

Universidad de las Ciencias Informáticas
Polo de Telecomunicaciones

Facultad 2



Título: Infraestructura MAN con
Tecnología RPR en la UCI

Trabajo de Diploma para optar por el título de
Ingeniero en Ciencias Informáticas

Autor:

Sirley Hastier Silva

Tutor:

Ing. Orestes Rodríguez Morales

Ciudad de la Habana, Junio, 2009.

“Año del 50 Aniversario del triunfo de la Revolución”

DECLARACIÓN DE AUTORÍA:

Declaro ser autora de la presente tesis y reconozco a la Universidad de las Ciencias Informáticas los derechos patrimoniales de la misma, con carácter exclusivo.

Para que así conste firmo la presente a los ____ días del mes de _____ del año _____.

Sirley Hastier Silva

Ing. Orestes Rodríguez Morales

Firma del Autor

Firma del Tutor

DATOS DE CONTACTO:

Síntesis del Tutor: Ingeniero en Telecomunicaciones y Electrónica. Ha participado en Eventos de Redes Inalámbricas de Banda Ancha, WiMAX. Es profesor de la asignatura Teleinformática y ha recibido cursos de postgrado de Redes 3COM e impartido en la Universidad de las Ciencias informáticas y Venezuela.

e-mail: orestes@uci.cu

Teléfono: 835 8103

Bíper: 20979

AGRADECIMIENTOS

A mis mejores profesores: Leovijlida de Matemática en la Secundaria, Mawa de Física en el IPVCE, a mi tutor y profesor de tele en la Universidad Orestes por enseñarme a querer las ciencias y a estudiar.

A mis compañeros que han estado a mi lado durante mis estudios principalmente a Sissi, Yili y Anileidis.

A la compañera Raisa de Español, María Eugenia de la Oficina Nacional de Informatización, del MIC a Yurina y Chacón.

Y a los que de una forma u otra apoyaron el desarrollo del trabajo.

A todos muchas gracias...

DEDICATORIA

Dedicado a:

Mis padres Jorge y Doris quienes se han esforzado mucho para que finalmente pueda tener en mis manos el título de graduada universitaria.

Mi único hermano menor Harry para que siga estudiando y logre todo lo que se proponga.

Mis abuelas Margot y Anita porque sin ellas no hubiese sido posible mi nacimiento.

Y a mi tía Nancy por seguir sus pasos.

RESUMEN

Las tendencias de evolución de las redes de datos a nivel mundial se asocian con el incremento de nuevos servicios entre los que se encuentran IPTV, VoIP, VoD con el principio de convergencia de video, voz y datos. Tener definida una red eficiente que los soporte, constituye una necesidad imperativa ante el reto de desarrollar una infraestructura de red moderna, flexible y abierta, que satisfaga la demanda de servicios de los usuarios. Con el objetivo de modernizar la infraestructura de red en la Universidad de las Ciencias Informáticas se desarrolla el presente trabajo. Para proceder al diseño de la red metropolitana eficiente en primer lugar se realiza un análisis del estado actual de la red en la Universidad identificando cuáles son sus principales insuficiencias con el protocolo Ethernet y su solución con el uso de la tecnología RPR. Por último se ha estudiado las facilidades tecnológicas con mayor éxito en su implementación para proponer el presupuesto al implementar la nueva infraestructura en la universidad que dé respuesta al creciente desarrollo de los tráficos de datos que transite en dirección de las redes NGN.

PALABRAS CLAVE

Ethernet, RPR, QoS, MAN, Infraestructura de red.

AGRADECIMIENTOS	IV
DEDICATORIA.....	V
RESUMEN	VI
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1 “ETHERNET Y REDES METROPOLITANAS”	4
1.1 INTRODUCCIÓN.....	4
1.2 LAS REDES METROPOLITANAS	4
1.2.1 Necesidad y/o función de una Red Metropolitana	5
1.2.2 Ejemplo de redes en Cuba	6
1.2.3 Estado de la red en la UCI	7
1.3 EVOLUCIÓN DE ETHERNET	8
1.3.1 Deficiencias del protocolo Ethernet para cubrir redes MAN	10
1.4 TECNOLOGÍAS ACTUALES PARA REDES MAN.....	10
1.4.1 Tendencia de tecnologías con Ethernet para redes MAN	11
1.5 METRO ETHERNET	11
1.6 CONCLUSIÓN.....	12
CAPÍTULO 2 “PROTOCOLO RPR (RESILIENT PACKET RING)-802.17”	13
2.1 INTRODUCCIÓN.....	13
2.2 SURGIMIENTO.....	13
2.3 CARACTERÍSTICAS GENERALES.....	14
2.3.1 Arquitectura de RPR	14
2.3.3 Formato de la trama	16
2.4 TRANSMISIÓN DE DATOS.....	16
2.4.1 Datos de Control.....	17

2.4.2 Datos de información	17
2.5 TOPOLOGÍA QUE IMPLEMENTA	18
2.5.1 Estructura en el anillo	19
2.5.2 Estructura en el nodo	19
2.5.3 Descubrimiento automático de la topología. Plug-and-play	20
2.6 EFICIENTE ADMINISTRACION DEL ANCHO DE BANDA	21
2.6.1 Control de la congestión. Algoritmo de justicia	22
2.6.2 Reuso del espacio	23
2.7 OTROS BENEFICIOS AL IMPLEMENTAR RPR.....	24
2.7.1 Garantiza Calidad de Servicio.....	24
2.7.2 Rápida recuperación ante fallas. Robustez	26
2.7.3 Facilidad de operación, administración y mantenimiento. OAM.....	27
2.8 DESVENTAJA.....	28
2.8 CONCLUSIÓN.....	28
CAPÍTULO 3 “CASO DE ESTUDIO (Universidad de las Ciencias Informáticas)”	29
3.1 INTRODUCCIÓN	29
3.2 EVOLUCIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA EN LA RED UNIVERSITARIA	29
3.2.1 Surgimiento y primeros años	29
3.2.2 Estado actual y problemas que presenta.....	30
3.3 PROVEEDOR	32
3.3.1 Equipamiento	33
3.3.2 Mantenimiento y capacitación.....	36
3.4 DISEÑO DE LA PROPUESTA DE SOLUCIÓN	36
3.4.1 Estructuración de los nodos físicamente	37

3.4.2 Cableado estructurado	39
3.5 INFRAESTRUCTURA DE RED PROPUESTA.....	40
3.5.1 Administración	40
3.5.2 Comparación con la Actual	41
3.5.3 Ventaja futura	41
3.6 PRESUPUESTO	42
3.7 CONCLUSIÓN.....	44
CONCLUSIONES.....	45
RECOMENDACIONES.....	46
BIBLIOGRAFÍA	47
GLOSARIO	48
ANEXO I. RESOLUCIÓN 195/2007 DEL MIC	49

INTRODUCCIÓN

El siglo XXI se caracteriza por la gestión de redes y un gran desarrollo tecnológico; dado por crecientes demandas en la sociedad moderna para mejorar los servicios de las comunicaciones. Es necesario económica y eficientemente satisfacer las necesidades a los usuarios; más aun en Cuba donde no se cuenta con los medios económicos para adquirir tecnología de punta.

Las redes de datos surgen para interconectar las PC y beneficiar la comunidad. Se clasifican según determinados parámetros como por ejemplo la extensión geográfica en la que se definen las redes de Área Local (LAN), las redes de Área Metropolitana (MAN) y las redes de Área Amplia (WAN).

Una infraestructura MAN es la unión de diferentes tecnologías, equipos físicos y cableados. Colaboran entre ellos para finalmente lograr una comunicación exitosa en un área geográfica extensa. El factor de rápida recuperación ante fallo es vital. Se complementa con un protocolo para el transporte de datos; capaz de clasificar el tráfico y ofrecer Calidad de Servicio (QoS), como es el caso de RPR que se concibe bajo el grupo de estandarización IEEE 802.17 (Resilient Packet Ring).

Un ejemplo de protocolo para el transporte de datos, diseñado para ser usado en una red LAN es Ethernet. No ofrece calidad de servicio. Ha sido el más utilizado en el mundo desde sus inicios. Evolucionó rápidamente en los últimos años, con la aparición en 1998 del estándar IEEE 802.3z, más conocido por Gigabit Ethernet GbE y en el 2002 el estándar 10GbE ó 802.3ae. Hace que se establezca cada día más firme con varios puertos Ethernet en Redes Metropolitanas o Redes Troncales (Backbones) de interconexión de LAN.

Las redes Ethernet se hacen más grandes. Se les pide mayor ancho de banda, rapidez y fiabilidad; que las actuales soluciones de transporte Ethernet no pueden soportar. Las LAN apoyadas solo con esta tecnología no garantizan parámetros necesarios para la obtención de QoS como: disponibilidad y pérdida de tramas. En la actualidad, Ethernet

presenta insuficiencias, la principal es su limitada escalabilidad y lentitud de los restablecimientos.

La Universidad de las Ciencias Informáticas UCI, es un instituto dirigido a la formación de buenos profesionales y a la producción de software con calidad. Se demanda en la comunidad universitaria servicios como: IPTV, Video conferencia, Video bajo demanda (VoD), Voz sobre IP, entre otros. Por ser la comunicación actualmente realizada con una red MAN, soportada solo por la tecnología Ethernet en todas sus variantes dígase 100, 1000 Mbps y 10GbE. Será demostrado, que no se garantiza la calidad de servicio demandado por los usuarios y disponibilidad con la que no se cuenta hoy. Hace surgir la necesidad de investigar un nuevo estándar que brinde mayores beneficios y se propone la tecnología RPR, para el backbone de la Universidad. Se identifica el **problema científico**: ¿Cómo garantizar eficientemente calidad de servicios en una infraestructura de Red Metropolitana para la UCI?

Y finalmente como aportes prácticos esperados: Dotar a la Universidad de las Ciencias Informáticas de una documentación sobre el despliegue de la infraestructura MAN con RPR para su implementación en la Universidad.

Para dar solución a la problemática, en la investigación se plantea como **objeto de estudio**: Los Procesos de implementación de una infraestructura MAN y dentro de este el **campo de acción**: Los Procesos de implementación de una infraestructura MAN con RPR, en la Universidad de las Ciencias Informáticas.

Según la situación problemática expuesta anteriormente, se define como **objetivo general de la investigación**: Realizar una propuesta migratoria hacia la implementación de una Infraestructura de red Metropolitana en la UCI con topología de anillo, y uso del protocolo RPR para el backbone de la Universidad.

Para desarrollar la investigación, se plantean los siguientes **objetivos específicos**:

- Definir los elementos conceptuales relativos a las redes metropolitanas y al desarrollo del protocolo Ethernet.

- Analizar el protocolo RPR para su implementación en la red metropolitana de la UCI.
- Diseñar la propuesta de solución con el protocolo RPR.

Basado en las necesidades anteriormente mencionadas y para darle cumplimiento a los objetivos se desarrollarán las siguientes **tareas de la investigación**:

- Diagnosticar las deficiencias de la tecnología Ethernet en la UCI.
- Realización de un estudio sobre la infraestructura MAN.
- Estudio bibliográfico del protocolo RPR.
- Validación del equipamiento para implementar el estándar RPR.

Con el trabajo de diploma se pretende realizar un análisis detallado del nuevo estándar. Está estructurado en tres capítulos, el **Capítulo 1 “Ethernet y Redes metropolitanas”** abarcará las redes metropolitanas en el mundo, en Cuba y en la UCI; así como la evolución del estándar Ethernet para cubrir redes metropolitanas. El **Capítulo 2 “Protocolo RPR (Resilient Packet Ring)-802.17”** Detallará el estándar RPR, mecanismo que emplea para brindar calidad de servicio, entre otras características que lo convierte en el indicado para cubrir áreas metropolitanas de alta exigencia. Por último el **Capítulo 3 “Caso de estudio (Universidad de las Ciencias Informáticas)”** dará una propuesta de diseño para implementar tecnología en anillo mediante el estándar RPR en la UCI. Incluye tipo de tecnología a usar, costo, ubicación física de los nodos y anillos, entre otros aspectos que se tendrán en cuenta.

