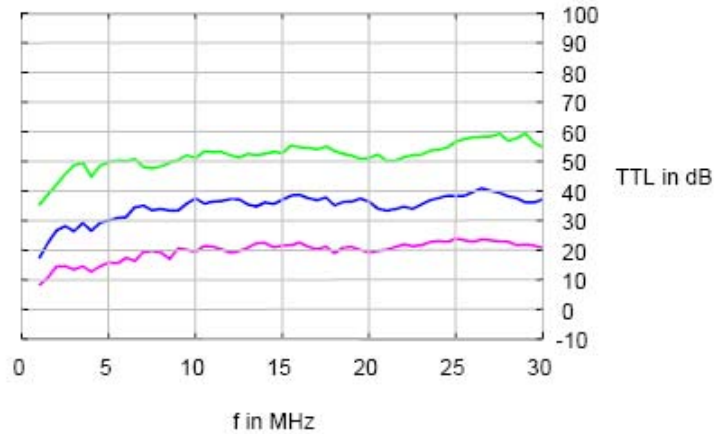
Figure 9: TTL as a function of frequency for all sites



NOTE 1: Group B: different flat/house in neighbourhood independent of phase.

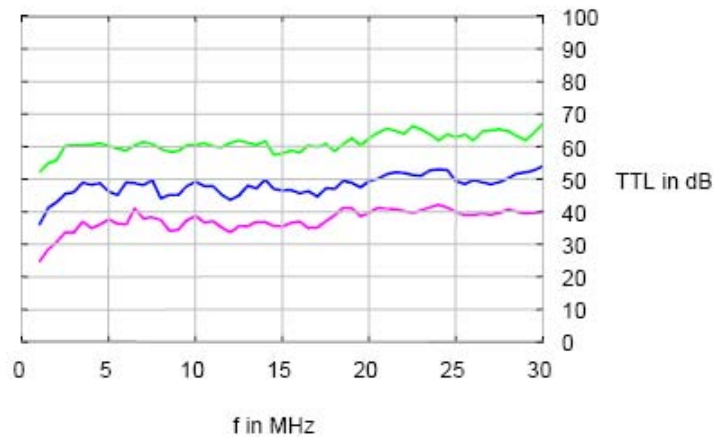
NOTE 2: from above: 80 % (green), 50 % (blue), 20 % (violet) cumulative probability.

Figure 10: TTL as a function of frequency for all sites



NOTE 1: Group A1: same flat/house transmitter and receiver connected to same phase.
 NOTE 2: from above: 80 % (green), 50 % (blue), 20 % (violet) cumulative probability.

Figure 11: TTL as a function of frequency for all sites

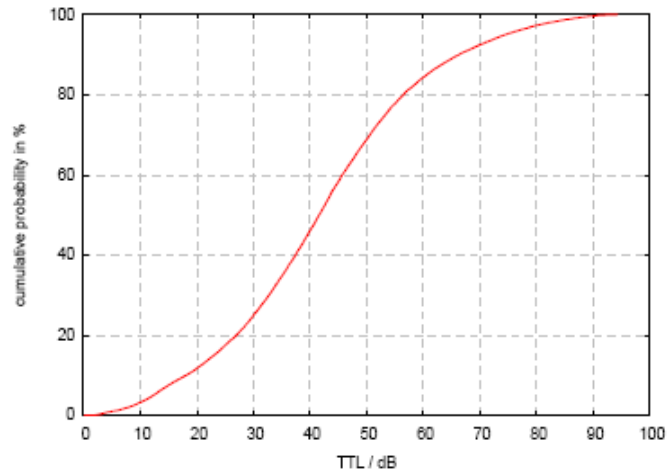


NOTE 1: Group A2: same flat/house transmitter and receiver connected to different phase.
 NOTE 2: from above: 80 % (green), 50 % (blue), 20 % (violet) cumulative probability.

Figure 12: TTL as a function frequency for all sites

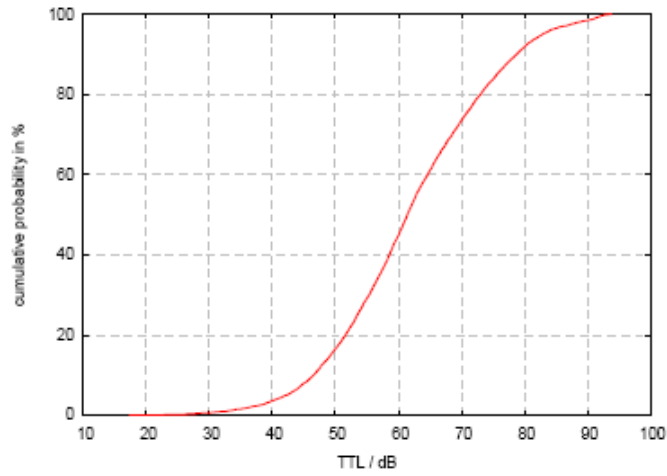
There is only a slight and therefore neglectable increase of attenuation with frequency.

By neglecting this frequency dependence, the diagrams of the cumulative probability of TTL may be drawn (figures 13 to 16).



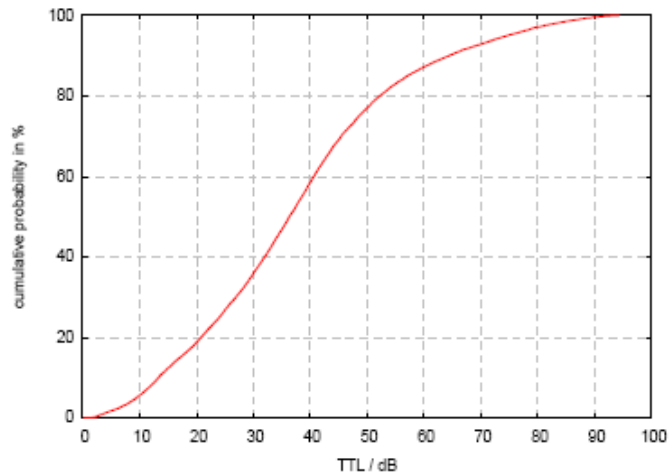
NOTE: Group A: same flat/house independent of phase.

Figure 13: Cumulative probability of TTL for all sites and frequencies



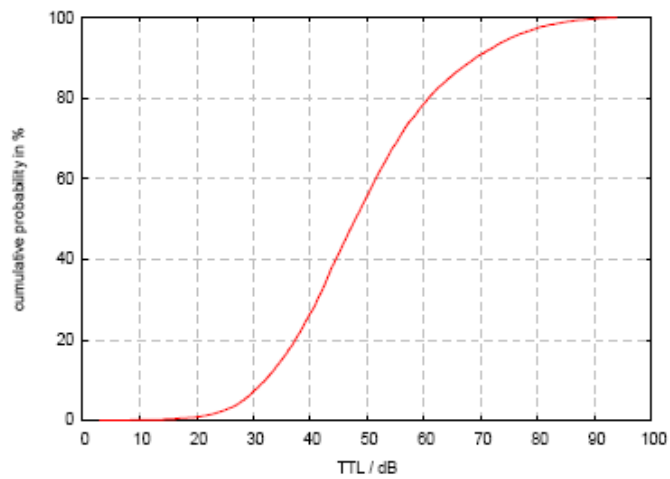
NOTE: Group B: different flat/house in neighbourhood independent of phase.

Figure 14: Cumulative probability of TTL for all sites and frequencies



NOTE: Group A1: same flat/house transmitter and receiver connected to same phase.

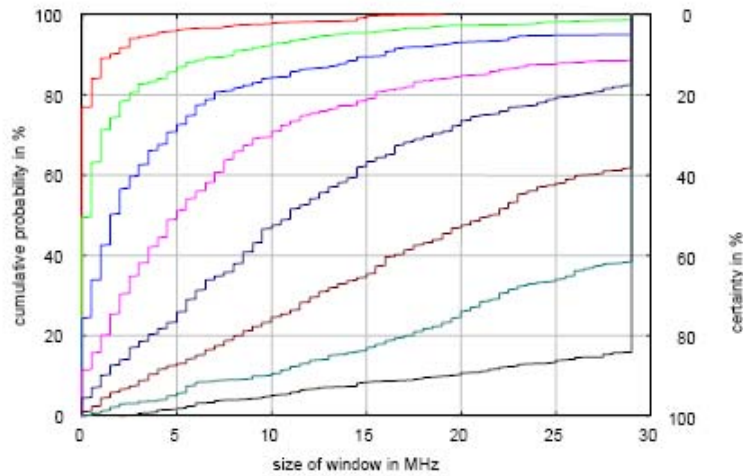
Figure 15: Cumulative probability of TTL for all sites and frequencies



NOTE: Group A2: same flat/house transmitter and receiver connected to different phase.

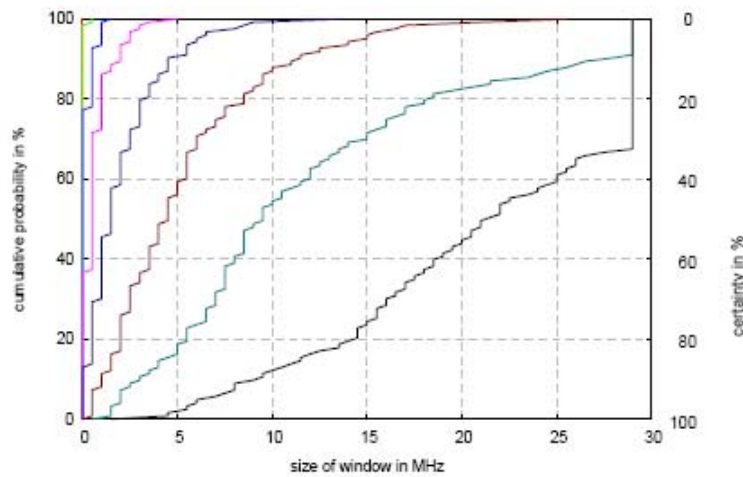
Figure 16: Cumulative probability of TTL for all sites and frequencies

The distribution of the largest continuous window, as defined in clause 6, is plotted in figures 17 and 18. From figure 17 it can be seen that for a certainty of 80 % the size of the largest continuous window is 17 MHz, if 70 dB attenuation threshold k is assumed.



NOTE: from above: $k = 10$ dB (red), 20 dB (green), 30 dB (blue), 40 dB (violet), 50 dB (dark blue), 60 dB (brown), 70 dB (grey), 80 dB (black).

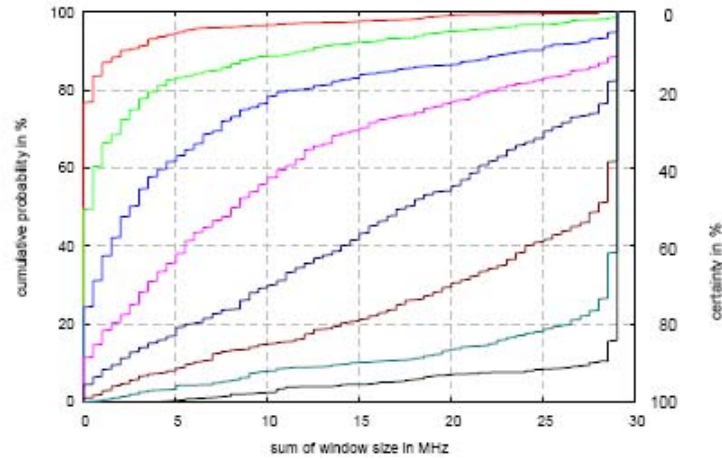
Figure 17: Cumulative probability for the largest continuous window with TTL below k same flat/house



NOTE: from above: $k = 10$ dB (difficult to see), 20 dB (green), 30 dB (blue), 40 dB (violet), 50 dB (dark blue), 60 dB (brown), 70 dB (grey), 80 dB (black).

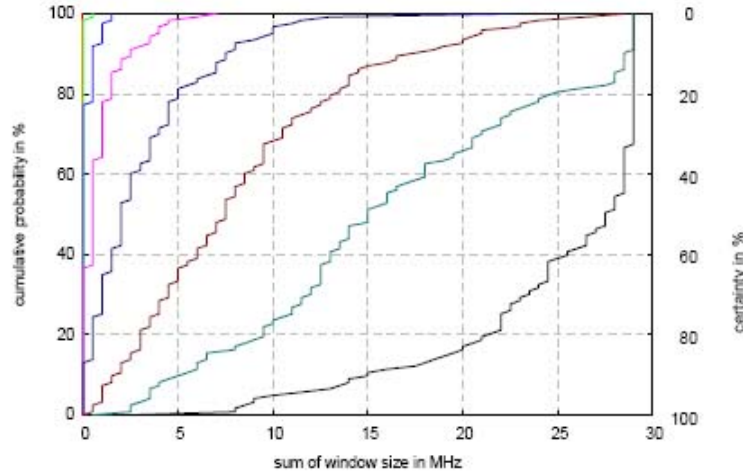
Figure 18: Cumulative probability for the largest continuous window with TTL below k different flat/house in neighbourhood

The distributions of the two largest continuous windows, as defined in clause 6, are plotted in figures 19 and 20. From figure 19 it can be seen, that for a certainty of 80 % the sum of the sizes of the two largest continuous windows is 14 MHz, if 60 dB attenuation threshold k is assumed.



NOTE: from above: k = 10 dB (red), 20 dB (green), 30 dB (blue), 40 dB (violet), 50 dB (dark blue), 60 dB (brown), 70 dB (grey), 80 dB (black).

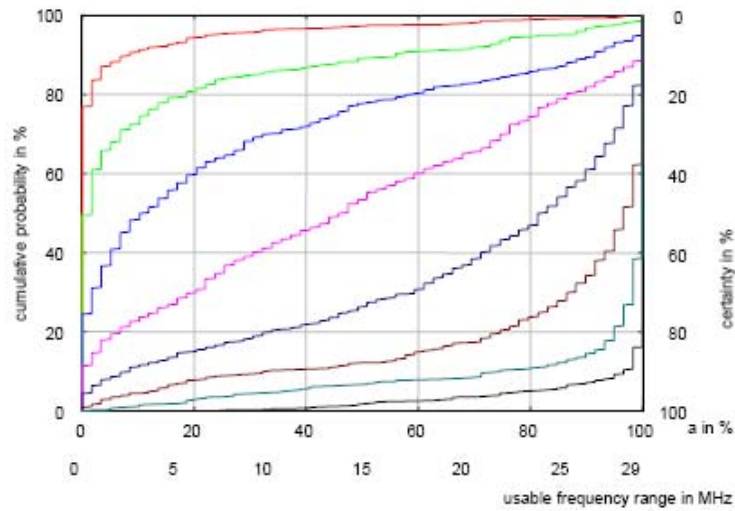
Figure 19: Cumulative probability for the two largest continuous windows with TTL below k same flat/house



NOTE: from above: k = 10 dB (difficult to see), 20 dB (green), 30 dB (blue), 40 dB (violet), 50 dB (dark blue), 60 dB (brown), 70 dB (grey), 80 dB (black).

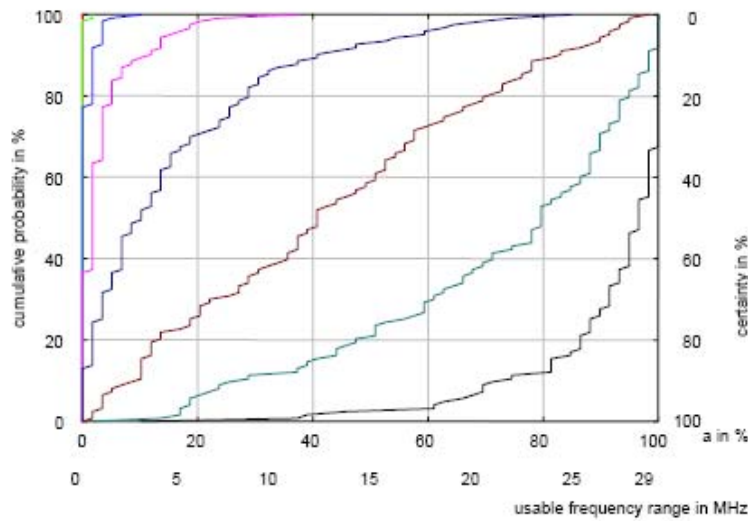
Figure 20: Cumulative probability for the two largest continuous windows with TTL below k different flat/house

The cumulative probability distributions of the sum of usable frequencies as defined in clause 6 are plotted in figures 21 and 22. From figure 21 it can be seen, that for a certainty of 80 %, 75 % of the frequency space can be used, if 60 dB attenuation threshold k is assumed.



NOTE: from above: k = 10dB (red), 20 dB (green), 30 dB (blue), 40 dB (violet), 50 dB (dark blue), 60 dB (brown), 70 dB (grey), 80 dB (black).

Figure 21: Cumulative probability for the part of frequencies with TTL below k same flat/house



NOTE: from above: k = 10 dB (difficult to see), 20 dB (green), 30 dB (blue), 40 dB (violet), 50 dB (dark blue), 60 dB (brown), 70 dB (grey), 80 dB (black).

Figure 22: Cumulative probability for the part of frequencies with TTL below k different flat/house

9 Dependencies from national particularities concerning installation- and earthing techniques in Germany, The Netherlands and Spain

The table below shows the median of all TTL-values measured in the three countries.

