

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

PLAN DE INTEGRACIÓN DE LAS TECNOLOGIAS DE TRANSPORTE: WDM, ONDA PORTADORA DÍGITAL, SDH A CARGO DE LA GERENCIA DE TELECOMUNICACIONES DE LA CORPORACIÓN ELÉCTRICA NACIONAL CADAFE

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
por el Br. Fernández M., Ernesto J.
para optar al título de
Ingeniero Electricista

Caracas, 2011

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

PLAN DE INTEGRACIÓN DE LAS TECNOLOGIAS DE TRANSPORTE: WDM, ONDA PORTADORA DÍGITAL, SDH A CARGO DE LA GERENCIA DE TELECOMUNICACIONES DE LA CORPORACIÓN ELÉCTRICA NACIONAL CADAFE

Prof. Guía: Ing. William Jota

Tutor Industrial: Ing. Henry Rincon.

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
por el Br. Fernández M., Ernesto J.
para optar al título de
Ingeniero Electricista

Caracas, 2011

DEDICATORIA

A dios por darme el don de la vida y proveerme de las herramientas necesarias para alcanzar mis metas.

A mis padres por su apoyo incondicional invaluable a lo largo de toda mi vida, por confiar más en mí que yo mismo.

A mis hermanos por contar siempre con su apoyo.

A mis abuelas, tíos y primos que con sus consejos me guiaron en mi vida y mi carrera.

A mis amigos por su compañía y amistad a lo largo de mi carrera.

A todas las personas que por distintas razones ya no están conmigo pero que tuvieron un rol importante en algún momento de mi carrera.

PLAN DE INTEGRACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DE TRANSPORTE:
WDM. ONDA PORTADORA DÍGITAL, SDH A CARGO DE LA GERENCIA
DE TELECOMUNICACIONES DE LA CORPORACIÓN ELÉCTRICA
NACIONAL CADAFE

Tutor Académico o Prof. Guía: William Jota. Tutor Industrial: Ing. Henry Rincon. Tesis. Caracas. U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Eléctrica. Ingeniero Electricista. Opción: Comunicaciones. Institución: CADAFE CORPOELEC . 2011. 82 h. + anexos.

Palabras Claves: Inventario, direcciones IP, VLAN, Plan de numeración.

Resumen. Se presenta un plan de integración de las tecnologías de transporte: WDM, onda portadora digital, SDH a cargo de la gerencia de telecomunicaciones de CADAFE CORPOELEC. El alcance de la integración es a nivel de las subestaciones en el territorio nacional. Para esta integración, es necesaria la entrega de criterios y especificaciones que deben ser configuradas en los equipos de comunicaciones presentes en la subestaciones, debido al gran volumen de información que se debe manejar es de suma importancia mantener la misma organizada con el fin de llevar un control que permita una rápida ubicación de los datos que se deseen consultar o editar. La implementación de estos criterios persigue fomentar el uso eficiente de la red de datos y definir políticas únicas ante las empresas contratistas encargadas de la instalación y configuración de los equipos de telecomunicaciones.

RECONOCIMIENTOS Y AGRADECIMIENTO

A la Universidad Central de Venezuela por brindarme la oportunidad de obtener mi título de Ingeniero Electricista.

A la gerencia de Ingeniería de Telecomunicaciones de CADAFE CORPORLEC por brindarme la oportunidad de desarrollar el trabajo de grado.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|---|------|
| DEDICATORIA | i |
| RESUMEN | ii |
| RECONOCIMIENTOS Y AGRADECIMIENTO | iii |
| ÍNDICE GENERAL | iv |
| ÍNDICE DE FIGURAS | viii |
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| CAPITULO I | 4 |
| Planteamiento del problema | 4 |
| Objetivos | 5 |
| Objetivo General | 5 |
| Objetivos específicos..... | 5 |
| 1 Marco teórico | 6 |
| 1.1 SDH..... | 6 |
| 1.2 Onda Portadora Digital..... | 7 |
| 1.3 WDM..... | 8 |
| 1.4 Niveles del modelo referencial ISO/OSI..... | 10 |
| 1.4.1 Capa física | 11 |
| 1.4.2 Capa enlace de datos..... | 12 |
| 1.4.3 Capa de red | 12 |
| 1.4.4 Capa de transporte | 12 |
| 1.4.5 Capa de sesión | 13 |
| 1.4.6 Capa de presentación | 13 |
| 1.4.7 Capa de aplicación..... | 13 |
| 1.5 Protocolos TCP/IP | 14 |
| 1.5.1 Arquitectura de protocolos TCP/IP | 15 |
| 1.5.2 Descomposición en niveles de TCP/IP..... | 16 |
| 1.7 LAN (Local Area Network) | 21 |
| 1.8 Bridge | 22 |

| | |
|---|-----------|
| 1.9 Routers..... | 22 |
| 1.10 Switch..... | 24 |
| 1.11 Switches Capa 3 | 25 |
| 1.12 Enrutamiento estático | 26 |
| 1.13 Enrutamiento dinámico | 26 |
| 1.14 Direcciones IP | 26 |
| 1.15 Máscara de red y la longitud de prefijo..... | 27 |
| 1.15 VLSM..... | 28 |
| 1.16 Protocolo de enrutamiento por estado de enlace | 29 |
| 3.16.1 Open Shortest Path First (OSPF)..... | 29 |
| 1.16.2 Mensajes de OSPF..... | 30 |
| 1.16.3 Mapa de Red Local..... | 31 |
| 1.16.4 Características de OSPF. | 33 |
| 1.17 Calidad de Servicio (QoS)..... | 39 |
| 1.18 Clase de Servicio (CoS) | 39 |
| 1.19 Servicios Integrados (IntServ)..... | 40 |
| 1.20 Servicios Diferenciados (DiffServ) | 41 |
| 1.21 IEEE 802.1P/Q:..... | 42 |
| 1.22 VLAN | 42 |
| 1.22.1 Redes VLAN basadas en puertos | 43 |
| 1.22.2 Redes VLAN basadas en protocolos | 43 |
| 1.22.3 Redes VLAN basadas en MAC | 43 |
| CAPITULO II | 45 |
| 2.1 Inventario de los equipos Gigabit Ethernet, SDH, Onda portadora Digital, WDM a cargo de la Gerencia de Telecomunicaciones de CADAFFE CORPOELEC..... | 45 |
| 2.2 Mapa..... | 46 |
| 2.3 Análisis de integración de los equipos | 52 |
| CAPITULO III..... | 54 |
| 3.1 Plan de direccionamiento IP | 54 |
| 3.2 Aplicación de QoS..... | 58 |
| 3.3 Criterios de implementación para OSPF | 60 |

| | |
|--|-----------|
| 3.4 CRITERIOS PARA PLAN DE DIRECCIONES IP DE CADAFE..... | 62 |
| A) Fundamentos. | 62 |
| B) Plan de direcciones IP. | 64 |
| CAPITULO IV | 71 |
| 4 Plan de numeración telefónico para las subestaciones | 71 |
| 4.1 Número de subestaciones: Cinco DÍGITOS | 71 |
| 4.2 Numeración de servicios especiales, marcación 1XY..... | 72 |
| 4.3 Plan de numeración telefónico para las subestaciones | 72 |
| 4.3.1 Migración de los números ya asignados..... | 75 |
| CONCLUSIONES | 78 |
| RECOMENDACIONES | 79 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 80 |
| BIBLIOGRAFIA | 82 |
| ANEXO N° 1 | 83 |
| ANEXO N° 2 | 90 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1 Protocolos de red..... | 14 |
| Tabla 2 Alternativa de software libre..... | 47 |
| Tabla 3 Requerimiento por tipo de servicio..... | 56 |
| Tabla 4 Conversión de grupo de redes..... | 56 |
| Tabla 5 Formato de direcciones de red según el servicio..... | 57 |
| Tabla 6 Priorización de servicios..... | 59 |
| Tabla 7 Números de colas según los servicios..... | 59 |
| Tabla 8 Asignacion de VLAN..... | 60 |
| Tabla 9 Asignación de los 2 primeros dígitos por estado..... | 74 |
| Tabla 10 Asignación del primer dígito para numero de 4 dígitos..... | 76 |
| Tabla 11 Asignación de número telefónico según el primer dígito..... | 77 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 Multiplexación en WDM..... | 9 |
| Figura 2 Multiplexación por división en longitud de onda en fuentes y receptores ópticos sintonizables | 10 |
| Figura 3 Capas del modelo OSI. | 11 |
| Figura 4 Comparación de modelo OSI y TCP/IP..... | 17 |
| Figura 5 Tipos de routers OSPF..... | 36 |
| Figura 6 estructura de numeración geográfica | 74 |
| Figura 7 Ejemplo de migración de 3 a 5 dígitos. | 75 |
| Figura 8 Ejemplo de migración de 4 a 5 dígitos. | 76 |

ACRONIMOS

CADAFE: Compañía de Administración y Fomento Eléctrico

CORPOELEC: Corporación Eléctrica Nacional.

LAN: Local Area Network.

LED: Light-Emitting Diode

MAC: Media Access Control.

OSI: Open System Interconnection

SCADA: Supervisory Control And Data Acquisition

SONET: Synchronous Optical Network

VLAN: Virtual LAN

WIMAX: Worldwide Interoperability for Microwave Access

SIGLAS

ATM: Asynchronous Transfer Mode.
CAC: Card Access Controller.
CIDR: Classless Inter-Domain Routing
FTP: File Transfer Protocol.
HTTP: Hypertext Transfer Protocol.
IED: Intelligent Electronic Device.
IETF: Internet Engineering Task Force.
OSPF: Open Shortest Path First.
PDH: Plesiochronous Digital Hierarchy.
PLC: Power Line Carrier.
PVRC: Programmable Variable Cell Relay.
QoS: Quality of service.
RSVP: ReSerVation Protocol.
SDH: Synchronous Digital Hierarchy.
SMTP: Simple Mail Transfer Protocol.
SNR: Signal-to-noise ratio.
STM: Synchronous Transport Module.
TCP/IP: Transfer Control Protocol/Internet Protocol.
TDM: Time-division multiplexing.
ToS: Type of Service.
UDP: User Datagram Protocol.
UIT: Unión Internacional de Telecomunicaciones.
VHF: Very High Frequency.
VLSM: Variable Length Subnet Masking.
WDM: Wavelength-division multiplexing.

ABREVIATURAS

DiffServ: Differentiated Services.

IntServ: integrated services.

VoIP: Voice Over IP.

INTRODUCCIÓN

CADAFE es una compañía de administración y fomento eléctrico, afiliada a la Corporación Eléctrica Nacional que se encuentra adscrita al Ministerio del Poder Popular para la Energía Eléctrica.

CADAFE (CORPOELEC) es la compañía encargada de transmitir y distribuir el 80% de la energía eléctrica que se consume, la cual cuenta con la mayor parte de las líneas y subestaciones de transmisión y distribución de energía eléctrica en tensiones de 400 kV, 230 kV, 115 kV, 34.5 kV y 13.8 kV. Desde la fundación de la compañía en los años 60's se ha necesitado de las comunicaciones para supervisar los parámetros importantes del sistema, CADAFE inicia estas operaciones con onda portadora analógica y tecnología VHF. Con equipos de más de 40 años de uso, en especial los sistemas de comunicaciones los cuales están siendo reemplazados por nuevos equipos que aseguren la confiabilidad del suministro de energía en caso de fallas del sistema.

El área encargada del desarrollo de normas, ejecución de obras, inspecciones e implementación de sistemas de comunicaciones, es la Gerencia de Ingeniería Telecomunicaciones, el cual ha detectado, que en el país, han aumentado las fallas de los equipos de protecciones por vencimiento de la vida útil de los equipos, ya que actualmente los equipos operativos, están deteriorados y han perdido su performance.

La Gerencia de Ingeniería de Telecomunicaciones, ha realizado planes para integrar las nuevas tecnologías para ofrecer un servicio adecuado a los requerimientos de comunicación de la empresa. Es importante resaltar que la gerencia de telecomunicaciones es una gerencia de apoyo a la actividad principal de la empresa la cual se basa en la transmisión de la energía eléctrica, por lo tanto los requerimientos en los servicios de comunicación distan un poco de los servicios ofrecido por una compañía dedicada a ofrecer comunicaciones. CADAFE como compañía dedicada a la transmisión de energía eléctrica prioriza el tipo de información que se transmite por

los medios de comunicación. Las siguientes descripciones de los servicios de comunicación están colocadas en orden de mayor prioridad a menor prioridad:

- Teleprotección: son los sistemas encargados de despejar o aislar las fallas en el sistema de distribución con el fin de evitar fallas a gran escala y proteger el sistema.
- Datos: constantemente se necesita tener mediciones en tiempo real para verificar la operación normal del sistema, esto se logra con la transmisión de datos en sistemas SCADA.
- Voz: los servicios de voz brindan la ventaja de comunicación directa entre los operadores de subestaciones y el Despacho de Carga y facilita algunas operaciones aunque el grueso de las operaciones importante se hacen de manera automatizada en los servicios de teleprotección y datos.

Este trabajo especial de grado se presenta dividido en 4 capítulos, el primer capítulo trata acerca de los objetivos generales y específicos a desarrollar en el trabajo, también se integra el marco teórico el cual nos permite asentar las bases teóricas donde sustenta el trabajo de grado.

El capítulo dos presenta el inventario de equipos de comunicación a cargo de la gerencia de ingeniería de telecomunicaciones en las subestaciones así como también se explica con qué programa se editó el mapa con las subestaciones a nivel nacional y la información que se agregó.

El capítulo tres presenta cómo se hizo el criterio de asignación de direcciones IP a las subestaciones según los requerimientos pedidos por la gerencia, luego se definen más criterios sobre implementación de VLAN, calidad de servicio y el protocolo OSPF.

El capítulo cuatro presenta el plan de numeración telefónico para la subestaciones donde primero se definen los tipos de numeración y cuanto dígitos se

deben utilizar para luego asignar los números según la entidad geográfica y como hacer la migración con los números ya establecidos.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y OBJETIVOS

Planteamiento del problema

La Gerencia de Ingeniería Telecomunicaciones como encargada del área de desarrollo de normas, ejecución de obras, inspecciones e implementación de sistemas de comunicaciones ha detectado que los sistemas principales de comunicaciones de las subestaciones y líneas se encuentran en estado de deterioro y no garantizan mantener un sistema de comunicaciones eficiente en casos de emergencia.

La empresa CADAFE, posee tres Despachos de Carga, ubicados en el interior del país, los cuales se encargan de la medición y telegestión de las subestaciones eléctricas de la red troncal de transmisión. Estas operaciones actualmente se llevan a cabo a través de las líneas de alta tensión, con equipos de comunicaciones de alta frecuencia el cual con el transcurrir del tiempo y el surgimiento de nuevas tecnologías se han vuelto obsoletos. Por lo que actualmente, los canales de comunicación tienden a congestionarse debido a las limitaciones del ancho de banda de la onda portadora analógica. Cabe agregar que por la obsolescencia que vienen presentando los equipos existentes, no se consiguen repuestos en el mercado, lo que ocasiona que estos pierdan operatividad.

Dichos despachos no solo desean llevar a cabo operaciones de medición y telegestión, sino también realizar operaciones de comunicaciones, informática y de telecomunicaciones, los cuales la empresa desea integrar a través de un mismo medio, solo que con la plataforma y los equipos existentes se hace imposible. En la actualidad, el Sistema de Supervisión Adquisición y Control de Datos (SCADA) utiliza las Unidades de Terminal Remota (RTU) Analógica y Digitales que no cubren las necesidades existentes.

De modo que al unificar la red por circuitos con la red por paquetes e

integrar las Unidades de Terminal Remota (RTU), le permitirá a los despachos de carga contar con un servicio de calidad, confiabilidad y seguro de la red de comunicaciones, a fin de operar más eficientemente la red de transmisión de energía eléctrica.

Objetivos

Se plantean los siguientes objetivos para el desarrollo del trabajo:

Objetivo General

Desarrollar un plan de integración de las tecnologías transporte: WDM, SDH y Onda Portadora Digital, a cargo de la Gerencia de Telecomunicaciones de la Corporación Eléctrica Nacional CADAPE.

Objetivos específicos

- Realizar un estudio de las tecnologías de transporte WDM, SDH y Onda Portadora.
- Realizar un inventario de los equipos WDM, SDH, Routers, Switches y Onda Portadora especificando su ubicación.
- Analizar la integración de las tecnologías usadas a cargo de la Gerencia de Telecomunicaciones.
- Proponer criterios para un plan de numeración telefónica basado en la integración de las tecnologías.
- Realizar un Plan para el direccionamiento IP basado en el análisis de los equipos de comunicaciones.

1 Marco teórico

1.1 SDH

Synchronous Digital Hierarchy es un protocolo internacional de comunicaciones avalado por la UIT-T para redes con una alta tasa de transmisión de datos, es usada como plataforma de transporte para otro tipo de estándares y protocolos de comunicación como IP, ATM, DSL. Este estándar culminó en 1989 en las recomendaciones de la ITU-T G.707, G.708, y G.709 que definen la Jerarquía Digital Síncrona. En Norte América, ANSI publicó su estándar SONET, el cual es conocido a lo largo del resto del mundo como estándar SDH.

SDH surge con la necesidad de superar restricciones de la tecnología antecesora PDH, el cual limitaba la cantidad información a transmitir y se apoyaba en procesos de multiplexación y demultiplexación poco eficientes, SDH se presenta como un estándar capaz de aumentar la cantidad de datos a transmitir, genera procesos de demultiplexación más eficientes, está completamente adaptada para coexistir con tecnologías anteriores y presenta características de seguridad, confiabilidad, restauración, protección, disponibilidad además de apoyarse en transmisiones por fibra óptica la cual brinda otras ventajas.

“SDH es un protocolo de transporte (primera capa en el modelo OSI) basado en la existencia de una referencia temporal común (Reloj primario), que multiplexa diferentes señales dentro de una jerarquía común flexible, y gestiona su transmisión de forma eficiente a través de fibra óptica, con mecanismos internos de protección” [1].

“Usando como referencia el modelo OSI, SDH es comúnmente visto como un protocolo de nivel uno, es decir, un protocolo de la capa física de transporte. En

este papel, actúa como el portador físico de aplicaciones de nivel 2 a 4, esto es, es el camino en el cual tráfico de superiores niveles tales como IP o ATM es transportado. En palabras simples, podemos considerar a las transmisiones SDH como tuberías las cuales portan tráfico en forma de paquetes de información. Estos paquetes son de aplicaciones tales como PDH, ATM o IP” [1].

