

ANEXO 8

Redes Ópticas de Acceso

A. 8. 1. Ventajas de la red opto electrónica

Las peculiaridades de los nuevos servicios de telecomunicaciones causan cambios en el proceso de planificación de la planta externa, fundamentalmente en la red de acceso. En la evolución de las redes especializadas, hacia las redes de multiservicios, los segmentos más afectados son aquellos caracterizados por comprender largos tiempos de vida útil y altas inversiones. Este es el caso de la red de acceso.

Ello estimula la búsqueda de métodos y tecnologías que permitan satisfacer técnica y económicamente las necesidades de los nuevos servicios, ofrecidos en la actualidad y del mismo modo al futuro cercano.

La metodología de proyecto que emplee fibra óptica, para satisfacer de servicios de banda ancha, se utiliza hace ya varios años, con aplicaciones efectivas en diversos países. Estas prácticas, han tenido variadas suertes de comercialización.

La red de acceso óptica permite brindar tanto las más diversas prestaciones de banda estrecha y banda ancha. Esta ventaja hace también a su uso intensivo, lo que permite la reducción de costos de las técnicas de fibras ópticas y la hace competitiva frente a la tecnología de pares metálicos digitalizada.

El incremento potencial de su utilización, motiva continuamente la investigación de los sistemas ópticos, con sus componentes pasivos y activos. Se podría pensar que la tecnología óptica, en pocos años hará a una red completamente óptica, con la extraordinaria ventaja de usar un mínimo de técnicas eléctricas.

Mientras tanto, los desarrollos electrónicos aplicados al bucle metálico, produce una muy fuerte competición, entre ambas técnicas de red, la óptica y la metálica digital. Esto mueve a mantener redes mixtas con una fuerte complementación, aplicadas a los distintos anchos de banda, estrecha y ancha.

La introducción de la fibra óptica en las redes de telecomunicaciones se efectuó inicialmente, constituyendo enlaces entre centrales urbanas y para grandes centros de concentración, solventando el transporte de alto volumen de tráfico requerido.

Estos enlaces fueron ampliados, en un principio, utilizando equipos de multiplexación digital con técnica PCM sobre pares metálicos, lo que permitió emplear los mismos cables, con las mismas canalizaciones, evitando así efectuar sus ampliaciones, las que resultaban ser sumamente costosas.

También a fines del año 1960, se instalaron infinidad de vínculos entre centrales mediante radioenlaces, VHF o microondas, cuando las distancias los hacían económicamente convenientes. En los inicios de los años de 1980, la fibra óptica constituyó una solución a estas redes de enlace locales, las que requerían mayores capacidades de canales y por ende mayor cobertura de las canalizaciones ya saturadas.

Resolvió el problema, imposible de salvar, con las técnicas convencionales de pares metálicos, ni con las técnicas de radio, las que suministraban inicialmente menores cantidades de canales.

A fines de esa década, ya la fibra óptica resultaba al proyectista la mejor solución para resolver técnica y económicamente, los diseños de las redes de enlace interurbanas e internacionales.

En la década del 90 era indiscutible la utilización del enlace urbano y sobre todo en las redes interurbanas e internacionales. Se construyó infinidad de rutas ópticas de cables aéreos, subterráneos, enterrados o submarinos, según el caso. Debido a su relativo bajo costo y a su alta capacidad de canales, desplazó reemplazando a los enlaces realizados mediante cables multipares, coaxiales y radioenlaces digitales. Asimismo, complementó a los enlaces satelitales.

Su éxito radicó en disponer altas velocidades de transmisión. Se proveen actualmente sistemas a velocidades de 40 Gb/s, casi 500 000 canales en un solo sentido de transmisión. Mediante el sistema de multiplexación por división de longitud de onda WDM (Wavelength Division Multiplexing), se pueden utilizar ambos sentidos, sobre una misma fibra y los sistemas densos de multiplexación por división de longitud de onda densa DWDM (Dense WDM), permite prestar anchos de banda hasta 60 Gb/s.

La inexistencia de influencia electromagnética sobre los cables de fibra denominados dieléctricos, por carecer de algún elemento metálico, le concede una enorme ventaja ya que se puede montar, como si fuese un cable eléctrico sobre torres de energía de alta tensión. Por otra parte se podrán enterrar cerca o bajo las líneas de transporte o tracción de energía eléctrica, sin resultar afectado. Los cables ópticos que vinculan concentradores de abonados, también podrán portar la energía eléctrica para alimentan estos equipos, sin sufrir daños.

Otro alto beneficio lo representa su reducida dimensión y su peso, que lo hace fácil en su manejo de instalación. En muchos casos no se necesitan elementos de tracción para su instalación. Con solo la operación manual se podrán tender en canalizaciones o instalaciones aéreas. En grandes centrales telefónicas existentes significa ahorrar un margen de espacio lo que permite ganar capacidad edilicia, permitiendo ampliaciones de las capacidades operativas finales. Por ejemplo en, túneles de cables, salones repartidores generales y salas de equipos múltiplex. Igual beneficio se produce para los casos de inmuebles de los clientes con voluminosos servicios, donde se podrá acceder y distribuir los servicios, mediante pequeños cables.

Su instalación en canalizaciones, aumenta la eficiencia de espacio en ductos y cámaras. El fácil enterrado directo o el uso de triductos hacen a disminuir los costos de las rutas urbanas e interurbanas a un mínimo.

Asimismo es común su empleo en instalaciones internas de edificios inteligentes o con cables estructurados. La facilidad de transporte e instalación por su tamaño y peso reducido es otra ventaja.

La alta capacidad para el manejo digital de los centros interurbanos y velocidad de transporte de canales, de las fibras ópticas, logró disminuir la cantidad de jerarquías de los centros interurbanos. Anteriormente se planificaba una red nacional con niveles cuaternarios hasta quinarios en algunos países, actualmente con solo dos niveles, primario y secundario, se podrá cubrir el área nacional, con costos menores.

Para la red de acceso, se incrementa aceleradamente el mercado potencial de usuarios de banda ancha, motivado por la plaza de proveedores de contenidos, con difusión de televisión e Internet, por ella.

Su ausencia de ruido y su alta seguridad intrínseca, por falta de electricidad que provoque choques, cortocircuitos o perturbación eléctrica, tiene una importante repercusión en los protocolos de transmisión de datos, garantizando un elevado grado de calidad. Ello hace obtener sistemas más sencillos y con menor número de mecanismos de protección. Esto se cumple tanto, para la transmisión de datos de usuario final, como para cubrir las necesidades internas de transmisión de datos de la red, por ejemplo la señalización.

La introducción de la fibra óptica en el bucle de abonado, denominada internacionalmente, FITL (Fiber In The Loop), en sus distintas variantes, es indiscutible para los servicios de banda ancha. También como complemento a la red de banda estrecha, posibilitando compartir los servicios.

La introducción de los amplificadores de fibra dopada EDFA, aportaron cubrir extensas distancias en la red interurbana e internacional. Las redes de alimentación en el acceso urbano, creando anillos colectores para áreas de alto tráfico, bancos, fábricas, oficinas, comercios, han constituido un cambio de estructura con amplios beneficios en esta red.

Con una red todo óptica, incluyendo la conmutación óptica, las utilidades será aun superiores. Los actuales estudios y desarrollos están dirigidos en esa dirección, con la búsqueda de costos competitivos respecto a los diseños en pares metálicos.

A. 8. 2. Inconvenientes de la red opto electrónica

Un inconveniente para la aplicación masiva de la fibra óptica, radica en su empleo aún cuando muchas redes de cobre no han redituado económicamente lo calculado en su diseño. Por otra parte se piensa que la tecnología óptica contará todavía con un mayor desarrollo tecnológico. Lo que desde el punto de vista de un operador, la inversión que realice hoy podrá significar un próximo y pronto recambio.

La desventaja mayor podrá significar el tener que desechar la red actual de pares metálicos para usar una nueva red óptica o de requerir convertir esta red reciclándola a las exigencias ópticas. El capital volcado en la red de cobre, sobretodo el invertido en los últimos años, hace que los operadores sean reticentes a perder su utilización sin haber cumplido el rédito de su vida económica.

Los actuales desarrollos y los estudios de las aplicaciones de la FITL, están dirigidas a la búsqueda de costos competitivos, respecto a las técnicas basadas en los diseños actuales de acceso por pares metálicos digitalizados.

Su aplicación en la red de acceso, requiere de un exhaustivo análisis técnico-económico, debido a los específicos requisitos de esta red, como ser las reducidas longitudes de sus rutas de distribución, que llevan a una relación de costos relativamente alta.

Este análisis se complica debido al hecho que esta técnica dispone de una gran variedad de componentes activos y pasivos, como ser emisores, conectores, divisores, acopladores y receptores ópticos. Por otra parte, se deberá disponer de personal técnico altamente capacitado, para su planificación, diseño, instalación, operación y mantenimiento, asimismo se exigirá prestar la máxima atención al costo de tales procedimientos.