CAPÍTULO 1 “ETHERNET Y REDES METROPOLITANAS”

CAPÍTULO 1 “ETHERNET Y REDES METROPOLITANAS”

1.1 INTRODUCCIÓN

Durante las últimas décadas, se ha producido una gran convergencia de las computadoras y las comunicaciones, dando un enorme impulso al crecimiento de las redes. Inicialmente, fueron desarrolladas las Redes de Área Local en lo adelante LAN. Operan en distancias cortas; permiten conocer la importancia y los beneficios de los trabajos en red. Por diferentes necesidades; se expandió el concepto y se crean las Redes de Áreas Metropolitanas por sus siglas en ingles MAN. Y más tarde, se desarrolló para expandir el alcance de las redes entre países y continentes, se denominan las Redes de Área Amplia WAN.

El presente capítulo tratará una exposición sobre el estado del arte a redes metropolitanas y la evolución del protocolo Ethernet para este tipo de redes. Ofrece una panorámica sobre la necesidad de implementar en la UCI una nueva infraestructura de red, que responda a su desarrollo y soporte las demandas de calidad de servicio, basada en una conmutación por paquete que garantice el futuro, con la tecnología RPR.

1.2 LAS REDES METROPOLITANAS

Hace poco tiempo se desarrollan. Por sus características son muy populares y usadas en el mundo.

La extensión en cobertura de las redes MAN es mayor de 40 Km. Cubren ámbitos de una o varias ciudades cercanas; que hacen de interfaz entre las redes de acceso y las redes troncales de transporte a largas distancias, con topología predominante de anillo.

Son públicas o privadas. Ejemplo de MAN privada es un departamento o administración con edificios distribuidos por la ciudad, que transporta el tráfico entre edificios por medio de su propia MAN y encamina la información externa por medio de los operadores públicos. Aplicaciones de vídeo enlazan los edificios para reuniones, simulaciones o colaboración de proyectos.

CAPÍTULO 1 “ETHERNET Y REDES METROPOLITANAS”

Un ejemplo de MAN pública es la infraestructura que un operador de telecomunicaciones instala en una ciudad, con el fin de ofrecer servicios de banda ancha a sus clientes localizados en esta área geográfica. Es normal que en una MAN un proveedor de servicios monte sus redes de datos, telefónica y otros servicios que ofrezca.

1.2.1 Necesidad y/o función de una Red Metropolitana

En el mundo la convergencia de servicios en una realidad. Contar con la solución de red adecuada y el equipo activo de red conveniente, marcan la diferencia. En el mercado, entre los servicios de red convergentes residen: acceso al mundo de internet, correo electrónico, video y audio. Su funcionamiento correcto y al alcance de quienes los piden; necesita, una infraestructura de red, cuyo diseño e implementación, tanto física como lógica, garanticen la disponibilidad y el óptimo rendimiento de los servicios en todo el ambiente de red. Lograrlo, demanda el personal y la tecnología correcta para brindar la solución requerida.

Las necesidades de su uso son: *bajo coste, gran flexibilidad, robustez, transparencia y ancho de banda relativamente alto*. Permite *alta velocidad* y unos tiempos de acceso a la red mínimos; requerido por grandes ordenadores y aplicaciones compartidas en red. Brinda tráfico en tiempo real, inclusión de servicios síncronos con la integración de voz/datos/video. Es óptima para entornos de tráfico multimedia.

Tiene gran *escalabilidad*. Permite superar los 500 nodos de acceso a la red con distancias de varios kilómetros según el tipo de cable.

Son redes de alto rendimiento, *alta fiabilidad* referida a la tasa de error de la red mientras se encuentra en operación. Trabaja bien en entornos donde los errores resultan desastrosos como es el caso del control del tráfico aéreo.

Obtiene *niveles altos de seguridad*. Al usar como medio de transporte físico la Fibra Óptica o FO por sus siglas como será tratado en lo adelante. Ofrece un medio seguro, no es posible leer o cambiar la señal óptica sin interrumpir físicamente el enlace. La rotura de

CAPÍTULO 1 “ETHERNET Y REDES METROPOLITANAS”

un cable y la inserción de mecanismos ajenos a la red implican una caída temporal del enlace.

Eficiente en un ambiente donde *alta disponibilidad* de la red tiene graves consecuencias. Brinda disponibilidad referida al porcentaje de tiempo en el cual la red trabaja sin fallos. Posee mecanismos automáticos de recuperación, al regresar a su operación normal después de uno. Cualquier fallo en un nodo de acceso o cable es detectado rápidamente y aislado. Las redes metropolitanas privadas, son apropiadas en entornos como aprovisionamiento de almacenes, bancos y otras aplicaciones comerciales que requieren alta disponibilidad.

Se usan en diferentes situaciones del terreno natural donde se vaya a implementar. Los métodos de conexión entre zonas cambian de acuerdo a las condiciones físicas de cada sitio a interconectar. En la mayoría de los lugares, se efectúa a través de FO. Donde la red sufre interferencias electromagnéticas considerables, ofrece un medio de comunicación libre de ruidos. La tecnología con pares de cobre, ofrece velocidades de 10Mbps, 20Mbps, 45Mbps, 75Mbps; mediante FO 100Mbps, 1Gbps y 10Gbps. Métodos de conexión, como enlaces inalámbricos de banda ancha también se usan. La configuración y administración queda bajo responsabilidad de quienes la implementan, generalmente es de naturaleza privada.

Existe tendencia por parte de las grandes empresas líderes en el comercio, la industria y el estado a la utilización de redes metropolitanas tanto privadas como públicas en dependencia de los requerimientos, y así favorecerse de sus prestaciones brindadas, ya que las LAN no cubren todas las necesidades.

1.2.2 Ejemplo de redes en Cuba

Las empresas cubanas relacionadas con las comunicaciones y la informática; se encuentran en proceso de modernización tecnológica del sistema de transmisión en el país. Continuamente se preparan para garantizar la ampliación de los servicios prestados con modernos y eficientes sistemas. Como parte de la Estrategia de Informatización de la Sociedad se ejecuta el Programa Desarrollo Progresivo de la Red. El principal objetivo de

CAPÍTULO 1 “ETHERNET Y REDES METROPOLITANAS”

Cuba es fomentar la evolución lógica del entramado de redes nacionales, existente desde hace varios años; hacia una arquitectura ordenada y distribuida de contenidos y servicios. Es una condición necesaria a alcanzar dentro del ámbito de la seguridad, la soberanía y la independencia tecnológica. Supone la integración ordenada y el crecimiento de las redes institucionales y de uso público, existentes y por crear en el país, sus infraestructuras, servicios y contenidos. El programa también incluye la puesta en práctica de los mecanismos imprescindibles para garantizar el acceso a la información con un costo moderado y calidad en los servicios prestados. En aras de incrementar el beneficio de la nación, contribuir al desarrollo económico, social sostenible, que proporcione bienestar y seguridad a la población.

Cuba, ha desarrollado en las últimas décadas numerosas redes como: REDUNIV la red universitaria, INFOMED de Salud Pública, TINORED de los Joven Club de Computación, RIMED la red del sistema educacional, TELEBAS de la industria básica, la red de la banca, TRANSNET la red del transporte. Funcionan además redes internas o intranets, que les permite acceder a los contenidos a usuarios de diferentes organismos, instituciones y empresas.

En el 2007 el MIC¹ aprobó la Resolución 195 (mayor información en el ANEXO I) para en Cuba clasificar con un nuevo concepto las redes según la extensión territorial. Por la nueva denominación la red de la UCI está categorizada como: Red Propia de Datos Regional porque se extiende a otras provincias por las Facultades Regionales y los Centros de Desarrollo.

1.2.3 Estado de la red en la UCI

La UCI por su extensión geográfica, no se puede tratar como una red LAN. El factor de alta disponibilidad es requerido en un territorio donde se desarrollan proyectos productivos. Un fallo en la red provoca pérdidas y atrasos según el cronograma de trabajo en un proyecto. Recae en la elevación de los costos previstos.

MIC¹: Ministerio de la Informática y las Comunicaciones.

CAPÍTULO 1 “ETHERNET Y REDES METROPOLITANAS”

Se necesita mayor rapidez para acceder a una base de datos en otra LAN. Integrar servicios de voz, datos y video con alta calidad. Estar actualizado en el entorno de la informática y las telecomunicaciones. Y competir en el mercado al producir software con tecnología de punta y económica.

Se expusieron algunas razones, por las que se hace necesaria la implementación de una nueva infraestructura de red. Que cumpla los requerimientos y exigencias demandados por la Universidad. Pues la actual solución para el transporte de datos en la UCI está soportada solamente por el protocolo Ethernet.

1.3 EVOLUCIÓN DE ETHERNET

Se habla de red Ethernet, desde mayo de 1973; cuando por primera vez se conectan dos computadoras con cable coaxial a 2.94 Mb/s. En 1979 se constituye la alianza DIX² para impulsar su desarrollo.

El IEEE en febrero de 1980 crea el proyecto 802. Al alcanzar velocidad de 10Mb/s con cable coaxial grueso, surge en 1983 el estándar 802.3. En 1990 se estandariza para usar cable UTP categoría 3.

En 1992 el IEEE crea el grupo de estudio para redes de alta velocidad a 100Mb/s. Y en junio de 1995 se crea Fast Ethernet 802.3u, estandarizado sobre FO multimodo. Para UTP categoría 5 y categoría 3 igualmente se normalizó.

En Octubre de ese mismo año se crea el grupo de estudio para redes de 1 Gb/s. El 29 de Junio de 1998 se estandariza GbE 802.3z sobre cable UTP categoría 5.

En enero del 2000 se crea un grupo de estudio con el objetivo de alcanzar altas velocidades. Valorar la posibilidad de estandarizar una Ethernet de banda ancha con 10 Gb; que permita extender Ethernet al ámbito metropolitano. En agosto del 2002 se aprueba el estándar 10 GbE 802.3ae sobre fibra. En el 2004, 802.3ax para cable coaxial y en el 2006 802.3an con UTP categorías 6 y 7.

DIX²: Digital-Intel-Xerox.

CAPÍTULO 1 “ETHERNET Y REDES METROPOLITANAS”

El comité de normalización en la IEEE estandariza 802.3 LAN/MAN. Se comienza a desarrollar normas y estándares de red para áreas locales y metropolitanas. Permite a diferentes grupos de trabajo desarrollar proyectos con Ethernet.

Ethernet es una tecnología madura en el 2009. Alcanza velocidades hasta 10Gb sobre FO. Y se integra a redes metropolitanas o backbone³. Aproximadamente el 95% del tráfico en las empresas se realiza mediante Ethernet, en la UCI está por el orden del 100%.

Por ser de baja adquisición es de fácil acceso para las diferentes organizaciones, universidades o empresas; que quieran montar una red para interconectar sus equipos y favorecer el transporte de datos.

En la tabla 1 se demuestra, que es superior a tecnologías como FR, ATM y SDH en cuanto a facilidad de gestión y costo.

	Ethernet	FR	ATM
Escalabilidad	10M a 10G	56k a 45M	1.5M a 622M
QoS	Soportado	Limitado	Si
Flexibilidad del servicio	Alta	Baja	Baja
Eficiencia del protocolo	Alta	Media	Baja
Optimizando para IP	Si	No	No
Aprovisionamiento	Rápido	Lento	Lento
Costo por Puerto	\$	\$\$	\$\$\$
Costo/Mb	\$	\$\$	\$\$\$

Tabla 1. Comparación de Ethernet con otras tecnologías

backbone³: Red troncal de interconexión de LANs.

CAPÍTULO 1 “ETHERNET Y REDES METROPOLITANAS”

Ethernet presenta limitaciones en una red metropolitana. Se desarrolla la versión de entornos LAN, para lograr su transporte dentro una red metropolitana de próxima generación basada en paquete.

1.3.1 Deficiencias del protocolo Ethernet para cubrir redes MAN

La principal deficiencia de la tecnología Ethernet en sus variantes, para cubrir redes MAN, es cuando tiene que afrontar el crecimiento de la red. Por su limitada escalabilidad debido a los altos tiempos de convergencia, por fallas de enlace o dispositivos de Capa 2.

Demuestra lentitud de los restablecimientos; sólo se logra con un tiempo no menor de 50s. Porque cuando ocurre un fallo en una conexión, el protocolo en el que se basa Ethernet para el descubrimiento automático de la topología; tiene que re-calcular y configurar nuevamente su árbol topológico, que define las rutas a seguir por un paquete hasta su nodo destino.

También presenta dificultad para establecer QoS. Por ser un protocolo netamente de mejor esfuerzo, no lo ofrece por sí solo. No fue diseñado pensando en calidad de servicio.