SDH permite el transporte de muchos tipos de tráfico tales como voz, video, multimedia, y paquetes de datos como los que genera IP. Para ello, su papel es, esencialmente, el mismo: gestionar la utilización de la infraestructura de fibra. Esto significa gestionar el ancho de banda eficientemente mientras porta varios tipos de tráfico, detectar fallos y recuperar de ellos la transmisión de forma transparente para las capas superiores.

1.2 Onda Portadora Digital

Onda portadora digital es una de las tecnologías que más se usa en la industria eléctrica a nivel mundial, esta se basa en el transporte de información en formato digital a través de las líneas de alta tensión en un ancho de banda de entre 30 kHz y 500 kHz, usando modulación QAM adaptativa y equipos que permiten el acople a las líneas. Onda Portadora Digital (OPD) pertenece a la familia de tecnologías Power Line Carrier (PLC).

“Power Line Carrier (PLC) es una tecnología que data de principios del siglo 20. En 1919 la *General Electric* demostraba la factibilidad de comunicarse por medio de una portadora de línea de potencia, y en 1921 el primero de estos sistemas fue puesto en servicio. Esta primera aplicación fue hecha para la comunicación de voz, y luego se reconocieron que los canales de PLC pueden proveer circuitos para muchos otros usos”. [2]

“Debido a que una línea de transmisión de energía eléctrica no está diseñada de igual forma que una línea de transmisión de datos, su comportamiento es muy deficiente para la transmisión de estos últimos”. [2]

1.3 WDM

La tecnología WDM (Wave Division Multiplexing) o Multiplexación por División de Onda es un protocolo internacional de comunicaciones avalado por la UIT-T soportado en las normas G.959.1, esta tecnología surge de la necesidad de aumentar el ancho de banda para transmitir más datos y e integrar distintas tecnologías de transporte, WDM se basa en utilizar la fibra óptica como medio físico para transmitir haces de luz que portan la información.

“WDM es un concepto muy antiguo, aunque hasta 1977 no se consiguieron las primeras soluciones prácticas. Actualmente y gracias a la aparición de amplificadores de fibra óptica y láseres de múltiples longitudes de onda, es uno de los temas que más atención suscita dentro del campo de las comunicaciones ópticas, pues estos dispositivos permiten incrementar enormemente la capacidad de los sistemas de transmisión actuales sin requerir de desarrollos tecnológicos significativos y sin alterar las arquitecturas de red implantadas. Es decir, permiten una evolución flexible y económica de las presentes redes, respondiendo a la demanda de mayor ancho de banda por parte de los nuevos servicios de telecomunicaciones avanzadas que a tan vertiginoso ritmo están apareciendo”. [3]

La multiplexación por división en longitud de onda tiene su origen, en la posibilidad de acoplar las salidas de diferentes fuentes emisoras de luz, cada una a una longitud de onda diferente, sobre una misma fibra óptica. Después de la transmisión a través de la fibra, las señales a cada longitud de onda diferente, pueden ser separadas entre sí hacia diferentes detectores en su extremo final. Este concepto queda reflejado en la Figura 1, donde se trabaja en el rango visible de la luz y los

dispositivos acopladores son componentes ópticos de volumen, en concreto dos prismas. [3]

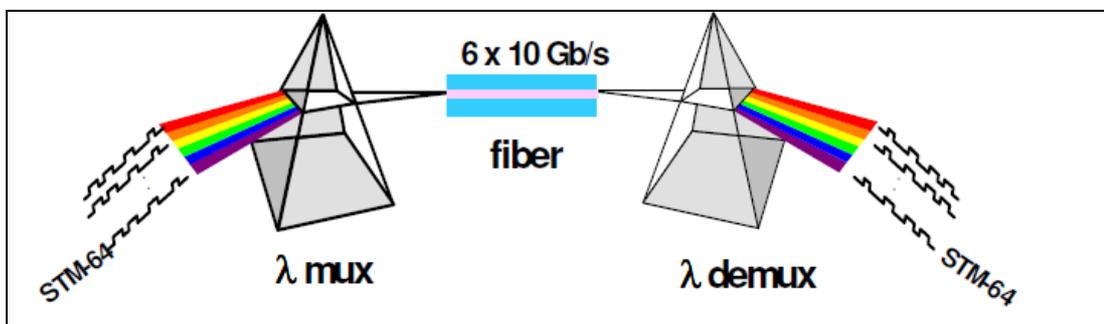


Figura 1 Multiplexación en WDM
Fuente: Ramón Millán Capítulo PFC

El componente a la entrada, o multiplexor, ha de inyectar la salida de las distintas fuentes en la misma fibra, con unas pérdidas mínimas.

“Es evidente, que cuando el sentido de propagación es el inverso, el multiplexor se convierte en el demultiplexor y viceversa, aunque la eficiencia en el acoplamiento no queda necesariamente preservada en esta operación. Por ejemplo, si el multiplexor utilizase fibras monomodo a la entrada y una fibra multimodo a la salida, las pérdidas de acoplamiento serían excesivas en su uso inverso. La simultánea multiplexación y demultiplexación de canales de entrada y salida respectivamente, puede realizarse mediante el mismo dispositivo: el multi/demultiplexor. Cuando un multiplexor tiene sólo dos canales, se le denomina diplexor”. [4]

En un principio la tecnología óptica fue implantada para sistemas de transmisión a larga distancia, pero ahora está reemplazando al cable coaxial y de cobre de las redes telefónicas locales, de las redes de televisión por cable y de las redes de datos de área local.

“La Figura 2 ilustra el concepto de multiplexación por división en longitud de onda utilizando o bien fuentes y receptores ópticos sintonizables, o bien una matriz de láseres fijos. Una matriz de láseres consiste en un cierto número de láseres que son

integrados en un único componente, con cada láser operando a una frecuencia diferente. La ventaja de utilizar matrices de láseres es que cada una de las longitudes de onda de la matriz es modulada de manera independiente, con lo cual pueden tener lugar múltiples transmisiones simultáneamente”. [4]

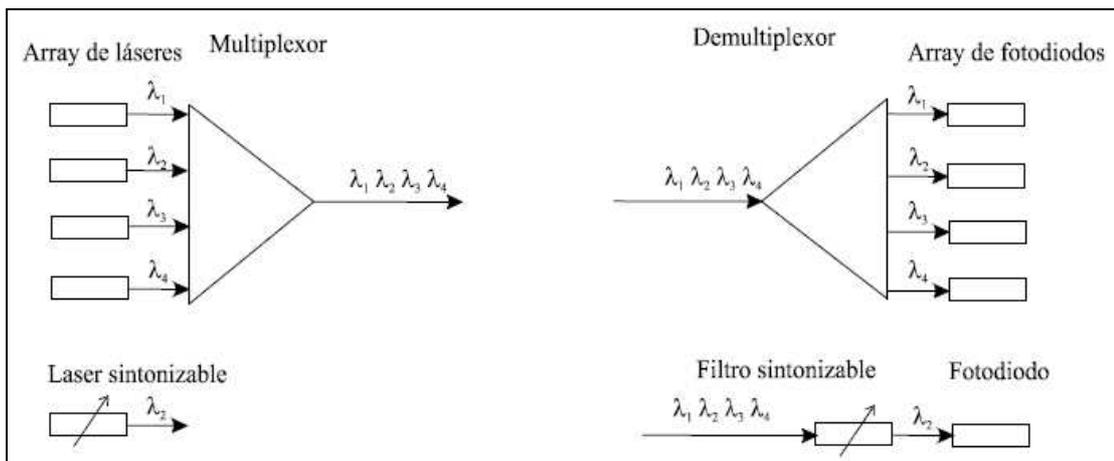


Figura 2 Multiplexación por división en longitud de onda en fuentes y receptores ópticos sintonizables

Fuentes: Cisco Systems, Inc. Introduction to DWDM Technology

1.4 Niveles del modelo referencial ISO/OSI

(Open Systems Interconnection - Interconexión de Sistemas Abiertos)

Norma universal para protocolos de comunicación lanzado en 1984. Fue propuesto por ISO y divide las tareas de la red en siete niveles como lo indica la figura 3



Figura 3 Capas del modelo OSI.
Fuente: Alegsa.com.ar

“Proporciona a los fabricantes estándares que aseguran mayor compatibilidad e interoperabilidad entre distintas tecnologías de red producidas a nivel mundialmente. El modelo OSI no garantiza la comunicación entre equipos pero pone las bases para una mejor estructuración de los protocolos de comunicación. Tampoco existe ningún sistema de comunicaciones que los siga estrictamente, siendo la familia de protocolos TCP/IP la que más se acerca”. [5]

Juan A Carrera, Raúl A Gallegos en el trabajo de grado titulado Rediseño de la Red LAN del Instituto Nacional de Estadística y Censos Matriz Central define las capas del modelo OSI de la siguiente forma:

1.4.1 Capa física

En esta capa se lleva a cabo la transmisión de cadenas de bits no estructurados a lo largo de un canal de comunicación, se relaciona con las

características mecánicas, eléctricas y funciones de procedimientos para acceder al canal de comunicación.

1.4.2 Capa enlace de datos

Proporciona un servicio de transferencia de datos sin errores a través del canal de comunicación, esto se lo realiza haciendo que el emisor fragmente los datos de entrada en tramas de datos y transmitiendo estas de manera secuencial, el receptor confirma la recepción correcta de cada trama devolviendo una trama de confirmación de recepción. Por lo general es necesario contar con un mecanismo de regulación de tráfico que indique al transmisor cuánto espacio de búfer tiene el receptor en ese momento. Con frecuencia, esta regulación de flujo y el manejo de errores están integrados.

1.4.3 Capa de red

La capa de red tiene como unidad de información al paquete. Es la encargada de determinar cuál es la mejor ruta para enviar los paquetes de información, además se ocupa de la entrega de estos. La determinación de la ruta que deben seguir los datos se produce en esta capa, lo mismo que el intercambio efectivo de los mismos dentro de dicha ruta; también realiza el control de flujo y recuperación de fallas de la capa enlace de datos.

1.4.4 Capa de transporte

La capa de transporte es la encargada de recibir los datos procedentes de las capas superiores, los divide si es necesario y los envía a la capa de red asegurándose que todos lleguen correctamente e intactos a su destino. Esta capa proporciona procedimientos de control de errores y control de flujo a nivel origen a destino.

1.4.5 Capa de sesión

La capa de sesión es la encargada de establecer el enlace de comunicación o sesión entre el origen y el destino para el transporte de datos. Esta capa proporciona el control de la comunicación entre aplicaciones; gestiona, establece y cierra las conexiones entre las aplicaciones cooperadoras.

1.4.6 Capa de presentación

Está relacionada con la sintaxis y la semántica de los datos transmitidos, de tal manera que estos sean legibles a los procesos de aplicación. Las responsabilidades de esta capa son la traducción, cifrado y compresión de los datos.

1.4.7 Capa de aplicación

Cuenta con una variedad de protocolos que se usan frecuentemente. Permite al usuario tanto humano como software, el acceso a la red. Esta capa suministra procesos de aplicación que el usuario puede utilizar, por ejemplo: la transferencia de archivos, correo electrónico, procesadores de palabras, hojas de cálculo, etc.

En la siguiente tabla se muestra los protocolos según la capa de aplicación.

Tabla 1 Protocolos de red

| Protocolos de red según la capa de aplicación | | |
|---|-----------------------|--|
| 1 | Nivel de aplicación | DNS, FTP, HTTP, IMAP, IRC, NFS, NNTP, NTP, POP3, SMB/CIFS, SMTP, SNMP, SSH, Telnet, SIP. |
| 2 | Nivel de presentación | ASN.1, MIME, SSL/TLS, XML. |
| 3 | Nivel de sesión | NetBIOS |
| 4 | Nivel de transporte | SCTP, SPX, TCP, UDP. |
| 5 | Nivel de red | AppleTalk, IP, IPX, NetBEUI, X.25. OSPF, RIP. |
| 6 | Nivel de enlace | ATM, Ethernet, Frame Relay, HDLC, PPP, Token Ring, Wi-Fi, STP... |
| 7 | Nivel físico | Cable coaxial, fibra óptica, par trenzado, microondas, radio, RS-232. |

Fuente: Fuente: Alegs.com.ar

1.5 Protocolos TCP/IP

Protocolos de comunicaciones.

Los protocolos que se utilizan en las comunicaciones son una serie de normas que deben aportar las siguientes funcionalidades:

- Permitir localizar un ordenador de forma inequívoca.
- Permitir realizar una conexión con otro ordenador.
- Permitir intercambiar información entre ordenadores de forma segura, independiente del tipo de máquinas que estén conectadas (PC, Mac, AS-400...).
- Abstracta a los usuarios de los enlaces utilizados (red telefónica, radioenlaces, satélite...) para el intercambio de información.
- Permitir liberar la conexión de forma ordenada.
- Debido a la gran complejidad que conlleva la interconexión de ordenadores, se ha tenido que dividir todos los procesos necesarios para realizar las

conexiones en diferentes niveles. Cada nivel se ha creado para dar una solución a un tipo de problema particular dentro de la conexión. Cada nivel tendrá asociado un protocolo, el cual entenderán todas las partes que formen parte de la conexión. [6]-[7]

TCP/IP se relaciona automáticamente como el protocolo sobre el que funciona la red Internet. Se le llama TCP/IP, a la familia de protocolos que permite estar conectados a la red Internet. Este nombre viene dado por los dos protocolos más importante de esta familia:

- El protocolo TCP, funciona en el nivel de transporte del modelo de referencia OSI, proporcionando un transporte fiable de datos.
- El protocolo IP, funciona en el nivel de red del modelo OSI, que permite encaminar los datos hacia otras máquinas.

1.5.1 Arquitectura de protocolos TCP/IP

Para poder solucionar los problemas que van ligados a la comunicación de ordenadores dentro de la red Internet, se tienen que tener en cuenta una serie de particularidades sobre las que ha sido diseñada TCP/IP:

- Los programas de aplicación no tienen conocimiento del hardware que se utilizara para realizar la comunicación (módem, tarjeta de red...)
- La comunicación no está orientada a la conexión de dos máquinas, eso quiere decir que cada paquete de información es independiente, y puede viajar por caminos diferentes entre dos máquinas.
- La interfaz de usuario debe ser independiente del sistema, así los programas no necesitan saber sobre qué tipo de red trabajan.
- El uso de la red no impone ninguna topología en especial (distribución de los distintos ordenadores). [6]

De esta forma, dos redes están interconectadas, si hay una maquina común que pase información de una red a otra. Además, también podremos decir que una red Internet virtual realizara conexiones entre redes, que ha cambio de pertenecer a la gran red, colaboraran en el tráfico de información procedente de una red cualquiera, que necesite de ella para acceder a una red remota. Todo esto independiente de las maquinas que implementen estas funciones, y de los sistemas operativos que estas utilicen. [6]

1.5.2 Descomposición en niveles de TCP/IP.

Nelson Porras. Cristian Flores 2004 definen la descomposición de los niveles TCP/IP de la siguiente manera:

Toda arquitectura de protocolos se descompone en una serie de niveles, usando como referencia el modelo OSI. Esto se hace para poder dividir el problema global en sub problemas de más fácil solución.

A diferencia de OSI, formado por una torre de siete niveles, TCP/IP se descompone en cinco niveles, cuatro niveles software y un nivel hardware. Se describen los niveles software, los cuales tienen cierto paralelismo con el modelo OSI.

La siguiente figura muestra comparación entre el modelo OSI y TCP/IP.

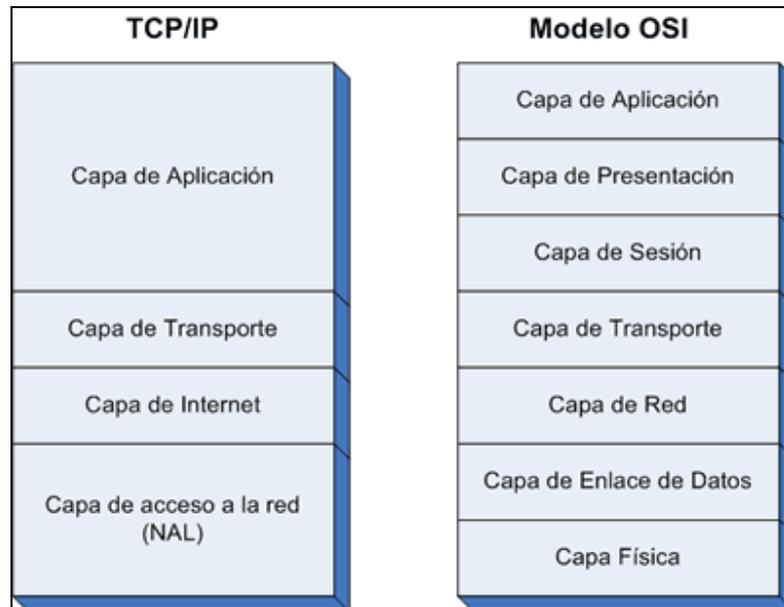


Figura 4 Comparación de modelo OSI y TCP/IP

Fuente: Juan A Carrera Gallegos Trabajo de grado titulado Rediseño de la Red LAN del Instituto Nacional de Estadística y Censos Matriz Central

1.5.2.1 Nivel de aplicación

Constituye el nivel más alto de la torre TCP/IP. A diferencia del modelo OSI, se trata de un nivel simple en el que se encuentran las aplicaciones que acceden a servicios disponibles a través de Internet. Estos servicios están sustentados por una serie de protocolos que los proporcionan. Por ejemplo, tenemos el protocolo FTP (File Transfer Protocol), que proporciona los servicios necesarios para la transferencia de ficheros entre dos ordenadores.

Otro servicio, sin el cual no se concibe Internet, es el de correo electrónico, sustentado por el protocolo SMTP (Simple Mail Transfer Protocol).

1.5.2.2 Nivel de transporte

Este nivel proporciona una comunicación extremo a extremo entre programas de aplicación. La máquina remota recibe exactamente lo mismo que le envió la máquina origen. En este nivel el emisor divide la información que recibe del

nivel de aplicación en paquetes, le añade los datos necesarios para el control de flujo y control de errores, y se los pasa al nivel de red junto con la dirección de destino.