A. 8. 3. La optó electrónica y la FITL

La introducción de la fibra óptica en la red de acceso (FITL), se torna día a día mas viable, así como mas atractiva, habida cuenta de las posibilidades en comercializar las nuevas prestaciones de servicios, tanto en banda estrecha, como en banda ancha, para los servicios multimedia de Internet, transportes de datos de alta velocidad entre las LAN, servicios de VoD o difusión de televisión.

A la vista de los ofrecimientos de servicios que utilizan esta infraestructura, la introducción de la fibra en el bucle de acceso es favorecida por las inherentes ventajas en calidad y volumen de transmisión, campo que no podía cubrir la red de pares metálicos.

Su implementación significa al operador, disfrutar los beneficios de una inversión segura, percibiendo los ingresos relacionados con una amplia gama de servicios. Se potencializa el rédito de la red a través de una holgada vida útil. Su pronta adopción, redundante en apreciables ventajas con relación a los operadores rivales.

En términos tecnológicos mucho se ha estudiado y propuesto sobre el tema FITL, como ser distintas topologías de red y técnicas o elementos de transmisión a utilizar. Todo ello, con el fin de buscar sistemas que al reducir costos complementen y si es posible sustituyan a la red de pares de cobre.

Paralelamente, el diseño de las redes de acceso manteniendo el uso de pares metálicos, busca reducir sus costos e incrementar la utilización de los conductores. Mediante técnicas de ganancia de pares, como ser el empleo de multiplexores, ADSL (Asymmetrical Digital Subscriber Loop), el VHDSL (Very High Digital Subscriber Loop) o cualquiera de su familia xDSL, se trata de combinar técnicas ópticas, combinadas al par trenzado tratado electrónicamente.

Con ello se podrá, sin desechar totalmente a la red actual, ofrecer el servicio de banda estrecha tradicional, añadiendo los proporcionados por la red digital integrada de banda estrecha y también lograr introducir servicios de banda ensanchada, como ser la VoD, así también mejorar el servicio Internet, empleando las técnicas xDSL.

Por lo tanto, es de suma importancia establecer la oportuna arquitectura de red con una adecuada estrategia de implementación, que permita la viabilidad de una red óptica incorporada a la red de cobre existente, sustituyéndola paulatinamente, en los momentos más apropiados y en la conveniencia de brindar mejores servicios y calidad, además de conseguir mayores economías.

El análisis de las distintas opciones tecnológicas y sus factores asociados, obtendrá el adecuado despliegue de una aplicación complementada, para el caso más apropiado al momento más conveniente.

A. 8. 3. 1. Nuevas características de la red de acceso

El profundizar el análisis en las redes de acceso, es actualmente de máxima importancia para las empresas de telecomunicaciones. Esto se debe principalmente a requerir altos costos de inversión y de operación, pero sobremedida a su significado de punto estratégico al ofrecimiento de nuevos servicios. Se debe considerar la planificación a largo plazo, considerando la introducción oportuna de la fibra óptica en cada caso, en su mejor competencia para poder brindar los servicios de banda angosta y banda ancha.

Las estructuras clásicas de redes presentan:

- Suministro de servicios telefónicos y de TV por redes separadas
- Equipamiento directamente proporcional al número de clientes
- Invariabilidad de servicio

Las redes de acceso ópticas (FITL) introducen nuevas características en la red:

- Provisión de diversos servicios (datos, telefonía, video)
- Suministro elástico de los servicios (N-ISDN y B-ISDN)
- Compartimiento de las distintas redes (las URA, topología anillo, estrella)
- Diferentes distribuciones de servicios (punto a punto, punto a multipunto)
- Sistemas de capacidades elásticas y flexibles
- Todo óptico, enlace, conmutación, alimentación, distribución

Por ello los desarrollos de la fibra en el bucle de abonado, FITL, deben tener en cuenta las características de las prestaciones en uso y además las nuevas consideraciones.

Los recursos compartidos se refieren al participar elementos comunes, de tal manera que se reduzcan las inversiones por cliente, brindando servicios más económicos. Dentro de esta deferencia se halla la red de alimentación óptica, donde la alta capacidad de transporte en el enlace de acceso, garantiza la premisa económica.

Por otra parte la mayor flexibilidad y capacidad de red, prepara el desarrollo a nuevas solicitudes, de servicios avanzados. Estos objetivos deben considerar nuevos factores técnicos y no técnicos:

- Nueva técnica de planificación, programación y diseño
- Nuevos costos de instalación, operación y mantenimiento
- Nuevos recursos materiales
- Nuevos recursos humanos
- Nueva legislación
- Nueva comercialización.

A. 8. 3. 2. Integración de servicios y redes

El objetivo de la red de acceso empleando fibra en forma integral (FITL), es permitir tanto a los grandes clientes, como a los usuarios residenciales y pequeños negocios, comercios e industrias, el acceso a los diversos servicios prestados por las empresas de telecomunicaciones y de CATV.

Sin embargo se debe señalar que los sistemas de FITL en un principio, puede servir solo áreas particulares y según su conveniencia económica. Como ser sistemas de alta capacidad punto a punto, para la atención de grandes clientes, mediante redes exclusivas o a las áreas residenciales que requieran servicios diferenciados. Su posterior cambio se refiere a extender similares servicios al resto de la red de acceso.

La situación de las redes para grandes clientes es brindar servicios de todo tipo:

- Telefonía básica y fax.
- Correo electrónico (e-mail), Internet a alta velocidades.
- Videoconferencias y televisión.
- Acceso y transporte de datos a alta velocidad.
- E- learning.
- ISDN de banda ancha.

PRESTACIÓN DE SERVICIOS

	Empresa de Telecomunicaciones	Empresa de CATV
Medio físico	par trenzado, fibra óptica	fibra óptica, coaxial
Servicios	voz, datos, Internet	vídeo difusión, Internet

Los servicios FITL dirigidos a los clientes residenciales son del tipo:

- Telefonía básica y fax
- Comunicación de datos en baja o media velocidad
- E-mail e Internet
- Vídeo teléfono
- Televisión por cable (CATV)
- Juegos interactivos
- Supervisión remota de energía, gas y seguridad
- Televisión interactiva

- Televisión sobre demanda (VoD)
- Compras desde el hogar
- Teleeducación (e-learning)
- Telebanking
- TV de alta definición (HDTV)
- Mas servicios ISDN de banda angosta

Para los distintos operadores de los servicios de telecomunicaciones, la evolución de las redes presenta cambios diferenciados:

Los operadores telefónicos, en un primer paso, utilizan las fibras ópticas solamente para las redes de enlace entre centrales y enlaces a unidades remotas de abonados. En un segundo paso, las fibras ópticas conforman anillos en áreas cercanas a las centrales urbanas. Seguidamente componen estos anillos o emplean ramales ópticos distribuidores en conformación estrella, doble estrella, combinándolas con topologías tipo árbol o bus.

En su último tramo, se extienden mediante pares trenzados con técnicas digitales xDSL (ADSL, ADSL2, ADSL2 Plus, VDSL) y/o cables coaxiales. Finalmente las redes se digitalizan en su totalidad.

Por otra parte los operadores de las redes de CATV, es en un principio usan sistemas del tipo analógico y constitución coaxial, luego implementan ramales principales ópticos, manteniendo los de distribución mediante cables coaxiales. En un posterior paso, digitalizan las redes con todo óptico.

Este análisis nos indica que lo clásico ha sido adoptar caminos muy distintos para dar servicios según cada operador, de telecomunicaciones o de CATV.

Otra historia es representada por los operadores de las redes de datos. Primero funcionan se como redes compartidas con las de telefonía, luego como redes de paquetes vínculo de grandes terminales. Posteriormente surge la demanda de formación de las LAN, mas tarde de las MAN y WAN. Se requiere la evolución inmediata de las redes a su integración, en la convergencia, telecomunicaciones, informática y CATV. Los operadores telefónicos, brindando Internet, con datos y televisión. Los operadores de CATV, brindando telefonía, datos e Internet.

A. 8. 3. 3. Factores a considerar

Para definir las estrategias de introducción de la fibra óptica, en la red de acceso (FITL), deben considerarse varios aspectos:

- De servicio
- Técnicos
- Económicos y
- Financieros

Las soluciones a delinear, deben presentar un balance entre los distintos requerimientos indicados, con el objetivo de ofrecer una alternativa competitiva respecto a las redes de cobre convencionales.

Aspectos del servicio

A los fines del definir la metodología y el momento de implementación de las fibras ópticas en los accesos, es necesario considerar los distintos tipos de servicios a ser ofrecidos y determinar los diferentes sectores de clientes a captar.

El éxito del operador radica en el campo de las ventas y depende de su capacidad para ofrecer servicios que satisfagan las necesidades expresas o latentes de los clientes y a su precio aceptable.

Actualmente las grandes corporaciones demandan gran volumen de servicios de telecomunicaciones e informáticos. Sin embargo en áreas residenciales, no existe aún gran demanda de servicios de banda ancha. Salvo absorber la ofrecida por los servicios de CATV o brindar servicios mejorados de Internet, no se justifica la implementación de redes de acceso óptica dedicada, a tales áreas.