Por basarse en un medio compartido no es seguro.

1.4 TECNOLOGÍAS ACTUALES PARA REDES MAN

Para establecer la conectividad en redes WAN y solucionar el problema en las MAN; se usan estándares como SONET/SDH o WDM. Son estándares de transporte por FO. Resisten tasas de transferencia de varios gigabits hasta decenas de gigabits. Ofrecen la capacidad de soportar diferentes protocolos de capa 2; es decir, tráfico ATM, Ethernet, Token Ring, Frame Relay, tecnologías existentes integradas entre las redes en el mundo. Son caras. Presentan una conmutación por circuito y desaprovechan ancho de banda en el anillo, topología usada para la conexión en una red MAN.

Se desarrollan nuevas tecnologías como WDM, RPR, 10GbE. Conjuntamente con la completa gama de equipos y software; permite a operadores garantizar las prestaciones de sus redes metropolitanas, y optimizar la calidad de los servicios ofertados.

CAPÍTULO 1 “ETHERNET Y REDES METROPOLITANAS”

1.4.1 Tendencia de tecnologías con Ethernet para redes MAN

Se están desarrollando varias investigaciones y estudios a nivel mundial sobre el protocolo; para brindarle mejoras según las diferentes necesidades. Y dotarlo con la posibilidad de ofrecer calidad de servicio; o usarlo en un ambiente de red que lo requiera. E integrar a Ethernet el uso de otras tecnologías; que hacen factible su empleo en entornos MAN.

MPLS es un ejemplo de tecnología basada en una conmutación por paquete. Trabaja en la capa 3 y 2 del modelo OSI. Mejora la funcionalidad de la capa 2 en Ethernet sin obstaculizar su trabajo. Es estratégicamente importante, porque ofrece una clasificación y conducción rápida de paquetes.

EoMPLS⁴ ofrece servicios de determinación de rutas en grandes redes. Proporciona calidad de servicio. Establece ancho de banda reservado, mecanismos de seguridad e ingeniería de tráfico y baja latencia.

1.5 METRO ETHERNET

Por las facilidades de uso y bajo costo que ofrece Ethernet; existe una tendencia mundial de continuar desarrollándolo; para usarse en una infraestructura de red metropolitana.

Es una arquitectura tecnológica destinada a suministrar servicios de conectividad MAN/WAN de nivel 2, a través de interfaz de red de usuarios Ethernet.

Se basa en sistemas multiservicio. Soporta amplia gama de servicios, aplicaciones y mecanismos donde se incluye tiempo real, flujo de datos continuo como audio y video.

Es económico. Los servicios Ethernet reducen el capital de operación en tres formas:

Amplio uso, porque se emplean interfaces Ethernet que son las más difundidas para las soluciones de trabajo en red.

EoMPLS⁴: Ethernet sobre MPLS

CAPÍTULO 1 “ETHERNET Y REDES METROPOLITANAS”

Bajo costo, porque los servicios Ethernet ofrecen bajo costo en la administración, operación y funcionamiento de la red.

Y *ancho de banda*: porque los servicios Ethernet permiten a los usuarios acceder a conexiones de banda ancha a menor costo.

Es flexible. Las redes de conectividad mediante Ethernet, permiten modificar y manipular de manera dinámica y eficiente el ancho de banda y la cantidad de usuarios en corto tiempo.

Los usuarios acceden a la Red Metro Ethernet mediante el equipamiento de usuario: un Router o Switch que se conectan a través de interfaces de red de usuarios a velocidades de 10Mbps, 100Mbps, 1Gbps o 10Gbps.

Los organismos de estandarización (IEEE, IETF, ITU) y los acuerdos entre fabricantes; juegan un papel determinante en su evolución. Se ha creado el Metro Ethernet Fórum, organismo dedicado únicamente a definir Ethernet como servicio metropolitano. Entre sus miembros se encuentran: Alcatel, British, Telecom, Cisco Systems, Ericsson, Huawei, Nortel. Hay mucho por investigar en el tema.

Existe una solución factible para las redes metropolitanas: el protocolo RPR, propuesto para implementarse en la infraestructura MAN de la UCI.

1.6 CONCLUSIÓN

La Universidad requiere alto prestigio nacional e internacional. Se ha demostrado la necesidad de desarrollar una infraestructura de red metropolitana económica y propicia. Que ofrezca calidad de servicio a los clientes finales: profesores, trabajadores y estudiantes. La solución actual de red con el protocolo Ethernet presenta limitaciones para afrontar el crecimiento de las redes como en la UCI. Aquí es donde viene a suplir las limitantes la tecnología RPR analizada en el próximo capítulo.

CAPÍTULO 2 “PROTOCOLO RPR (RESILENT PACKET RING)-802.17”

2.1 INTRODUCCIÓN

Se dispone de múltiples soluciones para proveer conectividad en redes de área metropolitana, y lograr el transporte de datos, voz, video o la convergencia de ellos. Estas no son eficientes para entornos MAN. Tecnologías como SDH son muy caras; y otras entre las que se encuentra Ethernet, no ofrecen calidad de servicio.

Por la falta de un estándar para el transporte en redes MAN. Y para desarrollar una tecnología flexible, eficiente en la transferencia de paquetes de datos, y a la vez ofrezca QoS en una red de alta exigencia; la IEEE crea en el año 2001 un grupo de trabajo encargado de desarrollar normas para apoyar el desarrollo y despliegue de RPR. Formado por varias compañías punteras en tecnología de comunicaciones. Adopta el término 802.17 para identificar el estándar conocido como Resilent Packet Ring o traducido al español: Anillo de Recuperación de Paquetes, finalmente aprobado y estandarizado por la IEEE el 24 de Junio del 2004. Será analizado en el presente capítulo, para implementarse en una infraestructura MAN como la UCI.

2.2 SURGIMIENTO

RPR surge como una nueva arquitectura y tecnología de red, diseñada para satisfacer los requerimientos de una MAN basada en paquetes. Es parte de la familia de estándares para áreas de redes locales y metropolitanas. Esta familia de estándares se ocupa de las capas físicas y de transporte de datos como se define por la ISO basada en la referencia del modelo OSI. Es un protocolo de nivel 2; para proporcionar un servicio de transmisión de paquetes no orientado a la conexión entre elementos de un anillo.

Inspirado en Ethernet, del que persigue sus ventajas, sin renunciar a la calidad de servicio de la red SDH. Unido a nuevas funcionalidades propias que lo hacen más ventajoso.

2.3 CARACTERISTICAS GENERALES

RPR es una tecnología para redes MAN. Cuyo propósito es definir un protocolo mediante especificaciones de capa física; para la optimización en la transmisión de paquetes de datos a velocidades altas en topología con una configuración de anillo doble.

Se hereda esta última característica favorable del protocolo SDH; para asegurar una rápida recuperación ante fallos. De Ethernet escoge sus beneficios en la transferencia de paquetes; no haciéndolo mediante circuito como SDH, el cual desperdicia ancho de banda con este fin.

Implementa mecanismos propios para asegurar QoS. Un conjunto de protocolos para la detección, la inicialización de la configuración del anillo, recuperación ante fallas, y la regulación justa de acceso al medio.

2.3.1 Arquitectura de RPR

Al implementar una arquitectura bien definida, le permite organizar, soportar y definir sus funcionalidades; además de garantizar su fácil integración con tecnologías existentes.

En la Base de Datos, se amacena la información de las funciones de descubrimiento de topología y protección. Se usa para el Control de Acceso al Medio en lo adelante MAC, el Protocolo de Justicia (epígrafe 2.6.1) y las funciones de Operación Administración y Mantenimiento (OAM epígrafe 2.7.3).

Trabaja en los niveles 1 y 2 del modelo OSI, representado en la figura 1.

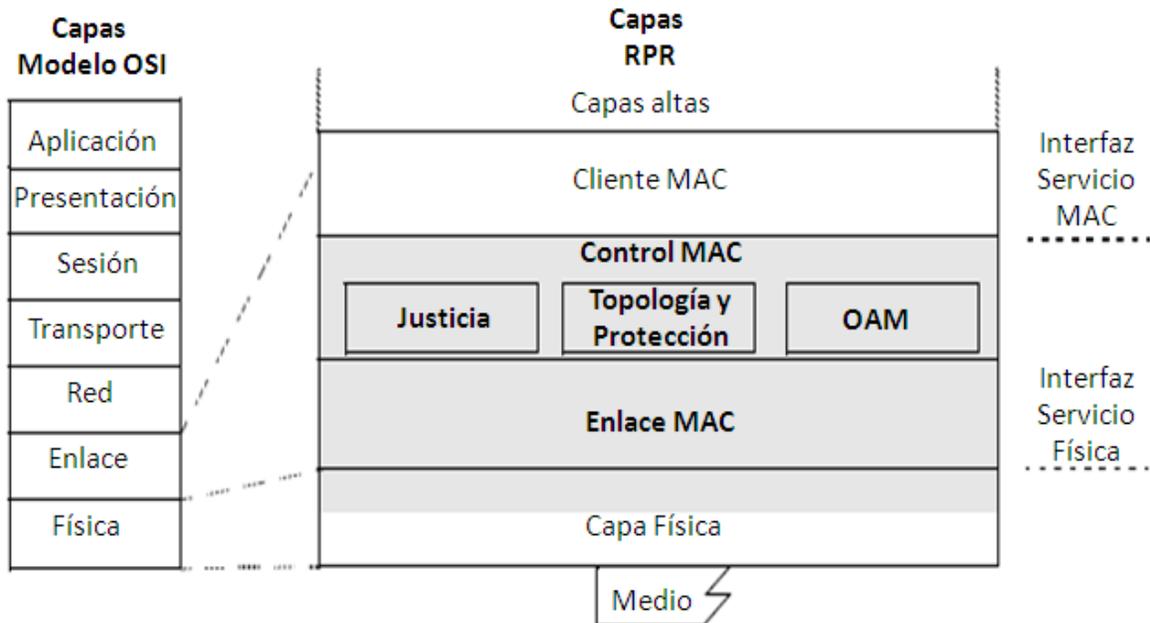


Figura 1. Servicios RPR y su relación con el Modelo de Referencia OSI

El nivel 2 está dividido en dos grandes partes. En la superior se encuentra lo relacionado con los servicios de interfaz para MAC.

La parte inferior está formada por dos, es la más importante. En ella se encuentra la Subcapa de Control MAC. Encargada de mantener el estado del MAC, coordinar con la subcapa homóloga de otros nodos, controlar la transferencia de datos entre el MAC y su cliente además de controlar la otra subcapa presente en el nivel 2 la subcapa Datapath: que provee funciones de transferencia de datos para cada anillo.

En el nivel físico está el servicio de interfaz física. Usada por el MAC para transmitir y recibir tramas del medio físico. Cuyo objetivo es soportar operaciones RPR con velocidades de transmisión de datos que van de 155Mb/s hasta 10Gb/s. Permite operar sobre capas físicas sincrónicas y asincrónicas. Provee servicios de interfaces que no tienen efectos adversos sobre los mecanismos de protección RPR.

CAPÍTULO 2 “PROCOLO RPR (RESILENT PACKET RING)- 802.17”

2.3.3 Formato de la trama

Se muestra a continuación en detalles la estructura de la trama de dato (Figura 2) para la comunicación de sistemas usando MAC RPR. Define la sintaxis de varios componentes de la trama MAC.

El tamaño de la trama varía: 24byte es el mínimo, se le adicionan 12byte por lo extendido, 1616byte es lo máximo regular porque tiene 1500byte para el Servicio de Unidad de Datos y 92byte reservados. Las tramas más grandes denominadas JUMBO son de 9216byte de los cuales 9100byte son para el Servicio de Unidad de Datos y 92bytes reservados.