En el receptor este nivel se encarga de ordenar y unir las tramas para generar de nuevo la información original.

Para implementar el nivel de transporte se utilizan dos protocolos:

- **UDP:** proporciona un nivel de transporte no fiable de datagramas, ya que apenas añade información al paquete que envía al nivel inferior, solo la necesaria para la comunicación extremo a extremo. Lo utilizan aplicaciones como Network File System (NFS) y Remote Procedure Call (RPC), pero sobre todo se emplea en tareas de control.
- **TCP (Transport Control Protocol):** es el protocolo que proporciona un transporte fiable de flujo de bits entre aplicaciones. Está pensado para poder enviar grandes cantidades de información de forma fiable, liberando al programador de aplicaciones de la dificultad de gestionar la fiabilidad de la conexión (retransmisiones, pérdidas de paquete, orden en que llegan los paquetes, duplicados de paquetes) que gestiona el propio protocolo. Pero la complejidad de la gestión de la fiabilidad tiene un coste en eficiencia, ya que para llevar a cabo las gestiones anteriores se tiene que añadir bastante información a los paquetes a enviar. Debido a que los paquetes a enviar tienen un tamaño máximo, como más información añade el protocolo para su gestión, menos información que proviene de la aplicación podrá contener ese paquete. Por eso, cuando es más importante la velocidad que la fiabilidad, se utiliza UDP, en cambio TCP asegura la recepción en destino de la información a transmitir.

1.5.2.3 Nivel de red

También recibe el nombre de nivel Internet. Coloca la información que le pasa el nivel de transporte en datagramas IP, le añade cabeceras necesaria para su nivel y lo envía al nivel inferior. Es en este nivel donde se emplea el algoritmo de encaminamiento, al recibir un datagrama del nivel inferior decide, en función de su dirección, si debe procesarlo y pasarlo al nivel superior, o bien encaminarlo hacia otra máquina. Para implementar este nivel se utilizan los siguientes protocolos:

IP (Internet Protocol): es un protocolo no orientado a la conexión, con mensajes de un tamaño máximo. Cada datagrama se gestiona de forma independiente, por lo que dos datagramas pueden utilizar diferentes caminos para llegar al mismo destino, provocando que lleguen en diferente orden o bien duplicados. Es un protocolo no fiable, eso quiere decir que no corrige los anteriores problemas, ni tampoco informa de ellos. Este protocolo recibe información del nivel superior y le añade la información necesaria para su gestión (direcciones IP checksum)

ICMP (Internet Control Message Protocol): proporciona un mecanismo de comunicación de información de control y de errores entre máquinas intermedias por las que viajarán los paquetes de datos. Estos datagramas los suelen emplear las máquinas (gateways, host,...) para informarse de condiciones especiales en la red, como la existencia de una congestión, la existencia de errores y las posibles peticiones de cambios de ruta. Los mensajes de ICMP están encapsulados en datagramas IP...

IGMP (Internet Group Management Protocol): este protocolo está íntimamente ligado a IP. Se emplea en máquinas que emplean IP multicast. El IP multicast es una variante de IP que permite emplear datagramas con múltiples destinatarios. También en este nivel tenemos una serie de protocolos que se encargan de la resolución de direcciones:

ARP (Address Resolution Protocol): cuando una maquina desea ponerse en contacto con otra conoce su dirección IP, entonces necesita un mecanismo dinámico que permite conocer su dirección física. Entonces envía una petición ARP por broadcast (o sea a todas las maquinas). El protocolo establece que solo contestara a la petición, si esta lleva su dirección IP. Por lo tanto solo contestara la máquina que corresponde a la dirección IP buscada, con un mensaje que incluya la dirección física. El software de comunicaciones debe mantener una cache con los pares IP-dirección física. De este modo la siguiente vez que hay que hacer una transmisión a esa dirección IP, ya se conoce la dirección física.

RARP (Reverse Address Resolution Protocol): a veces el problema es al revés, o sea, una máquina solo conoce su dirección física, y desea conocer su dirección lógica. Esto ocurre, por ejemplo, cuando se accede a Internet con una dirección diferente, en el caso de PC que acceden por módem a Internet, y se le asigna una dirección diferente de las que tiene el proveedor sin utilizar. Para solucionar esto se envía por broadcast una petición RARP con su dirección física, para que un servidor pueda darle su correspondencia IP.

BOOTP (Bootstrap Protocol): el protocolo RARP resuelve el problema de la resolución inversa de direcciones, pero para que pueda ser más eficiente, enviando más información que meramente la dirección IP, se ha creado el protocolo BOOTP. Este además de la dirección IP del solicitante, proporciona información adicional, facilitando la movilidad y el mantenimiento de las maquinas.

1.6.2.4 Nivel de enlace

Este nivel se limita a recibir datagramas del nivel superior (nivel de red) y transmitirlo al hardware de la red. Pueden usarse diversos protocolos: DLC(IEEE 802.2), Frame Relay, X.25, etc.

La interconexión de diferentes redes genera una red virtual en la que las máquinas se identifican mediante una dirección de red lógica. Sin embargo a la hora de transmitir información por un medio físico se envía y se recibe información de direcciones físicas. Un diseño eficiente implica que una dirección lógica sea independiente de una dirección física, por lo tanto es necesario un mecanismo que relacione las direcciones lógicas con las direcciones físicas. De esta forma podremos cambiar nuestra dirección lógica IP conservando el mismo hardware, del mismo modo podremos cambiar una tarjeta de red, la cual contiene una dirección física, sin tener que cambiar nuestra dirección lógica IP.

1.7 LAN (Local Area Network)

Red de área local, o red local, es la interconexión entre varios ordenadores y periféricos, su extensión está limitada físicamente a un edificio o a un entorno de pocos kilómetros, su aplicación más extendida es la interconexión de ordenadores personales y estaciones de trabajo para compartir recursos e intercambiar datos. [8]

La arquitectura LAN más común es Ethernet. Ethernet se utiliza para el transporte de datos entre dispositivos de una red, como ordenadores, impresoras y servidores de archivos. Los medios de comunicación Ethernet utilizan una trama de datos método de difusión para transmitir y recibir de datos a todos los nodos en los medios de comunicación compartidos. [9]

LAN Ethernet es un ejemplo de un acceso múltiple con detección de portadora/ detección de colisión (CSMA/CD) de la red, es decir, los miembros de una misma LAN transmiten la información al azar y retransmiten cuando se produce una colisión. El CSMA / CD red es un ejemplo clásico de una red de difusión porque todos los puestos de trabajo "ven" toda la información que se transmite en la red.

1.8 Bridge

Es un dispositivo de conexión que funciona en la capa de enlace de datos del modelo OSI. La tarea principal de un Bridge es interconectar dos segmentos de red para que esa información pueda ser intercambiada entre los dos segmentos.

Un bridge básicamente almacena un paquete que entra en un puerto, y cuando sea necesario, reenvía a través de otro puerto. Por lo tanto, es un dispositivo de almacenamiento y reenvío. Cuando un bridge envía información sólo se inspecciona la información de la capa de enlace de datos dentro de un paquete. Las razones para el uso de un bridge puede ser cualquiera de los siguientes:

- Para dar cabida a más usuarios en una red
- Para mejorar el rendimiento de una red.
- Para prolongar la duración de una red: Tecnologías tales como Ethernet especificar ciertas distancias máximas para una LAN. Un puente es una herramienta conveniente para extender la distancia para que más estaciones de trabajo se puede conectar.
- Para mejorar la seguridad
- Para conectar redes diferentes: un bridge también se puede usar para conectar dos redes distintas, como un Ethernet y un segmento de red en anillo. [9]

1.9 Routers

Los router funcionan en la capa 3 del modelo OSI de red. Un router inspecciona la información de un paquete correspondiente a la capa de red y reenvía el paquete en base a ciertas reglas. Ya que tiene que inspeccionar más información que sólo la formación de datos en la capa de enlace en un paquete, un router generalmente necesita más potencia de procesamiento que un Bridge para reenviar el tráfico. Sin embargo hay diferentes formas de inspeccionar la información en un paquete, tanto del router y el Bridge pueden alcanzar el mismo objetivo: el de la transmisión de información a un destino dado.

Un router es una pieza importante en los dispositivos de una red IP, ya que es el dispositivo de conexión para diferentes grupos de redes llamadas subredes IP. Todos los ordenadores en una red IP tiene un identificador único llamado dirección IP. La dirección IP se compone de dos partes llamado el número de red y el número de host. Los hosts asignados con diferentes números de red y que están en diferentes subredes tienen que ser conectados a través de un dispositivo intermedio como el router, antes de que puedan comunicarse. El router, en este caso, se llama la puerta de enlace predeterminada para los anfitriones. Toda la información intercambiada entre dos hosts de diferentes subredes tiene que ir a través del router.

Un Router tiene características de gran alcance en cuanto a la toma de decisiones basada en el protocolo y red de información como la dirección IP. Con la introducción de un potente CPU y más memoria, un router, incluso puede inspeccionar la información dentro de un paquete en una capa superior de la capa de red. Los routers ya pueden realizar tareas tales como el bloqueo de ciertos usuarios tengan acceso a dichas funciones como FTP o Telnet. Cuando un router realiza esa función, se dice que realiza tareas de filtrado.

Un router también se utiliza a menudo para conectar oficinas remotas a una oficina central. En este escenario, el router ubicado en la oficina remota por lo general viene con un puerto que se conecta a la LAN de la oficina local, y un puerto que se conecta a la amplia zona servicio, tales como una conexión RDSI. En la oficina central, hay una mayor capacidad de router que soporta más puertos de conexión para las oficinas remotas conexiones.

Aunque las razones para usar un router pueden ser los mismos que los especificados para un Bridge, algunas de las razones para elegir un router son:

- Los routers pueden contener el tráfico de difusión dentro de un determinado dominio de manera que no todos los usuarios se vean afectados.
 - Los routers pueden realizar funciones filtrado cuando se requieren aplicaciones de seguridad.
 - Los routers pueden proporcionar sofisticados servicios TCP / IP
 - Los routers tiene mucho más sofisticadas características de redundancia.
- [8]-[9]

1.10 Switch

Un Switch funciona en la misma capa del modelo OSI que el bridge, en la capa de enlace de datos. De hecho, un Switch se puede considerar un bridge multi-puerto. Mientras que un bridge envía tráfico entre dos segmentos de red, el switch tiene muchos puertos, y reenvía el tráfico entre los puertos.

Una gran diferencia entre un bridge y un switch es que un bridge hace su trabajo a través de funciones de software, mientras que un switch hace su trabajo a través de implementación de hardware. Por lo tanto, un Switch es más eficiente que un bridge.

Los primeros switchs usaban el modo store-and-forward, luego la siguiente generación ofreció una nueva característica llamada modo cut-through mediante el cual un paquete se reenvía incluso antes de que el switch haya recibido el paquete entero. Esto mejora enormemente el rendimiento del switch. Más tarde, un nuevo método denominado modo adaptive cut-through este modo opera al switch en cut-through y cae de nuevo a modo store-and-forward si se descubre que los paquetes se envían con errores usando cyclic redundancy check (CRC).

Los switches se utilizan para conectar múltiples dispositivos de la misma red dentro de un edificio o campus. Por ejemplo, un switch puede conectar sus ordenadores, impresoras y servidores, creando una red de recursos compartidos. El switch actuará como un controlador, permitiendo a los diferentes dispositivos compartir información y comunicarse entre sí. Mediante el uso compartido de información y la asignación de recursos, los switches permiten ahorrar dinero y aumentar la productividad. [8]-[9]

Existen dos tipos básicos de switches: gestionados y no gestionados.

- Los switches no gestionados funcionan de forma automática y no permiten realizar cambios. Los equipos de redes domésticas suelen utilizar switches no gestionados.
- Los switches gestionados le permiten acceder a ellos para programarlos. Esto proporciona una gran flexibilidad porque el switch puede monitorizarse y ajustarse local o remotamente, para proporcionarle el control de cómo se transmite el tráfico en su red y quién tiene acceso a su red. [10]

1.11 Switches Capa 3

Son los switches que, además de las funciones tradicionales de la capa 2, incorporan algunas funciones de ruteo, como por ejemplo la determinación del camino de repaso basado en informaciones de capa de red (capa 3), validación de la integridad del cableado de la capa 3 por checksum, y soporte a los protocolos de ruteo tradicionales (RIP, OSPF, etc.)

Los switches de capa 3 soportan también la definición de redes virtuales (VLAN's), y posibilitan la comunicación entre las diversas VLAN's, sin la necesidad de utilizar un router externo.

Por permitir la unión de segmentos de diferentes DOMINIOS DE BROADCAST, los

switches de capa 3 son particularmente recomendados para la segmentación de LAN's muy grandes, donde la simple utilización de switches de capa 2 provocaría una pérdida de performance y eficiencia de la LAN, debido a la cantidad excesiva de broadcasts.

Se puede afirmar que la implementación típica de un switch de capa 3 es más escalable que un router, pues éste último utiliza las técnicas de ruteo a nivel 3 y repaso a nivel 2 como complementos, mientras que los switches sobreponen la función de ruteo encima del switching, aplicando el ruteo donde sea necesario. [11]

1.12 Enrutamiento estático

Se crean e introducen tablas de ruteo en cada router de forma manual por el administrador de la red. Todos los registros en la tabla de ruteo tienen el estado de estático, lo cual significa que permanecen en vigor de manera infinita cuando el estado de algún elemento de la red cambia, el administrador debe introducir manualmente el cambio apropiado en las tablas de ruteo de aquellos router influidos por él. [8]

1.13 Enrutamiento dinámico

Asegura la actualización automática de las tablas de ruteo cuando se modifica la configuración de la red. La actualización de las tablas de enrutamiento es precisamente la tarea para la que son necesarios los protocolos de enrutamiento. Estos protocolos funcionan con algoritmos que permiten a todos los router coleccionar información referente a la topología del enlace en la red y reflejar de manera flexible todos los cambios en la configuración del enlace en el momento. [8]

1.14 Direcciones IP

En una red TCP/IP los ordenadores se identifican mediante un número que se denomina dirección IP. Esta dirección ha de estar dentro del rango de direcciones

asignadas al organismo o empresa a la que pertenece, estos rangos son concedidos por un organismo central de Internet, el NIC (Network Information Center).

Una dirección IPv4 está formada por 32 bits, que se agrupan en octetos:

01000001 00001010 00000010 00000011 las direcciones IP se presentan en formato decimal, representando el valor decimal de cada octeto y separando con puntos: 129.10.2.3

La dirección de una máquina se compone de dos partes cuya longitud puede variar:

·Bits de red: son los bits que definen la red a la que pertenece el equipo.

Bits de host: son los bits que distinguen a un equipo de otro dentro de una red.

Los bits de red siempre están a la izquierda y los de host a la derecha.

Si se enumeran todas las posibles direcciones IP, que se extienden desde la 0.0.0.0 a 255.255.255.255. Esto da un total de más de cuatro mil millones posibles direcciones IP ($255 \times 255 \times 255 \times 255 = 4228250625$), muchas de estos están reservados para propósitos especiales y no debe ser asignado a los hosts. Cada una de las direcciones IP se usa como un identificador único que distingue a una red nodo de otra.

Las redes interconectadas deben ponerse de acuerdo sobre un plan de direccionamiento IP. Las Direcciones IP deben ser únicas y no se deben utilizar en diferentes lugares al mismo tiempo, de lo contrario, los routers no saben cuál es la mejor ruta para un paquete. [12]

1.15 Máscara de red y la longitud de prefijo

El concepto y la definición de una máscara de red y el campo de longitud de prefijo se relacionan jerárquicamente y está dirigida con implementación de la red.

Una máscara de subred es un valor de 32 bits que identifica qué bits de una dirección representan bits de red y que representan bits de host. Para crear una

máscara de subred de una dirección, se usa un 1 para cada bit de la dirección que desea representar la porción de red o subred de la dirección, y el uso de un 0 para cada bit de la dirección que desea representar la porción de nodo de la dirección. Los 1s en la máscara son contiguos. [12]

1.15 VLSM

Variable length subnet mask es una técnica que permite dividir subredes en redes más pequeñas pero la regla que hay que tener en consideración siempre que se utilice VLSM es que solamente se puede aplicar esta técnica a las direcciones de redes/subredes que no están siendo utilizadas por ningún host, VLSM permite crear subredes más pequeñas que se ajusten a las necesidades reales de la red (los routers que utilizan protocolos de enrutamiento ‘sin clase’ como OSPF pueden trabajar con un esquema de direccionamiento IP que contenga diferentes tamaños de máscara, no así los protocolos de enrutamiento ‘con clase’ que solo pueden trabajar con un solo esquema de direcciones IP, es decir una misma máscara para todas las subredes dentro de la RED-LAN). El protocolo CIDR (Resumen de Rutas) es la simplificación de varias direcciones de redes o subredes en una sola dirección IP Patrón que cubra todo ese esquema de direccionamiento IP.

CIDR usa VLSM para asignar direcciones IP a subredes de acuerdo a las necesidades de cada subred. De esta forma, la división red/host puede ocurrir en cualquier bit de los 32 que componen la dirección IP. Este proceso puede ser recursivo, dividiendo una parte del espacio de direcciones en porciones cada vez menores, usando máscaras que cubren un mayor número de bits. [8]-[12]

Las direcciones de red CIDR/VLSM se usan a lo largo y ancho de la Internet pública, y en muchas grandes redes privadas. El usuario normal no ve este uso puesto en práctica, al estar en una red en la que se usarán, por lo general, direcciones de red privadas recogidas en la *Request For Comments* documento 1918.

1.16 Protocolo de enrutamiento por estado de enlace

El router crea una vista completa o topología de la red al recopilar información proveniente de ella, con esta información se crea un mapa de la topología de esta y selecciona la mejor ruta hacia las redes de destino en la topología. La actualización del estado de enlace sólo se envía cuando se produce un cambio en la topología. Su protocolo más representativo es el OSPF.

3.16.1 Open Shortest Path First (OSPF).

Es un protocolo de enrutamiento jerárquico que envía actualizaciones a medida que la red cambia su topología, usa el algoritmo Dijkstra de estado de enlace para calcular la ruta más corta posible. Usa el costo como su medida de métrica. Los algoritmos que usa son de disposición pública.