Table 1

Country	City	Median Noise floor (dB(μ V))	Median TTL same flat/house (dB)	Median TTL different flat/house in the neighbourhood (dB)
Germany (DE)	Stuttgart	9,14	40,97	59,6
The Netherlands (NL)	Eindhoven	11,08	39,7	65,78
Spain (E)	Zaragoza	12,9	41,52	68,26

No significant difference can be detected for TTL measured within the same flat or house. The differences for transmitter and receiver in different flat/houses may reflect specific choice of measurement locations (Spain: including industrial sites, NL: Only houses, DE: flats and apartments in larger buildings, DE: 3 phase installations in all flats, NL, E: 1 phase installations in flats).

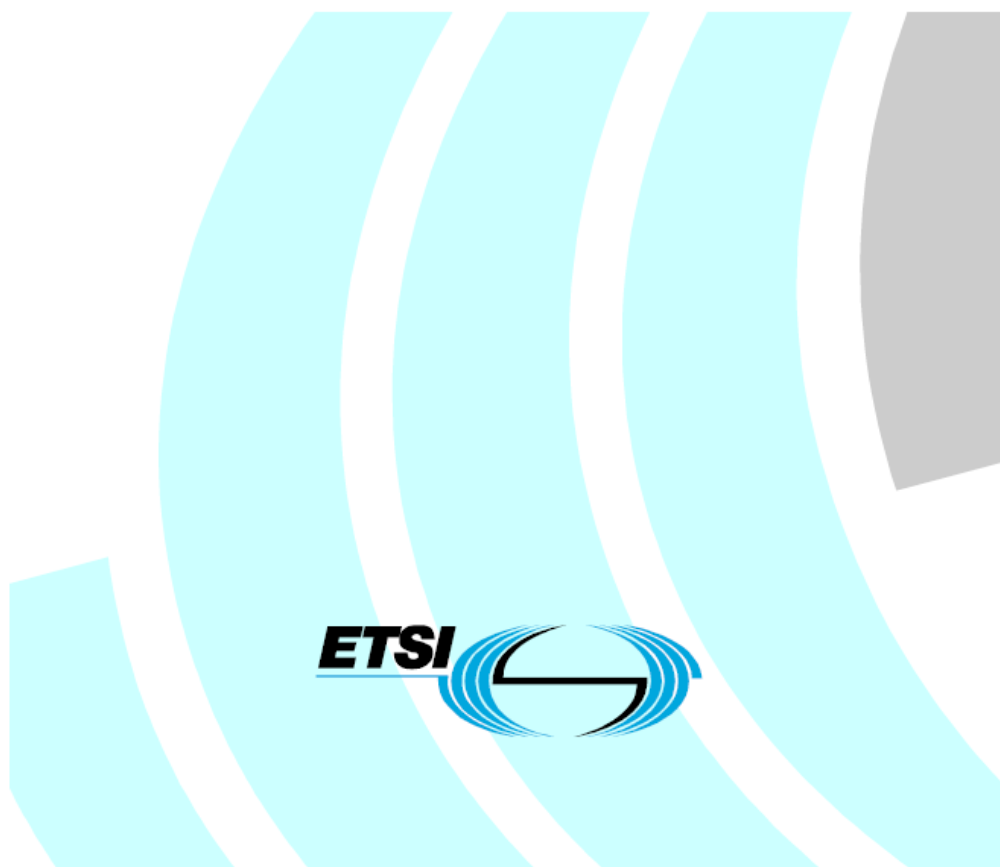
[ANEXO No. 8]

[Estándar ETSI TR 102 270]

ETSI TR 102 270 V1.1.1 (2003-12)

Technical Report

**PowerLine Telecommunication (PLT);
Basic Low Voltage Distribution Network (LVDN)
measurement data**



ReferenceDTR/PLT-00015

Keywordsdata, powerline, transmission

ETSI

650 Route des Lucioles
F-06921 Sophia Antipolis Cedex - FRANCE

Tel.: +33 4 92 94 42 00 Fax: +33 4 93 65 47 16

Siret N° 348 623 562 00017 - NAF 742 C
Association à but non lucratif enregistrée à la
Sous-Préfecture de Grasse (06) N° 7803/88

Important notice

Individual copies of the present document can be downloaded from:

<http://www.etsi.org>

The present document may be made available in more than one electronic version or in print. In any case of existing or perceived difference in contents between such versions, the reference version is the Portable Document Format (PDF). In case of dispute, the reference shall be the printing on ETSI printers of the PDF version kept on a specific network drive within ETSI Secretariat.

Users of the present document should be aware that the document may be subject to revision or change of status.

Information on the current status of this and other ETSI documents is available at

<http://portal.etsi.org/tb/status/status.asp>

If you find errors in the present document, send your comment to:

editor@etsi.org

Copyright Notification

No part may be reproduced except as authorized by written permission.
The copyright and the foregoing restriction extend to reproduction in all media.

© European Telecommunications Standards Institute 2003.
All rights reserved.

DECT™, PLUGTESTS™ and UMTS™ are Trade Marks of ETSI registered for the benefit of its Members.
TIPHON™ and the TIPHON logo are Trade Marks currently being registered by ETSI for the benefit of its Members.
3GPP™ is a Trade Mark of ETSI registered for the benefit of its Members and of the 3GPP Organizational Partners.

Contents

Intellectual Property Rights	4
Foreword.....	4
Introduction	4
1 Scope	5
2 References	5
3 Abbreviations and symbols	5
3.1 Abbreviations	5
3.2 Symbols.....	6
4 Major project phases	6
5 Measurement set-up description.....	7
5.1 Introduction	7
5.2 Set-up for measurements of conducted signals at a single LVDN-port.....	8
5.3 Set-up for measurements of conducted Signals between two LVDN-ports	9
5.4 Return loss measurements	9
5.5 Set-up for measurements of radiated signals	10
5.6 General equipment list.....	10
5.6.1 Comb generator	10
5.6.2 Amplifier	11
5.6.3 EMI Receiver	12
5.6.4 Directional coupler	12
5.6.4 LISN	13
5.6.5 Loop Antenna	13
5.6.6 Current probe	14
5.6.7 PE-wire	14
5.6.8 Isolation transformer.....	15
5.6.9 Macfarlane probe	15
5.6.10 Zero dB-Balun	16
5.6.11 8 dB Balun	17
5.6.12 Safety box.....	17
6 Measurement software	17
6.1 Description of the used software	17
6.2 Evaluation of the results	25
7 Auxiliary parameters	26
History.....	28

Intellectual Property Rights

IPRs essential or potentially essential to the present document may have been declared to ETSI. The information pertaining to these essential IPRs, if any, is publicly available for **ETSI members and non-members**, and can be found in ETSI SR 000 314: "*Intellectual Property Rights (IPRs); Essential, or potentially Essential, IPRs notified to ETSI in respect of ETSI standards*", which is available from the ETSI Secretariat. Latest updates are available on the ETSI Web server (<http://webapp.etsi.org/IPR/home.asp>).

Pursuant to the ETSI IPR Policy, no investigation, including IPR searches, has been carried out by ETSI. No guarantee can be given as to the existence of other IPRs not referenced in ETSI SR 000 314 (or the updates on the ETSI Web server) which are, or may be, or may become, essential to the present document.

Foreword

This Technical Report (TR) has been produced by ETSI Technical Committee Powerline Telecommunications (PLT).

Introduction

In order to study and compare characteristics of the LVDN network in different countries a STF (Special Task Force) was set up. The present document is one of four TRs which present the result of the work of the STF (TR 102 258) [6], TR 102 259 [7], and TR 102 269 [5]).

The present document takes into account matters like earthing variations, country variations, operator differences, phasing and distribution topologies, domestic, industrial housing types along with local network loading. The measurement set-up, the measurements as such, the used software the site reports and parts of the analysis are common for all the TRs and is collected in the present document.

1 Scope

The present document presents all the information that is common to the TR 102 269 [5], TR 102 258 [6] and TR 102 259 [7].

Auxiliary parameters, such as asymmetric impedance, return loss (symmetric) and Transverse Conversion Transfer Loss (TCTL) were measured at the same time and the results are also presented in the present document.

2 References

For the purposes of this Technical Report (TR) the following references apply:

- [1] Terms of Reference for Specialist Task Force 222 (MB), TC PLT, September 2002.
- [2] ITU-T Recommendation G.117 (02/96): "Transmission aspects of unbalance about earth".
- [3] Ian P. Macfarlane: "A Probe for the Measurement of Electrical Unbalance of Networks and Devices", IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, Vol 41, No. 1, pp 3 to 14.
- [4] ETSI TR 102 175: "PowerLine Telecommunications (PLT); Channel characterization and measurement methods".
- [5] ETSI TR 102 269: "PowerLine Telecommunications (PLT); PLT Hidden Node Analysis".
- [6] ETSI TR 102 258: "PowerLine Telecommunications (PLT); LCL review and statistical analysis".
- [7] ETSI TR 102 259: "PowerLine Telecommunications (PLT); EMI review and statistical analysis".
- [8] IEC 61000-4-6: "Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-6: Testing and measurement techniques - Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields".

3 Abbreviations and symbols

3.1 Abbreviations

For the purposes of the present document, the following abbreviations apply:

Asym	Asymmetrical
ATT	ATTenuator
BALUN	BALanced to UNbalanced transformer
EMI	ElectroMagnetic Interference
LCL	Longitudinal Conversion Loss
LISN	Line Impedance Stabilization Network
NOTE:	Used as decoupling filter
LVDN	Low voltage distribution network
PC	Personal computer
PE	Protection Earth
STF	Special Task Force
Sym	Symmetrical
TCTL	Transverse Conversion Transfer Loss
ToR	Terms of Reference
WI	Work Item

3.2 Symbols

For the purposes of the present document, the following symbols apply:

A_L	Inductance factor
I	Current
L	Inductance
L_{PE}	Protective earth inductance
nF	nanoFarads
nH	nanoHenry
Z	Impedance
Z_{asy}	Asymmetric impedance

4 Major project phases

No.	Period	Topic	Event
01	Sept to Oct. 2002	Project organization Definition of characteristics Measurement set-up Planning	Task Force Meeting No. 1 and 2 Frankfurt, Germany
02	Nov to Dec. 2002	Measurement set-up familiarization, laboratory tests	Task Force Meeting No. 3 University Dortmund, Germany
03	Jan. 8 to 10 2003	Measurements in: 3 single family houses	Measurement campaign Eindhoven, The Netherlands
04	February 2003	Measurements in: 3 apartments and 1 office building	Measurement campaign Stuttgart, Germany
05	March 13 to 20 2003	Measurements in: 4 apartments 2 single family houses 2 office buildings 2 factory buildings	Measurement campaign Zaragoza, Spain
06	May to July 2003	Data analysis Reports	Task Force meeting No.4 Frankfurt, Germany

5 Measurement set-up description

5.1 Introduction

The STF 222 had to define the parameters to be measured and to build the corresponding measurement set-up. This clause shows the practical implementation, the various measurement set-ups and the instrumentation used.

The definition of the parameters to be assessed can be found in TR 102 175 [4].

Figure 5.1 shows the measurement-trolley with its ground plane and some instruments.



Figure 5.1: Measurement trolley with various test equipment

5.2 Set-up for measurements of conducted signals at a single LVDN-port

The measurement set-up basically consists of a signal source connected via the Macfarlane Probe [3] to the mains.

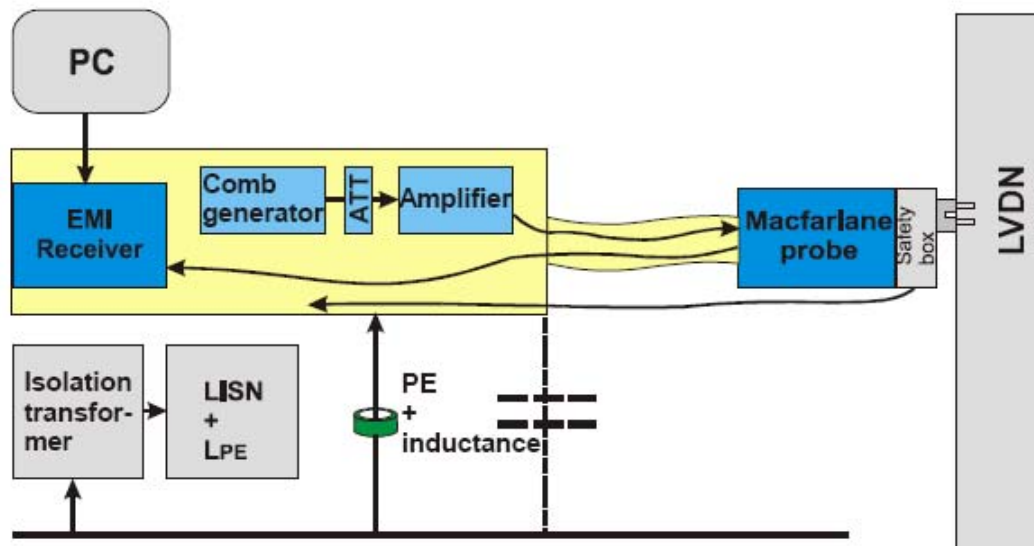


Figure 5.2: General measurement set-up for conducted signals at a single LVDN-port

The equipment is connected to a ground plane with a surface of $\geq 1 \text{ m}^2$. The function of this ground plane is to establish a capacitive coupling path to the reference of the common mode signal large enough to reduce measurement errors at lower frequencies. The proof for sufficient size is the fact, that an increase in size has a negligible effect upon the measured data. The Macfarlane probe with its associated safety box is directly inserted into the LVDN-socket to be measured. This eliminates connecting cables between the probe and the LVDN which produce impedance transformations and may be a cause for non-reproducible measurement results. The ground-connection between the ground plane and the probe is made with large, low impedance braids with a length of about 70 cm (see figure 5.1). The ground plane is decoupled from the Protective Earth (PE), as the only currents allowed to run through the ground plane (and hence through the receiver) should be the return currents that flow via the Macfarlane probe, via the mains unbalance and the reference back to the ground plane. Isolation in the frequency range 1 MHz to 30 MHz of mains connected equipment from PE is achieved by using a standard LISN with its PE inductance L_{PE} switched "on". The isolation transformer, used to prevent the earth leakage switches from tripping (the LISN has large capacitors to PE), provides additional attenuation of low frequency common mode signals. Safety is assured by connecting a green/yellow ferrite loaded wire between PE and the floating ground plane.

For Z_{asym} - measurements a current probe is built into the safety box. Its output is to be connected to the EMI receiver.

5.3 Set-up for measurements of conducted Signals between two LVDN-ports

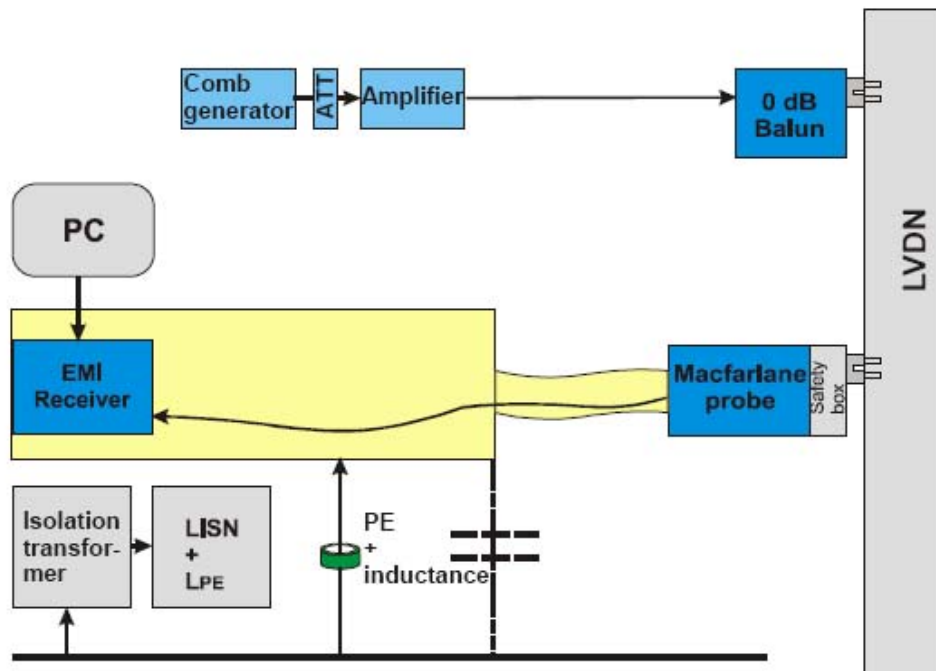


Figure 5.3: General measurement set-up for conducted signals with symmetrical injection