Sin embargo, si la demanda potencial para estos servicios fuese importante, podría no ser efectivo esperar a que surja efectivamente dicha demanda, para establecer la red de fibra óptica. Por ello, la introducción de la FITL deberá ser planificada desde una perspectiva a largo plazo, tomando en consideración la economía, disponibilidad de infraestructura y rapidez en la atención de la demanda de nuevos servicios.

Un importante sector del mercado a considerar, lo constituye el comercial y el representado por grandes empresas. Estos clientes se encuentran normalmente concentrados en los microcentros urbanos y son los primeros candidatos para los servicios digitales de alta velocidad. Para satisfacer estas necesidades, no hay una alternativa aceptable en cobre y la implementación de fibra debería ser evaluada tan pronto como fuese posible.

En contraposición, al sector de usuarios residenciales, clientes profesionales, comerciales o industriales de pequeña y mediana empresa, son numerosos pero se hallan dispersos geográficamente. La introducción en estos sectores de la ISDN de banda ancha (B-ISDN), será factible a largo plazo, luego de haber penetrado con éxito en el sector comercial y de grandes empresas.

Para el sector residencial, el enfoque podrá ser, anticipar la tendencia en la evolución de los servicios, desarrollando soluciones flexibles y económicas de fibra óptica, en base a los servicios de banda estrecha, pero preparando las instalaciones a futuras extensiones y progresivamente llegar a ofrecer los servicios de banda más ancha y por último de las bandas muy anchas.

Las estrategias técnicas deben ser acompañadas de estrategias de mercadeo. Es de primordial importancia anticipar un fuerte e inteligente marketing.

Aspectos técnicos

Aunque las redes de acceso óptico ofrecen los beneficios generados por los nuevos servicios, los requerimientos de estas nuevas arquitecturas presentan nuevos desafíos a los agentes que operan los negocios de telecomunicaciones y en especial a sus técnicos.

El auge de fibras en el bucle de abonados debe tomar en cuenta ciertos principios:

- Recursos compartidos, de tal forma que los costos por abonado se reduzcan.
- Capacidad flexible con un eficiente desarrollo hacia los servicios avanzados
- Sistemas de energía que permitan equipamientos en ubicaciones disímiles.
- Diversas fuentes de energía eléctrica y de reserva.

Todos los esfuerzos y costos invertidos en superar el desafío de disponer servicios avanzados, traerá aparejado beneficios colaterales al servicio telefónico básico:

- La fibra óptica acorta las longitudes del bucle metálico del abonado.
- La reconstrucción de las redes metálicas reduce los costos de mantenimiento.
- Sus normas de procedimientos incrementan la calidad de la transmisión.
- La tecnología óptica electrónica reduce los costos de mantenimiento.
- Los cables ópticos descongestionan túneles y canalizaciones.
- Las URA reducen las áreas de servicio de las centrales de conmutación.
- Limitando la capacidad de las centrales se reduce las áreas de servicio.
- La reducción de las áreas permite la reducción del lazo del abonado.

Tradicionalmente la red de acceso se diseña bajo los estudios de la demanda de los servicios. En una red de banda ancha este estudio deberá fundamentalmente tomar en consideración los nuevos servicios, teniendo en cuenta que cada servicio generará distintos valores de tráfico, por lo que se debe efectuar estudios particulares de su incidencia en la red.

Ya no basta medir los Erlang cursados, también cuenta la provisión de ancho de banda requerido para cada servicio en particular. Muy distintos son los requerimientos de un servicio de TV, largo tiempo de uso y gran ancho de banda, con intentos de llamada bajos, respecto a los servicios de datos que tienen las características de generar bajo tráfico, con un número de intento de llamadas relativamente alto.

Los servicios multimedia de Internet, telebanking y telecompras y juegos en red, están ahorrando tareas de marketing a los planificadores. Por otra parte se incluyen, las distintas características de servicio como ser del tipo unidireccionales, servicios de distribución o difusión o bidireccionales. Pueden ser interactivos, con ancho de banda simétrica o asimétrica.

En una topología de la red de acceso, que cuenta con elementos electrónicos y ópticos activos y pasivos no comunes en las redes actuales, se requerirá la creación de nuevas normas y procedimientos propios para estas técnicas, una alta actividad de capacitación teórica y práctica en el terreno sobre las nuevas metodologías, un grado alto de seguridad para la realización de la operación y el mantenimiento, todos requisitos no fácil de implementar en un corto tiempo.

Por otra parte todos los esfuerzos y costos invertidos en superar el desafío de disponer servicios avanzados, traerá aparejado beneficios colaterales al servicio telefónico común.

Ventajas técnicas aparejan ventajas comerciales:

- Con la instalación de redes de fibra óptica se acortarán las longitudes del bucle metálico del abonado.
- La renovación de redes metálicas reducirán los procedimientos de mantenimiento.
- La mejora en los procedimientos de instalación y pruebas de recepción de los cables ópticos y metálicos, incrementará la calidad de la transmisión.
- La tecnología electrónica reducirá los costos de mantenimiento.
- La utilización de cables de fibra óptica, aumentará la eficiencia y proporcionará la descongestión de túneles de cables, cámaras de registro y canalizaciones, permitiendo nuevos y mas cómodos desarrollos.
- La reducción de las áreas de servicio de las centrales de conmutación mediante la utilización de las URA permitirá mejorar la eficiencia de las operaciones en zonas urbanas, suburbanas y rurales.
- La reducción de las áreas de servicio, acotando la capacidad de las centrales a un máximo de equipos, permitirá la reducción del lazo del abonado.
- En su conveniencia técnico-económica, las áreas de servicio de una central podrá extenderse transitoriamente, sin deteriorar la calidad de transmisión.

Las propuestas y soluciones a encarar, deben estar en conformidad con estos requerimientos. A fin de establecer una RDSI con FITL y obtener de ésta, una alta relación entre beneficios/ costos, se impone efectuar estudios para su aplicación que deberán estar coordinados en varios de sus aspectos, topología, transmisión, componentes electrónicos, cables ópticos, etc.

Se debe considerar nuevas propuestas de operación y mantenimiento del tipo preventivo y correctivo, debido a la presencia de elementos electrónicos y electro-ópticos. Para ello se debe tener en cuenta los recursos humanos, con la administración de una intensa capacitación técnica, junto a la comercial.

Aspectos económicos

En vista del estado actual de implementación y costos de los sistemas ópticos, su introducción a la FITL, será impulsada en base de la demanda efectiva de los servicios avanzados. Sin embargo, su rentabilidad económica se considera inviable en los primeros años de su implantación, fuera de las rutas que sirvan a grandes clientes.

Ello se debe a que la baja penetración, desarrollo de la demanda, sobre todo en los servicios de banda ancha para el sector residencial, hará difícil alcanzar un elevado volumen de instalación de esta tecnología, con lo que se lograría que los actuales elevados costos, desciendan a niveles competitivos.

Los estudios económicos, años atrás, indicaban un punto de cruce económico respecto a la red de cobre, cuando la áreas a cubrir distaban mas allá de 1800 m. En los últimos años los costos de los cables de fibra óptica han descendido en una relación impensada. Por otra parte, los valores de atenuación han originado mayores distancias sin necesidad de la intervención de regeneradores de pulsos. Los costos de los emisores, empalmes, conectores y receptores, también se han reducido sobremanera.

No obstante ello, los precios de los equipos terminales, en su relación a los bucles de fibra para abonados, considerando sus reducidas longitudes, todavía resultan comparativamente elevados.

Estas consideraciones de penetración y rentabilidad, originarán encarar un estudio técnico - económico que haga factible su paulatina introducción. A ese efecto también se deberá activar la acción de promoción y acelerar la difusión de los beneficios de la B-ISDN, para el sector residencial.

El diseño con una adecuada arquitectura de la red, en la que mediante una adecuada coexistencia de los elementos de su infraestructura, se logre compartir los servicios de banda ancha, con los telemáticos de banda estrecha de probada alta penetración, obteniendo así su pronta inserción.

La estructura inicial compartida podrá posteriormente evolucionar hasta cubrir áreas no rentables inicialmente.

Con estas estrategias de introducción de la fibra óptica en la red de acceso, se pueden proponer distintas conformaciones de red.

El actual incremento del volumen de producción de fibra óptica para redes interurbanas e internacionales, como de personal capacitado y empleado para su instalación, contribuirán aún mas a la reducción de costos e incidirán en la misma forma sobre los costos de los otros componentes del sistema.

Ello, las nuevas técnicas ópticas y la competencia mundial global de informática y telecomunicaciones, acelerará la explotación intensiva de los servicios de banda ancha y la conveniencia de efectuar la conversión integral de la red de acceso con FITL.

Aspectos financieros

Los aspectos financieros, que a menudo no son considerados en los estudios de factibilidad técnica, son de la mayor importancia para la introducción de la FITL

Lograr una penetración intensa, de la primera red de banda ancha, requiere de una formidable inversión inicial. Por lo tanto es muy importante aumentar los fondos a un costo aceptable, asegurando un retorno en un período a plazo medio.

Desde ese punto de vista la situación es diferenciada para los dos sectores de usuarios, comerciales y residenciales. En el caso del sector comercial, el número de usuarios es bastante limitado y la sensibilidad del costo no es muy alta. Por lo tanto las conexiones se implementan en cuanto son requeridas o desarrollando proyectos a ese propósito. Como consecuencia, la inversión en este sector es fácil de proveer y su retorno favorablemente rápido.