Open Short Path First versión 2, es un protocolo de routing interno basado en el estado del enlace o algoritmo Short Path First, estándar de Internet, que ha sido desarrollado por un grupo de trabajo del Internet Engineering task Force IETF, cuya especificación viene recogida en el RFC 2328. OSPF, ha sido pensado para el entorno de Internet y su pila de protocolos TCP/IP, como un protocolo de routing interno, es decir, que distribuye información entre routers que pertenecen al mismo Sistema Autónomo.

OSPF es la respuesta de IAB (Internet Architecture Board) a través del IETF, ante la necesidad de crear un protocolo de routing interno que cubriera las necesidades en Internet de routing interno que el protocolo RIP versión 1 ponía de manifiesto:

- Lenta respuesta a los cambios que se producían en la topología de la red.
- Poco bagaje en las métricas utilizadas para medir la distancia entre nodos.
- Imposibilidad de repartir el tráfico entre dos nodos por varios caminos si estos existían por la creación de bucles que saturaban la red.
- Imposibilidad de discernir diferentes tipos de servicios.

- Imposibilidad de discernir entre host, routers, diferentes tipos de redes dentro de un mismo Sistema Autónomo.

Algunos de estos puntos han sido resueltos por Routing Information Protocolo (RIP) versión 2 que cuenta con un mayor número de métricas así como soporta CIRD, routing por subnet y transmisión multicast.

Pero el desarrollo de OSPF por parte del IETF se basa fundamentalmente en la introducción de una algoritmia diferente de la utilizada hasta el momento en los protocolos estándar de routing interno en TCP/IP para el cálculo del camino mínimo entre dos nodos de una red.

1.16.2 Mensajes de OSPF.

Existen cinco tipos de mensajes del protocolo OSPF:

- HELLO o Saludo se usa para:

Identificar a los vecinos, para crear una base de datos en mapa local.

Enviar señales de <estoy vivo>, al resto de routers para mantener el mapa local.

Elegir un router designado para una red multienvío

Encontrar al router designado existente.

Enviar señales de <estoy vivo>

- Database Description Packets o Descripción de la base de datos se usa para:

Intercambiar información para que un router pueda descubrir los datos que le faltan durante la fase de inicialización o sincronización cuando dos nodos han establecido una conectividad.

- Link State Request o Petición del estado del enlace se usa para pedir datos que un router se ha dado cuenta que le faltan en su base de datos o que están obsoletos durante la fase de intercambio de información entre dos routers.

- Link State Request o Actualización del estado del enlace se usa como respuesta a los mensajes de Petición de estado del enlace y también para informar dinámicamente de los cambios en la topología de la red. El emisor retransmitirá hasta que se confirme con un mensaje de ACK.
- Link State ACK o ACK del estado del enlace se usa para confirmar la recepción de una Actualización del estado del enlace.

Funcionamiento básico de OSPF.

El fundamento principal en el cual se basa un protocolo de estado de enlace es en la existencia de un mapa de la red el cual es poseído por todos los nodos y que regularmente es actualizado.

Para llevar a cabo este propósito la red debe de ser capaz de entre otros objetivos de:

- Almacenar en cada nodo el mapa de la red.
- Ante cualquier cambio en la estructura de la red actuar rápidamente, con seguridad si crear bucles y teniendo en cuenta posibles particiones o uniones de la red.

1.16.3 Mapa de Red Local

La creación del mapa de red local en cada router de la red se realiza a través de una tabla donde:

Fila: representa a un router de la red; y cualquier cambio que le ocurra a ese router será reflejado en este registro de la tabla a través de los registros de descripción.

Columna: representa los atributos de un router que son almacenados para cada nodo. Entre los principales atributos por nodo tenemos: un identificador de interface, el número de enlace e información acerca del estado del enlace, o sea, el destino y la distancia o métrica.

Los routers envían periódicamente mensajes HELLO para que el resto de routers, tanto si pertenecen al mapa local como a un circuito virtual para sepan que están activos.

Para que un router sepa que sus mensajes se están escuchando los mensajes HELLO incluyen una lista de todos los identificadores de los vecinos cuyos saludos ha oído el emisor.

Respuesta ante un cambio en la topología de la red

Un cambio en la topología de la red es detectado en primer lugar o por el nodo que causó el cambio o por los nodos afectados por el enlace que provocó el cambio. El protocolo o mecanismo de actualización la información por la red debe ser rápido y seguro, y estos son los objetivos del protocolo de inundación y de intercambio o sincronización empleado en OSPF.

Protocolo de Inundación: The flooding Protocol.

Este protocolo consiste en el paso de mensajes entre nodos, partiendo el mensaje del nodo o nodos que han advertido el cambio, tal que cada nodo envía el mensaje recibido por todas sus interfaces menos por la que le llega siempre y cuando no haya recibido ese mensaje, para ello cada mensaje cuenta con un identificador de mensaje o contador de tiempo para constatar su validez.

Un cambio en un enlace de la red puede dejar aislados a unos nodos de la red, es decir, puede partir la red. Este cambio tal como está planteado el mapa local no es problema ya que aunque todos los nodos de la red inicial no tendrán el mismo mapa local este sí que será idéntico para cada uno de los nodos en cada una de sus particiones.

Del mismo modo debemos considerar el caso contrario que ocurre cuando un cambio en la topología de la red provoca una unión de redes de nodos, ya que pueden surgir problemas como la existencia de enlaces modificados en una mapa local de un nodo de una subred que no está modificado en el mapa local de la otra subred. El

proceso mediante el cual se produce el chequeo del mapa local de las diferentes subredes para formar uno idéntico para todos los nodos de la nueva red se denomina:

Protocolo de Chequeo de Mapas: Bringing Up Adjacencies

Se basa en la existencia de que existen identificadores de enlace y número de versiones, a partir de estos OSPF forma unos paquetes de descripción del mapa local e inicializa un proceso de sincronización entre un par de routers de la red que tiene dos fases:

Intercambio de paquetes de descripción del mapa local entre los nodos y en cada nodo creación de una lista de nodos especiales a tener en cuenta o bien porque su número de versión es mayor que la copia local o bien porque no existía en ese mapa local el identificador del enlace.

Creación en cada nodo de paquetes con información acerca de esos nodos especiales que se envían a sus vecinos para que corroboren la información.

Tras terminar este intercambio de información, ambos routers conocen:

- Nodos que son obsoletos en su mapa local.
- Nodos que no existían en su mapa local.

Los mensajes que se usan para solicitar todas las entradas que necesiten actualización son los Link State Request o mensajes de petición de estado de enlace.

Los mensajes de respuesta son los Link State Update.

1.16.4 Características de OSPF.

Las principales características son:

- Respuesta rápida y sin bucles ante cambios.
- La algoritmia SPF sobre la que se basa OSPF permite con la tecnología actual que existe en los nodos un tiempo de respuesta en cuanto al tiempo de computación para el cálculo del mapa local de la red mucho más rápido que

dicho calculo en el protocolo RIP. Además como todos los nodos de la red calculan el mapa de manera idéntica y poseen el mismo mapa se genera sin bucles ni nodos que se encuentren contando en infinito; principal problema sufrido por los protocolos basados en la algoritmia de vector distancia como RIP.

- Seguridad ante los cambios.

Para que el algoritmo de routing funcione adecuadamente debe existir una copia idéntica de la topología de la red en cada nodo de esta.

Existen diversos fallos que pueden ocurrir en la red como fallos de los protocolos de sincronización o inundación, errores de memoria, introducción de información errónea.

El protocolo OSPF especifica que todos los intercambios entre routers deben ser autenticados. El OSPF permite una variedad de esquemas de autenticación y también permite seleccionar un esquema para un área diferente al esquema de otra área. La idea detrás de la autenticación es garantizar que sólo los routers confiables difundan información de routing.

Soporte de múltiples métricas.

La tecnología actual hace que sea posible soportar varias métricas en paralelo.

Evaluando el camino entre dos nodos en base a diferentes métricas es tener distintos mejores caminos según la métrica utilizada en cada caso, pero surge la duda de cuál es el mejor. Esta elección se realizara en base a los requisitos que existan en la comunicación.

Diferentes métricas utilizadas pueden ser:

- Mayor rendimiento.
- Menor retardo.
- Menor coste.
- Mayor fiabilidad

La posibilidad de utilizar varias métricas para el cálculo de una ruta, implica que OSPF provea de un mecanismo para que una vez elegida una métrica en un paquete para realizar su routing esta sea la misma siempre para ese paquete, esta característica dota a OSPF de un routing de servicio de tipo en base a la métrica.

El continuo crecimiento de Internet es debido a que cada vez son más los sistemas autónomos que se conectan entre sí a través de routers externos. Además de tener en cuenta la posibilidad de acceder al exterior del sistema autónomo a través de un determinado router externo u otro se debe tener en cuenta que se tiene varios proveedores de servicios y es más versátil elegir en cada momento el router exterior y servicio requerido que establecer una ruta y servicio por defecto cuando se trata de routing externo como se tenía hasta ahora.

Redes Broadcast

OSPF da soporte a los servicios broadcast para ello implementa un mecanismo que simula el funcionamiento broadcast que se basa en la elección de un router como maestro a través del cual se pasaran todas las comunicaciones entre dos routers, es decir se establece el “designated router” y se crea un “virtual node”.

Para realizar el mapa local cada router tendrá dos enlaces:

Un enlace de él hacia su propia red broadcast cuyo enlace conocerá el propio router. Un enlace de él hacia el “virtual node”, que será identificado por el router designado o “designated router”

La presencia del “designated router” es la de simplificar el procedimiento broadcast, ya que cuando un router quiere enviar un mensaje envía un mensaje al “designated router” usando la dirección multicast “all-designated router” (224.0.0.6). Si es un nuevo mensaje el “designated router” lo reenvía a la red usando la dirección multicast “all-OSPF-routers” (224.0.0.5).

Si el “designated router” tiene problemas de funcionamiento todo este procedimiento fallará, por ello cuando se elige al “designated router” OSPF también elige al mismo tiempo al “backup designated router” con el cual también mantienen enlaces virtuales todos los routers, que en caso de fallo asumirá el rol de router designado y otro router será elegido como backup.

El router de backup permanece siempre en escucha de todos los mensajes cuya dirección multicast es “all-designated-router” a la espera del fallo del “designated router”, que es detectado por el protocolo HELLO del OSPF.

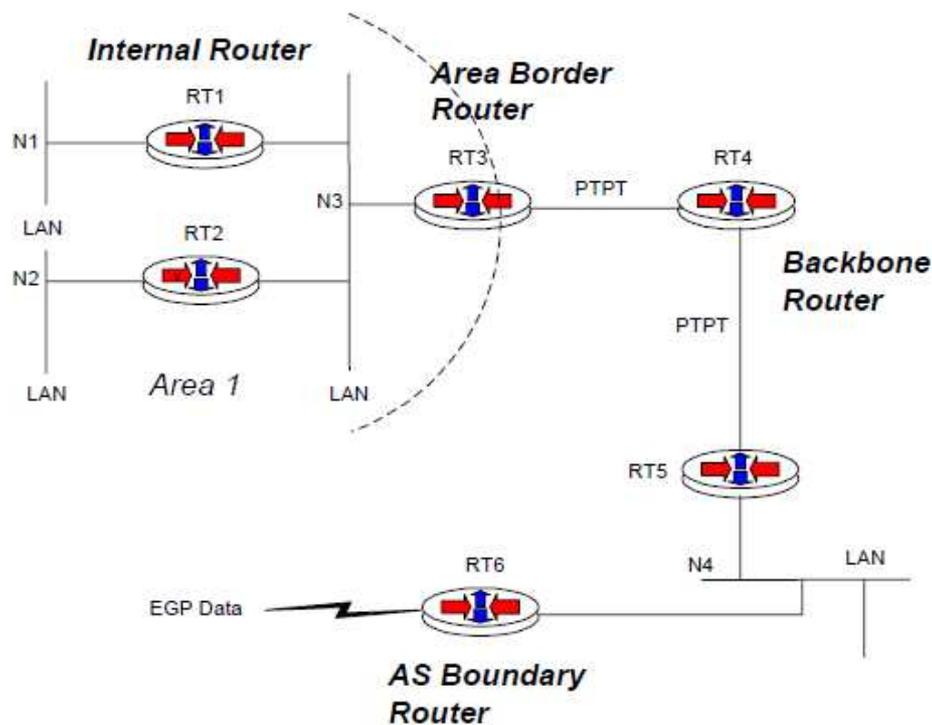


Figura 5 Tipos de routers OSPF
Fuente: Manuales VERSO

Routing Jerárquico:

El routing jerárquico surge de la necesidad de resolver el problema debido al aumento del tamaño de las redes que implica un mayor coste en cálculo de rutas, tiempo de transmisión de datos, memoria.

OSPF establece una jerarquía en la red y la parte en “áreas”, existiendo un área especial denominada “backbone area”.

En un “área” se aplica el protocolo OSPF de manera independiente como si de una red aislada se tratase, es decir, los routers del área solo contiene en su mapa local la topología del área, así que el coste en cálculo es proporcional al tamaño del área y no de la totalidad de la red.

Cada área incluye un conjunto de subredes IP. La comunicación entre routers de un área se resuelve directamente a través del mapa local de área que cada router posee.

Estas áreas se conectan entre sí a través del “backbone area”, mediante routers que pertenecen normalmente a una “área” y al “backbone area”. Estos routers se denominan “area-border routers” y como mínimo existe uno entre un área y el backbone.

Los “area-border routers” mantienen varios mapas locales de estado de enlaces, uno por cada área a las cuales pertenecen. Estos emiten unos registros de estados de enlaces para anunciar que conjunto de subredes IP son accesibles a través de ellos. Cuando un router de un área quiere intercambiar tráfico con un router de otra área, estos deben realizarlo a través de los “area-border routers”. Estas se denominan “inward routes”.

Existe otro tipo de router el que realiza el intercambio de tráfico con routers de otros sistemas autónomos. La información almacenada en cada router externo es idéntica para cada una de ellos

La sumarización de registros representa los enlaces entre un “area-border router” y una red en el “backbone area” o en otra área. La métrica utilizada es la longitud del camino entre el “area-border router” y la red. Este mecanismo va a permitir que diferentes “area-border router” establezcan para un destino diferentes caminos, según el resultado de su métrica pero con la salvedad de que no producirán

bucles, debido a que la estricta jerarquía de OSPF solo permite que se conecten áreas a través del backbone.

OSPF provee en su jerarquía de routing la posibilidad de que un área se divida en dos a causa de algún fallo en los enlaces o en los routers pero siempre se quedan los fragmentos conectados directamente al “backbone area” a través de dos condiciones:

Los “area-border router” solo se guardan los enlaces de las redes y subredes que son alcanzables por ese router en un momento determinado.

El “backbone area” se guarda información de las redes que componen cada área aunque no de su topología.

El mecanismo OSPF para solucionar el caso de una partición del “area backbone” está un poco sujeto a por donde se realiza esta partición ya que este podrá ser cubierto siempre y cuando existan “area-border router” que sean capaces de establecer caminos virtuales por dentro de sus áreas para establecer nuevos caminos de intercambio de información.

Estos describirán enlaces virtuales que deben ser almacenados en la base de registros del “area backbone”.

La métrica del enlace virtual será calculada teniendo en cuenta el coste de los enlaces reales por los que pasa el enlace virtual en el área local donde se realiza el enlace virtual.

A partir de este enlace virtual deben ser sincronizados y actualizados todos los routers del “area backbone”.

Stub Areas:

El problema del incremento de rutas externas que debían ser sumarizadas en multitud de áreas pequeñas ha quedado resuelto con la introducción del concepto de “stub area” un área donde todas las rutas externas son sumarizadas por una ruta por defecto.

Un stub area funciona exactamente igual que un área normal de OSPF con unas cuantas restricciones, acerca de prohibir la entrada de rutas externas en las bases de datos de los routers.

Una stub area puede estar conectada por más de un “area-border router” al backbone, pero no se podrá elegir para salir del área el router, ni configurar un enlace virtual sobre una stub area.

También no se podrá conectar un “border route” con una “stub area”. Esto es lógico si se considera que los “border routers” conectan los sistemas autónomos con Internet y normalmente deberían estar sujetos a la “backbone area”. [8]-[12]-[13]-[14]

1.17 Calidad de Servicio (QoS)

Cualquiera sea la forma en que es mensurada, la Calidad de Servicio es esencial para cualquier red de convergencia de servicios. Calidad de Servicio es el efecto colectivo del rendimiento de la red, lo que determina el grado de satisfacción de los usuarios del servicio y está caracterizada por la combinación de aspectos tales como: soporte, operatividad, seguridad y otros factores específicos de cada servicio. Para lograr el más alto grado de calidad, las técnicas y procedimientos de QoS deben ser implementadas en todos los dispositivos de la red.

1.18 Clase de Servicio (CoS)

Debido a que no todos los paquetes son iguales, ni sus requerimientos del desempeño de la red, es que se hace necesario clasificarlos (distinguir un paquete con distintas necesidades de servicio de otro) para que la red les dé un tratamiento diferencial. Clase de Servicio es un esquema de clasificación con que son agrupados los tráficos que tienen requerimientos de rendimiento similares, de manera de diferenciar los tipos de tráficos y por ende poder priorizarlos. Cada nivel de prioridad está diseñado para soportar tipos específicos de tráficos. Los rasgos de la QoS pueden ser especificados mediante los números de las clases de servicio.

Modelos de Calidad de Servicio

Tal como se relató anteriormente, los dos modelos en uso para implementar QoS son Servicios Integrados (IntServ) y Servicios Diferenciales (DiffServ). [15]

1.19 Servicios Integrados (IntServ)

La metodología de IntServ incorpora una semántica de provisión de QoS entre extremos de la red IP para predeterminados flujos de información. Un “flujo” es un discernible secuencia de paquetes IP desde un único transmisor destinado a un único receptor que pertenece de un único usuario y requiere el mismo QoS. Para realizar la configuración de la red IntServ usa el protocolo de señalización RSVP.

IntServ define tres grandes clases de servicios, que una aplicación puede requerir: Los Servicios Garantizados, proveen condiciones seguras y garantizadas (matemáticamente probables) en una comunicación entre extremos. De Carga Controlada, provee la misma Calidad de Servicio que un flujo recibiría si la red estuviera aliviada pero asegurando que el servicio se conservaría aun cuando la red estuviera sobrecargada, y Servicio del Mejor esfuerzo, donde no se garantiza ningún servicio.