5.4 Return loss measurements

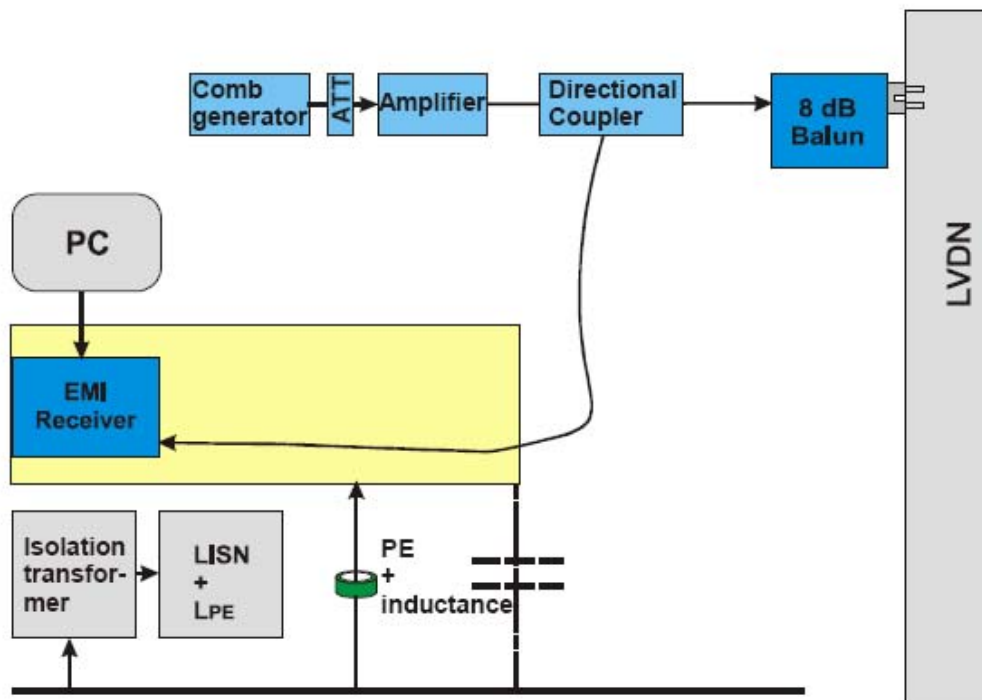


Figure 5.4: General measurement set-up for return loss

5.5 Set-up for measurements of radiated signals

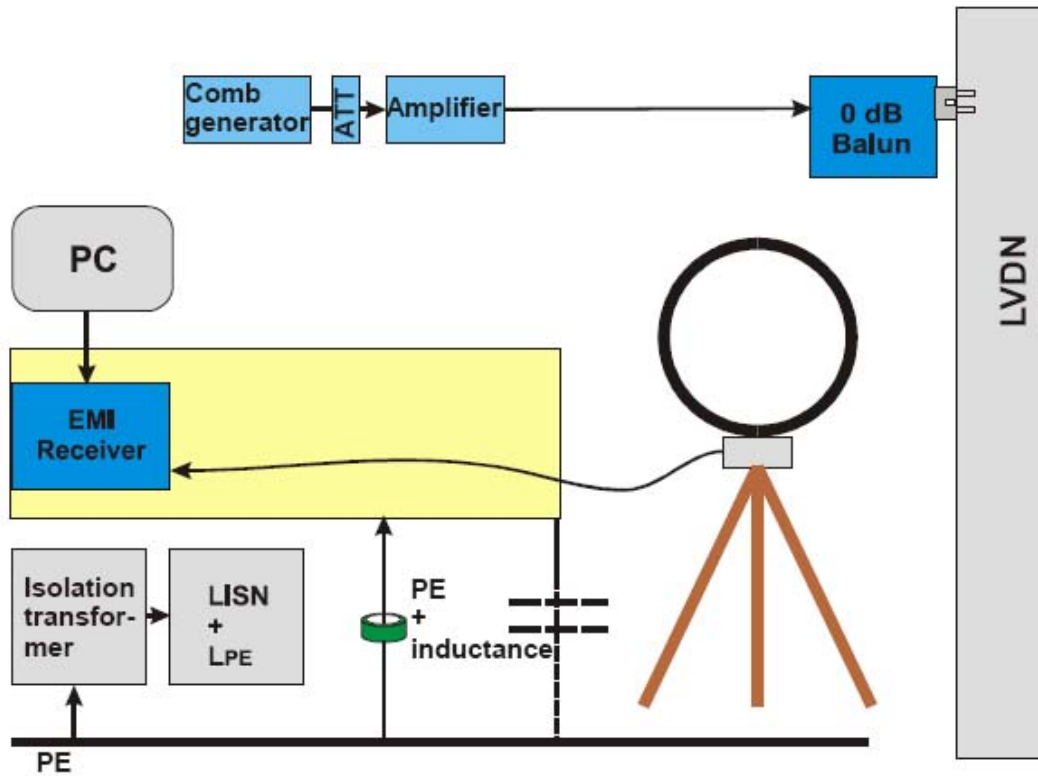


Figure 5.5: General measurement set-up for radiated signals with symmetrical injection

5.6 General equipment list

5.6.1 Comb generator

The published specifications of this commercially available comb generator are not very tight. The unit used for measurements, however, shows a flat spectrum in the range of interest between 1 MHz and 30 MHz and a very good stability of the output level.

Property	Value	Comment
Type	VSQ 1000	
Manufacturer	Bogerfunk	
Output level	78 dB μ V	in the frequency domain; into 50 Ω
Output impedance	50 Ω	
Frequency range	> 100 MHz	
Repetition frequency	500 kHz	(also adjustable in 5 steps)



Figure 5.6: Comb generator

5.6.2 Amplifier

The specifications of the amplifier generator are not very tight; but the gain is very stable.

Property	Value	Comment
Type	102LC	10 Hz to 100 MHz
Manufacturer	Kalmus	
Output level	2 Watt	into 50 Ω
Output impedance	50 Ω	
Input impedance	50 Ω	
Gain	36 dB	100 kHz to 30 MHz

The amplifier is sufficiently linear for 500 kHz-spaced spectrum lines up to 100 dBuV or -7 dBm. For an output level of 100 dBuV a 14 dB attenuator must be inserted between the comb generator and the amplifier.



Figure 5.7: Amplifier

5.6.3 EMI Receiver

Property	Value	Comment
Type	ESPC	
Manufacturer	Rohde & Schwarz	
Detector	Peak and Average	Note this means: Peak- or Average value of the measured RMS voltage
Frequency range	0.1MHz to 2 400 MHz	
Frequency steps	100 kHz	4 noise readings between Comb generator peaks
Dwell time	20 ms default	
Resolution bandwidth	10 kHz	
Receiver noise	< -5 dBuV	up to 30 MHz



Figure 5.8: EMI receiver

5.6.4 Directional coupler

Property	Value	Comment
Type	DC 2600	
Manufacturer	AR	
Basic attenuation	50 dB	between main ports and coupled ports
Directivity	> 20 dB	

The specified directivity of 20 dB would be insufficient, because the particular type of balun used for STF 222 measurements has a total insertion loss (forward + return) of $8 + 8 = 16$ dB. The available directional coupler fortunately showed - between 1 MHz and 30 MHz and in one direction - a directivity of > 35 dB, which is adequate.



Figure 5.9: Directional coupler

5.6.4 LISN

Property	Value	Comment
Type	ESH3-Z5	
Manufacturer	Rohde & Schwarz	
PE connection	50 μ H "on"	



Figure 5.10: LISN

5.6.5 Loop Antenna

Property	Value	Comment
Type	HFH2-Z2	
Manufacturer	Rohde & Schwarz	
Antenna factor	20 dB (1/m)	Electric field strength derived from the measured magnetic field strength $E = 377 * H$
Antenna support	home-made, lower edge always at 1m above floor.	



Figure 5.11: Loop antenna with support

5.6.6 Current probe

Property	Value	Comment
Type	CT1	10 kHz to 30 MHz
Manufacturer	Tektronix	
Transfer Impedance		5 Ω

This current probe is built into the Safety Box and is used to measure I_{asy}



Figure 5.12: Current probe

5.6.7 PE-wire

Property	Value	Comment
Inductance	280 μH	Same value as coils in CDNs of IEC 61000-4-6 [8], fig D1-D6

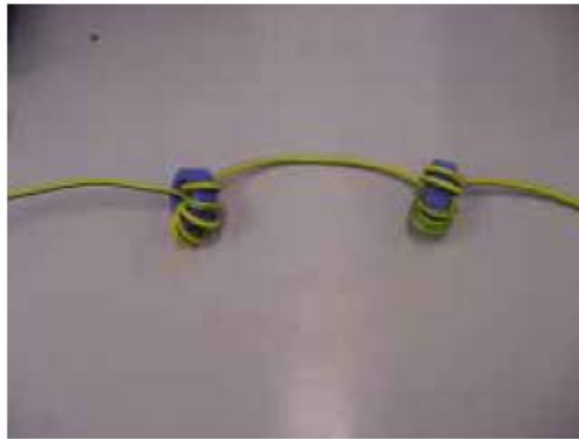


Figure 5.13: PE-wire

5.6.8 Isolation transformer

As this transformer is needed only to prevent the earth leakage circuit breakers from tripping due to the large capacitors in the LISN, no special properties are required from this mains isolation transformer.

5.6.9 Macfarlane probe

The probe was built according to the description in ITU-T Recommendation G.117 [2], except that it designed for the limited frequency range which is of interest to PLT that is 1 MHz to 30 MHz.

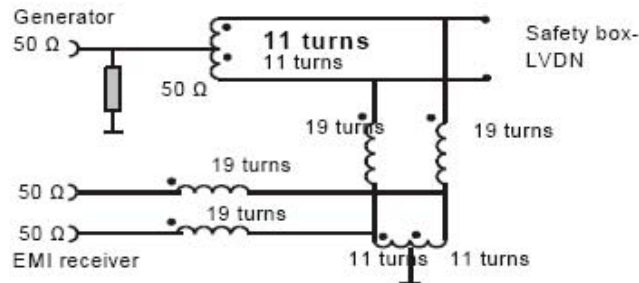


Figure 5.14: Schematic of the "Macfarlane probe" 1 MHz to 30 MHz

All toroids A_L 87 nH, material 4C65, bifilar wound.

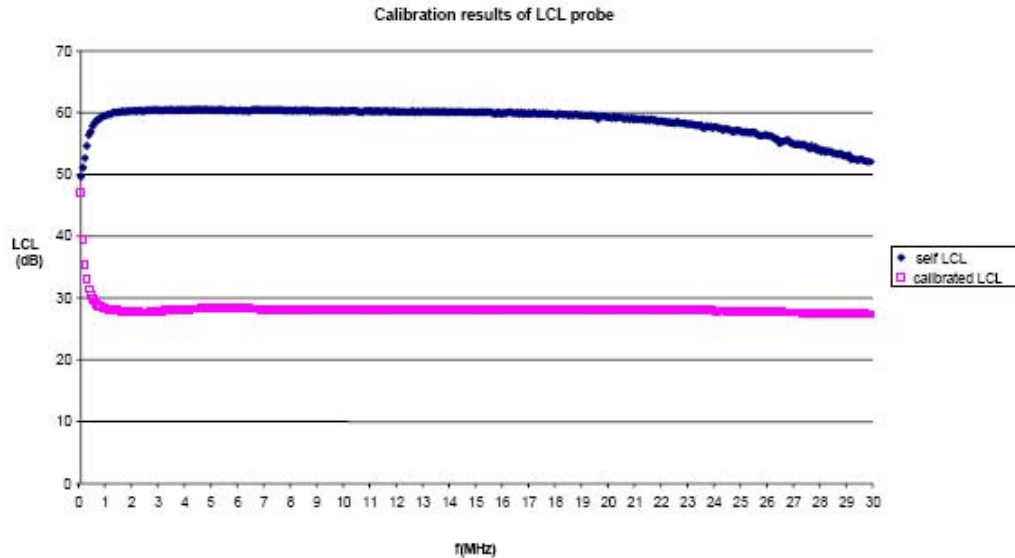


Figure 5.15: Verification of the Macfarlane probe

Figure 5.15 shows 2 lines:

1. The upper curve is the "self" LCL measured with a differential mode impedance of $100\ \Omega$ between the LVDN terminals of the Safety box. There is no $R_{\text{unbalance}}$ connected. The "self" LCL is high at low frequencies, and decreases to 52 dB at 30 MHz.
2. The lower straight line is the measured LCL if the verification unbalance resistor is installed. The LCL value is 27 dB over a frequency range of 1 MHz to 30 MHz. The deviations below 1 MHz are due to the restricted values of the safety capacitors in the Safety box.

5.6.10 Zero dB-Balun

This balun transforms $100\ \Omega$ symmetrical to $50\ \Omega$ asymmetrical. It was designed for low power loss with the aim to maximize the injected signal.

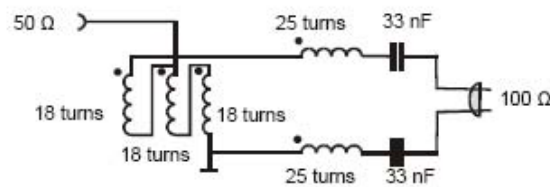


Figure 5.16: Schematic of the "Zero dB balun"

All toroids $A_L = 87\ \text{nH}$, material 4C65, tri- resp. bifilar wound.

5.6.11 8 dB Balun

This balun was optimized for precise impedance matching between 100 Ω symmetrical and 50 asymmetrical.

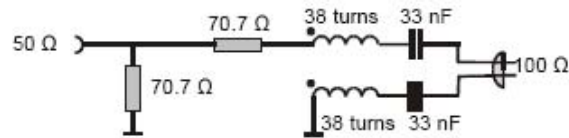


Figure 5.17 Schematic of the "8 dB balun"

Toroid $A_L = 170$ nH, material 4C65, bifilar wound.

5.6.12 Safety box

The safety box contains two 22 nF capacitors, two associated 1 M Ω discharge resistors and the current probe as described above.

The safety box is piggy-back mounted onto the Macfarlane probe.



Figure 5.18: Safety box

6 Measurement software

Self written software was used to control the Rohde & Schwarz ESPC and to record measurement results. Only raw data is measured, no correction factors are used during the measurement. Specific settings are given in the so-called scan set-up. It contains all necessary settings for the measurements. The scan set-up was programmed to the ESPC automatically before the measurement started.

6.1 Description of the used software

The software was developed for the project to coordinate measurements and analysis of the measured data. The software can be used intuitively. In the central dialog the measurement site will be described. The corresponding feeding files are specified in the category "Feed files".

Site description - C:\camino\camino.sit

File Setting Analysis Help

Address

Country: Spain

City: La Muela (Zaragoza)

Post. Code: 501196

Street: Camino

Building/apartment etc.: House

GPS - Coordinates: (in UTM, WGS84)

Lat.: N41°34.652

Long.: W1°07.074

Date and Time

Date: 03-17-2003

Start of measurement: 10:41:40

Operator

Performing the measurement: WB, FB

Feed files

No.	File
1	C:\camino\ref.fed
2	C:\camino\p1.fed
3	C:\camino\p5.fed
4	C:\camino\p2.fed
5	C:\camino\p3.fed

C:\camino\p1.fed

... New Add Delete Edit

Comments

two floor house
single phase

Maps and photos

No.	File	Comment
1	C:\camino\photo\outview1.JPG	
2	C:\camino\photo\outview2.JPG	
3	C:\camino\photo\equin1.JPG	

File: ... Comment: ... Add Delete View

Site Class

Class A,B,C...

Exit

Figure 6.1

The transducer factors characterizing the used measurement equipment should be specified before the input of any other information. This is done by the menu item "Setting", which yield to the following dialog in figure 6.2:

Transducer factor settings

In this settings, the transducer factors for the measurements shall be defined. If a transducer factor has already been applied by the measurement software, then the transducer value below should be 0.

Transducer factors

Noise floor asymmetric (A.0): 0

Fed asymmetric voltage (A.1): 0

Near end sym. voltage (A.2): 6

Near end asym. current (A.5): -14

Field strength (A.6, S.5): 20

Return loss (RFD): 50

Noise floor symmetric (S.0): 6

Fed symmetric voltage (S.1): 6

Far end symmetric voltage (S.3): 6

Exit

Figure 6.2

During analysis of the data the specified transducer factors are added to the measurement results.