La situación es completamente diferente para el sector residencial. En este caso la cantidad de usuarios y la sensibilidad de costos son muy altas. Por lo tanto es necesario adoptar una política de tarifas orientada a "crear el mercado". Ello es, adoptando desde el inicio bajas cuotas de abonos, para propulsar a la demanda y alcanzar los volúmenes de clientes que bajen los costos de la instalación.

Al ser en el caso residencial, las inversiones considerables y los retornos tardíos, la introducción de la FITL, solo podrá cumplirse para cada área en estudio en particular y mediante una cuidadosa estrategia claramente definida, al analizar las condiciones que lo justifiquen económicamente.

Aspectos legales

La introducción de las nuevas técnica de la FITL y el ofrecer nuevos servicios avanzados de banda ancha, originan nuevas emisiones legislativas.

Las mismas surgen, en muchos casos como un resultado de la ubicación de equipos distribuidores en la planta externa, suministro eléctrico para los equipos distribuidores activos, como de los mismos equipos terminales instalados en los domicilios particulares de los usuarios y la posible necesidad de compartir sus costos entre varios usuarios.

Los marcos regulatorios nacionales, referentes a la exclusividad de brindar servicios telefónicos básicos o servicios exclusivamente de CATV, restringe la convergencia de los servicios y por ende la integración de las redes. En tales casos, los diseños de redes se verán limitados, posponiendo la construcción de redes híbridas, fibra + coaxial ó fibra + cobre + xDSL, a considerar en las planificaciones.

A. 8. 4. Evolución de las configuraciones

Llamamos topología a un tipo de conformación de red, por ejemplo, red en bus lineal, tipo estrella, anillo o a sus combinaciones. Es posible la adopción de distintas configuraciones dentro de un tipo determinado de topología de red de acceso óptica.

Estas configuraciones están relacionadas al tipo de usuario y a la resolución del esquema físico adoptado para brindarle el servicio. Se diferencian por las siglas FTTx:

- Fibra a la zona, FTTZ (Fiber To The Zone)
- Fibra al barrio, FTTN (Fiber To The Neighborhood)
- Fibra hasta la acera, FTTC (Fiber To The Curb)
- Fibra hasta el edificio, FTTB (Fiber To The Building)
- Fibra hasta la oficina, FTTO (Fiber To The Office)
- Fibra hasta el hogar, FTTH (Fiber To The Home)
- Fibra hasta al escritorio, FTTD (Fiber To The Desk)
- Fibra al equipo local del abonado, FTTP (Fiber To The Premise)

En las distintas configuraciones, se utiliza electrónica activa solamente en la central y en el domicilio del abonado, o también en un nodo o pedestal remoto de red óptica, al que denominamos ONU (Optical Network Unit), donde se dispone la conversión electro-óptica de las señales.

Los terminales de conversión son denominados, terminal de red óptico ONT (Optical Network Termination), los ubicados en los domicilios de los abonados o en un nodo remoto, y terminal de línea óptico OLT (Optical Line Termination), los ubicados en la central de conmutación (Fig. 1).

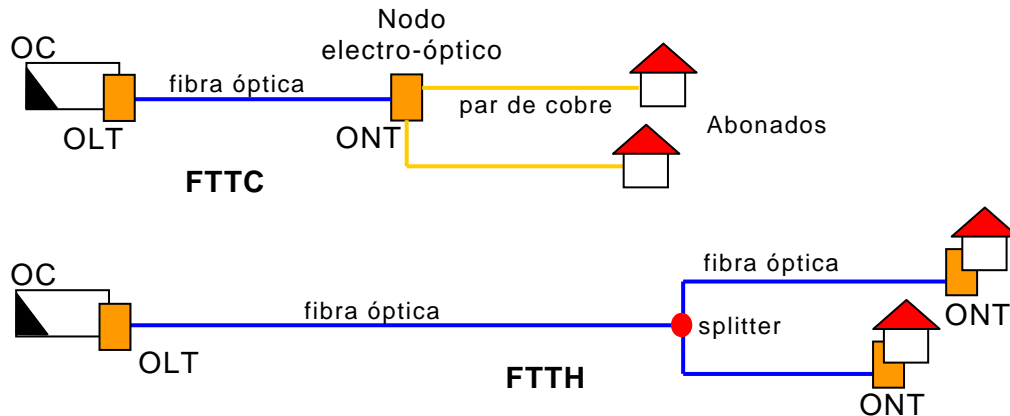


Fig. 1 - Conformación óptica FTTC y FTTH

Los sistemas FTTZ y FTTN, se refieren a llevar la fibra hasta un nodo remoto ONU, desde donde se practica la distribución a un mediano o importante grupo de usuarios. Tal grupo tiene siempre la característica de ser homogéneo, por ejemplo de FTTZ, las zonas industriales, para el FTTN, los barrios residenciales.

Los sistemas FTTC, se refieren a llevar la fibra hasta un pedestal remoto ubicado en una acera, donde son distribuidos a un mediano o pequeño grupo de usuarios, generalmente una o más manzanas residenciales.

Tanto para los casos tipo FTTZ, FTTN o FTTC, el equipo terminal de fibra óptica o pedestal ONU, es de uso en intemperie ubicándolo en la acera.

En estos casos la distribución final, desde el nodo de red óptica, hasta el domicilio de cada cliente se podrá realizar mediante pares de cobre utilizando técnicas xDSL, para obtener los servicios de banda estrecha, ancha, Internet, televisión y/o VoD. También se podrán utilizar cables coaxiales para la distribución de CATV, datos a alta velocidad, etc.

En esas configuraciones, el tendido final de cobre, desde la distribución es más o menos largo, según cada topología y técnica empleada. Al utilizar el ONU se evita la necesidad de instalar fibra en la red de acometida, tratando de reutilizar las líneas de pares en cobre existentes.

La configuración FTTB, se refiere a la fibra y un terminal remoto dedicados a varios usuarios pertenecientes a un edificio de unidad múltiple residencial o de concentración comercial MDU (Multiple Dwelling Unit), por ejemplo monobloques de viviendas, supermercados o shoppings. La configuración FTTO, se refiere a la configuración ligada a servicios expresamente para edificios de oficinas.

En las configuraciones FTTO y FTTB, el ONU está ubicado en las instalaciones del usuario, en el sótano del edificio o junto al repartidor del edificio, donde éste se halle situado. La distribución a los abonados se efectúa a través de cables metálicos (pares trenzados y/o coaxiales).

La configuración FTTH, se refiere a la fibra que llega desde la central hasta las instalaciones en los domicilios de cada usuario, donde están ubicados los conversores electro-ópticos. Similares son los casos de FTTD y FTTP, referidos respectivamente al escritorio y al equipo de abonado.

Las configuraciones del tipo FTTZ o FTTC tienen la ventaja con respecto a las distribuciones FTTO ó FTTB y sobretodo a las de FTTH, FTTD y FTTP, en permitir una conexión más económica. Esto se debe a que por cada fibra que parte de la central se puede dar servicio a un número múltiple de clientes. Con ello, los costos de los equipos terminales y de fibra se distribuyen entre la mayor cantidad de clientes conectados a ellos.

Se podrán combinar las configuraciones FTTN, FTTZ o FTTC, con configuraciones del tipo FTTB, FTTO o FTTH que partan desde sus ONU, lográndose los beneficios de ambos sistemas. La estrategia de evolución de la red de acceso, esta dada por la determinación de la conveniencia, oportunidad y modo de migrar desde la red de cobre hasta la red con cables de fibra óptica.

En las zonas residenciales de clase alta, el objetivo es las unidades de vivienda y los grupos comerciales, por ello se debe preparar la configuración FTTP ó FTTD, combinándolas con FTTH, o a redes FTTC. El despliegue en el tiempo hacia la FTTH debe estar orientado por la combinación de dos factores, el económico de inversión y el referente a los beneficios que se derivarán de la oportunidad de su aplicación.

En conjunción con las características de los aspectos económicos analizados anteriormente, para que la instalación inicial de fibra óptica se realice en condiciones de rentabilidad económica y de forma competitiva con la red de cobre, se tratar de adoptar siempre configuraciones de red que permitan la compartición de sus recursos. Las configuraciones FTTN, FTTZ o FTTC, son las más apropiadas a este fin.

En una primera fase dichas configuraciones FTTC, son desarrolladas principalmente para los servicios de baja velocidad, telefonía, Internet, correo electrónico, datos y multiservicios N-ISDN, debido a que la demanda para estos servicios se hará más evidente. En esta fase se consideran fibras de reserva, a fin de poder atender la posible demanda de servicios de alta velocidad y de banda ancha. Cuando lo justifique la demanda, la capacidad de la red se puede mejorar mediante la expansión de la capacidad del sistema, sin producir cambios en la planta del cable.

En una segunda fase y cuando surge nueva demanda de servicios o de otros servicios como ser de banda ancha, por ejemplo la distribución de vídeo bajo demanda, el aprovechamiento de la configuración puede evolucionar, mediante la utilización de las fibras colocadas como reserva en la etapa inicial.