Las ventajas de IntServ son: Simplicidad conceptual, que facilita que toda la red mantenga una política de administración integrada, La posibilidad de crear reglas de QoS para flujos discretos, lo que posibilita la generación de llamadas de voz, y la Capacidad de Control de Admisión de Llamadas (CAC), lo que permite conocer a los nodos extremos sobre la disponibilidad de ancho de banda.

Las desventajas son: Todos los elementos deben mantener el estado e intercambiar mensajes de señalización por cada flujo que manejen, Se necesitan mensajes periódicos de refresco para mantener las sesiones, los que aumenta el tráfico en la red y es susceptible a pérdidas de paquetes, y todos los nodos intermedios deben tener RSVP en sus funciones. [6]

1.20 Servicios Diferenciados (DiffServ)

DiffServ ofrece diferentes niveles de servicios de red, habilitando escalabilidad diferenciada de servicios en Internet, sin la necesidad de mantener estados ni señalización por cada flujo de datos en cada nodo de la red.

DiffServ es orientado a no reservación, que no establece un canal virtual sobre la red y por lo tanto no realiza ninguna reserva de servicios. Típicamente divide la red en “el borde” (edge) y “el núcleo” (core). En el Borde, se analizan los paquetes para determinar de donde y hacia dónde va el tráfico, cuales son los servicios y aplicaciones involucradas y otras características deviniendo en una “clase” particular de flujo. El tratamiento de cada clase es descrita por el comportamiento que debe adoptar cada nodo (PHB). En el borde los paquetes son “marcados” utilizando un campo especial en el encabezamiento IP siguiendo las técnicas de precedencia IP (IPP) o Differentiated Service Code Points (DSCP). [6]-[16]

En el núcleo, los nodos utilizan este campo para determinar la prioridad en el reenvío de los paquetes y/o su descarte. Los servicios diferenciales son, en definitiva, definidos por la especificación de PHB, tales como: Reenvío expeditivo (expedited forwarding), que suministra un servicio de prioridad estricta; Reenvío asegurado (assured forwarding), que suministra un servicio garantizado para cierto nivel de tráfico, no dando garantías para tráfico excedente; Selectores de Clase (Class selectors), suministra puntos de código (code points) que pueden ser usados para compatibilidad con el modelo de “ip precedence”; y Servicios de mejor esfuerzo (best-effort) que no da garantías de transporte. Las ventajas de DiffServ incluyen: Escalabilidad, ya que no necesita mantener estados ni información de flujos; Desempeño, los paquetes solo son inspeccionados una sola vez cuando se produce la clasificación; Interoperabilidad, todos los dispositivos funcionan en protocolo IP; Flexibilidad, los nodos tienen libertad para implementar cualquier procedimiento de QoS siempre que cumpla con el PHB.

Mientras que la principal desventaja es que los servicios no están estrictamente garantizados, ya que al no haber reserva de ancho de banda entre extremos, cualquier nodo mal configurado y/o que no soporte el PHB propuesto puede descartar flujos de clases establecidas. [6]-[16]

1.21 IEEE 802.1P/Q:

LAN de capa 2 QoS / CoS para el Protocolo de priorización de tráfico. La especificación IEEE 802.1p permite a los switches de Capa 2 priorizar el tráfico y realizar el filtrado dinámico multicast. La especificación de priorización trabaja en la capa de acceso y con Media Access Control (MAC) (OSI modelo 2). La norma 802.1 P también ofrece disposiciones para filtrar el tráfico de multidifusión para asegurarse de que no proliferan sobre la capa 2 conmutación innecesaria.

El encabezado 802.1p incluye un campo de tres bits para establecer prioridades, lo que permite que los paquetes se agrupen en clases de tráfico. La IEEE ha hecho recomendaciones generales sobre cómo los administradores de red pueden implementar estas clases de tráfico, pero no se llega a la imposición del uso de sus recomendaciones. También se puede definir como calidad de servicio de mejor esfuerzo (Quality of Service) o de CoS (Class of Service) en la Capa 2 y se implementa en los adaptadores y conmutadores de red sin que ello suponga ningún tipo de configuración de reserva. Tráfico 802.1p simplemente clasifica y se envía al destino, sin el establecimiento de reservas de ancho de banda. [6]

1.22 VLAN

Es una agrupación lógica de dispositivos de red o los usuarios que no son restringidos a un segmento de conmutadores físicos. Los dispositivos o usuarios en una VLAN pueden ser agrupados según su función, departamento, la aplicación, y así sucesivamente, sin importar su ubicación del segmento físico. Una VLAN crea un único dominio de difusión que se no se limita a un segmento físico y es tratada como una subred.

Tipos de redes VLAN

Existen 3 métodos comunes utilizados para asignar un dispositivo a una VLAN:

- 1) Redes VLAN basadas en puertos
- 2) Redes VLAN basadas en protocolos
- 3) Redes VLAN basadas en MAC

1.22.1 Redes VLAN basadas en puertos

Para este tipo de redes VLAN se configura manualmente un puerto de conmutación que actuará como miembro de una VLAN específica. Cualquier dispositivo conectado a este puerto, pertenecerá al mismo dominio de broadcast que el resto de puertos configurados con el mismo número de VLAN. El reto de las VLAN basadas en puertos, reside en documentar que puerto pertenece a cada VLAN. La información de pertenencia a la VLAN no aparece en la parte delantera del switch. El resultado es que la pertenencia a la VLAN no puede determinarse simplemente mirando el puerto de conmutación físico. La pertenencia sólo puede determinarse observando la configuración.

1.22.2 Redes VLAN basadas en protocolos

Con redes VLAN basadas en protocolos, el protocolo de nivel 3 incluido en la trama se utiliza para determinar la pertenencia a la red VLAN. Si bien esto puede funcionar en entornos multiprotocolo, en una red basada predominantemente en IP, el método no resulta práctico.

1.22.3 Redes VLAN basadas en MAC

Un problema de las redes VLAN basadas en puertos es que si el dispositivo original se desconecta del puerto y se conecta otro, el nuevo dispositivo se encontrará en la misma VLAN que el original. Imaginemos que en el ejemplo anterior de la VLAN de impresoras se desconecta una impresora de un puerto de conmutación y que un dispositivo de contabilidad se conecta a ese puerto vacío. El dispositivo de

contabilidad estaría ahora en la VLAN de impresoras, algo que podría limitar el acceso de ese mismo dispositivo a los recursos de la red.

Las redes basadas en MAC pretenden solucionar este problema. En una red VLAN basada en MAC, la pertenencia a la VLAN se basa en la dirección MAC del dispositivo, no en el puerto de conmutación físico. Si un dispositivo se mueve de un puerto de conmutación a otro, la pertenencia a la VLAN sigue al dispositivo. Por desgracia, la correlación de dirección MAC a VLAN es un proceso que lleva mucho tiempo y este tipo de redes VLAN se utiliza muy poco. [6]-[17]-[18]

El estándar IEEE 802.1p es una extensión de IEEE 802.1Q (VLAN tagging). El estándar 802.1Q especifica una etiqueta que se adjunta a una trama Ethernet MAC. La etiqueta de VLAN tiene dos partes: la identificación de VLAN (12 bits) y establecimiento de prioridades (3 bits). El campo de prioridad no se ha definido y utilizado en el estándar 802.1Q VLAN. El 802.1 P define este campo de prioridades.

IEEE 802.1p establece ocho niveles de prioridad. Aunque los administradores de red deben determinar las asignaciones reales, el IEEE ha hecho recomendaciones generales. La prioridad más alta es de siete, lo que podría ir al tráfico de redes críticas, tales como actualizaciones de la tabla en protocolos Routing Information Protocol (RIP) y Open Shortest Path First (OSPF). Los valores de cinco y seis podrían ser para las aplicaciones sensibles al retardo, como el vídeo interactivo y de voz. Cuatro clases de datos a través de una gama de aplicaciones de control de carga, tales como streaming multimedia y el tráfico crítico para el negocio - la realización de los datos de SAP, por ejemplo - a "la pérdida de derecho" de tráfico. El valor cero se utiliza como valor predeterminado de mejor esfuerzo, invoca automáticamente cuando no hay otro valor se ha fijado. [6]-[16]

CAPÍTULO II

INVENTARIO DE EQUIPOS Y MAPA

2.1 Inventario de los equipos Gigabit Ethernet, SDH, Onda portadora Digital, WDM a cargo de la Gerencia de Telecomunicaciones de CADAFE CORPOELEC

El inventario tiene como fin mantener organizada la información acerca de los equipos Gigabit Ethernet, SDH, Onda portadora Digital, WDM a cargo de la Gerencia de Telecomunicaciones de CADAFE CORPOELEC y así llevar un control que permita manejar con detalle la ubicación y cantidad de dichos equipos.

Por la dinámica natural de la empresa se recurre a la rotación de equipos de comunicaciones por las subestaciones con la finalidad de aprovechar mejor las ventajas de los mismos según la necesidad de la empresa en determinado momento, por diversos motivos la rotación de equipos no es informada de manera expedita a la Gerencia de Telecomunicaciones por las unidades de Operaciones y Mantenimiento y se genera una incertidumbre en cuanto a la ubicación de los equipos, el inventario persigue recluir información actualizada sobre la ubicación de los equipos en las subestaciones.

Se realizaron contactos a través de la Gerencia de Telecomunicaciones con las distintas regiones con el fin de que estas entregaran la información pertinente para la realización del inventario. En cuanto a las subestaciones próximas a instalarse o entrar en estado operativo se recurrió a la oferta pública hecha por CADAFE para los distintos proyectos. Estas ofertas públicas tienen la información del equipamiento en las subestaciones.

También se realizó un banco de direcciones IP donde se consiguen todas las direcciones que se usan y se usarán para las subestaciones.

El inventario se presenta de 2 maneras. La primera es de forma escrita, donde se especifica por subestación indicando la cantidad de equipos se encuentra en la misma clasificándolos por el tipo de tecnología. La otra manera es plasmar la información en un mapa geográfico y así manejar la información de manera visual.

2.2 Mapa

Para la edición del mapa se hizo necesaria la selección de un software el cual contase con las herramientas que permitiesen trabajar con capas, agregar elementos gráficos como líneas, triángulos, etc. Además de poder tomar el mapa en su formato pdf original y generar otro con formato donde el programa seleccionado fuese capaz de poder editarlo. La condición importante es que el software seleccionado se use de manera legal. CADAFE CORPOELEC actualmente no posee licencia de software relacionado a la edición o creación de mapas.

Entre los software ubicado para la realización del mapa se consiguieron los siguientes:

- MapInfo.
- Adobe Illustrator.
- Inkscape.
- Autocad.

Haciendo referencia al documento presentado por el Centro Nacional de Tecnologías de información CNTI denominado Evaluación de Alternativas Libres para los software privativos MapInfo, Suite Adobe, Autocad. Ellos establecen una alternativa a los software licenciados según la aplicación como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2 Alternativa de software libre

| Software Privativo | Alternativa Libre |
|---------------------------|--------------------------|
| <i>Illustrator</i> | <i>Inkscape</i> |
| <i>InDesign</i> | <i>Scribus</i> |
| <i>Photoshop</i> | <i>GIMP</i> |

Fuente: Evaluación de Alternativas Libres para los software privativos MapInfo, Suite Adobe, Autocad

El software seleccionado para la edición del mapa es Inkscape ya que este cumple con todas las condiciones mencionadas anteriormente y usa un entorno amigable e intuitivo que permite una rápida comprensión de cómo usar sus herramientas. Cabe resaltar que el mapa presentado es un mapa creado por la unidad de desarrollo de CADAFE CORPOELEC

El mapa está dividido en capas con el fin de precisar la información de manera rápida, se crearon varias para clasificar según la tecnología, líneas de transmisión, subestaciones y dirección IP. El mapa tiene las siguientes capas:

- Líneas de transmisión
- Equipos SDH
- Equipos Gigabit Ethernet.
- Equipos WDM.
- Equipos de Onda Portadora Digital.
- Direcciones IP

Según la información obtenida de las maneras mencionadas anteriormente estos son los resultados:

S/E. J.A. Páez

1 Fox 515

C.M J.A. Páez

1 Fox 515

S/E Ciudad Bolivia

1 Fox 515

S/E Barinas I

1 Fox 515

S/E Socopo

1 Fox 515

S/E Manzanares

1 Fox 515

Switch Gigabit Ethernet (4G) (24 FE)

Router Gateway

S/E Cumana II

1 Fox 515

Switch Gigabit Ethernet (24G) (16 FE)

6 Equipo de Onda Portadora Digital UCC2021D

2 Router Gateway

Softswitch PBX TDM/IP

FOX 515

S/E Cumana III

1 Fox 515

Switch Gigabit Ethernet (4G) (24 FE)

Router Gateway

S/E Tigre I CADAPE

Switch Gigabit Ethernet (4G) (24 FE)

1 Router Gateway

S/E Barbacoa I

Switch Gigabit Ethernet (4G) (24 FE)

2 Router Gateway

S/E Barbacoa II

Switch Gigabit Ethernet (4G) (24 FE)

2 Router Gateway

S/E Guanta II

Switch Gigabit Ethernet (4G) (24 FE)

3 Equipo de Onda Portadora Digital UCC2021D

2 Router Gateway

2 Switch Gigabit Ethernet (4) GigaEthernetOpticas, 24 Puertos 10/100/1000BaseT

Router/Gateway: (2) Ethernet 10/100BaseT, V.35., (2) E1, (2) 4H EyM, (2) FXS

S/E PAL

Switch Gigabit Ethernet (4G) (24 FE)

1 Router Gateway

Switch Gigabit Ethernet (4) GigaEthernetOpticas, 24 Puertos 10/100/1000BaseT

Router/Gateway: (2) Ethernet 10/100BaseT, V.35., (2) E1, (2) 4H EyM, (2) FXS

Central Telefonica PABX (10) Ext. TEF, (2) 10-100BaseT, (2) E1, (2) 4 E&M, (2)

Ext. CANTV.

S/E Cariaco

Switch Gigabit Ethernet (4G) (24 FE)

S/E Casanay

Switch Gigabit Ethernet (4G) (24 FE)
3 Equipo de Onda Portadora Digital UCC2021D
3 Router Gateway

S/E Bordones
Switch Gigabit Ethernet (4G) (24 FE)

S/E Guanta I
Switch Gigabit Ethernet (4G) (24 FE)

S/E Santa Fe
Switch Gigabit Ethernet (4G) (24 FE)

S/E TresPicos
Switch Gigabit Ethernet (4G) (24 FE)
Router Gateway

S/E BARBACOA I
Switch Gigabit Ethernet (4) GigaEthernetOpticas, 24 Puertos 10/100/1000BaseT
Router/Gateway: (2) Ethernet 10/100BaseT, V.35., (2) E1, (2) 4H EyM, (2) FXS
FOX 515 T
FOX 515

S/E VALCOR
Switch Gigabit Ethernet (4) GigaEthernetOpticas, 24 Puertos 10/100/1000BaseT
Router/Gateway: (2) Ethernet 10/100BaseT, V.35., (2) E1, (2) 4H EyM, (2) FXS

S/E Arenosa
FOX 515 T
FOX 515

S/E La Horqueta

FOX 515 T

FOX 515

S/E Ciudad Lozada

S/E FOX 515 T

FOX 515

S/E Santa Teresa

FOX 515 T

FOX 515

S/E Mariposa

FOX 515 T

FOX 515

S/E Rio Chico II

FOX 515 T

FOX 515

S/E Valencia

FOX 515 T

FOX 515

Pta Centro

FOX 515 T

FOX 515

S/E Isiro

FOX 515 T

FOX 515

S/E Pto Fijo II

FOX 515

FOX 515 T

S/E Pedro Camejo

FOX 515

2.3 Análisis de integración de los equipos

La función principal de los equipos WDM es prestar el enlace físico para el transporte de información a altas velocidades, el formato de donde provenga la información es transparente para los equipos WDM, ya que estos se encargan de recibir la información a frecuencias ópticas y luego son moduladas a las frecuencia en que los equipos WDM transmiten, en los sistemas de fibra óptica CADAFE CORPOELEC a nivel de capa de enlace o capa 2 se usa de manera predominante los estándar SDH y ETHERNET las cuales son completamente compatibles con los equipos WDM adquiridos por la empresa.

CADAFE CORPOELEC siguiendo su política de migrar las comunicaciones a entornos IP ha comprado switches o conmutadores capa 3 los cuales también cumple con la función de filtrar tráfico innecesario hacia los routers que se encargan de dar servicio de acceso en la subestación, estos switches capa 3 están basados en los estándares 802.3 de la IEEE los cuales son lo más apropiados para los protocolos IP.

Los equipos SDH pertenece según el modelo OSI a la capa de enlace o capa 2, debido a su naturaleza fundamentalmente síncrona, fueron definidos mecanismos como concatenación virtual incluyendo LCAS y GFP que hicieran un manejo eficiente del ancho de banda en tramas Ethernet que viajaran por redes SDH, los equipos SDH adquiridos por CADAFFE además de en su momento llegar a ser plataforma tecnológica más importante para el transporte de información, tienen tarjetas incorporadas para el transporte de tráfico IP. Cabe destacar que CADAFFE CORPOELEC en aras de migrar la tecnología hacia IP no sigue comprando equipos SDH.

Los switches capa 3 comprados por CADAFFE en sus interfaces manejan puertos 10/100 Base T, puertos Gigabit Ethernet, y opciones para hasta 10 Gigabit Ethernet, los puertos ópticos se conectan a los equipos WDM mencionados anteriormente y los puertos 10/100 Base T se conectan a los teléfonos IP, routers, e información proveniente de los equipos dedicado al sistema de control numérico.

Los routers o Gateway son los encargados de dar acceso a los servicios de telefonía analógica, telefonía digital y datos, estos poseen puertos para estándares E1, FXS, FXO, V35, puertos Ethernet 10/100 Base T, estos por lo general son los equipos que reciben la información de los equipos de onda portadora digital. Los router se conectan a los switches capa 3 para dar salida a los servicios.

Los equipos de onda portadora digital debido al poco ancho de banda que estos sistemas permiten, se usan para comunicar subestaciones a donde no llega fibra óptica o como respaldo de la fibra óptica, CADAFFE pasa por este sistema los datos que provienen de control numérico y un canal de voz de comprimido.