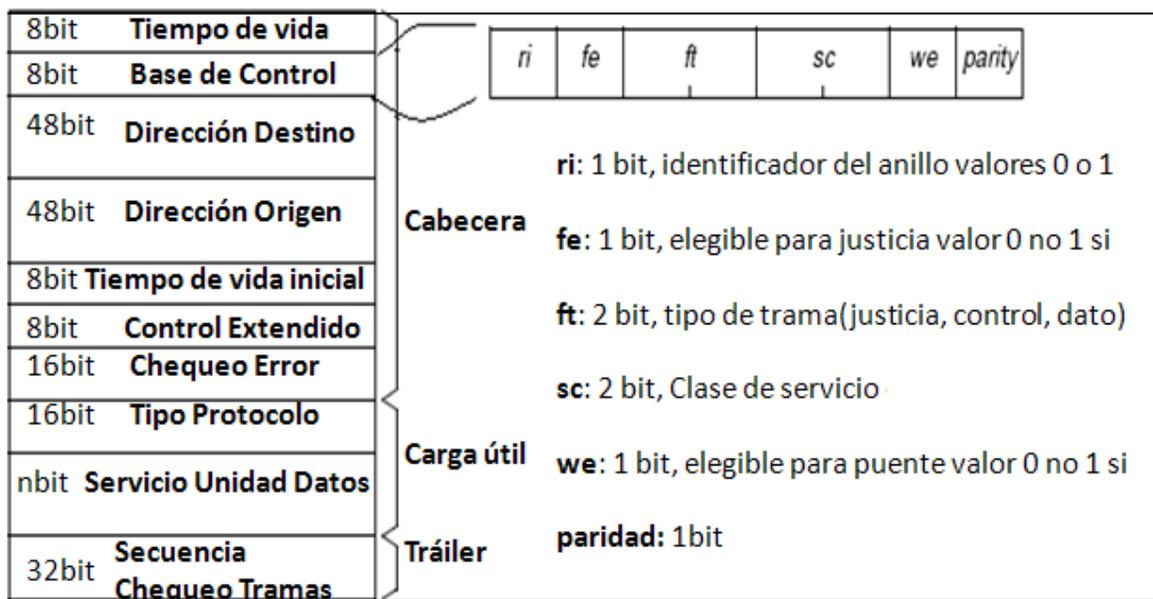


Figura 2. Formato básico de la trama dato RPR

2.4 TRANSMISIÓN DE DATOS

En la red por el medio físico circulan dos tipos de datos. Uno usado para el control de las transmisiones. El otro la información que se transmite para hacerla llegar a su destinatario.

CAPÍTULO 2 “PROTOCOLO RPR (RESILENT PACKET RING)- 802.17”

RPR tiene diferentes tipos de transporte. La transmisión de tramas de un nodo fuente a un destino asociado con una dirección MAC individual, es unicast. Para un conjunto de nodos con un grupo de direcciones MAC multicast. Para todos los nodos broadcast.

Los datos se envían por el camino óptimo. Sólo en caso de detección de fallas en el medio físico de comunicación se utiliza el camino secundario automáticamente. La recuperación de los servicios en el anillo, se realiza en un tiempo no superior a 50 ms, mediante dos mecanismos de protección automática denominados wrap-steer que garantizan rápida recuperación ante fallas analizado en el epígrafe 2.7.2.

2.4.1 Datos de Control

El cliente MAC usa las primitivas de control MAC para recibir y transmitir información de control. Ejemplos de estas informaciones de control es la configuración del nodo, estado de la congestión, envíos de estados, y topología del anillo, así como también mensajes para comunicar el estado de los vínculos en el anillo y el correcto funcionamiento del nodo.

2.4.2 Datos de información

Los datos de información circulan en forma de paquete. Si el tamaño es muy grande, para transmitirlo se divide en partes más pequeñas. Cada una de las partes se trata de forma independiente en una estructura denominada trama; antes de ser enviada se conforma según los requerimientos determinados por el cliente MAC.

En la subcapa de control MAC existe una parte destinada para el transporte de datos. Proporciona la lógica para determinar cuáles tramas son quitadas del tránsito y cuales son puestas en colas en espera para ser transmitidas. Todos los nodos tienen una cola primaria o PTQ, y tiene la opción de poseer otras muchas más larga conocida como cola secundaria o STQ.

Este nivel determina diferentes reglas para la funcionalidad de recibo. Incluye funciones de chequeo, ajuste y filtro. Las reglas de chequeo son responsables por descartes de

CAPÍTULO 2 “PROTOCOLO RPR (RESILENT PACKET RING)- 802.17”

errores y tramas que expiran así como por estadísticas de control de flujo al contar los recibos. Las reglas de ajustes son responsables de quitar tramas en su destino, cuando ajusta los campos de las tramas, y de poner las tramas en la correcta cola de tránsito. Las reglas de filtro son responsables de decidir si las tramas son copiadas al cliente de la subcapa de control MAC o no en caso que solo transite por dicho nodo.

Cuando las tramas son aceptadas dentro de la etapa en cola se aplica el control del flujo de datos y protocolos para priorizar, en lugar de ser transmitidas al instante. Este escenario de colas de tráfico es eficaz, no se ve afectado por la asignación de pesos de justicia. El escenario de cola es pequeño y no tiene límites forzados; se envía rápidamente de la etapa en cola y el efecto sobre el flujo de control de latencia es mínimo siendo adecuado para voz y vídeo.

2.5 TOPOLOGÍA QUE IMPLEMENTA

El mercado de las redes en anillo con fibra óptica, se encuentra ampliamente difundido en entornos de área metropolitana y redes de área amplia. Soportados a través de protocolos que no son escalables ni optimizan las demandas de las redes de paquetes. Incluida la asignación del ancho de banda, el rendimiento, resistencia a fallos, y la reducción de gastos operacionales y costos de los equipos.

La topología que implementa RPR es de anillo doble denominados cero y uno. Ambos llevan tráfico útil. Utilizan técnicas de nivel 2 para la protección del tráfico en lugar de reservar ancho de banda para eso, incrementa el caudal utilizable.

La topología de anillo doble, entre los nodos origen y destino asegura un camino alternativo; que se encuentra disponible después de fallar la conexión en uno de los anillos.

Es fácil su administración, pues requiere muy poca intervención manual por el mecanismo que implementa para el descubrimiento automático de la topología (epígrafe 2.5.3).

CAPÍTULO 2 “PROTOCOLO RPR (RESILIENT PACKET RING)- 802.17”

2.5.1 Estructura en el anillo

RPR usa anillo dual con transmisión unidireccional, y en direcciones opuestas. Cada anillo está hecho de enlaces con flujo de datos en la misma dirección. Se identifican como anillos cero y uno.

Es escalable y soporta hasta 255 nodos adjuntos. Óptimo para anillos con una máxima circunferencia de 2000km.

Si ocurre un fallo en la conexión de un nodo no se ven afectados los restantes nodos.

Los nodos del anillo son identificados por 48bits de dirección MAC. Todos los enlaces en el anillo operan a la misma tasa de datos, y exhiben si se desea diferentes propiedades de retrasos o demoras.

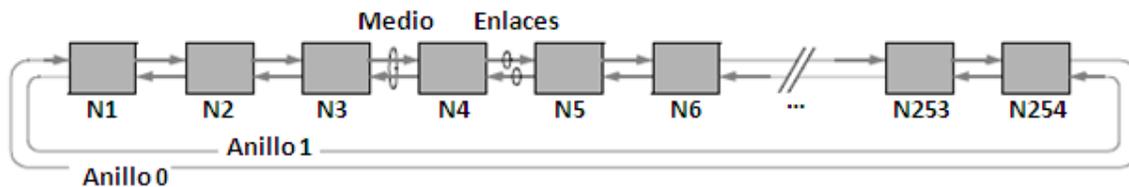


Figura 3 Estructura de anillo doble

2.5.2 Estructura en el nodo

El nodo está compuesto por una entidad cliente, una entidad MAC y dos entidades físicas. Cada entidad física es conectada al medio compartido con el nodo vecino. La entidad MAC contiene una entidad de control MAC, una entidad de selección del anillo y dos enlaces de datos que son asociados con cada anillo respectivamente.

Una entidad física transmite por el anillo 0 y recibe por el 1, llamado Este; y el otro transmite por el 1 y recibe por el 0 identificado como Oeste. El tráfico de datos por el anillo 0, se recibe por la interfaz física oeste y transmite por la este y en el anillo 1 se recibe por el este y se transmite por el oeste ejemplificado gráficamente en la figura 4.

Los enlaces de datos envían tramas recibidas al cliente MAC. Provee las funciones de transferencia de datos para cada anillo, una vez determinado por cual es más conveniente realizar la transmisión; esta operación se realiza por la entidad selección del anillo dentro de la subcapa MAC. Para transmitir los datos chequea la dirección destino, la dirección origen, para seleccionar por cual anillo transmitir la trama.

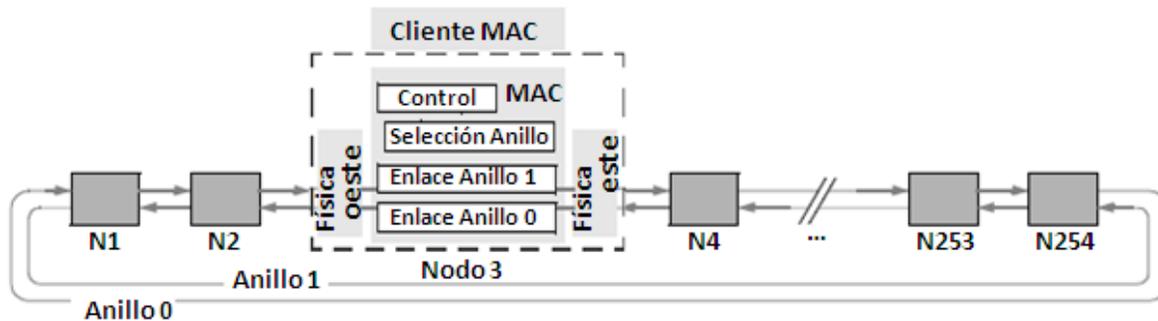


Figura 4. Estructura del nodo

2.5.3 Descubrimiento automático de la topología. Plug-and-play

RPR permite a la red aprender automáticamente la topología. Almacenar en cada nodo de red dos caminos al resto de nodos, denominados primario y secundario. Brinda la posibilidad de automatizar gran parte de la operación, debido a la inteligencia ganada con el algoritmo de descubrimiento automático de la topología. Para cada nodo tiene asignado por defecto un valor de ancho de banda y poder habilitar el plug and play o conexión y arranque de la red sin la configuración de administración. Describe reglas para el broadcast de información de topología, contenido en las tramas topología y protección, en lo adelante trama TP del anillo y un anuncio de las capacidades del nodo permitiéndole a los sistemas estar en condiciones de servicio sin intervención manual.

Las tramas TP son generadas cuando el nodo viene a activarse en el anillo, periódicamente y en la detección de un cambio en el nodo o en el estado del anillo.

Cuando un nodo es adicionado, envía su trama TP y dirección MAC con lo cual es actualizada la BD de la topología.

CAPÍTULO 2 “PROTOCOLO RPR (RESILIENT PACKET RING)- 802.17”

La figura 5 representa un anillo cerrado por nodos, o un anillo abierto resultado de una rotura en el anillo en uno o más puntos.

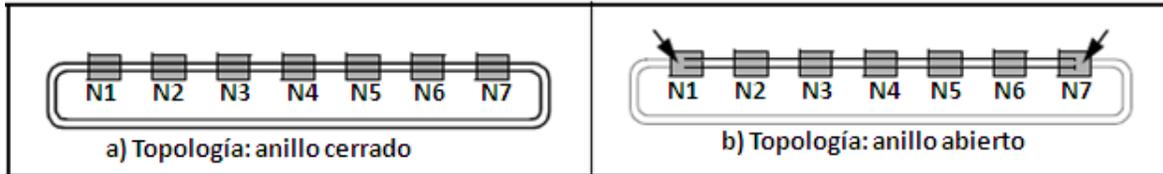


Figura 5. Topología de anillo abierto y cerrado

Después que la topología ha sido estabilizada, se realiza su validación y los reportes de defectos de topología van para el OAM. Ejemplos de defectos en la topología son: dirección MAC duplicada o exceso de tasa reservada.

2.6 EFICIENTE ADMINISTRACION DEL ANCHO DE BANDA

El MAC impone limitaciones de ancho de banda. No permite a su cliente transmitir más de la tasa permitida. Si no hay límite asignado hasta el total de ancho de banda en el anillo.

Los nodos del anillo RPR comparten el ancho de banda disponible. La sumatoria de asignación de ancho de banda a los nodos es igual a la capacidad del anillo. El protocolo RPR implementa un reparto equitativo del ancho de banda con el algoritmo de justicia. El acceso se negocia equitativamente por cada nodo sin necesidad de provisionar circuitos, y destinar ancho de banda con el fin de proteger el tráfico, porque usa técnicas de nivel 2 para esto analizado en el epígrafe 2.5.2.