También se puede emplear los sistemas de multiplexación por división de longitud de onda WDM, para obtener la ganancia de nuevos abonados o posibilitar la transmisión de nuevos servicios, habilitando nuevos canales. El sistema DWDM actualmente de alta capacidad se emplea en redes de media y larga distancia, mientras que los equipos CWDM, más económicos, se podrán usar en áreas metropolitanos céntricas o de borde.

En esta segunda fase, las configuraciones planteadas en la primera fase, de banda estrecha, podrán seguir siendo de aplicación. Para ello, en los terminales remotos se instalan los nuevos subsistemas, necesarios para la prestación de servicios de banda ancha.

El objetivo, para poder efectuar el rápido despliegue de las configuraciones FTTO y FTTB, es dar servicio a los edificios de construcción nueva para grandes empresas y los locales de los centros comerciales, muy en boga en las grandes ciudades. Sin embargo, es importante aplicarlo a todos los edificios existentes, en la oportunidad de considerar la descongestión de facilidades subterráneas y la renovación de los cables metálicos antiguos.

Las soluciones FTTC primeras, deben proporcionar la base para que dicho despliegue resulte esencialmente económico, por lo que se debe asegurar la flexibilidad necesaria de los servicios a instalar en los siguientes años, para concluir en la configuración FTTH, siempre según las exigencias del servicio y cuando se considere económicamente oportuno implementarla.

Su evolución es dada en función de las características propias de cada área, residencial, comercial o rural. Se puede diferenciar dos etapas de evolución, una primera etapa comprende el aspecto de banda estrecha, comenzando por el acceso básico y transformado luego al acceso primario.

No obstante, según los requerimientos iniciales y evaluaciones económicas estimadas, se puede asimismo adoptar en primera opción cualquiera de estas etapas.

En zonas rurales se puede aplicar el mismo criterio de proceso evolutivo, que para las zonas residenciales urbanas, aún cuando haya diferencias en los costos y en la velocidad de penetración.

Las configuraciones mixtas, red fibra mas cobre, puede plantear nuevos problemas de instalación y operación de la red, por ejemplo:

- Disponer en la central, superficie adecuada para el equipo terminal compartido.
- Ubicación apropiada en la acera.
- Requerimientos adecuados de alimentación de energía eléctrica.
- Procedimiento de operación y mantenimiento, propios de estas configuraciones.

Podremos esquematizar el proceso, de acuerdo a los objetivos del despliegue de los sistemas de fibra óptica, los casos de su aplicación y las diversas situaciones de la evolución de las configuraciones empleadas.

SITUACIONES DE LA EVOLUCIÓN

Red	Aplicación	Objetivo
FTTZ	Zona, barrio, acera	Resolver la cogestión de facilidades en el área.
FTTB	Edificio, oficinas, negocios	Renovación de las redes existentes. Creación de nuevas oportunidades comerciales.
FTTP	Hogar, escritorio, equipo de abonado.	Rápida respuesta a la demanda de nuevos servicio de banda ancha y de alta velocidad

En las configuraciones ópticas pasivas, la fibra llega hasta el domicilio del cliente, ya fuese edificio unifamiliar o múltiple para oficinas o departamentos, en su integridad óptica sin intervención alguna electrónica. En el ingreso a los mismos, se disponen los equipos conversores electro-ópticos. La conformación para estos casos podrá ser, al hogar FTTH, a la oficina FTTO o al edificio FTTB.

En las configuraciones ópticas activas, la fibra puede llegar hasta el domicilio de los clientes en edificio unifamiliar o abarcar reducidas zonas, una o dos manzanas según la densidad de abonados estimados o áreas mayores, como ser un barrio FTTN o una zona FTTZ. En este caso la conversión electro-óptica se ubica en el terminal remoto de red óptica ONU.

A. 8. 5. Topologías ópticas

Topología se refiere al estudio de la configuración de un terreno. Tomando esta definición y aplicándola al caso de redes de acceso, podemos decir que es, el estudio de la estructura de distribución.

La red tradicional de acceso de servicios de telecomunicaciones, formada por cables de pares trenzados de cobre, estuvo basada en una topología simple. Cada área de central disponía una red tipo estrella simple.

Ello se debe fundamentalmente en ser un servicio de reducido ancho de banda y del tipo circuito, diferente a una red de CATV que es de servicios de difusión general o también distinta a una red de datos con transporte de paquetes.

Un conjunto de centrales de telefonía, tuvo un centro madre de mayor jerarquía, conformando otra red estrella y así sucesivamente en jerarquías menores hasta cubrir una red nacional. Este conjunto de líneas de enlace entre centrales interurbanas y urbanas, se denominó red troncal de transporte.

En esa descripción la red de transporte, en uso de cualquiera de sus técnicas, cables de fibra óptica, o en su defecto, cables multipares, coaxiales, o por medio de equipo de radioenlaces, tomó la topología de estrellas múltiples tipo árbol invertido. Al introducirse la conmutación electrónica con posibilidades de adoptar rutas alternativas, la red de transporte pasó a constituirse en topología de tipo malla.

Sin embargo al tomar la red de transporte la característica óptica y estar digitalizada, incluyó a los servicios de televisión, los que se transmiten en difusión y a las de datos, los que se transmiten en paquetes, la topología toma las características de estos.

Por lo tanto, se incluye la topología en anillos simples, anillos dobles y su combinación con nodos en estrella.

Mientras tanto, la introducción de la fase óptica en la red de acceso, exige buscar soluciones optimizadas y en línea, con la estrategia para el desarrollo de futuros sistemas de comunicaciones de banda ancha. También se debieron buscar soluciones propias de las redes de telefonía, como también de datos y de CATV.

Existen diferentes modelos de topología posibles para el caso de tales redes ópticas de abonados. Estas estructuras de distribución podrán ser del tipo:

- Estrella simple
- Doble estrella
- Anillo
- Anillo doble
- Árbol
- Lineal o bus
- Combinación de una o más topologías

Cada una de estas topologías, a su vez puede ser del tipo pasiva o activa. El empleo de elementos pasivos en la red como ser, conmutadores, amplificadores, acopladores o divisores ópticos, hasta llegar al domicilio del abonado con terminales de red, la clasifican como topología pasiva.

Se denominan redes activas, cuando utilizan elementos electrónicos en su recorrido desde la central hasta los terminales del abonado.

Una red podrá disponer un sector óptico pasivo, con acopladores y divisores ópticos y luego en el domicilio de abonado o empleando distintas ONU, un sector activo, como interfaz electro óptica de la red (Fig. 2).

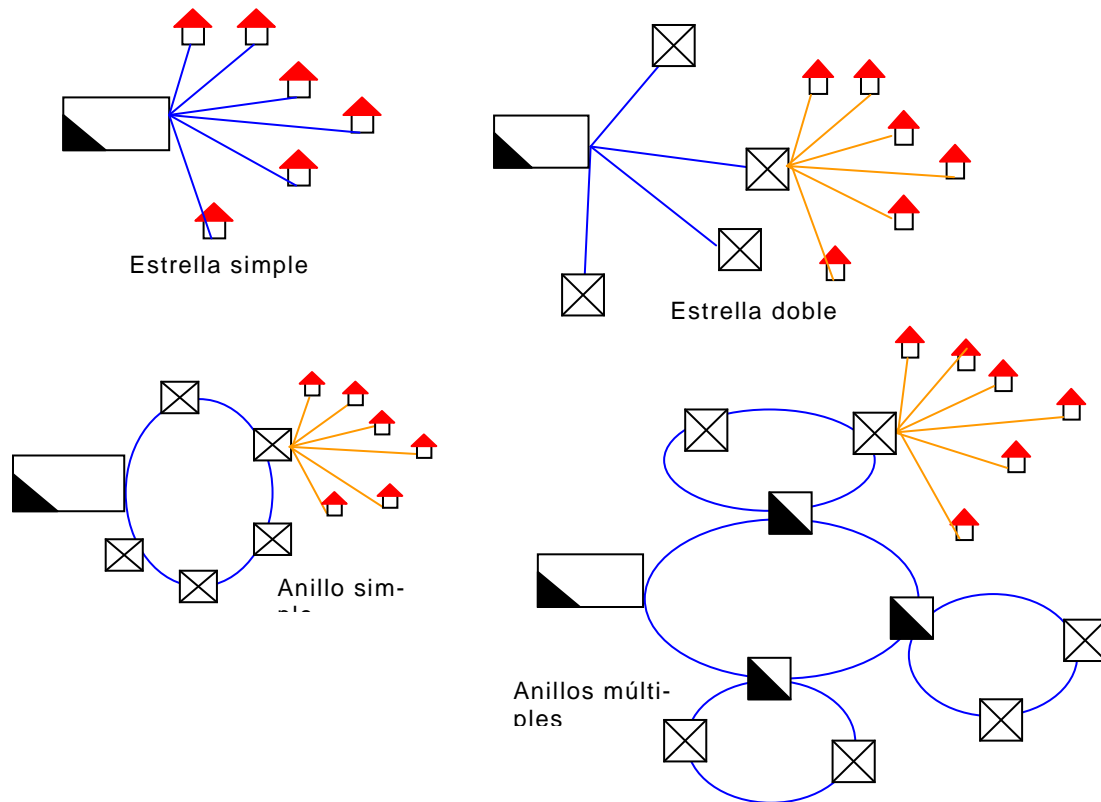


Fig. 2 – Topologías de redes más empleadas

A. 8. 6. Técnicas de transmisión

Varios esquemas de transmisión, acceso y de multiplexación pueden ser utilizados para compartir el medio físico de transmisión. Se podrá indicar los esquemas mas utilizados para las telecomunicaciones ópticas como:

- Multiplexación por División de Frecuencia, FDM.
- Multiplexación por División en el Tiempo TDM.
- Multiplexación por división de longitud de onda, WDM.
- Multiplexación por división densa de longitud de onda, DWDM.
- Multiplexación por división burda de longitud de onda, CWDM.
- Modo de transferencia sincrónico, STM.
- Red óptica sincrónica, SONET/SDH.
- Modo de transferencia asíncrono, ATM.
- Acceso múltiple por división en el tiempo, TDMA.
- Acceso múltiple por división de código, CDMA.