CAPÍTULO III

3 PLAN DE DIRECCIONAMIENTO IP Y CRITERIOS DE QoS

3.1 Plan de direccionamiento IP

La Gerencia de Ingeniería de Telecomunicaciones ha dictado parámetros generales para la implementación , puesta en servicios que ofrecen las tecnologías implementadas, con el fin de unificar criterios, aprovechar eficientemente los recursos de la red y llevar un control optimo se definieron parámetros específicos que permiten a CADAFE CORPOELEC entregar directrices de implementación a emprezas contratistas y obligar a que las mismas entreguen obras bajo un mismo esquema enmarcado en un plan que permita gozar de un sistema eléctrico confiable que responda a las demandas de consumo del país.

En un documento creado por la Gerencia de Ingeniería en febrero del 2008 de titulo **CRITERIOS DE ASIGNACIONES DE DIRECCIONES IP-CADAFE** que se puede revisar en el anexo numero 1 del presente trabajo, se definieron parámetros generales para la implementación y puesta en servicios que ofrecen las tecnologías

La Gerencia de Ingeniería de Telecomunicaciones para este trabajo de grado ha pedido la integración de otros servicios así como parámetros de configuración para su correcto funcionamiento. Los servicios son:

- Voz sobre IP.
- Gestión.
- Medición.
- Seguridad.
- Microondas.

Para telefonía IP la gerencia estima que son necesarios 7 teléfonos por subestación, para gestión y supervisión 10 equipos por subestación, para microondas

5 direcciones por subestación, para medición y seguridad 11 direcciones por cada una y por subestación.

Las direcciones de mascara de subred /24 asociadas a control numérico no se debe tomar para otro servicio por disposición de la gerencia ya que están solamente designada para los dispositivos que se encargan de la supervisión y control de equipos de potencia asociado a las subestaciones.

Las direcciones de mascara de subred /26 asociadas al proyecto WIMAX no se deben tomar para otro servicio por disposición de la gerencia ya que están solamente designadas para los dispositivos asociado a la implementación de la tecnología WIMAX.

Las direcciones de mascara de subred /28 asociadas a la red LAN no se deben tomar para otro servicio por disposición de la gerencia ya que están solamente designadas para los dispositivos asociado al envío y recepción de datos asociados a la información proveniente de los dispositivos que prestan servicio de control numérico.

Según el criterio de asignación de direcciones IP CADAFE quedan disponibles 2 grupos de direcciones de mascara de subred /26, la cual una es tomada para direcciones en enlaces punto a punto y microondas, la otra se tomará para asignarles direcciones a los servicios de gestión, medición, Voz sobre IP y seguridad de la siguiente manera:

Las direcciones para los equipos de microondas son necesarias 5 por lo cual se le asigna un grupo de direcciones de mascara de subred /29, para los servicios de Voz sobre IP, medición y gestión se le asigna grupos de direcciones /28. La siguiente tabla muestra la cantidad de direcciones IP necesarias y cantidad de subredes con la respectiva submascara de red.

Tabla 3 Requerimiento por tipo de servicio

| Servicio | IP necesarias | Mascara de subred | Cantidad de subredes |
|-----------------------|---------------|-------------------|----------------------|
| Proyecto WIMAX | 50 | /26 | 1 |
| Red LAN | 10 | /28 | 1 |
| Enlaces Punto a punto | 2 | /30 | 26 |
| Microondas | 5 | /29 | 1 |
| Telefonía IP | 7 | /28 | 1 |
| Gestión | 10 | /28 | 1 |
| Medición | 11 | /28 | 1 |
| Seguridad | 11 | /28 | 1 |

Fuente: Autor

La siguiente tabla es una manera sencilla de explicar cómo se puede convertir un grupo de direcciones en varios según sea la necesidad, la primera columna contiene la máscara de subred a convertir y las columnas siguientes en su primera fila contienen la máscara de subred a la que será convertida.

Tabla 4 Conversión de grupo de redes

| | /24 | /25 | /26 | /27 | /28 | /29 | /30 | /31 | /32 |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| /24 | 1 | 2 | 4 | 8 | 16 | 32 | 64 | 128 | 256 |
| /25 | | 1 | 2 | 4 | 8 | 16 | 32 | 64 | 128 |
| /26 | | | 1 | 2 | 4 | 8 | 16 | 32 | 64 |
| /27 | | | | 1 | 2 | 4 | 8 | 16 | 32 |
| /28 | | | | | 1 | 2 | 4 | 8 | 16 |
| /29 | | | | | | 1 | 2 | 4 | 8 |
| /30 | | | | | | | 1 | 2 | 4 |
| /31 | | | | | | | | 1 | 2 |
| /32 | | | | | | | | | 1 |

Fuente: Autor

Por ejemplo si se desea convertir una red con máscara de red /24 en varias de /29 según la tabla se tendrían 32 subredes con mascara /29.

Según la tabla de una red con mascara /26 se convierte en 4 subredes mascara /28 los cuales son los necesarios para asignarles direcciones a los servicios de Voz sobre IP, seguridad, medición y gestión.

Para microondas se toma la red de mascara /26 y se convierten en 8 subredes /29 la cual una es tomada para el servicio de microondas, las 7 restantes se toman

para enlaces punto a punto. La distribución final de las direcciones se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 5 Formato de direcciones de red según el servicio

| Servicio | Dirección de red |
|-----------------------|------------------|
| Control numérico | 10.X.X.0/24 |
| Proyecto WIMAX | 10.X.Y.0/26 |
| Red LAN | 10.X.Y.64/28 |
| Enlaces Punto a Punto | 10.X.Y.80/28 |
| Microondas | 10.X.Y.184/28 |
| Telefonía IP | 10.X.Y.192/28 |
| Gestión | 10.X.Y.208/28 |
| Medición | 10.X.Y.244/28 |
| Seguridad | 10.X.Y.240/28 |

Fuente: Autor

- Enlaces punto a punto quedarían un total 26 enlaces por subestación:

10. X.Y.80/30
 10. X.Y.84/30
 10. X.Y.88/30
 10. X.Y.92/30
 10. X.Y.96/30
 10. X.Y.100/30
 10. X.Y.104/30
 10. X.Y.108/30
 10. X.Y.112/30
 10. X.Y.116/30
 10. X.Y.120/30
 10. X.Y.124/30
 10. X.Y.128/30
 10. X.Y.132/30
 10. X.Y.136/30
 10. X.Y.140/30
 10. X.Y.144/30
 10. X.Y.148/30
 10. X.Y.152/30
 10. X.Y.156/30
 10. X.Y.160/30
 10. X.Y.164/30
 10. X.Y.168/30
 10. X.Y.172/30
 10. X.Y.176/30

10. X.Y.180/30

Para facilitar el control de las asignaciones de direcciones se propone usar números pares incluyendo el cero en el tercer octeto para los servicios de control numérico y números impares para los demás servicios.

Desglosando por octeto las direcciones IP, el primer octeto siempre será 10 por ser una red privada, el segundo octeto pertenece a la región donde pertenezca la subestación, el tercer octeto se destina a identificar la subestación y el tipo de servicio para el cual se destina la dirección y el cuarto octeto únicamente define el tipo de servicio.

3.2 Aplicación de QoS.

Debido a las características propias de los protocolos IP es necesario fijar políticas en cuanto a calidad de servicio ya que según la naturaleza de los servicios se deben tipificar los mismos y asignarles prioridades para su correcto funcionamiento, en aras de lo antes expuesto se define lo siguiente

CADAFE en aplicaciones de calidad de servicio se acoge al modelo Diffserv, donde este modelo se basa en la diferenciación de tráfico en diferentes clases y en la asignación de prioridades a estas.

La prioridad más alta es de siete, se le asigna al tráfico de redes críticas, tales como actualizaciones de la tabla en protocolos Routing Information Protocol (RIP) y Open Shortest Path First (OSPF). Los valores de cinco y seis se asignan para las aplicaciones sensibles al retardo, como el vídeo y voz. Cuatro clases de datos a través de una gama de aplicaciones de control de carga, tales como streaming multimedia y el tráfico crítico para la empresa.

La siguiente tabla muestra las recomendaciones de la IEEE para la priorización de servicios y sus respectivos acrónimos.

Tabla 6 Priorización de servicios

| Prioridad al usuario | Acrónimo | Tipo de tráfico |
|----------------------|----------|--------------------------------------|
| 1 | BK | Fondo |
| 2 | | Espacio |
| 0 | BE | Mejor Esfuerzo |
| 3 | EE | Esfuerzo excelente |
| 4 | CL | Carga Controlada |
| 5 | VI | Video, latencia de jitter < a 100 ms |
| 6 | VO | Voz, latencia de jitter < a 100 ms |
| 7 | NC | Control de red |

Fuente: IEEE 802.3 Q

En ocasiones el número requeridos de clases de tráfico puede ser mayor que el número máximo de cola que soporta el switch, para estos casos, varias clases serán atendidas en una misma cola, en la siguiente tabla se encuentran las recomendaciones de la IEEE en su estándar 802.1p en relación con la clase de tráfico que deben implementarse en la red según el número de cola que tenga el switch.

Tabla 7 Números de colas según los servicios

| Número Colas | Definición | | | | | | |
|--------------|------------|----|----|----|----|----|----|
| 1 | BE | | | | | | |
| 2 | BE | | | VO | | | |
| 3 | BE | | | CL | | VO | |
| 4 | BK | BE | | CL | | VO | |
| 5 | BK | BE | | CL | VI | VO | |
| 6 | BK | BE | EE | CL | VI | VO | NC |
| 7 | BK | BE | EE | CL | VI | VO | NC |
| 8 | BK | BE | EE | CL | VI | VO | NC |

Fuente: IEEE 802.3 Q

Creación y características de las VLANS a implementar:

Se Crearan las siguientes VLANS:

- VLAN de Gestión: Con esta VLAN los administradores podrán tener acceso a los equipos activos de la red (rotures, switchs) y mantener el control

centralizado de los mismos y así separar el tráfico gestión de red al tráfico asociado de los demás usuarios. Esta solo podrá ser vista por los administradores de la red sin ningún tipo de restricción

- VLAN de Voz: esta VLAN prestará un canal para los servicios de voz sobre IP
- VLAN de Datos: esta VLAN prestará un canal para los servicios basados en datos.
- VLAN Servicios de Internet: A futuro CORPOELEC tiene previsto adquirir equipos para dar servicios de Internet y prestar los mismos a través de una VLAN exclusiva.
- VLAN de Medición.
- VLAN de Seguridad: En esta VLAN se prestarán los servicios de seguridad tales como cámaras de video, equipos respaldo etc.
- Configurar la VLAN nativa como VLAN 1

Tabla 8 Asignación de VLAN

| VLAN ID | Nombre de VLAN |
|---------|-------------------|
| 1 | VLAN Nativa |
| 10 | VLAN de Gestión |
| 20 | VLAN de voz |
| 30 | VLAN de datos |
| 40 | VLAN Internet |
| 50 | VLAN de Medición |
| 60 | VLAN de Seguridad |

Fuente: Autor

3.3 Criterios de implementación para OSPF

Se puede observar que el sistema eléctrico nacional está compuesta de una red eléctrica jerarquizada, esto es debido a que la subestaciones de menor voltaje se alimentan de subestaciones de mayor voltaje, solo en las plantas generadoras donde los valores de tensión y corriente son elevados para transportar energía de manera eficiente sucede lo contrario.

Otra característica importante del sistema interconectado es que las subestaciones de distinta regiones se conectan para aminorar los efectos negativos ante la posibilidad de falla en determinados sitios.

La gerencia de Ingeniería de Telecomunicaciones en convenio con otras unidades de la compañía ha logrado la instalación de fibra óptica en líneas de alta tensión y media tensión, es decir la mayoría de las líneas instalada desde el 2006 y otras líneas reemplazadas tienen instalados cables OPGW.

En base a las características antes mencionadas y las características del protocolo OSPF se propone lo siguiente

- Se definen 3 áreas ID:
 - Centro área 1
 - Occidente área 2
 - Oriente área 3

area 1: Caracas, Miranda y Vargas Guárico, Apure, Amazonas, Carabobo y Aragua.

area 2: Yaracuy, Portuguesa, Cojedes, Lara, Falcón, Zulia, Trujillo, Mérida, Táchira y Barinas.

area 3: Monagas, Delta Amacuro, Bolívar, Sucre y Anzoátegui.

- Se establecerá como area-border routers el router con mayores prestaciones de velocidad, rendimiento para mayor robustez.
- El backbone area se debe establecer en lo posible en las subestaciones de 400/230 kV o en su defecto 230/115 kV.
- Establecimiento de enlaces virtuales en caso que alguna parte del backbone area se encuentre fuera de servicio.

Por recomendaciones en el documento RFC 2328 las stub area pueden ser configuradas cuando solo hay un punto de salida en la zona, o cuando la elección del punto de salida no tiene por qué hacerse en función de cada destino externo. Hay que

recordar que los sistemas de comunicaciones de la empresa se adaptan a la infraestructura de la red eléctrica, ésta comúnmente es cambiada según los criterios de la gerencia de subestaciones con el fin de prestar el servicio a nuevos sitios, es por esto que definir criterios para la elección de stub areas se vuelve engorroso debido a que la topología de la red eléctrica obedece a cambios que no guardan alguna relación con criterios asociados al aprovechamiento de red de comunicaciones.

Acogiendo todas las proposiciones descritas anteriormente, el documento denominado **CRITERIOS DE ASIGNACIONES DE DIRECCIONES IP-CADAFE** queda modificado de la siguiente manera:

3.4 CRITERIOS PARA PLAN DE DIRECCIONES IP DE CADAFE

A) FUNDAMENTOS.

En atención a la RFC 1918, partiremos para el plan de direcciones IP privada de CADAFE, considerando el listado del rango CIDR:

- 10.0.0.0-10.255.255.255 /24 (mascara de subred 255.255.255.0).

Esto nos permitirá contar con:

65536 Subredes.

254 Host por Subred.

Estas Subredes serán repartidas entre los tres (3) Sistemas de CADAFE, en las proporciones siguientes:

Sistema Oriental.

25% de las Subredes (16384), es decir abarcará el siguiente tramo:

- 10.0.0.0-10.63.255.0.

Sistema Central.

50% de las Subredes (32768), es decir, abarcará el siguiente tramo:

- 10.64.0.0-10.191.218.0.

Sistema Occidental.

25% de las Subredes (16384), es decir, abarcará el siguiente tramo:

10.191.219.0-10.255.255.0.

B) CONSIDERACIONES.

A fin de adjudicar las apropiadas direcciones IP actuales y tomar las necesarias previsiones futuras, se debe tener en consideración los aspectos siguientes:

1) Subestaciones de Transmisión.

Las subestaciones con equipos SDH se dividen en dos tipos, aquellas con equipos SDH y que cuentan con tarjetas IP (por lo general 1 o 2 puertos), deben contar con dirección IP por puerto Ethernet, debido a que son capa 3. El resto de los equipos SDH, algunos cuentan con puertos Ethernet capa 2, los cuales no requieren la dirección IP, salvo las direcciones internas a su sistema de administración.

Las subestaciones con equipos de Onda Portadora Digital y Router, requieren direcciones IP para sus puertos Ethernet y para los seriales de enlace V.35.

Las subestaciones más recientes y la tendencia futura es el uso de Switches Gigabit Ethernet capa 3, con puertos eléctricos Ethernet 10/100BaseT, adicionalmente con routers y en muchos casos convergiendo con Onda Portadora Digital e incluso SDH.

El otro factor importante, a considerar en el plan de direcciones IP, es la supervisión de las subestaciones.

Actualmente, se está avanzando en los proyectos para automatizar los patios de distribución de las antiguas subestaciones, creándose una red de datos fundamentada en IED's e interconectarla con un puerto 10BASET de la remota. Junto con este proyecto, está asociada la red WIMAX que llevara comunicaciones inalámbricas a estas subestaciones y requerirá de más direcciones IP.

2) Subestaciones de Distribución.

Para este tipo de subestaciones se asumirá su incorporación a la Red WIMAX, con un Sistema de Control y Supervisión fundamentado en IED's, consumiendo poca cantidad de direcciones IP.

B) PLAN DE DIRECCIONES IP.

La Tendencia en la Red de CADAFE es que comprenda VoIP y Datos, en una configuración jerárquica de tres niveles:

- Nivel Troncal, compuesto por Switches capa 3, Gigabit Ethernet, con posibilidades de crecimiento hacia 10 Gigabit Ethernet.
- Nivel Distribución, compuesto por Routers.
- Nivel de Acceso, compuesto por Switches capa 2.

Ante la actual realidad y la tendencia en las Redes, debemos establecer unos criterios mínimos en el Plan de Direcciones IP, los cuales son los siguientes:

1) Subestaciones de Transmisión.

- El segundo octeto indica la pertenencia de la región de la subestación
- Para facilitar el control de las asignaciones de direcciones se propone que el tercer octeto será par incluyendo el cero para control numérico e identifica la subestación en la región y será impar para los demás servicios, este número impar es el siguiente del número par que identifica la subestación.
- El cuarto octeto identifica el tipo de servicio para el cual se usa la dirección.

- Debemos establecer una subred 10.X.X.0/24 para cada una de las subestaciones de transmisión, para considerar el Sistema de Control Numérico, ya sea existente y si no se tiene previsto. Este razonamiento parte del principio de que en un futuro todas las subestaciones van a contar con su Control Numérico integrado.

- Se debe prever una subred 10.X.Y.0 /26 para la Red de los patios de Distribución (Proyecto WIMAX). Esto ocurrirá antes que el Control Numérico integral.

- Se debe prever una subred 10.X.Y.64 /28 para cualquier otra LAN especial que pueda establecerse en la subestación: sincrofasores, mediciones clientes especiales, etc.

- Se debe considerar los enlaces punto a punto, a partir de la dirección 10.X.Y.80 /30, los cuales en las subestaciones no deben preverse menos de 12.

- Se debe prever una subred para microondas: 10.X.Y.184 /29

- Se debe prever una subred para Telefonía IP: 10.X.Y.192 /28 esta subred está dedicada para los teléfonos IP.

- Se debe prever una subred para Gestión: 10.X.Y.208/28

- Se debe prever una subred para Medición: 10.X.Y.224 /28

- Se debe prever una subred para Seguridad: 10.X.Y.240 /28

Procedimiento de asignación de Direcciones IP.