A double click on an existing feeding file in the central dialog opens the feed file dialog in figure 6.3:

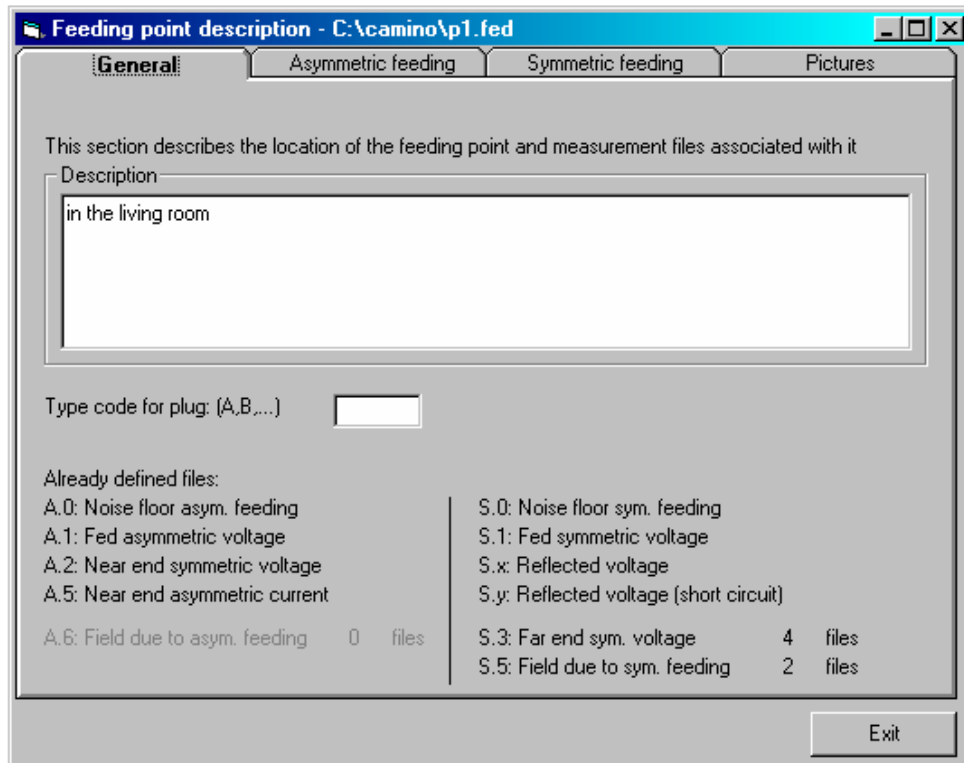


Figure 6.3

In the overview dialog in figure 6.3 the status of the feeding point is shown. For each feeding point only one A.0, A.1, A.2, A.5, S.0, S.1, S.x and S.y file exists. If the corresponding line is printed in dark a measurement file is already defined. Light grey indicates that a file has not been specified so far. The register "Pictures" in figure 6.4 can be used to include pictures and comments related to the feeding point:

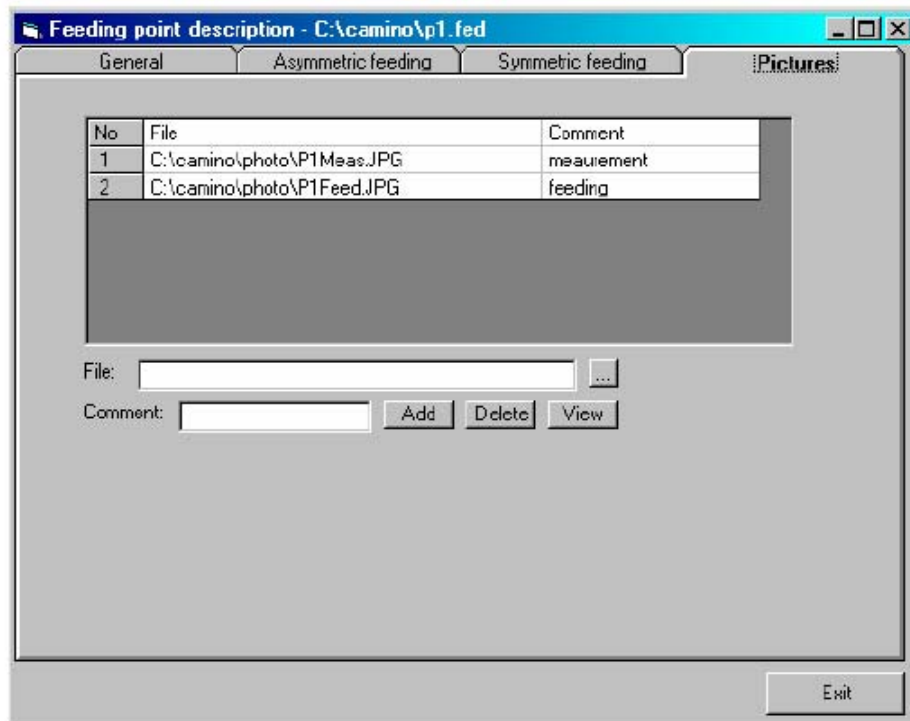


Figure 6.4

Choosing the register "Asymmetric feeding" in figure 6.5 opens the dialog, in which the file names for an asymmetric feeding can be specified:

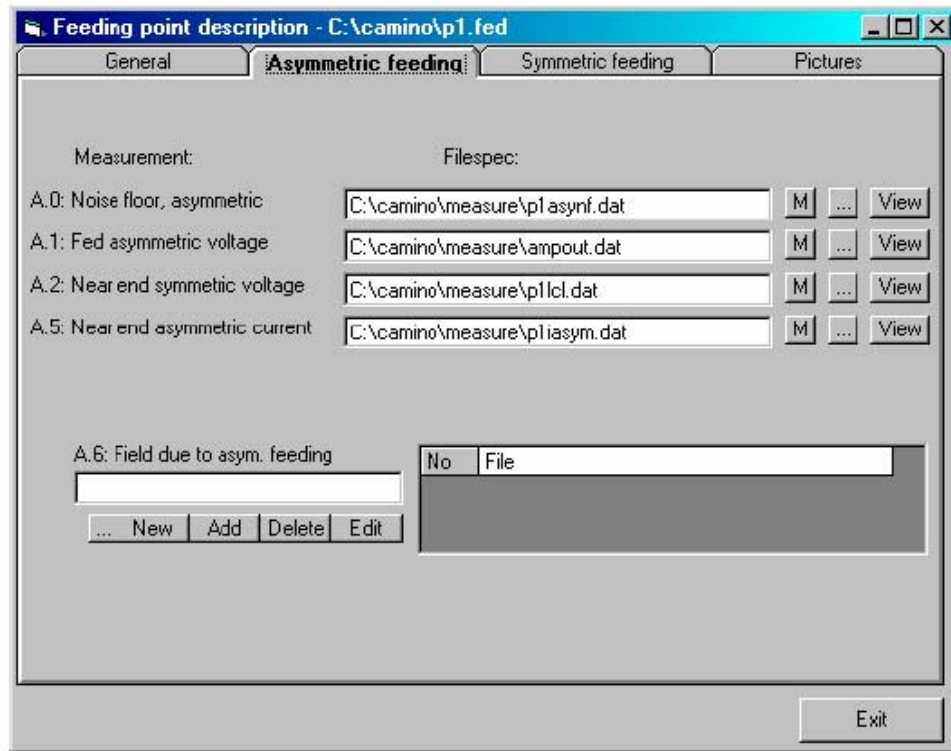


Figure 6.5

A click on "View" shows the measured raw data (if a file is specified).

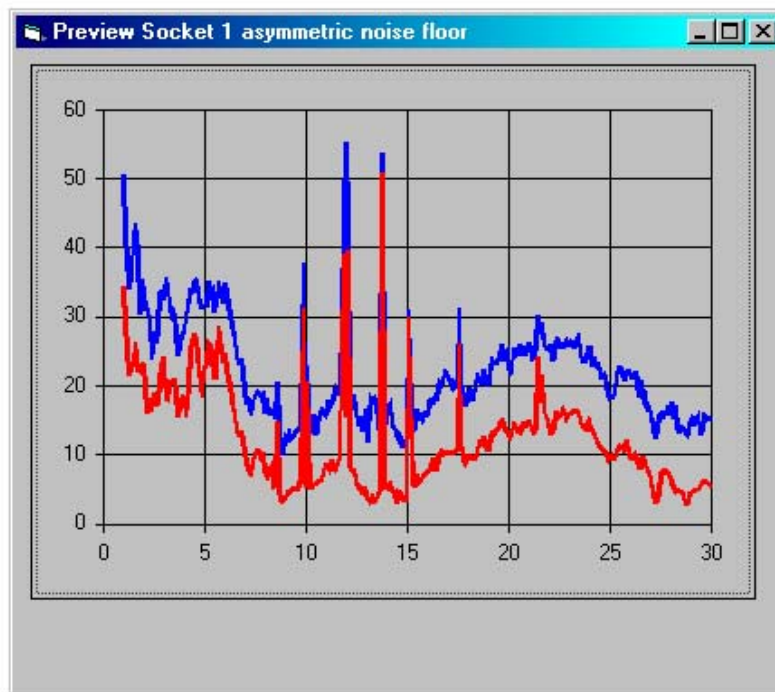


Figure 6.6

Pressing "..." allows to choose an existing file (see figure 6.5). Pressing "M" starts the measurement dialog after a filename has been defined.

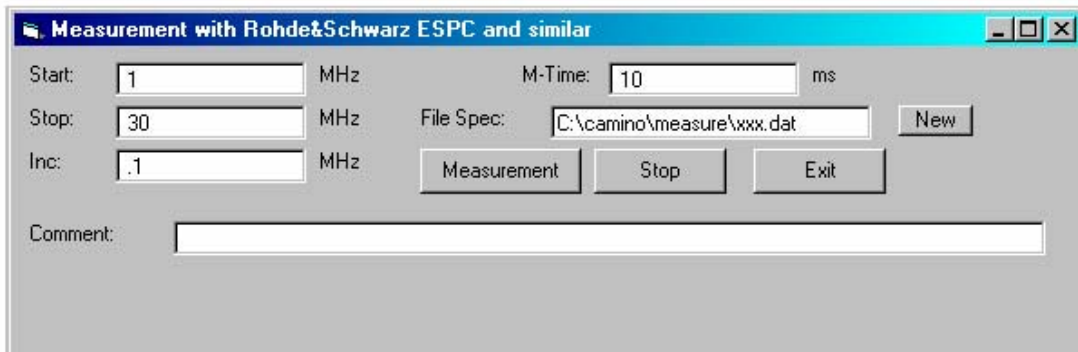


Figure 6.7

If a measurement receiver ESPC 30, ESHS 30, ESCS 30 or compatible (Rohde & Schwarz) is connected via National Instruments GPIB-Interface, the measurement data will be collected by a click on "Measurement" (see figure 6.7). During the measurement the measured data will be plotted below the comment line. A comment line must be specified before the measurement is started in order to include the comment in the measurement data file.

Back to the feeding point description dialog the register "Symmetric feeding" will show the dialog for the symmetric feeding files.

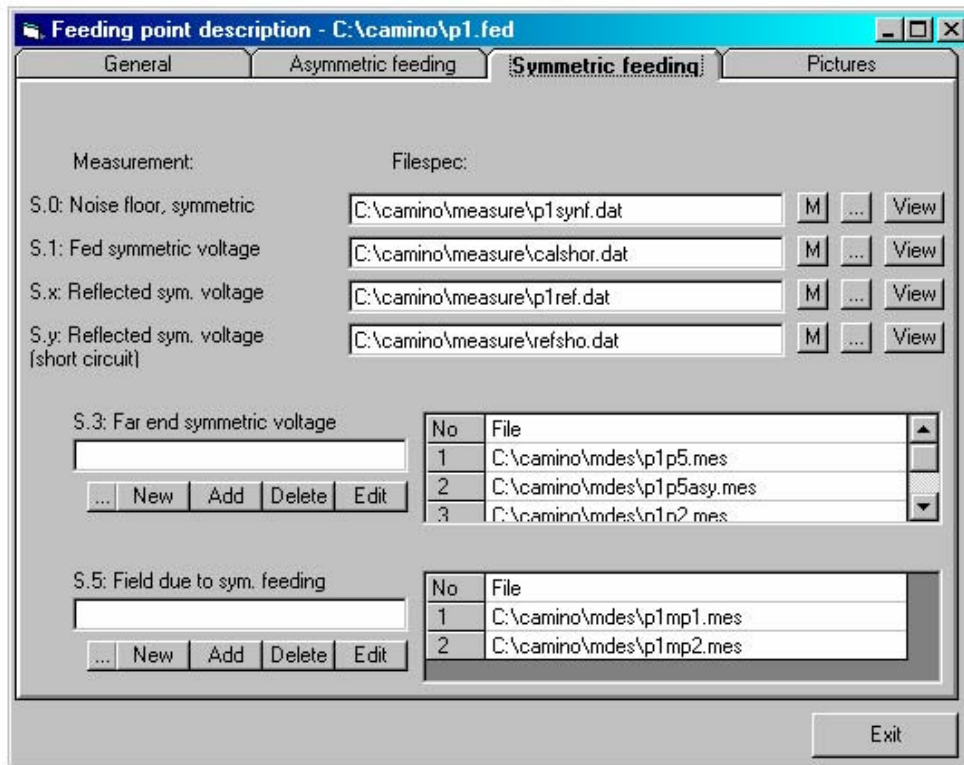


Figure 6.8

Besides the single measurement files, measurements at certain measurement points (S.3, S.5) can be defined (see figure 6.8). A double click on an existing S.3-file will lead to the dialog window in figure 6.9:

Figure 6.9

and double click on an existing S.5-file will give as a result the view in figure 6.10:

Figure 6.10

In these two dialogs windows in figures 6.9 and 6.10, additional information regarding the measurement location can be given in the measurement location description file. Defining such a file will open the dialog in figure 6.11 for general information.

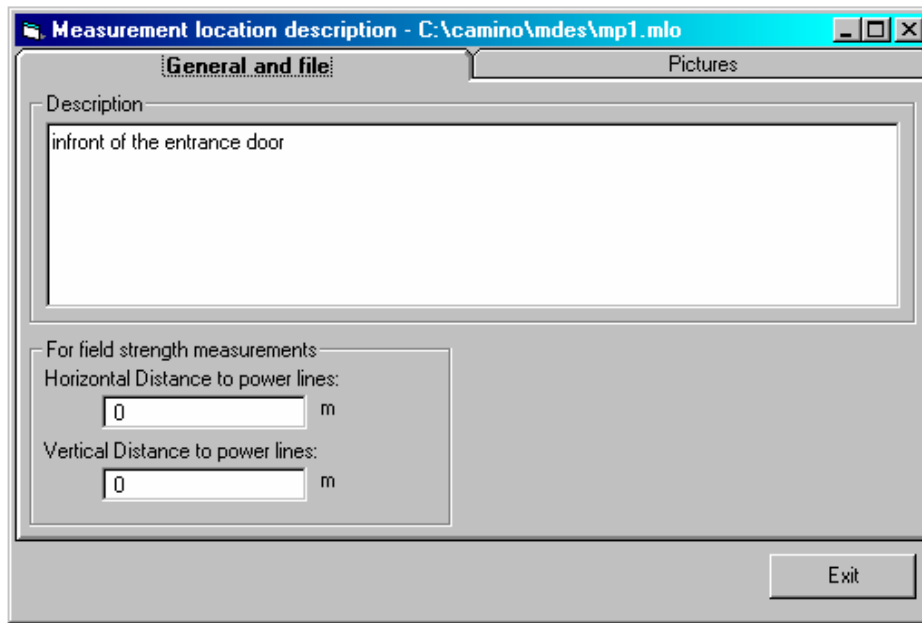


Figure 6.11

Respectively for pictures see figure 6.12.

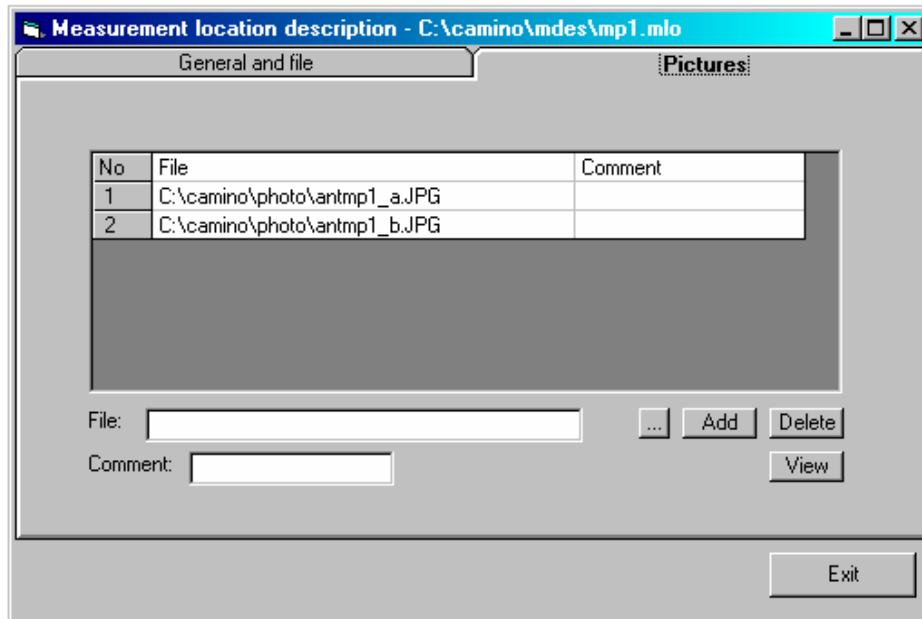


Figure 6.12

In the central dialog (Site description) the menu item "Analysis" – "Specific measurement" allows to analyse and preview one of the measured quantities, e.g. the LCL:

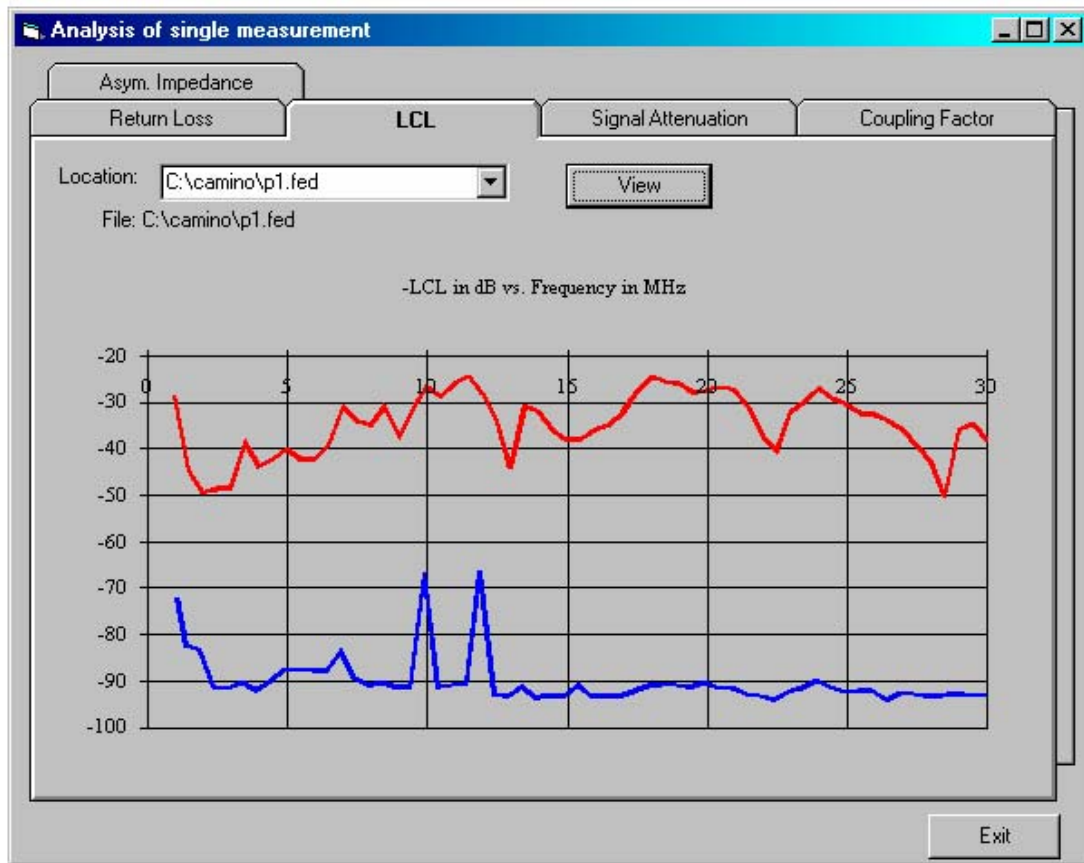


Figure 6.13

The red curve (upper) in figure 6.13 shows the measured quantity, whereas the blue curve represents the measurement dynamic. It is generated taking into account the measurement data points between the spikes of the comb generator.