Estos sistemas, como otros posibles ser empleados en redes ópticas se detallan en los Anexos 1, 2, y 3 precedentes, no obstante, se verán aquí los detalles propios aplicados a la transmisión óptica.

a) Multiplexación por División de Frecuencia, FDM

En la técnica de multiplexación por división de frecuencia FDM (Frequency Division Multiplexing), las diferentes señales son transportadas en bandas de frecuencias adyacentes, las cuales se agrupan en la emisión de las señales, para ser transferidas al mismo tiempo. En el lado de la recepción se reconstituyen las señales, se las separa y selecciona.

La técnica de FDM se utiliza en las fases iniciales de la evolución de la existente red de cobre hacia la red óptica, para los servicios de distribución de canales de televisión, aún con señales analógicas.

b) Modo de transferencia asíncrono, ATM

La técnica de modo de transferencia asíncrono ATM (Asynchronous Transmission Mode), es un procedimiento de transferencia de información, basado en el mecanismo de multiplexación por división en el tiempo asíncrona, donde se asignan intervalos de tiempo a una comunicación en función del ancho de banda a transmitir.

El principio básico del ATM, consiste en la segmentación del flujo de información, que ha de ser transferido en bloques de información de longitud fija, denominados células. Estas células no se transfieren a intervalos de tiempos regulares, sino que se emiten de acuerdo con los requisitos y necesidades de la fuente de tráfico, que las genera, de modo que la capacidad de transferencia será asignada según lo requiera la demanda dada para el establecimiento de cada una de las comunicaciones.

Luego, resultará que la cantidad de células por unidad de tiempo, que se transferirán para la transmisión de una señal de TV, será mucho mayor que la cantidad a transferir para una comunicación exclusivamente telefónica.

Cada una de las células está constituida por una cabecera de 5 bytes y un campo de información de 48 bytes. La cabecera contiene la información relativa al direccionamiento de las células y su prioridad así como la información utilizada para asegurar una transferencia libre de errores. El sistema ATM se ha ideado para las B-ISDN.

c) Modo de transferencia síncrono, STM

La técnica de modo de transferencia síncrono STM (Synchronous Transfer Mode), es un procedimiento de transferencia de información basado en el mecanismo de multiplexación por división en el tiempo TDM (Time Division Multiplexing), en el modo síncrono. La UIT-T lo ha normalizado con tratamiento para la red óptica, llamándolo SONET (Synchronous Optical Network).

En esta técnica, las señales codificadas digitalmente, se asignan a diferentes intervalos de tiempo de un bloque síncrono. En el lado de la recepción, los canales individuales se identifican según la posición que ocupan en el bloque. El modo STM es uno de los procedimientos que se han utilizado en las redes RDI y RDSI-BE.

d) Multiplexación por división de longitud de onda, WDM

La multiplexación por división de longitud de onda WDM (Wavelength Division Multiplexing), utiliza una técnica similar a la FDM, salvo que aquí las señales son transportadas por portadoras ópticas. Estas portadoras de diferentes longitudes de onda, se agrupan para ser transferidas al mismo tiempo. Sobre el extremo de recepción se reconstruyen las señales y se las separa.

Esta técnica también puede ser utilizada para la transmisión bidireccional, sobre una sola fibra, utilizando una longitud de onda diferente para cada sentido de transmisión.

La técnica WDM permite utilizar dispositivos pasivos, que conduce a una alta confiabilidad y a un bajo costo de mantenimiento, pero requiere un receptor por cada canal óptico.

e) Multiplexación combinada

Las técnicas de multiplexación descritas anteriormente, pueden combinarse para ser utilizadas en la red de acceso, por ejemplo : Varios canales de comunicación, de diferentes tamaños, pueden ser multiplexados en un tren de bits de 155.52 Mb/s (señal de transporte síncrono de nivel 3, STS-3), utilizando la técnica ATM. Luego cuatro de estos trenes de bits STS-3, pueden ser multiplexados en un nuevo tren de 622.08 Mb/s (STS-12), utilizando la técnica STM.

Finalmente, varios trenes STS-12 pueden ser multiplexados en una fibra óptica, utilizando la técnica WDM, asignando a cada tren de 622.08 Mb/s, una longitud de onda diferente.

También estas técnicas de modulación en el tiempo TDM, son frecuentemente utilizadas con distintas técnicas de acceso múltiple, por ejemplo por división de tiempo TDMA (Time Division Multiple Access) o por división de código CDMA (Code Division Multiple Access).

f) Acceso múltiple por división en el tiempo, TDMA

La técnica de acceso múltiple por división en el tiempo TDMA (Time Division Multiple Access), es utilizada comúnmente en sistemas de comunicación punto - multipunto y para lograr la transmisión bidireccional sobre un único vínculo . En ese caso, podrá realizarse la transmisión en los dos sentidos, sobre dos fibras o empleando una única fibra.

Para las redes que dispongan de ramales con dos fibras, una fibra es utilizada para las comunicaciones entre la oficina central y los nodos remotos, empleando la transmisión normalizada TDM. A la vez, otra fibra será empleada para la comunicación entre los nodos remotos y la oficina central, empleando la transmisión TDMA. Este tipo de transmisión es denominado TDM / TDMA.

En redes de una fibra, puede ser utilizada la multiplexación por compresión en el tiempo TCM (Time Compression Multiplexing), a menudo denominado, método PING PONG, en el cual la información TDM es transmitida durante una mitad de la trama y la información TDMA durante la otra mitad. Este tipo de transmisión es denominado TCM / TDMA.

La red de una fibra puede basarse también sobre la técnica TDM / TDMA, empleando la multiplexación por división de longitud de onda WDM. Este tipo de transmisión es denominado WDM / TDMA.

A. 8. 7. Arquitecturas ópticas

En una red de datos se denomina arquitectura a la conjunción topología de la red y al tipo de acceso al medio empleado. Aquí entendemos por arquitectura óptica a la conjunción de las distintas conformaciones topológicas y a la organización tecnológica del sistema.

Se pueden emplear arquitecturas pasivas económicas, con distribuciones en topología tipo doble estrella, utilizando métodos de transmisión del tipo TDM y acceso múltiple TDMA, por fibras compartidas hasta puntos donde divisores encaminan las señales ópticas a los abonados.

En estos sistemas, si bien la trama completa TDM llega a todos los abonados, cada uno tiene asignado un determinado intervalo de tiempo de la trama el cual es extraído en el extremo de recepción.

El trayecto de retorno, que utiliza la técnica de acceso TDMA, converge pasivamente a la central local. Se puede optimizar la configuración mediante el uso de la técnica de multiplexación por división de longitud de onda WDM, empleando ambos sentidos por una sola fibra.

Si se utiliza la técnica ATM, ésta permite transferir la información no por canales definidos permanentemente, como en el modo de jerarquía digital sincrónica SDH, sino por células. Cuando un servicio tiene una velocidad binaria baja se utilizan pocas células en el múltiplex, mientras que para una velocidad binaria alta se requiere un número mayor de células en el mismo intervalo de tiempo. El resultado es que todos los servicios podrán hacer uso de la misma red para disímiles servicios.

En la técnica ATM hay dos clases de conexiones virtuales permanentes, la definida como de canal virtual permanente el PVCC (Permanent Virtual Cannel Conection) y la de trayecto virtual permanente, PVPC (Permanent Virtual Path Conection). Cada acceso de abonado podrá usar una conexión de trayecto virtual, entre la central y sus instalaciones, siendo multiplexado dinámicamente cada servicio sobre la base de un canal virtual.

Partiendo de este enfoque se puede utilizar dos tipos de sistemas, uno constituido por multiplexores de trayecto virtuales, que agrupen en una sola línea metálica y/u óptica varios accesos individuales dando lugar a una red de topología tipo estrella múltiple.

Otros sistemas de multiplexación digital corresponden a dispositivos de inserción y extracción de trayectos ADM (Add/Drop Multiplex), los que pueden ser virtuales o permanentes. En la práctica se podrá optar por conformaciones de red tipo anillo, árbol o bus y asimismo combinar varias de esas situaciones.