Debemos partir del principio de establecer una óptima sumarización en las tablas de los Router y un menor desperdicio de direcciones. A los efectos se procederá de la manera siguiente:

- Se escogerá entre el rango de Direcciones ya establecidos en los FUNDAMENTOS.

- De acuerdo a la topología se asignaran entre las subestaciones cercanas, subredes los más próximas posibles, de acuerdo al listado de subredes 10.X.X.X /24, previéndose un crecimiento futuro en el Sistema Eléctrico. Por lo tanto, se debe saltar 2 subredes continuas de mascara /24 entre dos subestaciones, en el supuesto del surgimiento de nuevas subestaciones intermedias en la zona.

- Propias de la misma subestación si se seleccionaran subredes continuas, a los efectos consideramos el siguiente ejemplo:

Se supondrá la existencia de la S/E Samán de Guere, en el Edo. Aragua, por encontrarse en el Sistema Central y de acuerdo a la tabla, se le otorgarán las Direcciones siguientes:

-Control Numérico: 10.124.0.0/24

Para satisfacer los otros requerimientos y por ser propias de la subestación, escogeremos la subred que continúa, es decir: 10.125.1.0/24, de la cual obtenemos cuatro (4) subredes /26, es decir:

- 10.124.1.0/26
- 10.125.1.64/26
- 10.125.1.128/26
- 10.125.1.192/26

Para el Proyecto Wimax seleccionamos: 10.125.1.0/26, disponiendo de tres (3) subredes adicionales.

Tomamos la subred 10.125.1.64/26 para obtener cuatro (4) subredes /28, las cuales son:

- 10.125.1.64/28
- 10.125.1.80/28

- 10.125.1.96/28
- 10.125.1.112/28

De las anteriores, escogemos la 10.125.1.64/28 para la red LAN.

Ahora trabajaremos en los enlaces punto a punto, es decir /30, para lo cual escogemos las subredes restantes:

10.125.1.80/28:

10.125.1.80/30

10.125.1.84/30

10.125.1.88/30

10.125.1.92/30

10.125.1.96/28:

10.125.1.96/30

10.125.1.100/30

10.125.1.104/30

10.125.1.108/30

10.125.1.112/28:

10.125.1.112/30

10.125.1.116/30

10.125.1.120/30

10.125.1.124/30

Del proceso anterior se obtienen las doce subredes punto a punto.

Es importante tener presente que durante el procedimiento aplicado, queda sobrando las subredes: **10.125.1.128/26** y **10.125.1.192/26**.

Para microondas se toma la subred **10.125.1.128/26** y se convierten en 8 subredes /29 la cual una es tomada para el servicio de microondas, las 7 restantes se toman para enlaces punto a punto. La distribución final de las direcciones será la siguiente:

- Enlaces punto a punto quedarían un total 26 enlaces por subestación:

10.125.1.80/30

10.125.1.84/30

10.125.1.88/30

10.125.1.92/30

10.125.1.96/30

10.125.1.100/30

10.125.1.104/30

10.125.1.108/30

10.125.1.112/30

10.125.1.116/30

10.125.1.120/30

10.125.1.124/30

10.125.1.128/30

10.125.1.132/30

10.125.1.136/30

10.125.1.140/30

10.125.1.144/30

10.125.1.148/30

10.125.1.152/30

10.125.1.156/30

10.125.1.160/30

10.125.1.164/30

10.125.1.168/30

10.125.1.172/30

10.125.1.176/30

10.125.1.180/30

- Microondas: 10.125.1.184/29

Con la subred **10.125.1.192/26** se convierte en 4 subredes mascara /28 las cuales son las necesarias para asignarles direcciones a los servicios de Voz sobre IP, seguridad, medición y gestión.

- Telefonía IP: 10.125.1.192/28
- Gestión: 10.125.1.1.208/28
- Medición: 10.125.1.224/28
- Seguridad: 10.125.1.240/28

La siguiente tabla muestra cómo están divididas por subred según el servicio o aplicación

| Servicio | Dirección de red |
|-----------------------|------------------|
| Control numérico | 10.124.0.0/24 |
| Proyecto WIMAX | 10.125.1.0/26 |
| Red LAN | 10.125.1.64/28 |
| Enlaces Punto a Punto | 10.125.1.80/30 |
| | 10.125.1.84/30 |
| | 10.125.1.88/30 |
| | 10.125.1.92/30 |
| | 10.125.1.96/30 |
| | 10.125.1.100/30 |
| | 10.125.1.104/30 |
| | 10.125.1.108/30 |
| | 10.125.1.112/30 |
| | 10.125.1.116/30 |
| | 10.125.1.120/30 |
| | 10.125.1.124/30 |
| | 10.125.1.128/30 |
| | 10.125.1.132/30 |
| 10.125.1.136/30 | |

| | |
|--------------|-------------------|
| | 10.125.1.140/30 |
| | 10.125.1.144/30 |
| | 10.125.1.148/30 |
| | 10.125.1.152/30 |
| | 10.125.1.156/30 |
| | 10.125.1.160/30 |
| | 10.125.1.164/30 |
| | 10.125.1.168/30 |
| | 10.125.1.172/30 |
| | 10.125.1.176/30 |
| | 10.125.1.180/30 |
| Microondas | 10.125.1.184/29 |
| Telefonía IP | 10.125.1.192/28 |
| Gestión | 10.125.1.1.208/28 |
| Medición | 10.125.1.224/28 |
| Seguridad | 10.125.1.240/28 |

Prioridad por servicios

Los Procedimientos anteriores requiere se cumplan con los criterios de la tabla número 6

En ocasiones el número requeridos de clases de tráfico puede ser mayor que el número máximo de cola que soporta el switch, para estos casos, varias clases serán atendidas en una misma cola, en la siguiente tabla se encuentran las recomendaciones de la IEEE en su estándar 802.1p en relación con la clase de tráfico que deben implementarse en la red según el número de cola que tenga el switch, cumplir con los criterios de la tabla número 7.

CAPÍTULO IV

4 Plan de numeración telefónico para las subestaciones

El plan de numeración telefónico para las subestaciones establece la estructura de la numeración que podrá ser utilizada en las subestaciones, para permitir a los abonados de la Red de Telecomunicaciones del sistema eléctrico el acceso a los servicios prestados a través de la misma.

El plan de numeración tiene como objetivo definir las políticas en asignación de números para los abonados sin hacer diferencia entre los distintos tipos de tecnología que conviven en las subestaciones y los despacho de carga.

El plan se basa en las siguientes recomendaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) y sus posteriores modificaciones y/o adiciones.

- Recomendación UIT-T. E.123. “*Notación de los Números Telefónicos Nacionales e Internacionales*”.
- Recomendación UIT-T. E.164.1. “*Criterios y procedimientos para la reserva, asignación y reclamaciones para indicativos de país E.164 y para códigos de identificación (IC) asociados*”.
- Recomendación UIT-T. E.164 - Suplemento 2 “*Portabilidad de Número*”

4.1 Número de subestaciones: Cinco DÍGITOS

El número de abonado identifica a un teléfono en una región geográfica, o categoría de servicio. Su longitud es de cinco dígitos. Se reserva la numeración que comienza por el dígito 1 y 0 para la numeración de servicios especiales, marcación 1XY

Numeración Geográfica

El conjunto de los números nacionales (significativos) identificados por códigos de destino nacional asociados a una determinada área geográfica.

Numeración no Geográfica

La numeración no geográfica la constituye el conjunto de los números identificados por códigos no asociados a regiones geográficas, para uso en categorías de servicios.

4.2 Numeración de servicios especiales, marcación 1XY

La numeración de servicios especiales esquema 1XY o 1XYZ, está destinada a servicios de emergencia y servicios prestados por la red de telecomunicaciones a sus usuarios.

La numeración para servicios de emergencia se utiliza para servicios tales como: Bomberos, Policía, Cruz Roja y Atención Médica y los que se designen como tales. Esta numeración es de carácter nacional, y su acceso debe ser posible desde cualquier parte del territorio nacional, por consiguiente será obligación del operador adoptarla.

4.3 Plan de numeración telefónico para las subestaciones

Según datos de la gerencia de Ingeniería de Telecomunicaciones existen alrededor de 120 subestaciones atendidas por operadores, cada subestación de este tipo usa como máximo 7 teléfonos, a todo esto se debe agregar como consecuencia de la fusión de todas las empresas del sector eléctrico nacional se adicionan subestaciones con demandas de servicio telefónico, actualmente CORPOELEC en sus

distintas mesas de trabajo se ha propuesto establecer el número exacto de subestaciones atendidas a nivel nacional.

Según datos de la gerencia de Ingeniería de Telecomunicaciones las regiones de centro y occidente usan un plan de numeración de 4 dígitos y la región de oriente usa un plan de numeración de 3 dígitos, lo cual dificulta la comunicación telefónica entre las regiones.

Se propone adoptar un plan de numeración de 5 dígitos debido a las siguientes razones:

- Un plan de numeración de 3 dígitos solo permite usar hasta 1000 números cual ya es insuficiente si se previene crecer.
- Un plan de numeración de 4 dígitos solo permite usar hasta 10000 números, actualmente CORPOELEC en aras de ofrecer un servicio de telefonía general para toda la empresa impulsa la unificación de criterios y nuevos servicios lo cual con un plan de numeración de 4 dígitos no sería el más adecuado
- Un plan de numeración de 5 dígitos permite hasta 100000 números telefónicos lo cual es suficiente para atender la demanda de números telefónicos del sector eléctrico nacional y permite una planificación holgada para los nuevos servicios a integrarse.

Se definen las siguientes regiones según el plan de regionalización de CORPOELEC

Región Central:

Caracas, Miranda, Vargas, Aragua, Carabobo, Guárico, Apure, Amazonas.

Región Oriental:

Bolívar, Anzoátegui, Delta Amacuro, Sucre, Monagas.

Región Occidental:

Zulia, Falcón, Lara, Mérida, Trujillo, Táchira, Portuguesa, Yaracuy, Cojedes, Barinas.

La estructura de numeración geográfica se divide en 2 partes de la siguiente manera:

- Los 2 primeros dígitos identifican la región donde se encuentra la subestación.
- Los últimos 3 dígitos identifican propiamente la subestación

En la siguiente ilustración se explica de manera gráfica la estructura de numeración geográfica



Figura 6 estructura de numeración geográfica

Fuente: Autor

En la siguiente tabla se hace la asignación de los primeros dígitos que identifican los estados para la asignación del número telefónico

Tabla 9 Asignación de los 2 primeros dígitos por estado

| Región | Estado o Ciudad | Primeros 2 dígitos |
|------------|-----------------|--------------------|
| Central | Amazona | 20 |
| | Apure | |
| | Aragua | 21 |
| | Carabobo | 22 |
| | Caracas | 23 |
| | Vargas | |
| | Miranda | 24 |
| | Guárico | 25 |
| Oriental | Anzoátegui | 30 |
| | Monagas | 31 |
| | Sucre | 32 |
| | Delta Amacuro | 33 |
| | Bolívar | 34 |
| Occidental | Táchira | 40 |

| | |
|------------|----|
| Zulia | 41 |
| Lara | 42 |
| Falcón | |
| Mérida | 43 |
| Trujillo | |
| Barinas | 44 |
| Portuguesa | |
| Cojedes | 45 |
| Yaracuy | |

Fuente: Autor

4.3.1 Migración de los números ya asignados

CADAFE en sus distintas regiones usa planes de numeración de 3 y 4 dígitos lo cual permite una fácil migración al plan de numeración de 5 dígitos. Se busca mantener en lo posible que el usuario final no sufra un cambio traumático como consecuencia de la migración.

En el caso de los números de tres dígitos se le antepondrá el prefijo que identifica al estado donde se encuentra la subestación como se muestra en el siguiente ejemplo:

Subestación en el estado Aragua donde uno de sus abonados tiene asignado el número 325.



Figura 7 Ejemplo de migración de 3 a 5 dígitos.

Fuente: Autor

En el caso de los números de cuatro dígitos se le antepondrá el primer dígito del número prefijo que identifica al estado donde se encuentra la subestación, según se muestra en la siguiente tabla

Tabla 10 Asignación del primer dígito para numero de 4 dígitos

| Región | Estado o Ciudad | Primer dígito |
|------------|-----------------|---------------|
| Central | Amazona | 2 |
| | Apure | |
| | Aragua | 2 |
| | Carabobo | |
| | Caracas | 2 |
| | Vargas | |
| | Miranda | 2 |
| | Guárico | 2 |
| Oriental | Anzoátegui | 3 |
| | Monagas | 3 |
| | Sucre | 3 |
| | Delta Amacuro | 3 |
| | Bolívar | 3 |
| Occidental | Táchira | 4 |
| | Zulia | 4 |
| | Lara | 4 |
| | Falcón | |
| | Mérida | 4 |
| | Trujillo | |
| | Barinas | 4 |
| | Portuguesa | |
| | Cojedes | 4 |
| | Yaracuy | |

Fuente: Autor

El siguiente ejemplo muestra cómo debe hacerse la migración:

Subestación en el estado Zulia donde uno de sus abonados tiene asignado el número 6325.

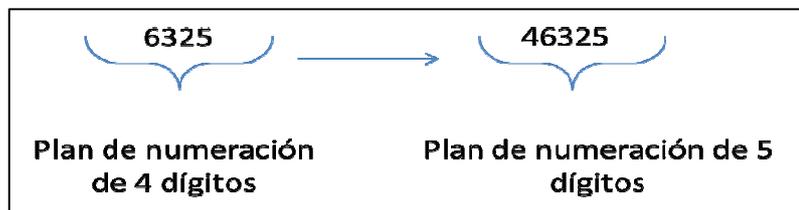


Figura 8 Ejemplo de migración de 4 a 5 dígitos.

Fuente: Autor

La siguiente tabla muestra la asignación del número según el primer dígito

Tabla 11 Asignación de número telefónico según el primer dígito.

| Primer dígito | Asignación |
|---------------|--|
| 0 | Reservado para: prefijos de acceso a otras redes y servicios |
| 1 | Reservado para: servicios especiales |
| 2 | Asignado para la región centro |
| 3 | Asignado para la región oriente |
| 4 | Asignado para la región occidente |
| 5 | Reservado para aplicaciones futura |
| 6 | Reservado para aplicaciones futura |
| 7 | Reservado para aplicaciones futura |
| 8 | Reservado para aplicaciones futura |
| 9 | Reservado para aplicaciones futura |

Fuente: Autor

CONCLUSIONES

- El mapa permite una mejor visualización de la ubicación de los equipos y subestaciones.
- El banco de direcciones IP planteado permite mantener un orden y una fácil búsqueda de las direcciones ya empleadas.
- El banco de direcciones IP planteado facilita la gestión de asignación de direcciones a nuevas subestaciones.
- La integración de los equipos es completamente factible.
- La definición de criterios para las asignaciones de direcciones IP le permite a CADAFE CORPOELEC implementar una política única de asignación de direcciones ante las empresas contratista.
- La creación de VLANs permite el uso eficiente de la red acceso.
- La implementación de políticas de calidad de servicio ofrece alta calidad de servicio mediante las tecnologías implementadas.
- La definición de criterios para las asignaciones de números telefónicos le permite a CADAFE CORPOELEC implementar una política única de asignación de números telefónicos ante las empresas contratista.

RECOMENDACIONES

- Generar un tema de trabajo de grado sobre criterios más precisos de OSPF usando como criterio generales los entregados en este trabajo debido a que la topología de la red eléctrica cambia constantemente y es necesario hacer un estudio más profundo para aprovechar las características de OSPF.
- CORPOELEC debe seguir insistiendo por medio de la Gerencia de Ingeniería de telecomunicaciones en la entrega de información por parte de las regiones acerca del cambio de ubicación de los equipos para llevar un control estricto de la cantidad y donde se encuentran los equipos.
- Seguir agregando nuevas subestaciones con sus respectivos equipos y direcciones al mapa para mantener el mapa actualizado.
- Implementar en los enlaces de onda portadora digital los protocolos de PVRC en los routers NETPERFORMER ya que de este modo se necesita menos ancho de banda para los canales de voz.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] José M Domínguez Picazo. Jerarquía Digital Síncrona (SDH)
<http://www.mailxmail.com/curso-jerarquia-digital-sincrona-sdh> [Consulta: 2011].
- [2] Miriam P. Sanders, Roger E. Ray, POWER LINE CARRIER CHANNEL & APPLICATION CONSIDERATIONS FOR TRANSMISSION LINE RELAYING, Pulsar Technologies, Inc.
- [3] Alex Gonzales, Protocolos y Estándares <http://www.mailxmail.com/b-WDM> [Consulta: 2011].
- [4] Introduction to DWDM Technology 170 West Tasman Drive San Jose, CA 95134-1706 USA <http://www.cisco.com> Cisco Systems, Inc. Corporate Headquarters [Consulta: 2011].
- [5] <http://www.alegsa.com.ar/Dic/osi.php> Modulo OSI 2011 [Consulta: 2011].
- [6] Juan A Carrera, Raúl A Gallegos Trabajo de grado titulado Rediseño de la Red LAN del Instituto Nacional de Estadística y Censos Matriz Central
- [7] TCP/IP y protocolos de Internet. 2011
http://books.google.es/books?id=XCSNAwbuvKkC&printsec=frontcover&dq=tcp+ip&hl=es&ei=wutTTd2dB4zAgQfh_6jgCA&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1&ved=0CCkQ6AEwAA#v=onepage&q&f=false [Consulta: 2011].
- [8] Alvaro Retana, Don Slice Russ White. Advanced IP Network Design (CCIE Professional Development)

[9] Martin W. Murhammer, Kok-Keong Lee, Payam Motallebi, Paolo Borghi, Karl Wozabal. IP Network Design Guide IBM Junio 1999

[10] Clasificación de los switches <http://www.info-ip.net/dispositivos-ip/Clasificacion-de-los-Switches.php> [Consulta: 2011].

[11] Elizabeth M. Delgado M. <http://neutron.ing.ucv.ve/revista-e/No4/articulo.htm>
¿SWITCHING VS. ROUTING? El Rosa. Caracas. Venezuela. E-mail:
edelgado@ingedigit.com [Consulta: 2011].

[12] Cisco Networking Academy Program: Second-Year Companion Guide
Second Edition Cisco Systems, Inc. Cisco Networking Academy Program

[13] Introduction al OSPF Francisco Hernandis Gil,
www.uv.es/montanan/redes/trabajos/OSPF [Consulta: 2011].