No se necesita disponer un ancho de banda para guardar temporalmente las tramas que serán transmitidas por el medio. Estas son transmitidas desde la cola del MAC interno, en lugar de ser transmitidas directamente desde el cliente MAC. Para lo cual hace uso del escenario de colas de tráfico.

Obtiene gran eficiencia en el uso del ancho de banda, como resultado de la implementación de los mecanismos para administrarlo.

2.6.1 Control de la congestión. Algoritmo de justicia

RPR implementa un mecanismo, para controlar eficientemente el estado de congestión en la red. Ocurre cuando la carga en el cliente excede la capacidad del ancho de banda soportado por el anillo. El mecanismo se conoce como Algoritmo de Justicia.

Durante el periodo de congestión a cada nodo se le aplica la justicia para restringir el uso de la capacidad libre. A un nodo no se le permite utilizar de la capacidad disponible más de la cuota justa asignada. La restricción evita uso desproporcionado de la capacidad libre en el anillo en virtud de la posición del nodo. El nodo más lejano tendría que adicionar por el tráfico oportunista (epígrafe 2.6.2).

La distribución por justicia es de dos formas diferentes. A partes iguales o basada en distintas asignaciones de peso para el ancho de banda a cada nodo. La asignación de los anchos de banda a cada nodo es aproximadamente proporcional con la proporción del nodo según el peso de justicia. Gráficamente representado en la Figura 6.

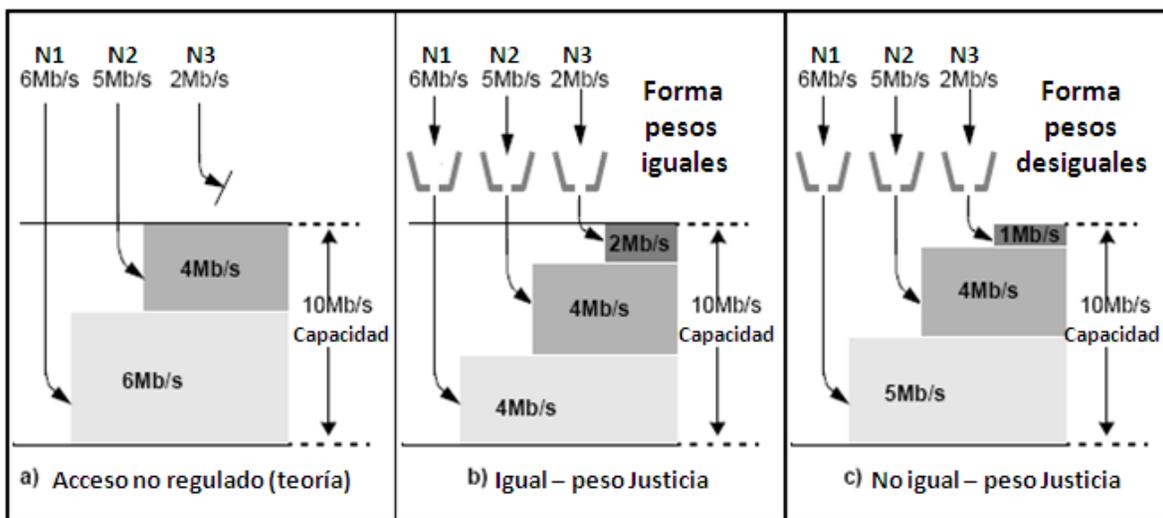


Figura 6. Igual vs No igual –pesos justicia para acceder al anillo

El nodo reporta sus transmisiones y el valor de tasa justa. El algoritmo de justicia usa y distribuye la configuración de parámetros para elegir el tráfico de justicia. Periódicamente

CAPÍTULO 2 “PROTOCOLO RPR (RESILIENT PACKET RING)- 802.17”

envía tramas de justicia en el anillo contrario a la transmisión del dato. La trama básica de justicia es procesada por cada nodo y transporta la identidad del más congestionado.

Cuando se habilita el anillo por primera vez o se añade un nodo, mediante broadcast envía tramas de justicia a las unidades de procesamiento de control de justicia.

El algoritmo de justicia del ancho de banda elegible para ser compartido, adiciona oportunidades para el tráfico de menor prioridad como las clases B y C.

El protocolo de justicia automáticamente detecta y resuelve los puntos localizados de congestión. Y evita la necesidad de tráficos oportunistas, tratado en el próximo epígrafe 2.6.2.

2.6.2 Reuso del espacio

La adición de tramas individuales no es sincronizada entre los nodos del anillo. El evento de transmitir una trama en cualquiera de los vínculos es independiente de las transmisiones en otros ejemplificados en la Figura 7. Permite que anchos de bandas sean utilizados, más allá de las posibilidades de otras tecnologías para LAN basadas en topologías de anillo como Token Ring.

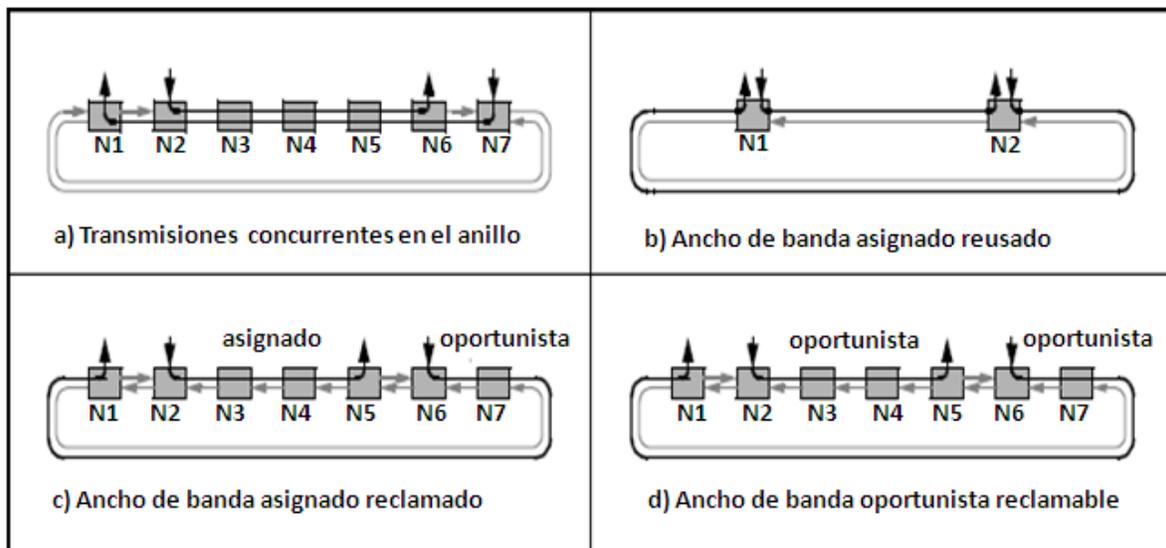


Figura 7. Mecanismos reuso del ancho de banda

El ancho de banda disponible del nodo excede su capacidad individual por soportar transmisiones concurrentes.

La eliminación de tramas unicast en el nodo destino implica solamente el uso de las capacidades asignadas en el vínculo entre los nodos origen y destino. El ancho de banda restante llamado oportunista, queda libre para la restante porción del anillo. El uso de esta asignación de ancho de banda puede ser reclamado por las transferencias oportunistas. Presenta una restricción, la clase A puede reclamarlo, pero no puede ser reclamado por otros servicios de clases.

2.7 OTROS BENEFICIOS AL IMPLEMENTAR RPR

El servicio MAC trata los datos de diferentes formas según los requerimientos de calidad de servicio. Transporta los datos de un nodo a otro mediante el Protocolo de Unidad de Datos con las especificaciones de la capa cliente en sus datos primitivos.

Con esta definición se implementan diferentes mecanismos que le dan ventaja como protocolo para el transporte de datos frente a otras soluciones.

2.7.1 Garantiza Calidad de Servicio

El tráfico se conforma antes de transmitirlo. Una trama tiene en su estructura el dato suministrado por el cliente y una parte de control; esto asegura calidad de servicio extremo a extremo. Al ancho de banda en la red, permite acceso diferenciado por clases de servicio.

Los datos primitivos MAC identifican tres clases de servicios: A, B y C a las que se asocia el dato transferido. El servicio de clase A hasta su tasa asignada provee bajo jitter⁵ para la transferencia de tráfico; en el peor de los casos tiene más bajo el valor de los retrasos. El tráfico por encima de la tasa asignada es rechazado. El servicio de clase B proporciona transferencia de limitado retraso hasta su tasa asignada o B-CIR y de mejor esfuerzo para

Jitter⁵: variación en el retraso asociado con la transferencia de tramas entre dos puntos.

CAPÍTULO 2 “PROTOCOLO RPR (RESILENT PACKET RING)- 802.17”

el exceso de información B-EIR. El servicio de clase C proporciona para la transferencia servicios de mejor esfuerzo.

El servicio de clase A define subclases A0 y A1. Cuando el nodo tiene la capacidad de soportar dos colas para el tráfico: primaria y secundaria, el servicio de clase A1 se coloca en la secundaria. La partición A1 es más eficiente pero limitada por el tamaño de la cola secundaria. Si existe una sola cola todo el tráfico se manipula como subclase A0.

En el anillo se asigna ancho de banda para las clases de servicios A y B-CIR. La actividad de provisión es para garantizar que el acumulado de servicio en cada uno de los enlaces no exceda la capacidad asignada.

La asignación de ancho de banda a la subclase A1 y B-CIR, corresponde con el ancho de banda dinámicamente reclamado y reasignado según el algoritmo de justicia en caso de congestión. Estas características están resumidas en la tabla 2.

Clases de Servicios			Calidad de servicio				Elegible justicia
Clases	Ejemplo de usos	Subclases	Ancho Banda garantizado	Jitter	Tipo	Subtipo	
A	Tiempo real	A0	Si	bajo	asignado	reservado	No
		A1	Si	bajo	asignado	reclamable	
B	Tiempo casi real	B-CIR	Si	delimitado			
		B-EIR	No	no delimitado			
C	Mejor esfuerzo	—					Si

Tabla 2. Clases de servicios y su relación con la calidad de servicio

2.7.2 Rápida recuperación ante fallas. Robustez

RPR presenta alta tolerancia a fallos. Ante la detección en un tiempo no superior a 10ms se recupera automáticamente. Para la atención a fallos implementa una jerarquía según el orden de importancia. En un tiempo de 50ms restablece sus servicios. Hace uso de mecanismos con este fin conocidos como: reencaminado de paquetes, el que se usa por defecto y el opcional en el que se crea un puente. Ambos son graficados en la Figura 8.

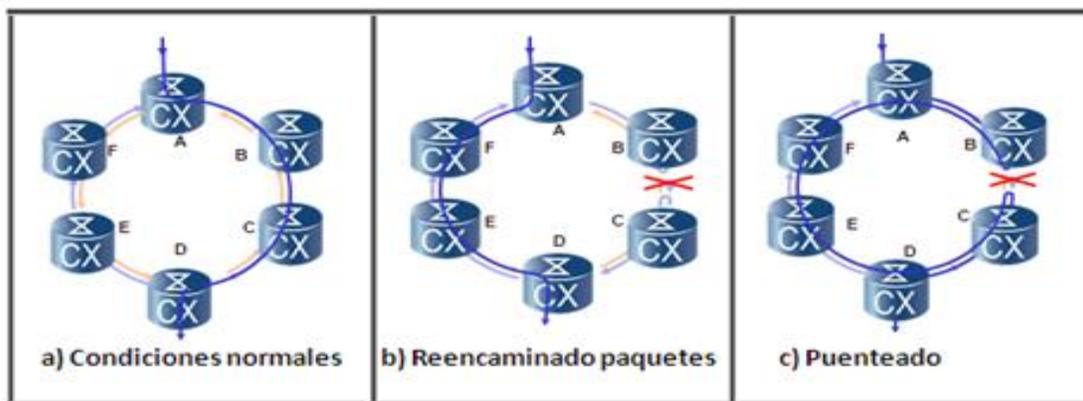


Figura 8. Mecanismos Auto-Protección wrap-steer

Los nodos adyacentes al fallo graban en sus mapas de topologías el estado para evitarlo cuando envíen los paquetes. El nodo origen envía tramas de protección hasta el nodo destino por el anillo contrario para avisar a los restantes nodos.