A. 8. 7. 1. Red en estrella simple

En la topología de estrella simple, los usuarios con terminales ópticos de red, se conectan a su central local, que actuará como nodo central, a través de circuitos dedicados. El tipo de red en estrella simple, es una topología exclusiva para las configuraciones tipo fibra al hogar FTTH.

Tiene las ventajas en que cada abonado dispone de su propio circuito físicamente independiente, desde su domicilio hasta el equipo terminal de línea en el edificio de la central. Estos circuitos están constituidos por dos fibras por abonado, así permitirán ambos sentidos de transmisión, aunque también podrán utilizar una sola fibra, empleando dos diferentes longitudes de onda, una por cada sentido, para ello se emplea la técnica WDM.

Una topología denominándola TTOSS (Totally Transparent Optical Subscriber System), que sigue la idea de estrella simple con sistema WDM, ha sido propuesta por la firma Philips Research Laboratories (Fig. 3).

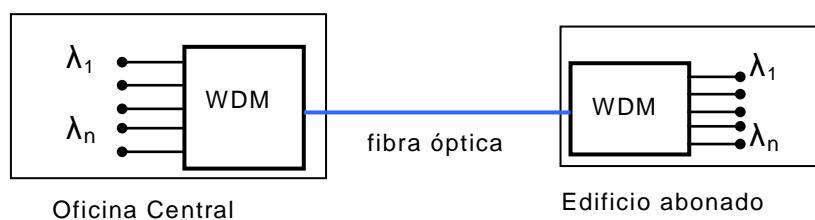


Fig. 3 – Topología de estrella simple TTOSS (Philips)

Al ofrecer al usuario varios canales ópticos utilizando la técnica WDM, cada longitud de onda puede transferir uno o más canales de comunicación para cada cliente. En este último caso aprovechando técnicas de multiplexación.

A. 8. 7. 2. Red en doble estrella pasiva

El tipo de red en doble estrella pasiva es una topología en la que el medio óptico es compartido por un alto número de clientes, desde la oficina central hasta nodos remotos de la red. Se obtiene así una notable reducción en los costos iniciales y de operación.

En este caso, los clientes están conectados al nodo remoto por fibra óptica con circuitos comunes y dispositivos de derivación pasivos, que divide y combina las señales provenientes de ambos extremos de la red óptica. Se hace una buena utilización de la fibra, sin embargo se requiere un correcto método que permita asegurar la absoluta privacidad, ya que la misma señal se distribuye a diferentes puntos de la red.

Esta topología es de aplicación en las configuraciones FTTZ o FTTC, las que se pueden combinan con las configuraciones FTTB, FTTO y además más el tipo FTTD o FTTP.

Un primer ejemplo de esta propuesta, es la comprobada por la British Research Laboratories, para telefonía y a la cual ha denominado red óptica pasiva telefónica, TPON (Telephony Passive Optical Network). Para este sistema, en la central se genera en el sentido descendente (hacia el cliente), una señal que se multiplexa por división de tiempo TDM, la cual corresponderá a 128 abonados. Esta señal modula un portador óptico, siendo transmitida hacia el nodo remoto, a través de una sola fibra.

En los nodos remotos, se encuentran los divisores de ópticos pasivos que dividen la potencia de la señal óptica entre varias fibras de distribución y en una cierta proporción predeterminada, permitiendo así que varios abonados compartan las fibras de alimentación y distribución. Los divisores ópticos podrán también estar situados en los puntos de distribución.

Se logra de esta manera bajar los costos, por compartir los medios, tanto de las facilidades de transmisión por fibra, como de transmisores y receptores ópticos en la central. El equipo terminal óptico en las instalaciones del abonado recibe la señal descendente y accede únicamente al canal individual TDM, designado para dicho abonado.

En el sentido ascendente, se utiliza la técnica de multiplexación de acceso múltiple por división en el tiempo TDMA, para compartir las fibras de distribución y de alimentación. Las señales de los equipos de terminación de la red se combinan de forma pasiva en los divisores ópticos. Las cadenas de ráfagas recibidas por la central, están sincronizadas en un orden preestablecido. La British Telecom ha instalado el sistema descrito como TPON para su evaluación, en Bishop's Stortford, al norte de Londres, localidad con cerca de 4000 predios entre residenciales y comerciales (Fig. 4).

Otro ejemplo es el desarrollado por la compañía Bellcore de EUA. Ésta ha propuesto una red de acceso local en doble estrella pasiva, denominada PPL (Passive Photonic Loop). La misma utiliza las técnicas de multiplexación de longitudes de onda de alta densidad HD WDM (High Density Wavelength Division Multiplexing Access). En este sistema, a cada equipo de abonado se le asignan dos longitudes de onda una en cada sentido de transmisión.

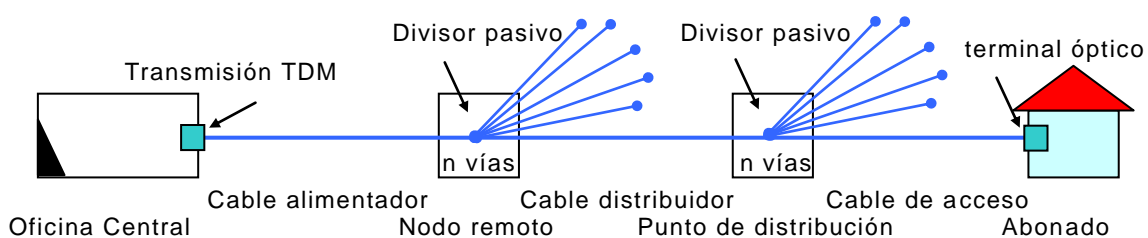


Fig. 4 – Topología doble estrella pasiva TPON (British Telecom - UK)

Con las técnicas HDWDM se ha experimentado multiplexar hasta 20 longitudes de onda y podría ser posible hacerlo hasta más de 50, sin embargo se considera como valor aceptable el propuesto de 16 longitudes de onda. En este sistema PPL se establece que varios clientes compartan la fibra alimentadora.

En la central, las señales individuales modulan las longitudes de ondas descendentes que se les ha asignado. Luego, estas longitudinales de onda son multiplexadas para ser transmitidas simultáneamente, a través de la fibra óptica. En el nodo remoto, las longitudes de onda se demultiplexan y se entregan las señales a cada una de las respectivas fibras de distribución.

Puesto que cada terminal de abonado recibe solamente la longitud de onda asignada, la privacidad está preservada y no requiere de filtros de longitud de onda en las instalaciones del abonado. En el sentido ascendente, cada cliente utiliza su longitud de onda correspondiente.

Estas señales ascendentes provenientes de diferentes clientes, se multiplexan en el nodo remoto, punto de distribución o punto de acceso, según el tipo de configuración, se transmiten a través de la fibra de alimentación y finalmente se demultiplexan en la central (Fig. 5).

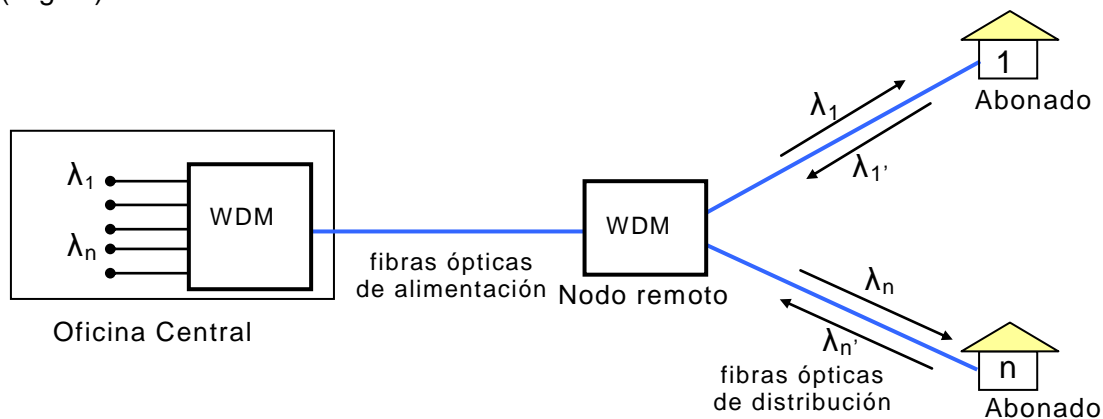


Fig. 5 – Topología doble estrella pasiva PPL (Bellcore - USA)

A. 8. 7. 3. Red en doble estrella activa

El tipo de red en doble estrella activa, es una topología formada por unidades remotas conectadas en estrella a la central local, estando los clientes a su vez conectados en estrella a las unidades remotas.

En estas unidades remotas se realiza la multiplexación / demultiplexación de la señal. Esta topología ha sido propuesta por AT&T con sistemas denominados DLC (Digital Loop Carrier).