The menu item "General Analysis" will start a data processing, which generates the data file "report.rep". A site-report can be generated using this file.

6.2 Evaluation of the results

For precise evaluation of the Attenuation measurements the 0 dB Balun and Macfarlane probe need to be calibrated. This was done by shortcutting the balun and probe. The feeding voltage was measured and this result file was used for calculation of the attenuation values.

Attenuation = Feeding sym. Signal - Received sym. Signal + Correction Factor in Transducer Settings.

Return Loss (RFD) = Reflected Sym. Signal + Correction Factor in Transducer Settings - Feed sym Signal.

LCL = Received Sym. Signal - Feed Asym. Signal + Correction Factor in Transducer Settings.

k-Factor = vector addition to the measurements of the 3 orientations (x,y,z) of the antenna position + Correction Factor in Transducer Settings - Feed sym Signal.

Z_{asy} = Feed asym Signal / asym. current.

TCTL = Received Sym. Signal - Feed Asym. Signal + Correction Factor in Transducer Settings.

7 Auxiliary parameters

The STF was able to include into its measurement campaign some additional parameters, such as asymmetric impedance see figure 7.1, return loss (symmetric), see figure 7.2 and TCTL see figure 7.3. Although they are not directly needed for the WI of the ToR, they are of general interest to the PLT-community. The results are presented for information in the present document.

The asymmetric impedances were determined by dividing the injected common mode voltages by the corresponding common mode currents. The results are absolute values of the asymmetric impedances.

The median value measured is 200 Ω for Germany and 250 Ω for the Netherlands and Spain.

The return losses related to 100 Ω were measured instead of the symmetrical impedances. The return losses describe the power loss due to mismatch.

The measured median value is 8 dB for Germany and 7 dB for the Netherlands and Spain.

The median measured TCTL is 54 dB for Spain and 64 dB for the Netherlands. The statistical basis for the Netherlands is too small for making any conclusions concerning country related differences.

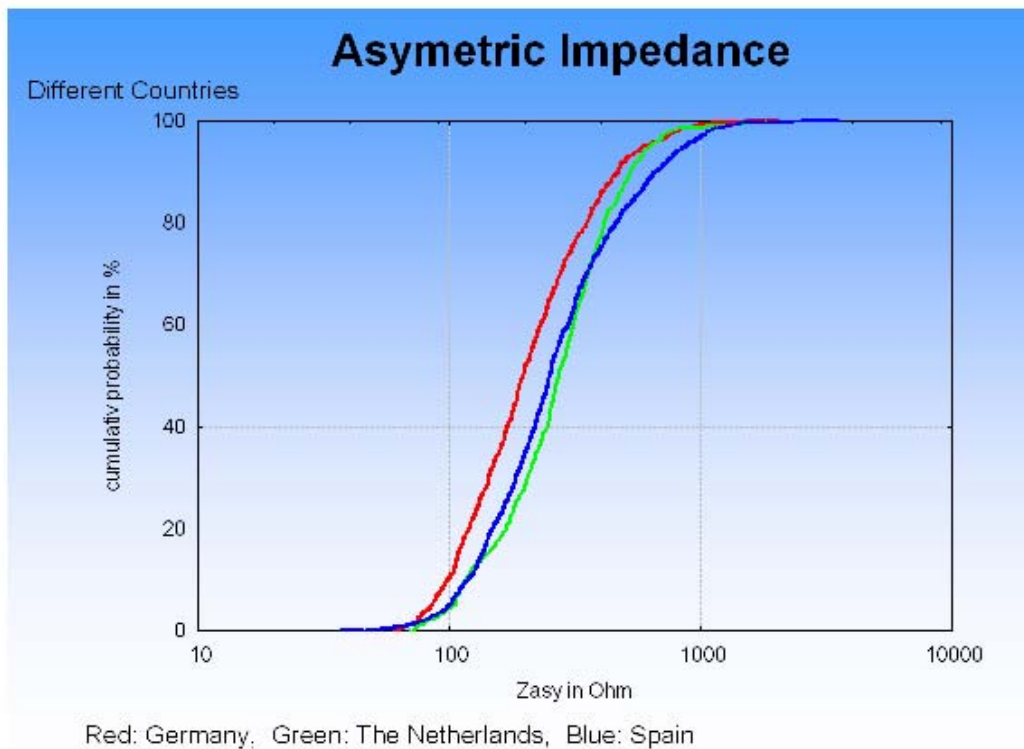


Figure 7.1: Asymmetric impedance

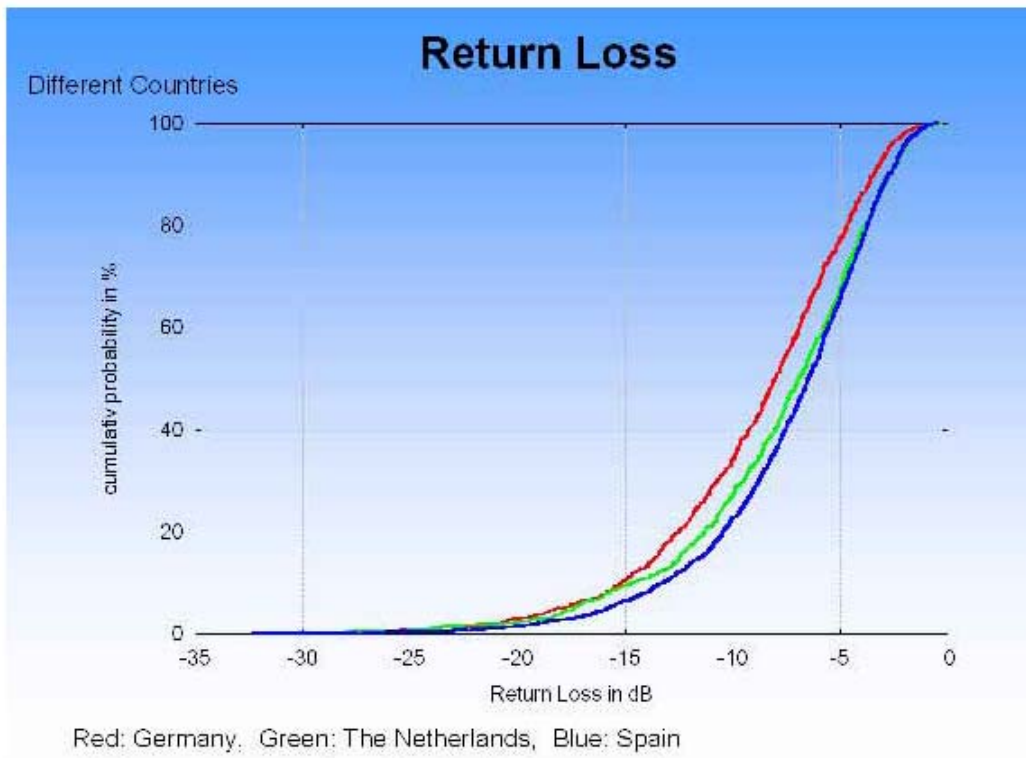


Figure 7.2: Return loss

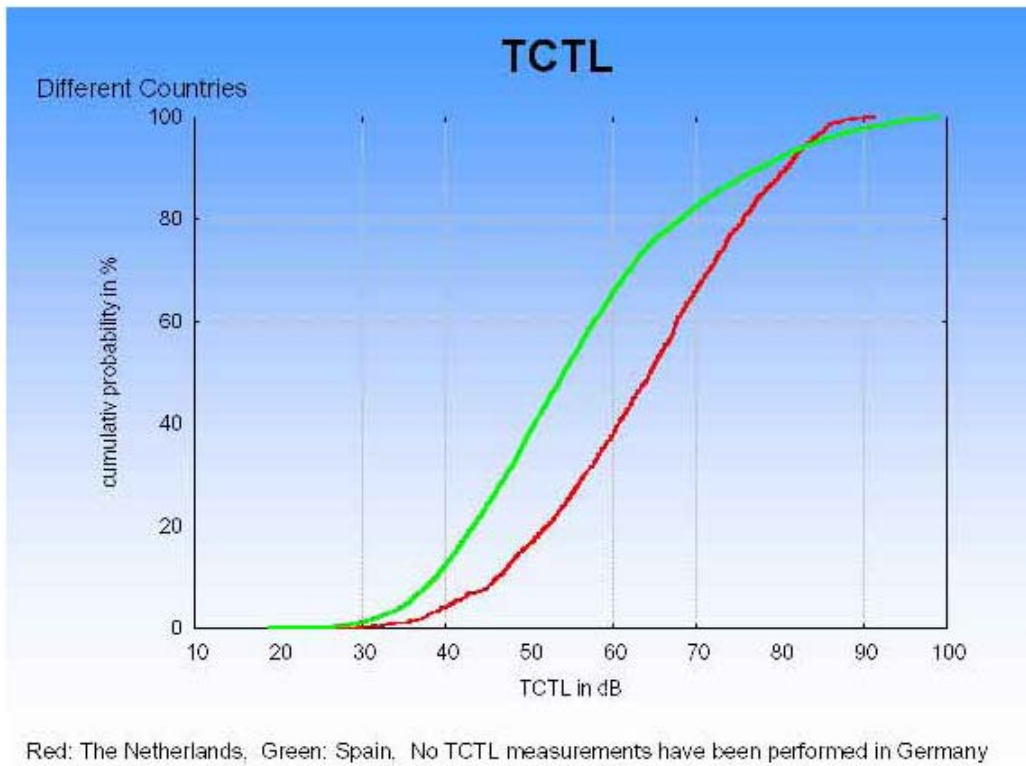


Figure 7.3: TCTL

[ANEXO No. 9]

[Estándar ETSI TR102 324]

ETSI TR 102 324 V1.1.1 (2004-05)

Technical Report

**PowerLine Telecommunications (PLT);
Radiated emissions' characteristics
and measurement method of state of the art
powerline communication networks**



ReferenceDTR/PLT-00016

KeywordsEMF, emission, methodology, powerline

ETSI

650 Route des Lucioles
F-06921 Sophia Antipolis Cedex - FRANCE

Tel.: +33 4 92 94 42 00 Fax: +33 4 93 65 47 16

Siret N° 348 623 562 00017 - NAF 742 C
Association à but non lucratif enregistrée à la
Sous-Préfecture de Grasse (06) N° 7803/88

Important notice

Individual copies of the present document can be downloaded from:

<http://www.etsi.org>

The present document may be made available in more than one electronic version or in print. In any case of existing or perceived difference in contents between such versions, the reference version is the Portable Document Format (PDF). In case of dispute, the reference shall be the printing on ETSI printers of the PDF version kept on a specific network drive within ETSI Secretariat.

Users of the present document should be aware that the document may be subject to revision or change of status.

Information on the current status of this and other ETSI documents is available at

<http://portal.etsi.org/tb/status/status.asp>

If you find errors in the present document, send your comment to:

editor@etsi.org

Copyright Notification

No part may be reproduced except as authorized by written permission.
The copyright and the foregoing restriction extend to reproduction in all media.

© European Telecommunications Standards Institute 2004.
All rights reserved.

DECT™, PLUGTESTS™ and UMTS™ are Trade Marks of ETSI registered for the benefit of its Members.
TIPHON™ and the TIPHON logo are Trade Marks currently being registered by ETSI for the benefit of its Members.
3GPP™ is a Trade Mark of ETSI registered for the benefit of its Members and of the 3GPP Organizational Partners.

Contents

Intellectual Property Rights	4
Foreword.....	4
Introduction	4
1 Scope	5
2 References	5
3 Definitions, symbols and abbreviations	5
3.1 Definitions	5
3.2 Symbols	6
3.3 Abbreviations	6
4 Measurement method	6
4.1 General arrangements	6
4.2 Radiated emissions measurements below 30 MHz	6
5 Processing of obtained results	7
5.1 Graphical method for normalizing the measured field strengths to the reference measurement distance	7
5.2 Correction of measurement results due to near field conditions.....	7
6 Radiated emissions' characteristics	8
History.....	9

Intellectual Property Rights

IPRs essential or potentially essential to the present document may have been declared to ETSI. The information pertaining to these essential IPRs, if any, is publicly available for **ETSI members and non-members**, and can be found in ETSI SR 000 314: *"Intellectual Property Rights (IPRs); Essential, or potentially Essential, IPRs notified to ETSI in respect of ETSI standards"*, which is available from the ETSI Secretariat. Latest updates are available on the ETSI Web server (<http://webapp.etsi.org/IPR/home.asp>).

Pursuant to the ETSI IPR Policy, no investigation, including IPR searches, has been carried out by ETSI. No guarantee can be given as to the existence of other IPRs not referenced in ETSI SR 000 314 (or the updates on the ETSI Web server) which are, or may be, or may become, essential to the present document.

Foreword

This Technical Report (TR) has been produced by ETSI Technical Committee Powerline Telecommunications (PLT).

The present document has been developed following the letter from the European Commission.

Ref. (ENTR/G3/TB/mm/D(2003)835713).

Introduction

The present document provides the radiated emissions' characteristics of state of the art powerline communication networks and specifies the measurement method.

The present document has been developed based on the field experience and measurement campaigns performed by PLC experts. The present document also specifies the measurement method used to characterize the radiated emissions, so that future measurements can be performed using the same method.

1 Scope

The present document describes the radiated emissions' characteristics, and associated method of measurements, of state of the art powerline communication networks as defined in clause 3.

The present document reports the radiated emissions' characteristics of powerline communication networks in the frequency range 1,605 MHz to 30 MHz.

The radiated emissions' characteristics presented in the present document cover both access and in-home powerline communication networks.

2 References

For the purposes of this Technical Report (TR) the following references apply:

- [1] IEC 60050-161: "International Electrotechnical Vocabulary. Chapter 161: Electromagnetic compatibility".
- [2] CISPR 16-1: "Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods - Part 1: Radio disturbance and immunity measuring apparatus".

3 Definitions, symbols and abbreviations

3.1 Definitions

For the purposes of the present document, the following terms and definitions apply:

electronic communications network: means transmission systems and, where applicable, switching or routing equipment and other resources which permit the conveyance of signals by wire, by radio, by optical or by other electromagnetic means, including satellite networks, fixed (circuit- and packet-switched, including Internet) and mobile terrestrial networks, electricity cable systems to the extent that they are used for the for the purpose of transmitting signals, networks used for radio and television broadcasting and cable TV networks, irrespective of the type of information conveyed

NOTE: In the context of the present document the definition is limited to only the combination of equipment and passive devices (network cables, connectors) directly connected together to constitute the wire-line part the network.

emission: phenomenon by which electromagnetic energy emanates from a source

NOTE: See IEC 60050-161 [1].

measurement distance: The measurement distance is taken as a straight line rectangular from the telecommunication cable tract (or its projection to the floor level), from the boundary of the premises, office, or flat, or from the exterior wall of the building hosting the network concerned, to the measuring antenna reference point. This reference point can be:

- the centre of the coil of a loop antenna used for measurements of the magnetic component of electromagnetic fields; or
- the balun, in case of a broadband dipole, or the reference point of a logarithmic-periodical or horn antenna referred to for calibration purposes.

powerline communication network: electronic communication network using the mains distribution network infrastructure for communication

3.2 Symbols

For the purposes of the present document, the following symbols apply:

H_{eff}	effective magnetic field strength
$H_{x,y,z}$	magnetic field strength components of each orthogonal orientation

3.3 Abbreviations

For the purposes of the present document, the following abbreviations apply:

CISPR	International Special Committee on Radio Interference
IEC	International Electrotechnical Committee
IEV	International Electrotechnical Vocabulary
RF	Radio Frequency
TV	TeleVision

4 Measurement method

4.1 General arrangements

In order to get the highest readings of emissions it shall be ensured that the part of the electronic communication network or installation being assessed operates at maximum wanted signal levels typical for this site and in the mode that results in maximum RF emission field strength levels consistent with normal operation. If the system is interactive, measurements shall also be performed in the presence of both the upstream and downstream signals.