El fallo es visible como un nodo aislado de operación en la topología. Una buena alternativa porque las comunicaciones con los otros nodos son mínimamente afectados. La permanencia del nodo es plenamente protegida por los mecanismos de protección.

En el mecanismo programado por defecto las acciones de recuperación incluyen los nodos adyacentes al fallo. Cuando se evita el nodo con problemas no transita tráfico por él. Los paquetes son reencaminados entre los nodos adyacentes y el enlace con problema no se alcanza.

CAPÍTULO 2 “PROTOCOLO RPR (RESILENT PACKET RING)- 802.17”

Cuando se mantiene el nodo se crea un puente a ambos lados del fallo. Se recibe información por un anillo y se transmite por el otro.

El puente es una capacidad opcional activada durante la falla si el nodo soporta el puenteado y si fue configurado para su uso. El puente es transparente en el nodo destino y la conectividad a los otros nodos se mantiene en caso de falla simple.

La jerarquía de protección es la atención a fallos según el orden de severidad. Listadas a continuación de mayor a menor protección:

Conmutación forzada: El operador ejecuta un comando para forzar un evento de protección en una interfaz.

Falla de señal: Correspondiente al medio físico.

Degradación de señal: Exceso de bits erróneos.

Conmutación manual: Similar a conmutación forzada pero de menor prioridad.

Tiempo de espera para restaurar una falla: Temporizador de retardo configurable para restaurar el enlace después que un fallo se soluciona.

Eficiencia con el uso del puente y reencaminado

Los paquetes que arriban al punto de fallo antes del tiempo de recuperación se extraen del anillo y se pierden. Cuando se usan ambas protecciones, inmediatamente después de la falla se crea el puente para reducir el número de pérdidas. Y eventualmente se usa el reencaminado de paquetes para mejorar largos tránsitos en el anillo.

2.7.3 Facilidad de operación, administración y mantenimiento. OAM

RPR es gestionado. La entidad OAM de operación, administración y mantenimiento provee un conjunto de funciones de control e indicaciones; para soportar la configuración de mantenimiento, administración de fallas y gestión del rendimiento.

CAPÍTULO 2 “PROTOCOLO RPR (RESILENT PACKET RING)- 802.17”

En la red permite a un nodo usar una operación de eco para verificar la integridad de un enlace. Verificar su funcionamiento y acceso a los restantes nodos del anillo antes de enviar tráfico; cuando se cambia el algoritmo de selección del anillo.

El estándar define una MIB: Base de Información para la Gestión. Usada por aplicaciones para la gestión de red con el protocolo SNMP: Protocolo Simple para la Gestión de Red. Descubre información del MAC interno como los nodos de la topología.

2.8 DESVENTAJA

La asignación de ancho de banda uniforme no es óptima. Las técnicas de asignación uniforme no aprovechan el potencial de reutilización espacial.

2.8 CONCLUSIÓN

RPR con los mecanismos que implementa es un protocolo eficiente, robusto y flexible. Satisface las necesidades y requerimientos de una infraestructura metropolitana. Es el indicado para implementarse en la red de la UCI. Tema de estudio en el siguiente capítulo.

CAPÍTULO 3 “CASO DE ESTUDIO (UNIVERSIDAD DE LAS CIENCIAS INFORMÁTICAS)”

CAPÍTULO 3 “CASO DE ESTUDIO (UNIVERSIDAD DE LAS CIENCIAS INFORMÁTICAS)”

3.1 INTRODUCCIÓN

La red en la Universidad de las Ciencias Informáticas es el caso de estudio analizado. El presente capítulo propone desarrollar una red metropolitana privada. Soportada en el backbone por el protocolo RPR para topología de anillo. E implementar la migración hacia una nueva y ventajosa infraestructura de red. Adaptable a condiciones necesarias en futuros servicios a implementarse como video conferencia e IPTV. Y la preparación del campus de red para la nueva generación de redes.

3.2 EVOLUCIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA EN LA RED UNIVERSITARIA

La Universidad ha rediseñado poco a poco su red. Primero fue diseñada una infraestructura acorde a su tamaño y necesidades cuando no se contaba en el mundo con un desarrollo en las redes metropolitanas; y no existía un protocolo para las MAN.

Ha evolucionado por topologías malladas y de estrella. No fue hasta el advenimiento del protocolo RPR en el año 2004 y la facilidad de encontrar un proveedor que lo brindara dentro de su gama de productos; que se empezó a tratar la topología anillo como una posible solución viable.

3.2.1 Surgimiento y primeros años

Con el surgimiento de la Universidad se pretendía diseñar la red LAN más grande de Cuba. Debía contar con tecnología de punta, soportar elevado tráfico y prever su expansión geográfica. En ese año 2002 surge el estándar 802.3ae 10GbE, rápidamente fue implementado por primera vez en Cuba en la UCI. El equipamiento norteamericano del fabricante Extreme Networks ha dificultado el soporte, la actualización del Sistema Operativo (*firmware*) y el mantenimiento.

CAPÍTULO 3 “CASO DE ESTUDIO (UNIVERSIDAD DE LAS CIENCIAS INFORMÁTICAS)”

En ese año la velocidad de conexión a Internet era de 2 Mbps. Se beneficiaban alrededor de 1300 PCs y más de 2000 estudiantes, cifra parecida de profesores y trabajadores. Infraestructura viable y bastante rápida para ese número de usuarios.

La Universidad se ha expandido y creció rápidamente. El incremento veloz de la red provocó la división en tres grandes aéreas denominadas: Docencia, Infraestructura Productiva (IP) y Residencia. Con topología de estrella. Se comenzaron a identificar diferentes puntos de fallas; como consecuencia gran parte de la red se quedaba sin conexión. En la mayoría de los casos por fallos en el fluido eléctrico. Trae consigo un proyecto para comenzar a usar una red mallada; que la falta de licencias impidió su desarrollo.

3.2.2 Estado actual y problemas que presenta

En la Universidad la topología de estrella actual está constituida por las redes LAN: Residencia, Docencia e IP. Se usa en cada una de las áreas LAN para el transporte de datos y para el núcleo de la red el protocolo Ethernet. Estructurado en la Figura 9 de la siguiente forma: el enlace entre el Nodo Central NC y los Nodos Niveles 1: Docente4, Residencia, TV e IP a través de FO monomodo para largas distancias con el estándar 10 GbE. Entre los Nodos Niveles 1 y Niveles 2: docentes, los nodos de los edificios 58, 123, 133 y la biblioteca a través de FO monomodo 1 GbE. Y desde los Nodos Niveles 2 a la capa de acceso o sea al cliente final; por cable UTP Cat5e, en algunos casos a 100/1000 Mbps.

CAPÍTULO 3 “CASO DE ESTUDIO (UNIVERSIDAD DE LAS CIENCIAS INFORMÁTICAS)”

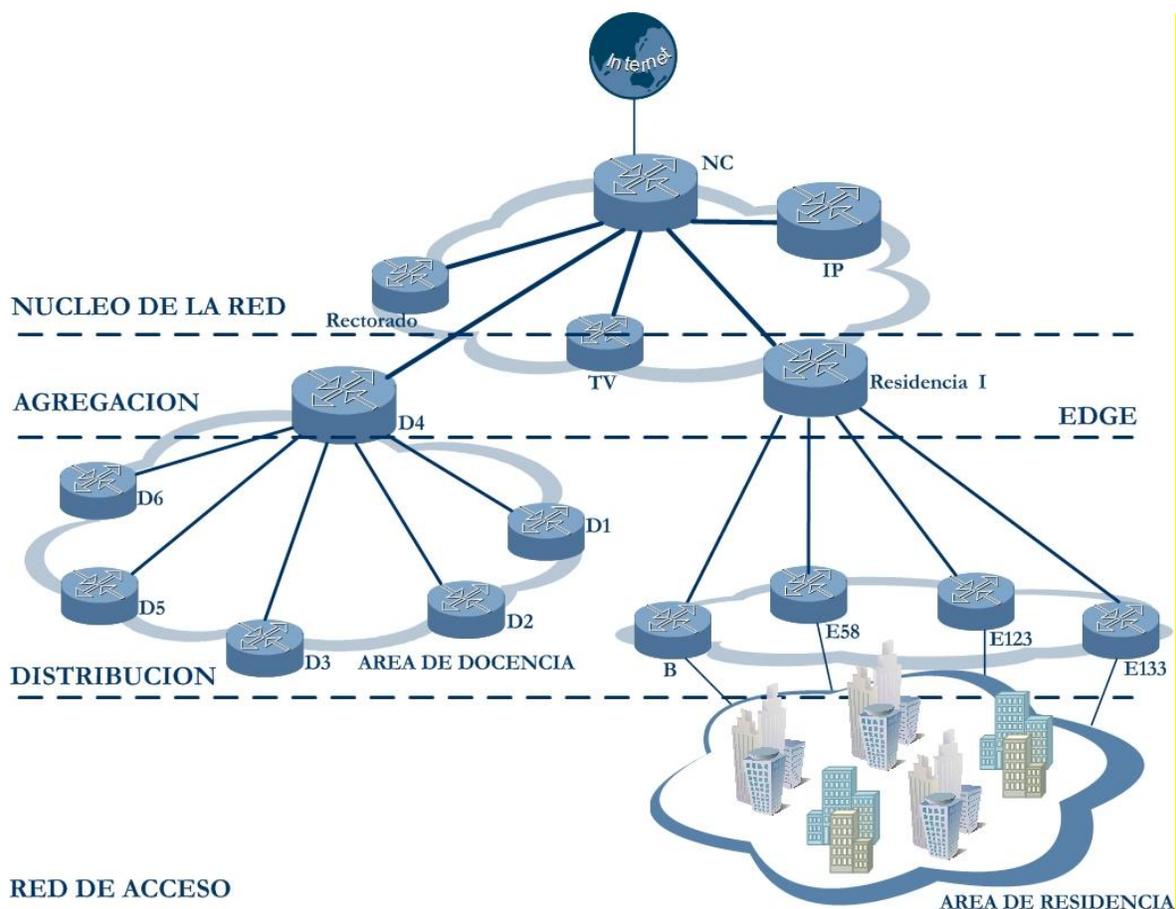


Figura 9. Red actual con topología de estrella

En el 2009 existe una cifra muy grande de dispositivos activos y pasivos que va en aumento. Coexisten 7646 PC, 50 servidores, 557 Switch divididos en 20 capa 3 y 537 capa 2, un Router marca CISCO, 12950 puntos de red y aproximadamente 14 enlaces externos desglosados: 8M para internet, 2M a la red nacional, 1M con Infomed, 512 k para Softel, y 2M para cada una de las Facultades Regionales de Artemisa, Ciego de Ávila y Manzanillo, así como también 1M de conexión para cada uno de los Centros de Desarrollo de Holguín y Villa Clara respectivamente.

El proyecto de construcción de la UCI no se ha terminado. Existen problemas que hacen ineficiente la actual solución de red. El tráfico se incrementa constantemente y se requiere

CAPÍTULO 3 “CASO DE ESTUDIO (UNIVERSIDAD DE LAS CIENCIAS INFORMÁTICAS)”

soportar mayor número de terminales. Se necesita eliminar la congestión en las líneas y garantizar calidad de servicio.

Para prestaciones de: Video Conferencia, IPTV, VoD, VoIP⁶, mayor rapidez en el acceso y navegación en Internet. Que requieren parámetros necesarios como: disponibilidad, pérdida y retardo mínimo en el tránsito de tramas, rápida recuperación ante fallos no asegurados por la actual infraestructura. Y los inconvenientes de la tecnología Ethernet con sus deficiencias para afrontar el crecimiento de la red que exige mejores prestaciones.

Se hace necesario en la UCI implementar una infraestructura MAN con la tecnología RPR. Pues actualmente la red no está orientada a los nuevos servicios. Por estar soportada solamente con la tecnología Ethernet que presenta limitaciones en una red metropolitana como lo es la UCI en la actualidad.

3.3 PROVEEDOR

Diferentes proveedores de equipos garantizan buen servicio en ambientes metropolitanos. Fabricantes como CISCO, ZTE, HUAWEI, JUNIPER, EXTREME NETWORKS, cubren las exigencias de servicios integrados para las redes de datos en el mercado.