[14] <http://www.faqs.org/rfcs/rfc2328.html> RFC 2328 - OSPF Version 2 [Consulta: 2011].

[15] Cisco IP Telephony QoS Design Guide Cisco CallManager Release 3.0(5) and
QoS Policy Manager 2.0(3).

[16] DELL. Configuración de la calidad de servicio
<http://support.dell.com/support/edocs/network/pc27xx/sp/UG/HTML/qos.htm>
[Consulta: 2011].

[17] Fluke Corporation Prácticas a seguir en redes VLAN P.O. Box 777, Everett,
WA USA 98206-0777

[18] Cisco redes, <http://www.ciscoredes.com/tutoriales/65-vlan.html> VLAN
[Consulta: 2011].

BIBLIOGRAFIA

CENTRO DE ELECTRICIDAD Y AUTOMATIZACION INDUSTRIAL
SANTIAGO DE CALI Mantilla, William.

<http://es.scribd.com/doc/16000888/SWITCHES-DE-CAPA-3> 2008

Defaz Juan, Gallegos Rual. Rediseño de la red LAN del Instituto Nacional de Estadística y Censos Matriz Central del trabajo de grado de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la E.P.N. Quito, Ecuador.

Porras, Nelson. Flores, Cristian. Propuesta de comunicación.net para conexión con Main Frame OS/390 VIA TCP/IP y SNA. Escuela Nacional Politecnica de Ingenieria Quito Ecuador 2004

Recomendación UIT-T. E.123. “Notación de los Números Telefónicos Nacionales e Internacionales”.

Recomendación UIT-T. E.164.1. “Criterios y procedimientos para la reserva, asignación y reclamaciones para indicativos de país E.164 y para códigos de identificación (IC) asociados”.

Recomendación UIT-T. E.164 - Suplemento 2 “Portabilidad de Número”

ANEXO N° 1

CRITERIOS DE ASIGNACIONES DE DIRECCIONES IP- CADAFE

Febrero 2008

A) Plan de Direcciones IP.

Recomendamos que se consideren dos (2) opciones para la integración de los Sistemas Numéricos con las direcciones IP del Plan de Telecomunicaciones, las cuales son:

1. Si el Gateway del Control Numérico de la subestación cuenta con la potencialidad de traducción de dirección de red (Network Address Translation, NAT), podrán hacer los arreglos necesarios para mantener las direcciones IP internas al Control Numérico independientes al Plan de Numeración de las Telecomunicaciones, dejando al puerto del Gateway la función de integración.
2. En otro caso se deberá proceder a reenumerar las direcciones IP internas al Control Numérico de acuerdo al Plan establecido por CADAFE.

Una vez hechas las aclaratorias anteriores, estableceremos los criterios para las Telecomunicaciones IP/TCP:

FUNDAMENTOS.

En atención a la RFC 1918, partiremos para el plan de direcciones IP privada de CADAFE, considerando el listado del rango CIDR:

- 10.0.0.0-10.255.255.255 /24 (mascara de subred 255.255.255.0)

Esto nos permitirá contar con:

- 65536 Subredes.

- 254 Host por Subred.

Estas Subredes serán repartidas entre los tres (3) Sistemas de CADAPE, en las proporciones siguientes:

- **Sistema Oriental.**

- 25% de las Subredes (16384), es decir abarcara el siguiente tramo:
10.0.0.0-10.63.255.0.

- **Sistema Central.**

- 50% de las Subredes (32768), es decir abarcara el siguiente tramo:
10.64.0.0-10.191.218.0.

- **Sistema Occidental.**

- 25% de las Subredes (16384), es decir abarcara el siguiente tramo:
10.191.219.0-10.255.255.0.

CONSIDERACIONES.

A fin de adjudicar las apropiadas direcciones IP actuales y tomar las necesarias previsiones futuras, se debe tener en consideración los aspectos siguientes:

1) Subestaciones de Transmisión.

- Las subestaciones con equipos SDH se dividen en dos tipos, aquellas con equipos FOX 515 y que cuentan con tarjetas Lawa4 (por lo general 1 o 2 puertos), deben contar con dirección IP por puerto Ethernet, debido a que son capa 3.
El resto de los equipos SDH (Marconi, Sagem, GE), algunos cuentan con puertos Ethernet capa 2, los cuales no requieren la dirección IP, salvo las direcciones internas a su sistema de administración.
- Las subestaciones con equipos de Onda Portadora Digital y Router NetPerformer, requieren direcciones IP para sus puertos Ethernet y para los seriales de enlace V.35.
- Las subestaciones más recientes y la tendencia futura es el uso de Switches Gigabit Ethernet capa 3, con puertos eléctricos Ethernet 10/100BaseT,

adicionalmente con routers (Netperformer o similar) y en muchos casos convergiendo con Onda Portadora Digital e incluso SDH.

- El otro factor importante, a considerar en el plan de direcciones IP, es la supervisión de las subestaciones.

En las subestaciones de construcción más reciente, se cuenta con Sistemas de Control Numérico fundamentados en IED's y demás equipos electrónicos con puertos IP, los cuales actúan como Host.

Este Sistema se interconecta al equipo de Telecomunicaciones a través de un Gateway convertidor de protocolo IEC 61850/ IEC 60870-5-104, con un puerto 10BASET para interconectarse con el equipo de comunicaciones, sin embargo, algunas subestaciones del país poseen Gateway convertidor de diversos protocolos al DNP 3.0, con un puerto RS-232 para interconectarse con el equipo de comunicaciones. Estos Controles Numéricos incluyen la totalidad de la subestación, es decir, patios de Transmisión y Distribución.

En las subestaciones más antiguas se cuentan con Unidades Terminales Remotas (UTR), estas por lo general, supervisan y controlan la parte de transmisión de la subestación. Internamente toman la información de los antiguos Armarios de Interfaz a través de cables de control individuales y entregan la información a los equipos de comunicaciones a través de alguna de dos (2) modalidades:

- Protocolo IEC 60870-5-104 (UTR SAT Siemens), puerto 10BASET, este es el caso en el Centro y Occidente de CADAPE.
- Protocolo DNP 3.0 (UTR D20 GE), puerto RS-232, este es el caso en el Oriente de CADAPE. Actualmente, existe un proyecto para incorporar el Despacho Oriental al Sistema Siemens.

Actualmente, se está avanzando en los proyectos para automatizar los patios de distribución de las antiguas subestaciones, creándose una red de datos fundamentada en IED's e interconectarla con un puerto 10BASET de la remota. Junto con este proyecto, está asociada la red WIMAX que llevará comunicaciones inalámbricas a estas subestaciones y requerirá de más direcciones IP.

2) Subestaciones de Distribución.

Para este tipo de subestaciones se asumirá su incorporación a la Red WIMAX, con un Sistema de Control y Supervisión fundamentado en IED's, consumiendo poca cantidad de direcciones IP.

3) Edificios Administrativos.

Para la adjudicación de direcciones IP, los dividiremos en:

- Oficinas Comerciales.
- Sedes Regionales.

Estas Redes variaran según el número de trabajadores, con opción a utilizar IP.

PLAN DE DIRECCIONES IP.

La Tendencia en la Red de CADAFE es que comprenda VoIP y Datos, en una configuración jerárquica de tres niveles:

- Nivel Troncal, compuesto por Switches capa 3, Gigabit Ethernet, con posibilidades de crecimiento hacia 10 Gigabit Ethernet.
- Nivel Distribución, compuesto por Routers.
- Nivel de Acceso, compuesto por Switches capa 2.

Ante la actual realidad y la tendencia en las Redes, debemos establecer unos criterios mínimos en el Plan de Direcciones IP, los cuales son los siguientes:

1) Subestaciones de Transmisión.

- Debemos establecer o reservar una subred 10.0.0.0/24 para cada una de las subestaciones de transmisión, para considerar el Sistema de Control Numérico, ya sea existente y sino se tiene previsto. Este razonamiento parte del principio de que en un futuro todas las subestaciones van a contar con su Control Numérico integrado.
- Se debe prever una subred 10.0.0.0/26 para la Red de los patios de Distribución (Proyecto Wimax). Esto ocurrirá antes que el Control Numérico integral.
- Debemos prever una subred 10.0.0.0/28 para cualquier otra LAN especial que pueda establecerse en la subestación: sincrofasores, mediciones clientes especiales, etc.

- Se debe considerar los enlaces punto a punto, tipo 10.0.0.0/30, los cuales en las subestaciones no deben preverse menos de 12.

Procedimiento de asignación de Direcciones IP.

Debemos partir del principio de establecer una óptima sumarización en las tablas de los Router y un menor desperdicio de direcciones. A los efectos se procederá de la manera siguiente:

- Se escogerá entre el rango de Direcciones ya establecidos en los FUNDAMENTOS.
- De acuerdo a la topología se asignaran entre las subestaciones cercanas, subredes las mas próximas posibles, de acuerdo al listado de subredes 10.0.0.0/24 , previéndose un crecimiento futuro en el Sistema Eléctrico. Por lo tanto, se debe saltar unas cuatro subredes continuas entre dos subestaciones, en el supuesto del surgimiento de nuevas subestaciones intermedias en la zona.
- Propias de la misma subestación si se seleccionaran subredes continuas, a los efectos consideramos el siguiente ejemplo:

Supongamos la existencia de la S/E Saman de Guere, en el Edo. Aragua, por encontrarse en el Sistema Central y de acuerdo a la tabla, le otorgaremos las Direcciones siguientes:

-Control Numérico: 10.125.0.0/24

Para satisfacer los otros requerimientos y por ser propias de la subestación, escogeremos la subred que continua, es decir: 10.125.1.0/24, de la cual obtenemos cuatro (4) subredes /26, es decir:

- 10.125.1.0/26
- 10.125.1.64/26
- 10.125.1.128/26
- 10.125.1.192/26

Para el Proyecto Wimax seleccionamos: 10.125.1.0/26, disponiendo de tres (3) subredes adicionales.

Tomamos la subred 10.125.1.64/26 para obtener cuatro (4) subredes /28, las cuales son:

- 10.125.1.64/28
- 10.125.1.80/28
- 10.125.1.96/28
- 10.125.1.112/28

De las anteriores, escogemos la 10.125.1.64/28 para la posible LAN. Ahora trabajaremos en los enlaces punto a punto, es decir /30, para lo cual escogemos las subredes restantes:

- **10.125.1.80/28:**
10.125.1.80/30
10.125.1.84/30
10.125.1.88/30
10.125.1.92/30

- **10.125.1.96/28:**
10.125.1.96/30
10.125.1.100/30
10.125.1.104/30
10.125.1.108/30

- **10.125.1.112/28:**
10.125.1.112/30
10.125.1.116/30
10.125.1.120/30
10.125.1.124/30

Del proceso anterior hemos obtenido las doce subredes punto a punto.

Es importante tener presente que durante el procedimiento aplicado, nos quedaron sobrando las subredes: **10.125.1.128/26** y **10.125.1.192/26**, las cuales pueden reservarse para aplicaciones futuras, tales como nuevos enlaces punto a punto (superiores a 12) o aplicarse en subestaciones vecinas.

2) Subestaciones de Distribución.

Debido a lo reducido de estas subestaciones seria suficiente con asignarle una subred /26, es decir 62 Host y un enlace punto a punto /30.

Procedimiento de asignación de Direcciones IP.

Podríamos partir del listado de subredes/24 y dividir cada una en cuatro (4) /26, asignándole tres (3) a subestaciones cercanas y la cuarta dividiéndola en enlaces /30 punto a punto.

3) Edificios Administrativos.

De manera similar a los casos anteriores partiremos de las subredes /24, la cual nos cubre un rango de 254 Host.

Procedimiento de asignación de Direcciones IP.

Las Direcciones /24 cubren casi la totalidad de las edificaciones de CADAFE, sin embargo, a objeto de ahorro se dividirán de acuerdo a los casos particulares, siempre considerando una reserva para el futuro.

Los Procedimientos anteriores requiere se cumplan las actividades siguientes:

- 1) Proceder a asignarle las Direcciones IP a las Subestaciones existente y en planes de construcción.
- 2) Establecer un número de VLAN (entre 0 y 4094) de acuerdo al 802.1q, para voz y otro para datos, por lo mínimo. Se pueden establecer otras.
- 3) Establecer un número de prioridad (entre 1 y 7) de acuerdo al 802.1p, para las diversas comunicaciones de la Red.

Adicionalmente, se establece como criterios mínimos de programación de los Netperformer, los siguientes:

- 1) Priorizar la comunicación de voz sobre la data y establecer, donde sea posible, VLAN diferenciadas de voz y datos.
- 2) Establecer el filtro **IPSRC**, de forma tal que las tramas cuya fuente tenga la dirección IP del Despacho tenga prioridad.
- 3) Establecer el filtro **IPDST**, de forma tal que las tramas cuyo destino tenga la dirección IP del Despacho tenga prioridad.
- 4) Establecer la Interfaz virtual **LOOPBACK**.

Para cualquier asignación de Direcciones IP se deberá consultar con la Gerencia de Telecomunicaciones.

ANEXO N° 2

Resumen de criterios para asignación de direcciones IP CADAFE CORPOELEC

Este resumen tiene como finalidad presentar una guía rápida de cómo hacer la asignación de direcciones IP a los equipos pertinentes en la subestación. Para más detalles remitirse al criterio CRITERIOS PARA PLAN DE DIRECCIONES IP DE CADAFE

Para facilitar el control de las asignaciones de direcciones se propone usar números pares incluyendo el cero en el tercer octeto para los servicios de control numérico y números impares los para los demás servicios.

A la empresa contratista encargada de configurar las direcciones IP en los respectivos equipos se le entregará una serie de direcciones de red para los diferentes servicios.

Suponiendo que la dirección de red asignada para control numérico a una subestación es 10.X.0.0/24

Direccionamiento IP para los equipos de comunicación.

| Servicio | Dirección de red |
|-----------------------|------------------|
| Control numérico | 10.X.0.0/24 |
| Proyecto WIMAX | 10.X.1.0/26 |
| Red LAN | 10.X.1.64/28 |
| Enlaces Punto a Punto | 10.X.1.80/28 |

| | |
|--------------|---------------|
| Microondas | 10.X.1.18428 |
| Telefonía IP | 10.X.1.192/28 |
| Gestión | 10.X.1.208/28 |
| Medición | 10.X.1.224/28 |
| Seguridad | 10.X.1.240/28 |

Desglosando la dirección IP por sus octetos queda:

- El segundo octeto indica la pertenencia de la región de la subestación.
- El tercer octeto será par incluyendo el cero para control numérico e identifica la subestación en la región y será impar para los demás servicios, este numero impar es el siguiente del numero par que identifica la subestación.
- El cuarto octeto identifica el tipo de servicio para el cual se usa la dirección.

Aplicación de QoS.

Los Procedimientos anteriores requiere se cumplan las actividades siguientes:

El siguiente cuadro muestra las recomendaciones de la IEEE para la priorizacion de servicios y sus respectivos acrónimos.

| Prioridad al usuario | Acrónimo | Tipo de tráfico |
|----------------------|----------|-----------------|
| 1 | BK | Fondo |
| 2 | | Espacio |

| | | |
|---|----|--------------------------------------|
| 0 | BE | Mejor Esfuerzo |
| 3 | EE | Esfuerzo excelente |
| 4 | CL | Carga Controlada |
| 5 | VI | Video, latencia de jitter < a 100 ms |
| 6 | VO | Voz, latencia de jitter < a 100 ms |
| 7 | NC | Control de red |

En ocasiones el número requeridos de clases de tráfico puede ser mayor que el número máximo de cola que soporta el switch, para estos casos, varias clases serán atendidas en una misma cola, en la siguiente tabla se encuentran las recomendaciones de la IEEE en su estándar 802.1p en relación con la clase de tráfico que deben implementarse en la red según el número de cola que tenga el switch.

| Número Colas | Definición | | | | |
|--------------|------------|----|----|----|----|
| 1 | BE | | | | |
| 2 | BE | | | VO | |
| 3 | BE | | CL | VO | |
| 4 | BK | BE | CL | VO | |
| 5 | BK | BE | CL | VI | VO |

| | | | | | | | |
|---|----|----|----|----|----|----|----|
| 6 | BK | BE | EE | CL | VI | VO | NC |
| 7 | BK | BE | EE | CL | VI | VO | NC |
| 8 | BK | BE | EE | CL | VI | VO | NC |

Creación y características de las VLANS a implementar:

Se Crearan las siguientes VLANS:

- VLAN de Gestión: Con esta VLAN los administradores podrán tener acceso a los equipos activos de la red (rotures, switches) y mantener el control centralizado de los mismos y así separar el tráfico gestión de red al tráfico asociado de los demás usuarios. Esta solo podrá ser vista por los administradores de la red sin ningún tipo de restricción
- VLAN de Voz: esta VLAN prestara un canal para los servicios de voz sobre IP
- VLAN de Datos: esta VLAN prestara un canal para los servicios basados en datos.
- VLAN Servicios de Internet: A futuro CORPOELEC tiene previsto adquirir equipos para dar servicios de Internet y prestar los mismos a través de una VLAN exclusiva.
- VLAN de Medición.
- VLAN de Seguridad: En esta VLAN se prestaran los servicios de seguridad tales como cámaras de video, equipos respaldo etc.
- Configurar la VLAN nativa como VLAN 1

| VLAN ID | Nombre de VLAN |
|---------|-------------------|
| 1 | VLAN Nativa |
| 10 | VLAN de Gestión |
| 20 | VLAN de voz |
| 30 | VLAN de datos |
| 40 | VLAN Internet |
| 50 | VLAN de Medición |
| 60 | VLAN de Seguridad |

1) Se estableció un Banco de Datos en Excel con las Direcciones Asignadas por subestación y se indicaron las direcciones sobrantes.

Adicionalmente, se les debe instruir sobre los criterios mínimos de programación de los Netperformer, los cuales indicamos a continuación:

- 2) Establecer el filtro **IPSRC**, de forma tal que las tramas cuya fuente tenga la dirección IP del Despacho tenga prioridad.
- 3) Establecer el filtro **IPDST**, de forma tal que las tramas cuyo destino tenga la dirección IP del Despacho tenga prioridad.
- 4) Establecer la Interfaz virtual **LOOPBACK**.