4.2 Radiated emissions measurements below 30 MHz

In the frequency range 1,605 MHz to 30 MHz the magnetic component of the radiated emission shall be measured.

In the frequency range below 30 MHz, measurements of the electric field strength should be avoided. The readings obtained are not suitable for determination of mitigation measures to the network concerned since they depend in a high degree from random environmental conditions found at the site of operation of the part of the network to be assessed.

For radiated emission measurements in the frequency range 1,605 MHz to 30 MHz, a calibrated measuring system in accordance with CISPR 16-1 [2] consisting of a radio disturbance measuring receiver, an associated loop antenna for the measurement of magnetic field components, and a tripod is required.

Other specialized equipment such as resonant loop antennas can also be used, if necessary.

In the frequency range 1,605 MHz to 30 MHz, a measuring bandwidth of 9 kHz and a Quasi-peak detector shall be used.

It is recommended that both the measuring receiver and the loop antenna have an independent power source with no ground connection (e.g. battery power), particularly in case of indoor measurements, in order to minimize the possibility of current loops via earth that could affect the measurement.

Mount the loop antenna on a tripod and place it at the measurement location(s) so that it is at the reference measurement distance. The middle of the loop should be at least 1 m above the ground.

Set the measuring receiver to the measuring frequency and type of detector required, position the loop antenna subsequently in each of the orthogonal directions X, Y and Z, record the maximum readings obtained, and calculate the effective field strength using equation (1).

$$H_{\text{eff}} = \sqrt{H_x^2 + H_y^2 + H_z^2} \quad (1)$$

NOTE: All field strength values in equation (1) are in units of A/m.

The measurement of magnetic fields radiated from electronic communication networks in the frequency range up to 30 MHz may become complicated due to the presence of a variety of high-level wanted RF emissions from radio services.

In view of this it may be necessary to restrict the measurements to the frequency ranges (called quiet frequencies) where the measured signal should be at least 6 dB greater than the background noise. This should be done without altering the antenna position and ideally with the electronic communication network switched off.

The quiet frequencies or frequency ranges identified will be used to measure the emission. The background noise levels on each of these frequencies shall be assessed subjectively. Using the measuring bandwidth and detector specified, the highest emission field strength level (in dB(μ A/m)) observed over a period of 15 s shall be recorded. Any short duration isolated peaks shall be ignored.

If local restrictions require a reduction of the measurement distance to less than the reference measurement distance, the actual measurement distance can be reduced provided it is not less than 1 m to the network to be assessed. In case of outdoor measurements, it can also be necessary to use a measurement distance which is larger than the reference distance. If the actual measurement distance deviates from the reference distance, then the obtained measurement results need to be normalized to the reference distance. For that normalization, the method specified in clause 5.1 shall be used.

5 Processing of obtained results

5.1 Graphical method for normalizing the measured field strengths to the reference measurement distance

During measurements of disturbance field strengths local restrictions in space (appearing e.g. during indoor measurements) may require a reduction of the measuring distance to less than the reference measurement distance. The actual measurement distance may be smaller than the reference distance, but not closer than 1 m to the cable to be assessed. In the case of outdoor measurements, it may also be necessary to use a measurement distance which is larger than the reference distance.

If a measurement distance greater or smaller than the reference measurement distance needs to be used, then three different and accessible measuring points located along the measuring axis shall be chosen. The distance between these points should be as large as possible. At each point, the level of the disturbing field strength shall be measured. The local conditions and measurability of the disturbance field strength will be the determining factors.

The measurement results shall then be plotted in a diagram showing the field strength levels in dB(μ A/m) or dB(μ V/m) versus the logarithm of the measurement distance. The line interconnecting the measurement results represents the slope in field strength along the measuring axis. If this slope cannot be determined, then additional measuring points shall be chosen. The field strength level at the reference measurement distance can be read from the diagram using the straight prolongation of the interconnecting line.

5.2 Correction of measurement results due to near field conditions

Measurement results for the magnetic or electric disturbance field strength obtained by means of the measuring system described in clause 4.2 do not need any related subsequent correction, even if measured under near field conditions.

6 Radiated emissions' characteristics

100 % of the measurements of radiated emissions from state of the art powerline communication networks are below the value given in table 1.

Table 1: Radiated emissions from powerline communication networks below 30 MHz

Frequency range (MHz)	Field strength (dB(μ A/m) quasi-peak)	Reference measurement distance (m)	Measurement bandwidth (kHz)
1,605 to 30	14	3	9

80 % of the measurements of radiated emissions from state of the art powerline communication networks are below the value given in table 2.

Table 2: Radiated emissions from powerline communication networks below 30 MHz

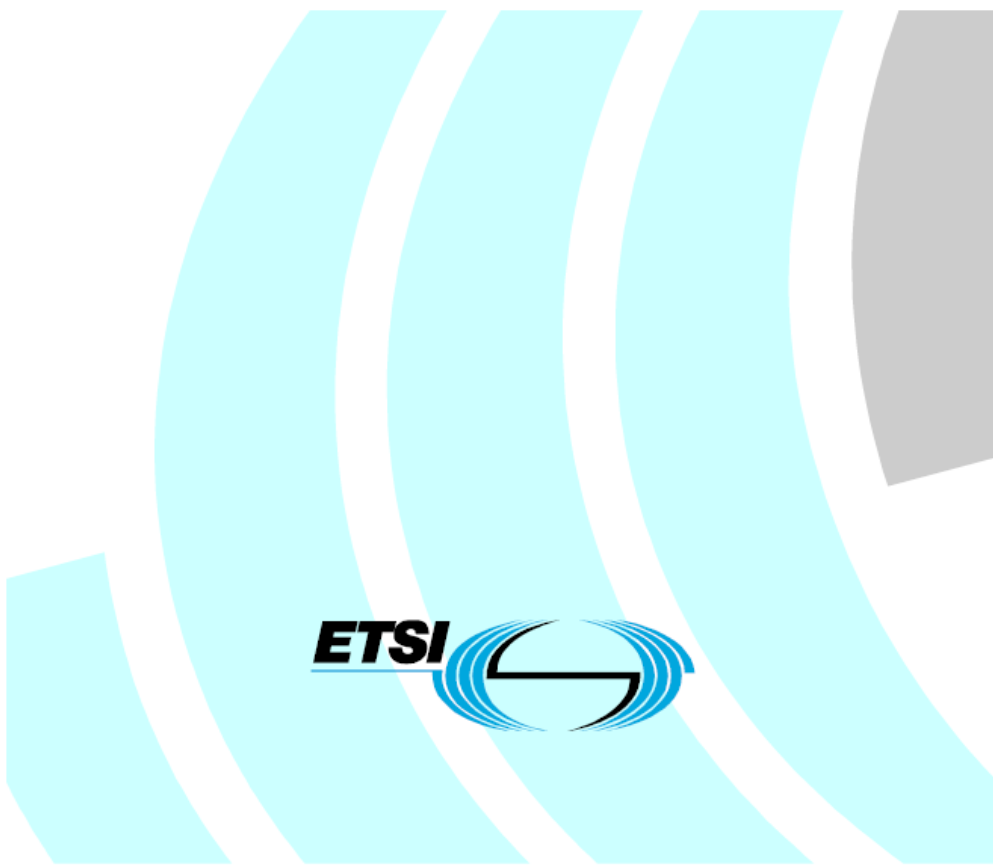
Frequency range (MHz)	Field strength (dB(μ A/m) quasi-peak)	Reference measurement distance (m)	Measurement bandwidth (kHz)
1,605 to 30	4	3	9

[ANEXO No. 10]
[Estándar ETSI TR 102 494]

ETSI TR 102 494 V1.1.1 (2005-06)

Technical Report

**PowerLine Telecommunications (PLT)
Technical requirements for In-House PLC modems**



ReferenceDTR/PLT-00017

Keywordsmodem, powerline, transmission

ETSI

650 Route des Lucioles
F-06921 Sophia Antipolis Cedex - FRANCE

Tel.: +33 4 92 94 42 00 Fax: +33 4 93 65 47 16

Siret N° 348 623 582 00017 - NAF 742 C
Association à but non lucratif enregistrée à la
Sous-Préfecture de Grasse (06) N° 7803/88

Important notice

Individual copies of the present document can be downloaded from:

<http://www.etsi.org>

The present document may be made available in more than one electronic version or in print. In any case of existing or perceived difference in contents between such versions, the reference version is the Portable Document Format (PDF). In case of dispute, the reference shall be the printing on ETSI printers of the PDF version kept on a specific network drive within ETSI Secretariat.

Users of the present document should be aware that the document may be subject to revision or change of status.

Information on the current status of this and other ETSI documents is available at

<http://portal.etsi.org/tb/status/status.asp>

If you find errors in the present document, please send your comment to one of the following services:

http://portal.etsi.org/chaicor/ETSI_support.asp

Copyright Notification

No part may be reproduced except as authorized by written permission.
The copyright and the foregoing restriction extend to reproduction in all media.

© European Telecommunications Standards Institute 2005.

All rights reserved.

DECT™, PLUGTESTS™ and UMTS™ are Trade Marks of ETSI registered for the benefit of its Members.
TIPHON™ and the TIPHON logo are Trade Marks currently being registered by ETSI for the benefit of its Members.
3GPP™ is a Trade Mark of ETSI registered for the benefit of its Members and of the 3GPP Organizational Partners.

Contents

Intellectual Property Rights	4
Foreword.....	4
Introduction	4
1 Scope	5
2 References	5
3 Definitions, symbols and abbreviations	5
3.1 Definitions	5
3.2 Symbols	5
3.3 Abbreviations	5
4 Application requirements	6
4.1 Outlook on applications	6
4.2 Supported bit rates	6
5 Physical (PHY) layer requirements	7
5.1 Frequency usage	7
5.2 Notching of frequencies	7
5.3 Power Spectral Density (PSD)	7
5.4 Dynamic allocation of resources (time, frequency, power) according to throughput demands	7
6 Medium Access Control (MAC) layer requirements	7
6.1 Common features of 802	7
6.2 Quality of Service (QoS)	8
6.3 Privacy and encryption	8
7 Interfacing requirements	8
8 Environmental requirements	8
8.1 Power consumption	8
9 System requirements	8
History	9

Intellectual Property Rights

IPRs essential or potentially essential to the present document may have been declared to ETSI. The information pertaining to these essential IPRs, if any, is publicly available for **ETSI members and non-members**, and can be found in ETSI SR 000 314: "*Intellectual Property Rights (IPRs); Essential, or potentially Essential, IPRs notified to ETSI in respect of ETSI standards*", which is available from the ETSI Secretariat. Latest updates are available on the ETSI Web server (<http://webapp.etsi.org/IPR/home.asp>).

Pursuant to the ETSI IPR Policy, no investigation, including IPR searches, has been carried out by ETSI. No guarantee can be given as to the existence of other IPRs not referenced in ETSI SR 000 314 (or the updates on the ETSI Web server) which are, or may be, or may become, essential to the present document.

Foreword

This Technical Report (TR) has been produced by ETSI Technical Committee Powerline Telecommunications (PLT).

The present document outlines the PLT In-house modem requirements.

Introduction

The present document gives a list of requirements that shall be specified in an ETSI PLT modems standard.

As this understanding develops during the writing of the actual standards, the present document is likely to require change. Therefore, it should be treated as a living document rather than a definitive text.

The requirements shall be for PLT Modems to be specified by ETSI PLT. These requirements should be used as guidelines for the In Home PLT Modem specification.

1 Scope

The present document includes Technical requirements of In Home PLT modems, PHY and MAC. For instance, data rate(s), BER, repeating functionality, latency, jitter, encryption, synchronization, etc. requirements will be defined.

Modems build for In home LAN applications within private networks shall support this requirements. The present document does not specify Consumer Premises Equipment of access use.

2 References

For the purposes of this Technical Report (TR) the following references apply:

- [1] ETSI TR 102 269: "PowerLine Telecommunications (PLT); Hidden Node review and statistical analysis".
 - [2] ETSI TR 102 049: "PowerLine Telecommunications (PLT); Quality of Service (QoS) requirements for in-house systems".
-

3 Definitions, symbols and abbreviations

3.1 Definitions

For the purposes of the present document, the following terms and definitions apply:

streaming data: continuously stream data

EXAMPLE: A MPEG2 Transport stream.

NOTE: Applications like video surveillance or video downloads shall not be implemented as streaming data.

3.2 Symbols

For the purposes of the present document, the following symbols apply:

f	frequency
t	time

3.3 Abbreviations

For the purposes of the present document, the following abbreviations apply:

BER	Bit Error Rate
FEC	Forward Error Correction
IP	Internet Protocol
MAC	Medium Access Control
Mbps	Mega bits per second
PC	Personal Computer
PDA	Personal Digital Assistance
PHY	PHYsical
PLT	PowerLine Transmission
PSD	Power Spectral Density
QoS	Quality of Service
TCP	Transmission Control Protocol
UDP	User Data Protocol
WWW	World Wide Web

4 Application requirements

4.1 Outlook on applications

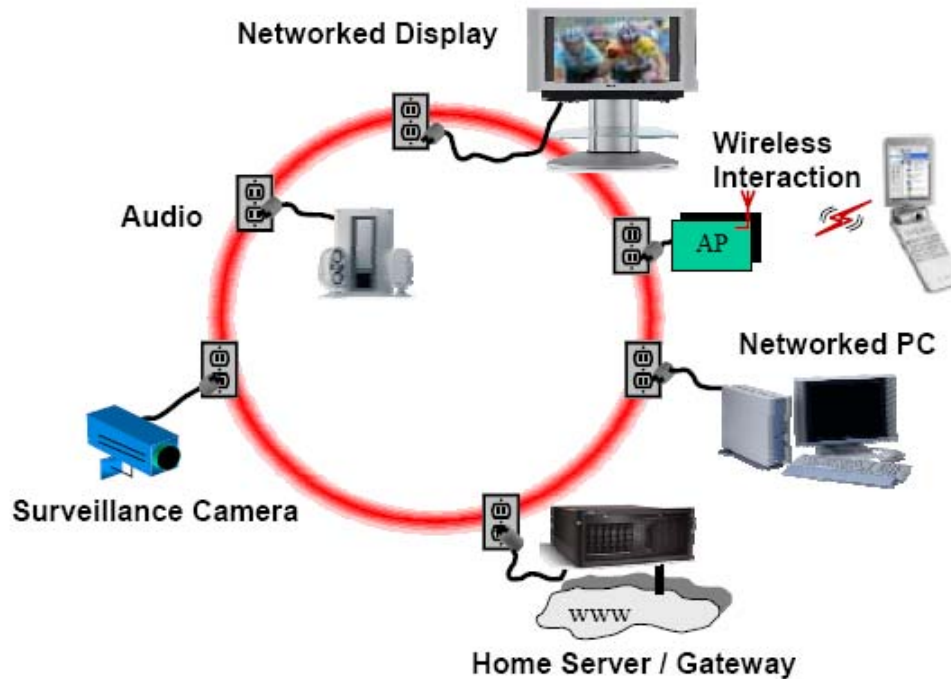


Figure 1: PLT application scenarios

To enable real broadband throughput for "room to room" connectivity, an in-home backbone that connects individual devices or clusters in the house without any installation effort is desirable. PLT fulfils these requirements: Modern modulation techniques enable the power network to transport high data rate services. Figure 1 shows applications that will be possible with a PLT in-home backbone.

All consumer electronic devices that are connected to the mains are equipped with a PLT modem. Wireless devices like PDAs communicate via an access point to the PLT network. Storage devices and the Internet gateway may be located in the house. Video services coming from door or baby watch cameras are available on all displays. Speakers no longer need dedicated audio cables.

4.2 Supported bit rates

Bit rates required here shall be reached in typical private homes, in a living unit.

- Minimum 20 Mbps average data rate as Data Payload on application layer (UDP/TCP):



Figure 2: Phy bitstream

- System shall provide the desired bit rate for 98 % of all connections (statistic based on TR 102 269 [1]).
- Additional repeaters are acceptable in multi (more than 2) level houses.

- Data rate shall be scalable to higher values:
 - A minimum of 70 Mbps (on application layer combined up- and downstream) if physical resources allow this (supported for 50 % of all possible connections, same statistics than above).

5 Physical (PHY) layer requirements

5.1 Frequency usage



Frequency range A: 1,605 MHz to 30 MHz recommended.
 Frequency range B: > 30 MHz optional.

Figure 3: Frequency usage

5.2 Notching of frequencies

Dynamic Notching as intended to be specified by the ETSI PLT PSD Mask work item, being the objective to prevent harmful interference to radio services.