Cuba busca en mercado asiático y se une a este; porque no puede adquirir tecnología de punta norteamericana debido al bloqueo impuesto por los Estados Unidos. Efectúa un riguroso estudio de empresas proveedoras de telecomunicaciones radicadas en China para garantizar la soberanía tecnológica. Adopta HUAWEI y valida el equipamiento para el tema en el ámbito de las redes de datos. El operador ETECSA lo usa con buenos resultados.

Se propone en la UCI renovar la tecnología actual por equipamiento de empresas Chinas para implementar la nueva infraestructura de red metropolitana. Asegura el soporte

VoIP⁶: Voz sobre IP.

CAPÍTULO 3 “CASO DE ESTUDIO (UNIVERSIDAD DE LAS CIENCIAS INFORMÁTICAS)”

técnico que se complica en la mayoría de las ocasiones haciendo lento, burocrático e incluso puede no tenerse.

3.3.1 Equipamiento

La nueva tecnología requiere cambios de los equipos en los nodos del backbone. El equipamiento sustituido se usará en las Facultades Regionales o demás centros enlazados a la UCI. Se evita nuevas inversiones con la reutilización tecnológica.

Los equipos nuevos son:

Firewall Eudemon 1000 (Figura 10). Proporciona filtrado de paquetes, QoS, defensa contra ataques, monitoreo y estadísticas de tráfico, implementa el protocolo SSH: Facilita las comunicaciones seguras entre dos sistemas, usa arquitectura cliente/servidor y permite a los usuarios conectarse a un host remotamente.



Figura 10. Firewall Eudemon 1000

Switch Capa 3 / Quidway S7803 (Figura 11). Soporta IPv6, protocolo SSH, protocolo OSPFv2, PIM SM, PIM DM, PIM-SSM, RRPP (Redundancia en Anillos) y MPLS (Calidad de Servicios). Garantizaran enlace directo de los servidores de las LAN y la DMZ (Zona Desmilitarizada, se hospedan los servidores con direcciones de IP reales).

CAPÍTULO 3 “CASO DE ESTUDIO (UNIVERSIDAD DE LAS CIENCIAS INFORMÁTICAS)”



Figura 11. Switch Capa3 / Quidway S7803

Los equipos para el backbone no están concebidos como Capa 3. Son metropolitanos conocidos como MSP Plataforma de Servicios Metropolitanos. Trabajan con 48 volt de corriente directa. Respaldo energético hasta 8 horas con baterías.

Modelo **CX600 (Figura 12)**. Proporciona QoS, abundante procesamiento de servicios, seguridad con servicios de IP VPN, MPLS VPN, MPLS TE y multicast VPN. Soporte para Triple Play e Interfaz RPR a 1000 Mbit/s, 2.5 Gbit/s, 10 Gbit/s.

CAPÍTULO 3 “CASO DE ESTUDIO (UNIVERSIDAD DE LAS CIENCIAS INFORMÁTICAS)”



Figura 12. MSP CX600

Modelo **CX300 (Figura 13)**. Para redes Ethernet Metropolitanas. Ofrece QoS, clasificación de tráfico, múltiples servicios, acceso por banda ancha, IPTV, VoD. Soporta NGN Red de Nueva Generación e interfaz RPR a 2.5 Gb.

CAPÍTULO 3 “CASO DE ESTUDIO (UNIVERSIDAD DE LAS CIENCIAS INFORMÁTICAS)”



Figura 13. MSP CX300

Se propone además una **Fuente Energética** o *Power Supply* del fabricante EMERSON. Con una aplicación que permite recibir alertas, notificaciones y errores sobre fallos, consumos no esperados o reporte del comportamiento de la energía en el momento deseado.

3.3.2 Mantenimiento y capacitación

Los equipamientos adquiridos tienen un periodo de garantía. La configuración y servicio básico de los equipos lo realiza el personal especialista de redes en la UCI con el manual de usuario. El mantenimiento, capacitación y configuraciones avanzadas están garantizados por la empresa cubana GKT, representante de la tecnología China en Cuba.

3.4 DISEÑO DE LA PROPUESTA DE SOLUCIÓN

La implementación en la UCI de la topología de anillo requiere modificaciones en los nodos del backbone. Se necesita cambiar la fibra y el equipamiento por el que soporta el nuevo protocolo RPR.

CAPÍTULO 3 “CASO DE ESTUDIO (UNIVERSIDAD DE LAS CIENCIAS INFORMÁTICAS)”

3.4.1 Estructuración de los nodos físicamente

La red con topología de anillo propuesta a desplegar en la Universidad está integrada por diferentes nodos Figura 14. Usa el protocolo RPR para el transporte de los datos. En los nodos se realiza rápida recuperación ante fallas, control de congestión en la red, buena comunicación y acceso equitativo de los nodos al medio compartido. Los mecanismos se implementan en el equipo metropolitano.

La propuesta tecnológica incluye requerimientos físicos, de software, ancho de banda y equipamiento a usar en cada uno de los nodos. Se estructura de la siguiente forma: usar en el Nodo Central un Firewall Eudemon 1000 y un Switch L3 / Quidway S7803. Para los nodos nivel 1 un MSP CX600, en los nivel 2 CX300B de gama media para Redes Ethernet Metropolitanas.

A continuación se presenta en detalles los **Requerimientos para el Núcleo:**

Dos Firewall, dos Servidores de acceso remoto (RAS), dos Router de cara a Internet: De cada tipo se destina uno para el NC y el otro para el Nodo de Docencia. Diez Switch L3 de los cuales se ubican cuatro en el NC, tres en Docencia para asegurar recuperación ante desastre, uno en Residencia I, uno en Residencia II (en construcción) y uno en IP.

Con la siguiente cantidad de enlaces físicos por nodo para los Switch:

Nodo Central

2 *Switch L3* con 12 enlaces 10GbE por FO Monomodo, 40 enlaces 1GbE por FO, 48 enlaces 1GbE por UTP. De los cuales 1 activo y el otro pasivo (*stanby*) en caso de falla en el equipo principal.

1 *Switch L3* que soporta enlaces para servidores: 2 enlaces 10GbE por FO Monomodo, 24 enlaces 1GbE por FO.

CAPÍTULO 3 “CASO DE ESTUDIO (UNIVERSIDAD DE LAS CIENCIAS INFORMÁTICAS)”

1 *Switch L3* que soporta enlaces para servidores: 2 enlaces 10GbE por FO Monomodo, 48 enlaces 1GbE por UTP.

Nodo Nivel 1 de Docencia

1 *Switch L3* con 3 enlaces 10GbE por FO Monomodo, 40 enlaces 1GbE por FO Monomodo, 48 enlaces 1GbE por UTP.

1 *Switch L3* que soporta enlaces para servidores: 2 enlaces 10GbE por FO Monomodo, 24 enlaces 1GbE por FO.

1 *Switch L3* que soporta enlaces para servidores: 2 enlaces 10GbE por FO Monomodo, 48 enlaces 1GbE por UTP.

De los dos últimos para servidores 1 activo y el otro pasivo (stanby) en caso de falla en el equipo principal.

Nodos Nivel 1 de Residencia e IP

1 *Switch L3* con 3 enlaces 10GbE por FO Monomodo, 20 enlaces 1GbE por FO, 48 enlaces 1GbE por UTP. Para cada uno de los nodos en las residencias I, II e IP.

CAPÍTULO 3 “CASO DE ESTUDIO (UNIVERSIDAD DE LAS CIENCIAS INFORMÁTICAS)”

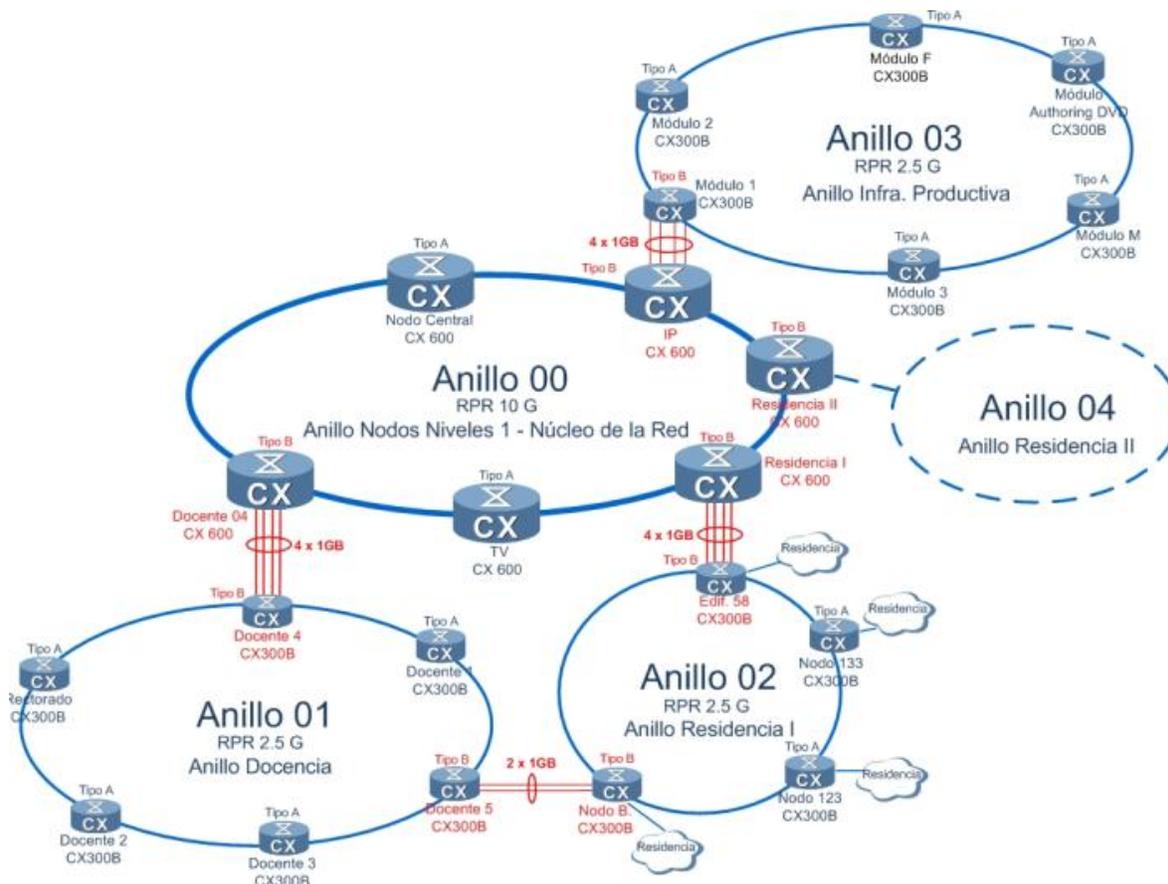


Figura 14 Red propuesta con topología de anillo

3.4.2 Cableado estructurado

El sistema de cableado soportan las redes. Se elige el tipo de cableado que proporciona la solución correcta. Depende de las aplicaciones que se implementan. La categoría se asocia con el ancho de banda y la velocidad de transmisión.

La categoría 5e trabaja en 10/100/1000 Mbps. Está diseñada para soportar voz, video y datos igual que la FO.

El cable UTP es el mejor aceptado por su costo accesible y fácil instalación. Sin embargo ante altas velocidades resulta vulnerable a las interferencias electromagnéticas del medio ambiente.

CAPÍTULO 3 “CASO DE ESTUDIO (UNIVERSIDAD DE LAS CIENCIAS INFORMÁTICAS)”

La FO tiene mayor capacidad y total inmunidad a las interferencias electromagnéticas. Sus desventajas radican en el alto costo y requiere equipo con terminales especiales.

La instalación exige equipo complejo y personal altamente calificado. La Universidad tiene el personal para aplicarla.

El medio físico de transporte en el backbone es por FO. En la capa de acceso mediante UTP porque alta calidad no es tan requerida como en la red troncal.

Al pasar el tiempo la fibra caduca. La actual está en mal estado: se parte, ha sido aplastada; por mala manipulación en la limpieza de los registros. Tiene pérdidas en la señal luminosa que viaja a través de ella. Se propone cambiar la fibra actual de 6 hilos por una de 48, se destinan 24 para ETECSA con SDH y 24 para la red de datos.

3.5 INFRAESTRUCTURA DE RED PROPUESTA

Es factible la implementación de la infraestructura de red metropolitana con tecnología RPR en la UCI. Garantiza ventajas en su explotación y aporta ganancias por encima de la inversión. Ya que es robusta, flexible y escalable.