5.3 Power Spectral Density (PSD)

This depends on ongoing regulatory discussion.

5.4 Dynamic allocation of resources (time, frequency, power) according to throughput demands

Any communication demands an amount of space within the cube of time, frequency and power. Only the desired volume of the whole cube of resource shall be allocated. A negative example would be, if the full frequency span were used all the time with maximum PSD just to indicate, that the modem is in operation, without transporting any data.

6 Medium Access Control (MAC) layer requirements

6.1 Common features of 802

- Frame delimiting and recognition.
- Addressing of destination stations (both as individual stations and as groups of stations).
- Conveyance of source-station addressing information.

- Protection against errors, generally by means of generating and checking frame check sequences.
- Control of access to the physical transmission medium.

6.2 Quality of Service (QoS)

- Support QoS according to TR 102 049 [2] (Jitter and Latency): BER shall be specified application dependant (look in table of TR 102 049 [2]).
- Synchronicity or the Bus Clock (for e.g. Dolby Home Theatre, Stereo applications) shall provide a accuracy of signals (Jitter) $< 20\mu\text{s}$.
- Guaranteed bit rate for video and audio streaming data with BER better than $10\text{E-}10$ after FEC.
- Automatic retransmission of erroneous packets for asynchronous traffic.
- Support for broadcast traffic.
- Recovery time after stream interruption: $< 500\text{ms}$.

6.3 Privacy and encryption

- Data encryption on MAC layer to avoid data interception by neighbour.

7 Interfacing requirements

Internal interface to application:

- Support for IP protocols.
- Bridging: IEEE802.1 and IEEE802.2.

8 Environmental requirements

8.1 Power consumption

- Node shut-down function.
- Node wake-up function.

9 System requirements

System shall include concepts that allow backward compatibility to future (next generation) In Home ETSI Powerline Standards. Upgrading of the system to higher data rates shall be possible. Network shall be scalable to future (higher) data rates backward compatible. Therefore a data rate negotiation is needed.

System shall be interoperable with access PLT Modems defined by ETSI based on a fair sharing of the medium resources in time, frequency and power.

The system shall implement the coexistence mechanism to be specified by the ETSI PLT "Coexistence" work items.

[ANEXO No. 11]
[Estándar ETSI TS 101 867]

ETSI TS 101 867 V1.1.1 (2000-11)

Technical Specification

**Powerline Telecommunications (PLT);
Coexistence of Access and In-House Powerline Systems**



Reference

DTS/PLT-00004

Keywords

access, interface, system

ETSI

650 Route des Lucioles
F-06921 Sophia Antipolis Cedex - FRANCE

Tel.: +33 4 92 94 42 00 Fax: +33 4 93 65 47 16

Siret N° 348 623 562 00017 - NAF 742 C
Association à but non lucratif enregistrée à la
Sous-Préfecture de Grasse (06) N° 7803/88

Important notice

Individual copies of the present document can be downloaded from:

<http://www.etsi.org>

The present document may be made available in more than one electronic version or in print. In any case of existing or perceived difference in contents between such versions, the reference version is the Portable Document Format (PDF). In case of dispute, the reference shall be the printing on ETSI printers of the PDF version kept on a specific network drive within ETSI Secretariat.

Users of the present document should be aware that the document may be subject to revision or change of status.

Information on the current status of this and other ETSI documents is available at <http://www.etsi.org/tb/status/>

If you find errors in the present document, send your comment to:

editor@etsi.fr

Copyright Notification

No part may be reproduced except as authorized by written permission.
The copyright and the foregoing restriction extend to reproduction in all media.

© European Telecommunications Standards Institute 2000.
All rights reserved.

Contents

Intellectual Property Rights	4
Foreword.....	4
Introduction.....	4
1 Scope.....	5
2 Void	5
3 Definitions and abbreviations	5
3.1 Definitions	5
3.2 Abbreviations.....	6
4 Blocking filters or other measures to achieve sufficient attenuation between 2 systems.....	6
5 Frequency division for 1 st generation PLC systems.....	6
5.1 Frequency management.....	6
5.2 Separation between access and inhouse systems.....	7
6 Flexible frequency management for 2 nd generation systems.....	8
6.1 Frequency management.....	8
6.2 Common channel signalling.....	9
Annex A (informative): Bibliography.....	10
History	11

Intellectual Property Rights

IPRs essential or potentially essential to the present document may have been declared to ETSI. The information pertaining to these essential IPRs, if any, is publicly available for **ETSI members and non-members**, and can be found in ETSI SR 000 314: *"Intellectual Property Rights (IPRs); Essential, or potentially Essential, IPRs notified to ETSI in respect of ETSI standards"*, which is available from the ETSI Secretariat. Latest updates are available on the ETSI Web server (<http://www.etsi.org/ipr>).

Pursuant to the ETSI IPR Policy, no investigation, including IPR searches, has been carried out by ETSI. No guarantee can be given as to the existence of other IPRs not referenced in ETSI SR 000 314 (or the updates on the ETSI Web server) which are, or may be, or may become, essential to the present document.

Foreword

This Technical Specification (TS) has been produced by ETSI Project Powerline Telecommunications (PLT).

The present document specifies the procedures to ensure a co-existence of access and inhouse PLC (powerline communication) systems in the spectrum from 1,6 to 30 MHz. The definition of this whole spectrum range and details concerning the layer 1 are subject for specification in CENELEC SC205A WG 10 with the 1st step in drafting the SRD (system reference document) together with ETSI PLT and ETSI ERM.

Introduction

The SRD (system reference document) on PLT defines the spectrum and characterizes the transmission parameters for powerline communications as such without distinction of the actual application into access and inhouse services.

When using the same frequencies, inhouse PLC is visible in the access and might potentially interfere with access PLC. The same situation appears also vice versa as powerlines are a shared medium. Therefore it is essential to specify the co-existence between access and inhouse to protect each service from interference by the other.

1 Scope

The present document defines the technical mechanism for co-existence between access and inhouse systems or to be more precisely in reference to the Network Architecture Model, the co-existence of the interfaces I_{p-yL} (interface between access Head End and Network Termination Low Voltage) and I_{p-yp} (interface between inhouse Central Node and Network Termination Premises or between several Network Termination Premises). The co-existence between inhouse systems of different vendors is not within the scope of the present document and will be handled in a separate document.

From the legal aspect, the scope of the present document deals with the coexistence between a power line communication system intended for consumer usage (home, apartment, SOHO) where the powerlines are privately owned, and a power line system owned and operated by an administrative entity. The aim of the present document is to avoid interference between these 2 groups of legal owners by technical measures when appropriate mutual agreements between both parties have not been reached. In the presence of mutual agreements, the present document is not applicable.

PLC systems, both access and inhouse, defined in the present document share the spectrum between 1,6 and 30 MHz. Although frequency planning with access systems could possibly be done by operators or power utilities, frequency planning with inhouse systems is difficult to coordinate as inhouse systems are consumer goods supplied by many different manufacturers. Therefore a mechanism is needed to ensure that interference between access and inhouse is avoided.

The present document is applicable to PLC systems for both services, access and inhouse, through all possible generations.

2 Void

3 Definitions and abbreviations

3.1 Definitions

For the purposes of the present document, the following terms and definitions apply:

access/inhouse co-existence: co-existence between access and inhouse systems - or to be more precisely in reference to the Network Architecture Model, the co-existence of the interfaces I_{p-yL} (interface between Low Voltage substation and Network Termination Low Voltage) and I_{p-yp} (interface between Network Termination Low Voltage and Network Termination Premises or between several Network Termination Premises).

inhouse/Inhouse co-existence: co-existence between PLC inhouse systems. Standardization of the interface I_{p-yp} can solve this issue, as this interface is always physically available between several Network Termination Premises.

PLC access system: PLC access service means the local loop (= last mile) to the PLC subscriber from the access Head End (interface I_{p-yL} in the Network Architecture Model). Usually a utility or access provider will offer this service to his subscribers.

PLC inhouse system: PLC inhouse service means that the user employs PLC within his property under his own responsibility.

subscriber: the subscriber has a contract with the utility or access provider for access service.

user or end-user: the user employs PLC services, either PLC access or PLC inhouse or both. The user can be the same person as the subscriber, but not necessarily.

3.2 Abbreviations

For the purposes of the present document, the following abbreviations apply:

CSMA	Carrier sense multiple access
FDM	Frequency division multiplexing
PLC	Powerline Communication
PLT	Powerline Telecommunications (ETSI Project)
TDM	Time division multiplexing
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
GMSK	Gaussian Minimum Shift Keying
QPSK	Quadrature Phase Shift Keying
CDMA	Code Division Multiple Access

4 Blocking filters or other measures to achieve sufficient attenuation between 2 systems.

The idea of introducing blocking filters is to split up powerline network topology (e.g. access and inhouse) into sub-networks, which could then use the same frequencies for PLC transmission.

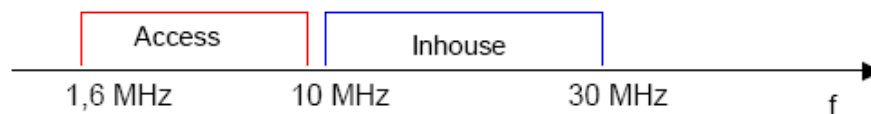
It is an option in the present document, that a power line system A can coexist with another power line system B if the maximum noise injected by the power line system A on any point of the coexisting network area B is limited in a mandatory way to the noise floor level of -120 dBm/Hz (or to the P_{imax} levels specified in clause 5 of the present document) all over the SRD band. Within this option the mandatory requirement for the limit of -120 dBm/Hz (or the P_{imax} level specified in clause 5 of the present document), can be achieved by blocking filters or by other measures to achieve this limit.

If this option for co-existence is chosen, the following clauses are not mandatory. If the mandatory requirement for attenuation down to -120 dBm/Hz (or the P_{imax} level specified in clause 5 of the present document) within this option is not fulfilled, the subsequently specified mechanism is mandatory.

5 Frequency division for 1st generation PLC systems

5.1 Frequency management

Whereas the evolutionary aim is to achieve a flexible frequency resource allocation scheme (please refer to clause 6), for 1st generation PLC systems the following fixed frequency division is mandatory.



$$1,6 \text{ MHz} \leq f_{\text{access}} < 10 \text{ MHz}$$

Exclusive frequency range for inhouse PLC systems:

$$10 \text{ MHz} < f_{\text{inhouse}} < 30 \text{ MHz}$$

Access devices may be installed on the subscriber's wiring within its premises.

5.2 Separation between access and inhouse systems

Access and inhouse systems shall follow mandatory the parameters shown in figure 1. In order to ensure that access and inhouse systems can co-exist on the same power network, the transmitter output spectrum of access and inhouse systems must be within the following PSD (Power Spectral Density) masks.

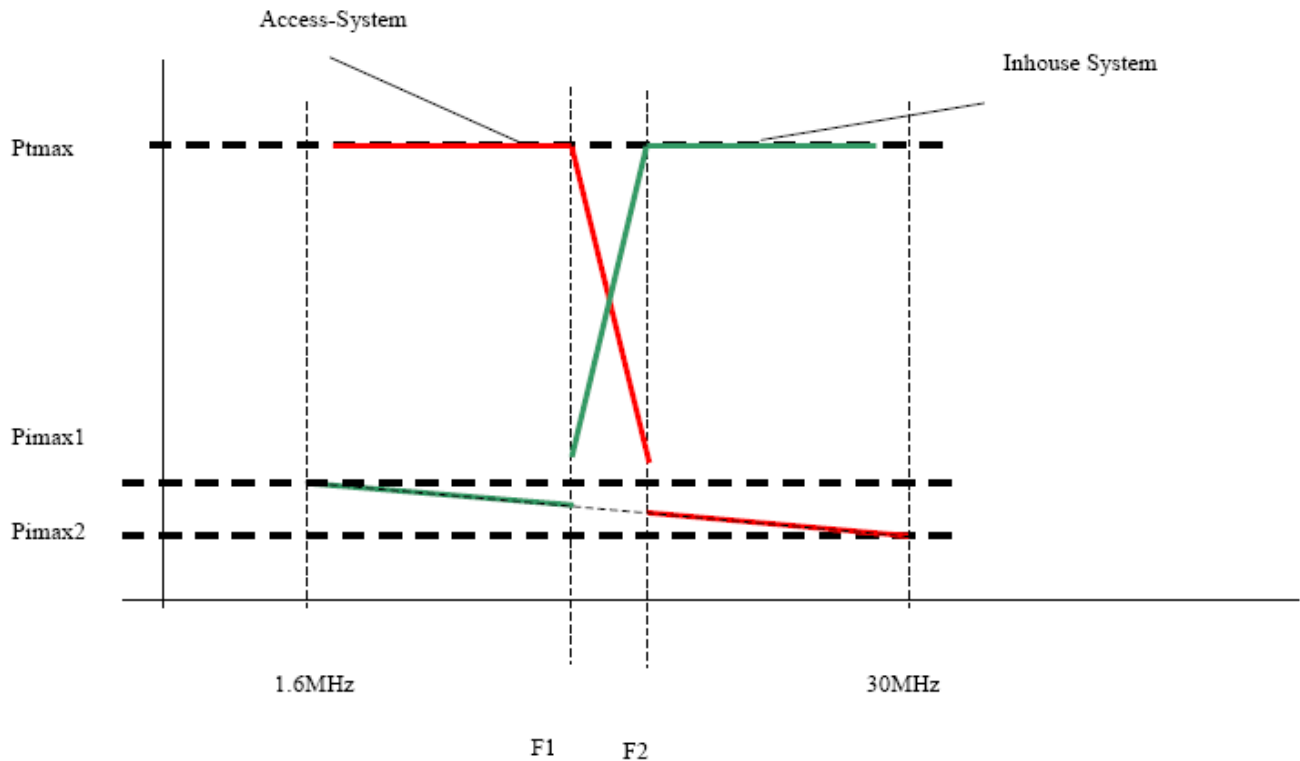


Figure 1: Separation between access and inhouse

The notches in the PSD, as defined in the SRD document, do also apply for the band gap defined in figure 1.

With:

$$F1 = 9,4 \text{ MHz} \quad F2 = 11 \text{ MHz}$$

The PSD mask is not applicable if an appropriate incoming filter is installed at the border between the Access and the Home LAN as explained in clause 4.

Maximum Transmit Power Density P_{max} and P_{imax1} and P_{imax2} (power levels allowed to be injected below 1,6 Mhz or over 30 Mhz) are subject to be defined in the SRD. It is optional to be below these limits.

NOTE 1: P_{imax} is a representation of the average noise floor level. An inhouse system (or access) must not transmit a power density over $P_{\text{imax}}(f)$ in the access band (or inhouse band).

NOTE 2: The actual Noise Floor Level may vary several dBs on a geographical basis.

Maximum Interference Power Density $P_{\text{imax}}(f_{\text{MHz}}) = (f_{\text{MHz}} - 1,6\text{MHz}) * (P_{\text{imax2}} - P_{\text{imax1}}) / (30\text{ MHz} - 1,6\text{ MHz}) + P_{\text{imax1}}$

$P_{\text{imax1}} = -105\text{ dBm/Hz}$.

$P_{\text{imax2}} = -125\text{ dBm/Hz}$.

NOTE 3: P_{imax} must be mandatorily achieved at F1 by PLC inhouse systems and at F2 by PLC access systems.

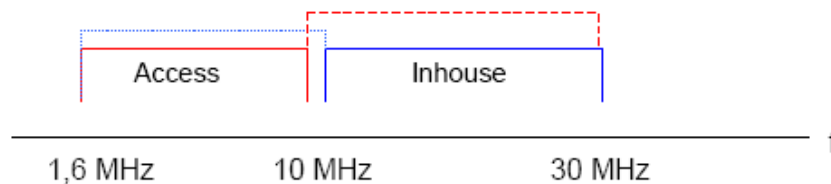
The other values given within the figure itself are defined by the system reference document on PLT.

6 Flexible frequency management for 2nd generation systems

With the additional proposal for flexibility more sophisticated inhouse systems can offer a higher transmission capacity. This clause is only optional for the present time for both, access and inhouse, systems and will become mandatory for the 2nd generation, which will be described in a revised version of this specification. Thus for the time being, the outline of clause 6 is a very rough indication and is subject for detailed specification till release for the 2nd generation.

6.1 Frequency management

The aim is to achieve a flexible frequency resource allocation scheme. This scheme offers more spectrum for inhouse or access systems, in the case that no access or inhouse service (respectively) is used in a timely and geographically limited situation. The precondition is that inhouse and access systems, which want to use this additional spectrum, have mandatory implemented common channel signalling as described subsequently. The aim of this common channel signalling is to ensure that the access and inhouse services is guaranteed. The Inhouse or access service must release the frequency range with dedicated priority to access or inhouse service (respectively) immediately when an access or inhouse service requires spectrum.



The picture shows the frequency ranges for access and inhouse which are in the solid lines. The dotted line shows the flexible area which can be used by the inhouse service in absence of access service or by the access service in absence of inhouse service.

Priority frequency range for access PLC systems:

$$1,6\text{ MHz} \leq f_{\text{access}} < 10\text{ MHz}$$

Priority frequency range for inhouse PLC systems:

$$10\text{ MHz} < f_{\text{inhouse}} < 30\text{ MHz}$$

6.2 Common channel signalling

This clause is subject of revision during the specification phase for the 2nd generation PLC systems. The description here is considered as a rough outline to define the direction for further specification work.

For the time being, no common layer 1 for PLC systems has been agreed. Therefore a mechanism is needed for coexistence of different physical layers (OFDM, GMSK, QPSK, CDMA, etc.). It is proposed to introduce a beacon frequency range for each frequency channel/range as a common signalling channel. To keep this solution feasible (time-to-market, low cost) this signalling channel is located in the spectrum right beside the concerned data channel and contains only a very few information such as channel used/free and possibly system OFDM/GMSK/QPSK/CDMA/etc. As this beacon frequency range uses a common physical layer for all PLC systems, a collision detection mechanism on how to write information into this channel can be defined.

Annex A (informative): Bibliography

- ETSI Systems Reference Document (V1.5): "Broadband Powerline Telecommunication".
- DTS/PLT-00001: "Powerline Telecommunication (PLT); Reference Network Architecture Model".

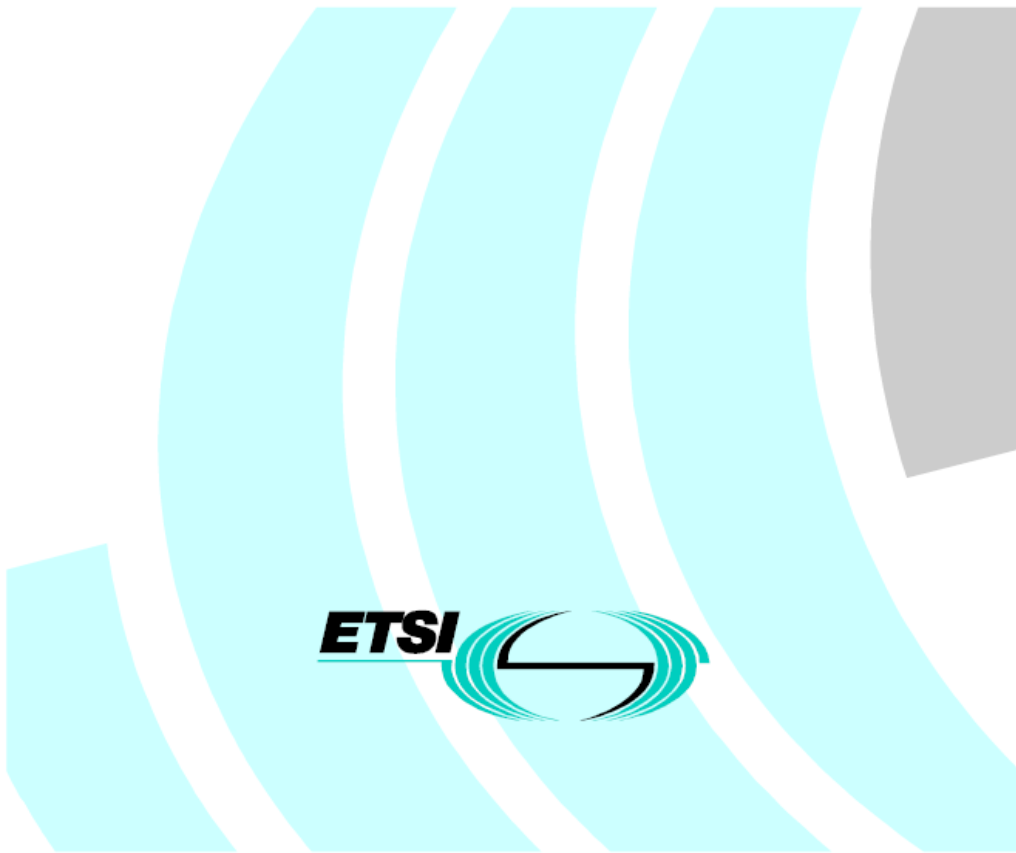
[ANEXO No. 12]

[Estándar ETSI 101 896]

ETSI TS 101 896 V1.1.1 (2001-02)

Technical Specification

**Powerline Telecommunications (PLT);
Reference Network Architecture Model;
PLT Phase 1**



ReferenceDTS/PLT-00001

Keywordsarchitecture, network, power

ETSI

650 Route des Lucioles
F-06921 Sophia Antipolis Cedex - FRANCE

Tel.: +33 4 92 94 42 00 Fax: +33 4 93 65 47 16

Siret N° 348 623 562 00017 - NAF 742 C
Association à but non lucratif enregistrée à la
Sous-Préfecture de Grasse (06) N° 7803/88

Important notice

Individual copies of the present document can be downloaded from:
<http://www.etsi.org>

The present document may be made available in more than one electronic version or in print. In any case of existing or perceived difference in contents between such versions, the reference version is the Portable Document Format (PDF). In case of dispute, the reference shall be the printing on ETSI printers of the PDF version kept on a specific network drive within ETSI Secretariat.

Users of the present document should be aware that the document may be subject to revision or change of status. Information on the current status of this and other ETSI documents is available at <http://www.etsi.org/tb/status/>

If you find errors in the present document, send your comment to:
editor@etsi.fr

Copyright Notification

No part may be reproduced except as authorized by written permission.
The copyright and the foregoing restriction extend to reproduction in all media.

© European Telecommunications Standards Institute 2001.
All rights reserved.

Contents

Intellectual Property Rights	4
Foreword.....	4
Introduction.....	4
1 Scope.....	5
2 References	5
3 Definitions and abbreviations.....	5
3.1 Definitions	5
3.2 Abbreviations.....	5
4 Generic logical building block - PLT-x	6
5 Logical Interconnection of PLT Building Blocks (PLT-x).....	7
6 Physical embedding into energy networks (IP _{-yx} Interfaces).....	8
History	9

Intellectual Property Rights

IPRs essential or potentially essential to the present document may have been declared to ETSI. The information pertaining to these essential IPRs, if any, is publicly available for **ETSI members and non-members**, and can be found in ETSI SR 000 314: *"Intellectual Property Rights (IPRs); Essential, or potentially Essential, IPRs notified to ETSI in respect of ETSI standards"*, which is available from the ETSI Secretariat. Latest updates are available on the ETSI Web server (<http://www.etsi.org/ipr>).

Pursuant to the ETSI IPR Policy, no investigation, including IPR searches, has been carried out by ETSI. No guarantee can be given as to the existence of other IPRs not referenced in ETSI SR 000 314 (or the updates on the ETSI Web server) which are, or may be, or may become, essential to the present document.

Foreword

This Technical Specification (TS) has been produced by ETSI Powerline Telecommunications (PLT).

The present document specifies the network architecture model for PLC (powerline communication) systems. The document defines and specifies all PLC external interfaces. PLC internal interfaces are defined within the document but (if the interfaces are new standards) specified in other documents to which references are given.

Introduction

Powerline networks may be used for other services than just energy service. The Powerline can also act as a carrier for telecommunication services. The powerline network needs to interwork with a number of service related networks. The present document presents a number of different interfaces at the user side and the network side and shows how the PLT access network interconnects them, both for user and signalling data.

1 Scope

The scope of the present document specifies the 2 areas of PLT interworking:

- a) interworking between PLT (PowerLine Telecommunication) networks and telecommunication networks for telecommunication services;
- b) embedding of PLT into energy networks.

2 References

Void.

3 Definitions and abbreviations

3.1 Definitions

For the purposes of the present document, the following terms and definitions apply:

Downstream direction: direction from the network towards the subscriber

IP Network Termination: device that allows high-speed access to the Internet via a PLT access network. An IP Network Termination will typically have two interfaces, one to the Powerline network and the other to the Internet CPE equipment

Communication Networks: generic term for each possible telecommunication, information technology or other network. When using this generic term, there is no distinction made between access network, backbone, IT access or other network components

Service Node: (G.902): network element that provides access to various switched and/or permanent telecommunication services. In case of switched services the SN is providing access call and connection control signalling, and access connection and resource handling

Service Node Interface: interface between an Access Network and a Service Node (G.902: interface which provides customer access to a service node)

Upstream direction: direction from the subscriber towards the network

User Network Interface: interface at which the user equipment is connected to the network. For ISDN the interface is valid on reference points T and S/T (I.112: the interface between the terminal equipment and a network termination at which interface the access protocols apply)

3.2 Abbreviations

For the purposes of the present document, the following abbreviations apply:

EDN	Energy Distribution Network
HV	High Voltage (50 – 400 kV, Levels TBD)
IP	Internet Protocol
IP	Interface Powerlines (see clause 4)
LV	Low Voltage (400 V)
MV	Medium Voltage (1 – 50 kV, Levels TBD)
PLT	PowerLine Telecommunication
SN	Service Node
UNI	User Network Interface

4 Generic logical building block - PLT-x

The telecommunication part is formed out of the generic building block from figure 1.

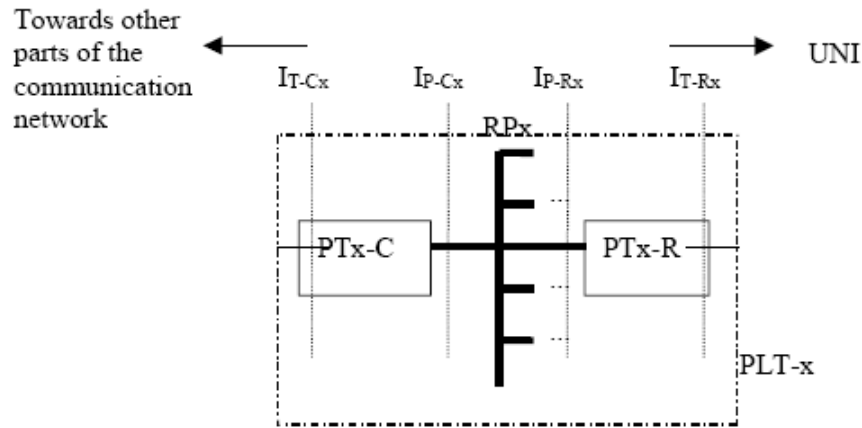


Figure 1: Generic Building Block PLT-x

x Fill-in for H: High Voltage, M: Medium Voltage, L: Low Voltage Outdoor, P: Premises denotes the respective voltage level at which the building block is placed. Although L and P denote identical voltage levels they provide the necessary distinction between the outdoor low voltage EDN operated by a utility company and the low voltage customer premises network.

y Fill in for C (= Central) or R (= Remote)

I_{T-Cx} Interface Telecommunication Central. Connection point to either a core backbone network or to the I_{T-Rx} of another PLT-x in a repeated or layered PLT infrastructure

I_{T-Rx} Interface Telecommunication Remote. Connection point to either customer equipment or to the I_{T-Cx} of another PLT-x in a repeated or layered PLT infrastructure

PTx-C Powerline Transmission unit Central. Central modem unit. Modulates interface information from I_{T-Cx} in downstream direction into a RF signal on the IP_{-Cx} interface. Demodulates an upstream RF signal from the IP_{-Cx} into the I_{T-Cx}

PTx-R Powerline Transmission unit Remote. Remote modem unit. Modulates interface information from I_{T-Rx} in upstream direction into a RF signal on the IP_{-Rx} interface. Demodulates a downstream RF signal from the IP_{-Rx} into the I_{T-Rx}

IP_{-Cx} Interface Powerline Central. Connection point of PTx-C to the EDN

IP_{Rx} Interface Powerline Remote. Connection point of PTx-R to the EDN

There may multiple IP_{Rx} per RPx. This is typical for IP_{RL} and IP_{RP}

RPx Reference Point. Reference to the respective section of the EDN

PLT-x Powerline Telecommunications building block

5 Logical Interconnection of PLT Building Blocks (PLT-x)

Figure 2 gives a summarizing example of a logical PLT architecture based upon building blocks PLT-x.

Gateway (GW) to other parts of the communication network: I_{T-CH} , I_{T-CM} , I_{T-CL} , I_{T-CP}

User Network Interfaces (UNI): I_{T-RM} , I_{T-RL} , I_{T-RP}

TE Terminal Equipment

Figure 2 contains every possible logical interconnection between other parts of the communication network and PLT-x as well as between PLT-x and TE. A real PLT network may exhibit only a small subset of the given connections or an extension of this structure. Principle physical interfaces are shown in the figure as well.

The UNI interfaces might have different functions for different applications. UNI interfaces could be for example interfaces to PCs (that means for telecommunication terminal equipment), to value added service terminals (e.g. for reading the power meter), or others. Please refer to detail interface specifications (to be specified) for the complete option list per interface.

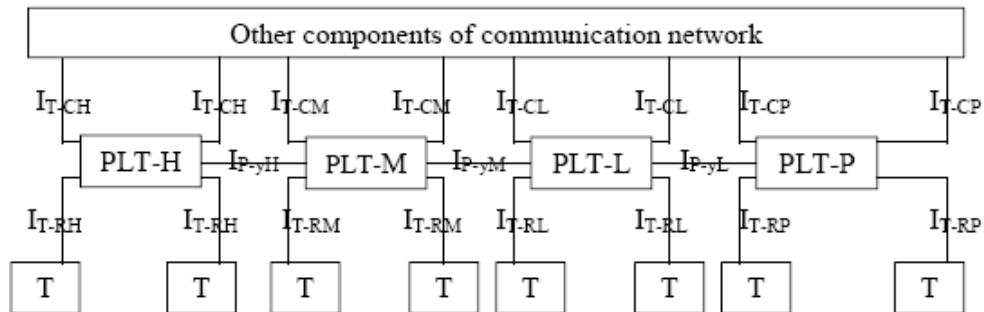


Figure 2: PLT architecture based on upon building blocks PLT-x

6 Physical embedding into energy networks (IP_{-yX} Interfaces)

Figure 3 shows the physical interfaces.

An EDN is built from a number of basic elements, namely cables and aerial wires for the transport of electrical energy, substations with cable connections, transformers, switches and safety equipment as well as the premises entrance point (PEP) with fuses and meter before the premises cabling. Figure 4 gives a schematic of an EDN substation. Switches and safety equipment are not shown. Figure 4 draws the PEP with premises cabling.

There may be different medium voltage levels. They may be different and more complex inhouse structures.

The figure shows a star configuration for simplicity. Ring configurations are also possible on each power level.

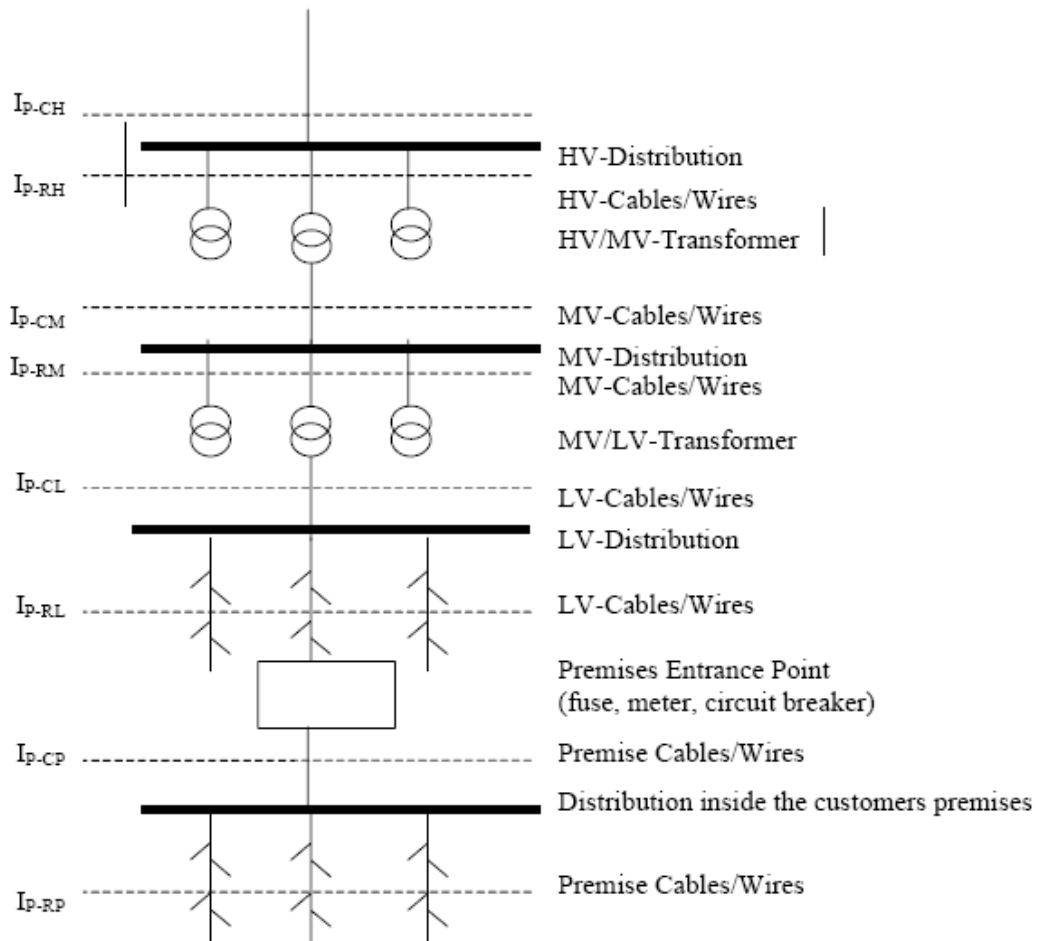


Figure 3: Physical Interfaces