El despliegue e implementación se realiza por parte según los anillos del backbone. Se elimina la conexión de la red en la Universidad solo en el área comprendida de actualización.

Al implementarse la propuesta se deberá actualizar la red de la UCI por parte de los directivos encargados del tema en la Agencia de Control y Supervisión del MIC.

3.5.1 Administración

Se usan protocolos para administrar la red como: SSH, TELNET, HTTP, HTTPS, RMON, SNMP. Son complicados de configurar. TELNET no ofrece servicio de encriptación no es seguro. La contraseña de administración viaja en texto claro, es vulnerable a ataques. Se propone usar los protocolos SSH, HTTPS, RMON y SNMP para administrar la red unida a

CAPÍTULO 3 “CASO DE ESTUDIO (UNIVERSIDAD DE LAS CIENCIAS INFORMÁTICAS)”

la interfaz del servicio OAM que brinda la tecnología RPR con poca participación del personal técnico.

3.5.2 Comparación con la Actual

Se demuestra la superioridad de la tecnología RPR en la Tabla 3. Resume las principales características de la infraestructura de red actual con el protocolo Ethernet y la propuesta con RPR.

Parámetros	Infraestructura de red en la UCI	
	Actual-Ethernet	Propuesta-RPR
Topología	Estrella	Anillo
Extensión	local	metropolitana
Medio tx	FO de 6 hilos y UTP	F.O de 48 hilos y UTP
Velocidad tx	100/1000 Mbps	2.5Gb hasta 10Gb
QoS	No	Si
Protección Fallas	No, solo en Anillo FO 500ms	Si en < 50ms
Optimización Ancho Banda	No	Si

Tabla 3. Comparación de la red actual y la propuesta

3.5.3 Ventaja futura

Las redes de televisión, telefonía y datos en la UCI están separadas. El mundo migra de una conmutación por circuito a una conmutación por paquete. Al implementar en el backbone de la Universidad el protocolo RPR se prevé la convergencia en el futuro. Ofrece mejor administración y soporte de la red con diversos servicios.

Garantiza requisitos básicos como robustez, flexibilidad y multiplexación. Puede implementar TV digital cuyo sistema integra audio, video y datos multiplexados para transmitirlos. Incluye sincronización en tiempo real para la transmisión de programas en

CAPÍTULO 3 “CASO DE ESTUDIO (UNIVERSIDAD DE LAS CIENCIAS INFORMÁTICAS)”

vivos. El cliente final dispone de alta definición, determinado acceso a internet y diferente programación a través de un solo canal de televisión.

3.6 PRESUPUESTO

Los especialistas de la red en la UCI unidos a una representación de la empresa GKT en Cuba representantes de la tecnología Huawei, pasaron la fase de aprobación del presupuesto. Se encuentran enfrascados en la conciliación de la forma de pago. Los proveedores son convenientes pues si se compran los equipos norteamericanos modernos de los que se tienen, sale valorado en millones de dólares tres o cuatro veces más caro que la propuesta planteada.

A continuación se muestran las tablas resúmenes con los precios por nodos:

No.	Cosas	Precio Total
		USD
1	Sistema Administración	431,063.68
2	NN1 Docente 4	182,339.00
3	NN1 IP	182,339.00
4	NN1 NC	157,915.00
5	NN1 Residencia I	182,339.00
6	NN1 Residencia II	157,915.00
7	NN1 TV	157,915.00
8	Piezas de repuesto CX600	76,723.00
PRECIO TOTAL		1,528,548.68

Tabla 4. Precio total USD para el núcleo

No.	Cosas	Precio Total
		USD
1	NN2 Docente 1	29,843.40
2	NN2 Docente 2	29,843.40
3	NN2 Docente 3	29,843.40
4	NN2 Docente 4	31,626.60
5	NN2 Docente 5	31,626.60
6	NN2 Rectorado	29,843.40
7	Piezas de repuesto Docente	25,456.50
PRECIO TOTAL		208,083.30

CAPÍTULO 3 “CASO DE ESTUDIO (UNIVERSIDAD DE LAS CIENCIAS INFORMÁTICAS)”

Tabla 5. Precio total USD para docencia

No.	Cosas	Precio Total
		USD
1	NN2 Biblioteca	64,494.40
2	NN2 Edificio 123	62,502.20
3	NN2 Edificio 133	62,502.20
4	NN2 Edificio 58	64,494.40
5	Piezas de repuesto Residencia	28,504.00
PRECIO TOTAL		282,497.20

Tabla 6. Precio total USD para residencia

No.	Cosas	Precio Total USD
1	Sistema Administración	37,940.00
2	Modulo 1	35,456.00
3	Modulo 2	35,456.00
4	Modulo 3	37,055.00
5	Modulo 6	35,456.00
6	Modulo 8	35,456.00
7	Modulo Casa DVD	35,456.00
8	Piezas de repuesto	38,966.00
PRECIO TOTAL		291,241.00

Tabla 7. Precio total USD para IP

RECIO TOTAL	Núcleo	1,528,548.68
RECIO TOTAL	Docencia	208,083.30
RECIO TOTAL	Residencia	282,497.20
RECIO TOTAL	IP	291,241.00
USD TOTAL		2 310 370.18
CUC TOTAL		2 139 231.65

Tabla 8. Resumen de precios

CAPÍTULO 3 “CASO DE ESTUDIO (UNIVERSIDAD DE LAS CIENCIAS INFORMÁTICAS)”

El presupuesto para la propuesta planteada asciende a un total de 2 139 231.65 CUC.

3.7 CONCLUSIÓN

La propuesta para la nueva infraestructura de red con tres grandes cambios en la topología, tecnología y protocolo para el transporte de datos como ha sido demostrado en el capítulo; establece las bases sólidas para el futuro desempeño de la red en la Universidad de las Ciencias Informáticas. El backbone de la red está listo para cubrir cualquier necesidad tecnológica que los servicios emergentes demanden y en línea con las tecnologías de las Redes de Próxima Generación.

CONCLUSIONES

Con la elaboración del trabajo de Diploma en el Capítulo 1 se definieron los elementos conceptuales relativos a las redes metropolitanas y las deficiencias de Ethernet para cubrirlas. Por la necesidad de un protocolo para redes MAN se analizaron los mecanismos que ofrece RPR para su implementación en la red metropolitana de la UCI en el Capítulo 2. Y finalmente en el Capítulo 3 se diseñó la propuesta de solución con el protocolo RPR. Cumpliendo los objetivos específicos planteados para asegurar el objetivo general de la investigación: realizar una propuesta migratoria hacia la implementación de una Infraestructura de red Metropolitana en la UCI con topología de anillo y uso del protocolo RPR para el backbone de la Universidad.

Si se tiene en cuenta evolución de las redes debido a la gran cantidad de usuarios, demanda de ancho de banda, tiempos de retardos mínimos, calidad de servicio en las transmisiones de datos y la convergencia de voz, vídeo y datos. Se aprecia la necesidad de implementar una nueva infraestructura de red para la UCI.

RECOMENDACIONES

Se recomienda que este documento sea analizado por los especialistas de redes en la UCI para implementar el proyecto migratorio de red para la Universidad de las Ciencias Informáticas. Además material de consulta para aquellos que se inicien en el novedoso tema de las redes metropolitanas y la tecnología RPR.

BIBLIOGRAFÍA

“IEEE 802.3 ETHERNET WORKING GROUP“, -Noviembre 2008,
<http://grouper.ieee.org/groups/802/3/>

“IEEE 802.3 ETHERNET WORKING GROUP“, -Noviembre 2008,
<http://grouper.ieee.org/groups/802/index.html>

Working Group, “IEEE 802.17 Resilient Packet Ring”, Febrero, 2009,
<http://www.ieee802.org/17/index.htm>

Working Group, “IEEE 802.17 Resilient Packet Ring”, Febrero, 2009,
<http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.17-2004.pdf>

“Huawei”, Marzo 2009, <http://www.huawei.com/>

Alianza RPR, “An Introduction to Resilient Packet Ring Technology”, Octubre del 2008,
<http://www.rpralliance.org/articles/ACF16.pdf>

Alianza RPR, “A summary and Overview of the IEEE 802.17 Resilient Packet Ring Standard, Draft version 2.0”, 2003,
http://www.rpralliance.org/articles/overview_of_draft_22.pdf

Cisco Systems, “Spatial Reuse Protocol Technology”, Julio 2002,
http://www.cisco.com/warp/public/cc/techno/wnty/dpty/tech/srpmc_wp.htm

“Redes Metropolitanas de 10 Gigabit Ethernet”, Septiembre 2008,
<http://www.channelplanet.com/?idcategoria=8750>

D. Estrin, D. Farinacci, A. Helmy, D. Thaler. S. Deering, M. Handley, Van Jacobson, C. Liu, P. Sharma. L. Wei, "Protocol Independent Multicast-Sparse Mode (PIM-SM): Protocol Specification", RFC 2362, June 1998

GLOSARIO

Proveedor de Servicios Públicos de Transmisión de Datos: Es la entidad autorizada por el Gobierno mediante concesión para brindar los Servicios Públicos de Transmisión de Datos.

Red Propia de Datos: Es aquella infraestructura de red instalada en una misma localidad o en distintas localidades geográficas e interconectadas entre sí por enlaces de telecomunicaciones públicos y propios, administrada y operada por una persona para satisfacer sus necesidades institucionales de Transmisión de Datos.

Control del flujo de datos: Para regular el acceso del cliente al anillo, se realiza a través de las indicaciones de las primitivas de control. Todo el tráfico de un cliente que entra en el anillo está sujeto al control de la tasa de configuración.

Congestión: Indica a un nodo local que el umbral de tráfico declarado como tope ha sido sobrepasado y se aplicará el algoritmo de justicia.

Conmutación por circuito: Se proveen circuitos fijos y rígidos entre dos nodos del anillo con un ancho de banda constante que se desperdicia cuando no se utiliza este enlace.

Transmisión de Datos: Acción de transportar informaciones de un punto a otro o a varios puntos, utilizando líneas físicas conductoras eléctricas, cables, fibras ópticas, satélites o enlaces inalámbricos para conducir señales, así como los equipos terminales para transmitirla y recibirla. La transmisión puede efectuarse con o sin almacenamiento intermedio. La Transmisión de Datos se realiza conforme a protocolos definidos, incluyendo entre otros: la Transmisión de Datos por Conmutación de Paquetes y la Transmisión de Datos por Conmutación de Circuitos.

PIM: Protocolo de Ruteo Multicast. Modo Denso DM y Modo Disperso SM. Ambos descubren nodos vecinos.

ANEXO I. RESOLUCIÓN 195/2007 DEL MIC

CAPÍTULO 2 “ALCANCE DE LAS REDES”

Artículo 10: Las Redes se clasifican por su alcance geográfico en los términos siguientes:

DENOMINACION	DESCRIPCION
REDES LOCALES	Se refiere a Redes en las que el alcance geográfico suele limitarse al interior de un edificio o complejo docente, hospitalario o industrial. , cultural, científico, industrial u, hotelero, entre otros, estando para estos últimos claramente delimitado su área por una demarcación perimetral y controlado por su titular el acceso al interior del recinto.
REDES DE CAMPO	
DENOMINACION	DESCRIPCION
REDES TERRITORIALES <ul style="list-style-type: none"> • MUNICIPALES • PROVINCIALES • REGIONALES • NACIONALES • INTERNACIONALES 	Red de área geográfica amplia que conecta puntos de red distantes entre sí dentro o más allá del entorno de una ciudad.

Tabla 9. Por su alcance geográfico

Resolución	Resumen
194/2007	Autoriza la instalación de los Sistemas de Comunicaciones de Banda Ancha por líneas eléctricas en interiores de edificios o complejos constructivos.
195/2007	Establece las normas para la organización, funcionamiento y registro en el país de las Redes Propias de Datos.
128/2008	Aprueba el uso de VoIP y los servicios asociados exclusivamente de alcance nacional.
138/2008	Establece la realización de la solicitud de Recursos de Internet.
139/2008	Establece el Registro de los Recursos de Internet.
140/2008	Establece la compatibilidad con el Protocolo IPv6.
156/2008	Aprueba la Metodología para la introducción del Protocolo IPv6.

Tabla 10. Principales resoluciones vigentes en el MIC