Estos sistemas DLC, son utilizados para obtener una ganancia de pares en el segmento de alimentación de la red de acceso. El terminal remoto contiene los equipos electrónicos activos, que provee las funciones de provisión de batería para emergencias, protección contra sobrevoltaje, señal de timbrado, señalización, codificación, transformación híbrida y pruebas para el servicio telefónico, denominado sistemas BORSCHT y atiende a los clientes cercanos a través de bucles de cobre.

Esta topología, ha sido una buena solución para reducir los costos para dotar de servicios telefónicos a los clientes que se encuentren lejos de la central. En un comienzo los sistemas DLC, utilizaban líneas metálicas con sistemas múltiplex a 1.5 Mb/s, entre la central y el terminal remoto. Posteriormente, estos sistemas utilizan fibra óptica, en el segmento de alimentación (FTTC).

El sistema DLC, con objetivo a una red FTTH, utiliza esta topología en doble estrella activa, para llegar con fibra óptica al domicilio del cliente. En este caso la placa de conexión en el terminal remoto DLC, deberá ser reemplazada por una placa para fibra óptica. La función BORSCHT será trasladada desde el terminal remoto, hasta el equipo terminal óptico instalado cerca o dentro del domicilio del cliente. Un duplexor óptico permite la transmisión bidireccional sobre una sola fibra.

La principal desventaja de este sistema es la necesidad de alimentación de los equipos electrónicos en forma remota. Esto incrementa los costos por instalación, control y mantenimiento (Fig. 6).

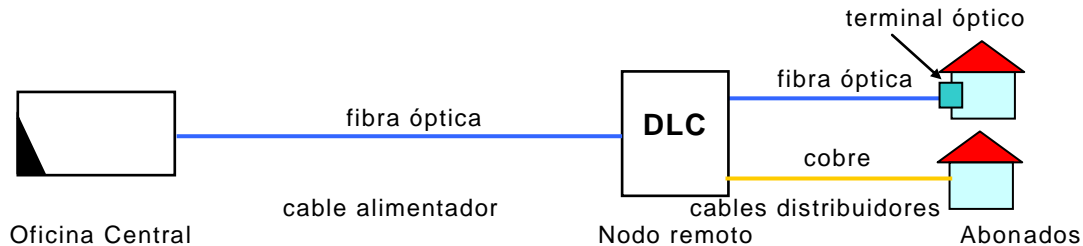


Fig. 6 – Topología doble estrella activa (ATT - USA)

A. 8. 7. 4. Red tipo lineal o bus

En la topología lineal, también llamada tipo bus, un único medio físico es compartido por un cierto número de clientes, estando conectados cada uno de ellos, al circuito común por dispositivos de derivación individuales también denominados acopladores, que distribuyen la señal entre dos salidas en una relación proporcional predeterminada. Los sistemas calificados como de arquitectura bus, pueden ser activos o pasivos.

Para aumentar la confiabilidad de la conexión es preferente no utilizar acopladores activos ya que su grado de seguridad es dependiente de los componentes electrónicos utilizados y de la alimentación eléctrica requerida. La comunicación bidireccional entre los nodos se logrará, con una estructura lineal doble bus, uno por cada sentido de transmisión.

Un ejemplo de bus activo es el propuesto por la firma RAYNET. Este es un bus óptico en el segmento en distribución de la red de acceso con puntos activos de acceso al servicio. Esta topología lleva la fibra óptica cerca del domicilio del cliente.

El sistema RAYNET, utiliza una unidad de interfase de central OIU (Office Interface Unit), en la central o en el terminal remoto, la cual sirve de interfaz para 8 líneas digitales, que parten desde la central o desde el terminal del sistema DLC. Hacia el lado descendente del cliente se tiene dos buses de fibras unidireccional, que transfieren voz digitalizada y datos hacia varias unidades de interfaz de abonado SIU (Subscriber Interface Unit).

Cada unidad SIU soporta 8 líneas de abonado y su instalación debe realizarse en lugares con infraestructura canalizada y muy cerca del domicilio del abonado (FTTC). El sistema RAYNET reduce la cantidad de fibra solicitada en los segmentos de alimentación y de distribución de la red de acceso, pero incrementa la cantidad de puntos que contendrán electrónica activa.

La Deutsche Bundespost Telekom (DBT) eligió la tecnología RAYNET para llevar 192 líneas telefónicas y 96 puntos de conexión de televisión por cable (CATV) a casas residenciales, edificios de departamentos y de oficinas, para un barrio de la parte occidental de la ciudad de Colonia.

En la oficina central se instala una unidad interfaz de central OIU (Office Interface Unit) y en el punto de acceso al abonado se instala una unidad interfaz de abonado SIU (Subscriber Interface Unit) (Fig. 7).

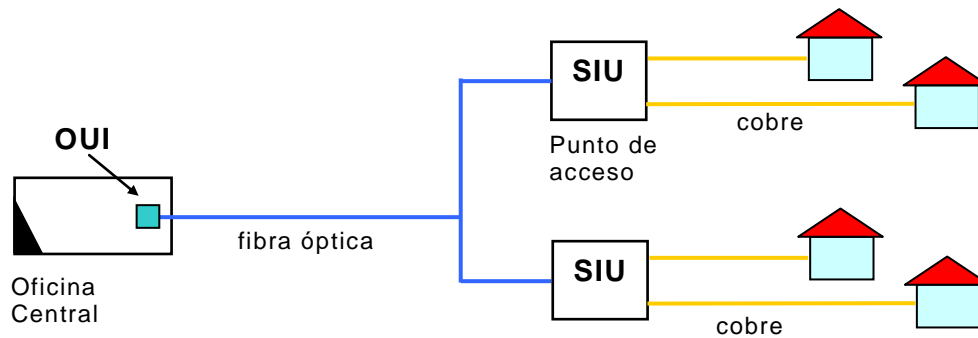


Fig. 7 -- Topología bus activo (Raynet)

En este sistema RAYNET un simple punto de conexión de CATV, puede alimentar a varios equipos de TV. Por ejemplo un punto de conexión podría alimentar a todo un edificio de departamentos. La DBT utilizó las líneas de bajada existente, para cada abonado de telefonía e instaló cable coaxial para la distribución de CATV. Como ejemplo de bus pasivo podremos señalar a un sistema que utiliza técnica de multiplexión por división de frecuencias FDM. Éste, es el sistema de multiplexación de subportadora SCM (Subcarrier Multiplexing), para la distribución de las señales de abonados.

El término multiplexación por subportadora, se refiere al hecho que la frecuencia portadora primaria es la señal óptica (10^{14} Hz). Mientras que las señales de microondas de 10^9 a 10^{10} Hz son las subportadoras moduladas. Las señales analógicas o digitales (s_1) modulan a las subportadoras de microondas (f_1). La modulación eléctrica a utilizarse puede ser la modulación en frecuencia FM (Frecuencie Modulate) o en amplitud AM (Amplitude Modulate). Las subportadoras moduladas se combinan y se transmiten con un equipo Láser de alta velocidad. En el lado de recepción (instalación del abonado), la señal de radiofrecuencia detectada, se mezcla con una señal de radiofrecuencia generada por un oscilador local sintonizable, luego es conducida hacia un filtro de banda estrecha, de donde se extrae la señal del canal deseada (Fig. 8).

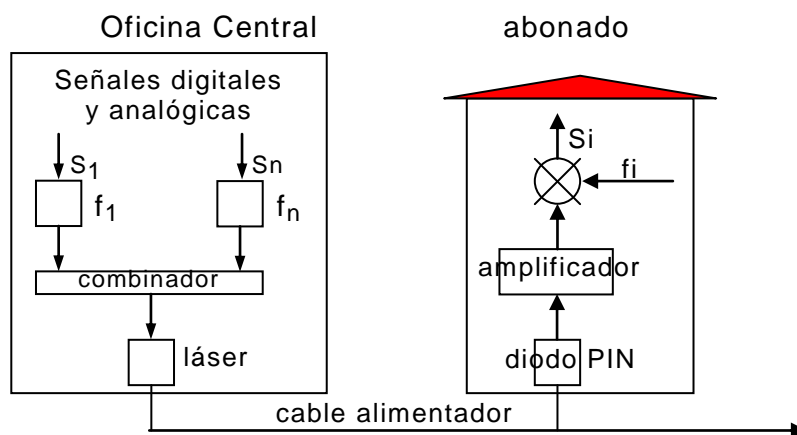


Fig. 8 – Topología bus pasivo (Sistema SCM)

El cálculo del enlace se realiza, como un enlace punto a punto, teniendo en cuenta las pérdidas que introduce la inserción de los acopladores y divisores ópticos.

A. 8. 7. 5. Red en anillo

La topología en anillo utiliza un bus común, que es compartido por todos los clientes, pero que forma un lazo cerrado. A diferencia del bus, la topología en anillo permite la comunicación bidireccional entre los nodos, aún cuando la información fluya en una sola dirección.

Se puede utilizar una topología en anillo, con dos fibras que contemplen ambos sentidos de transmisión, aumentando así la capacidad o también poder mejorar la confiabilidad del sistema. Como en las redes LAN, las conformaciones físicas tipo anillo, podrían trabajar en conformación lógica tipo estrella (ver Anexo IX). Los clientes comparten el medio físico, en base a un mecanismo de acceso múltiple (Fig. 9).

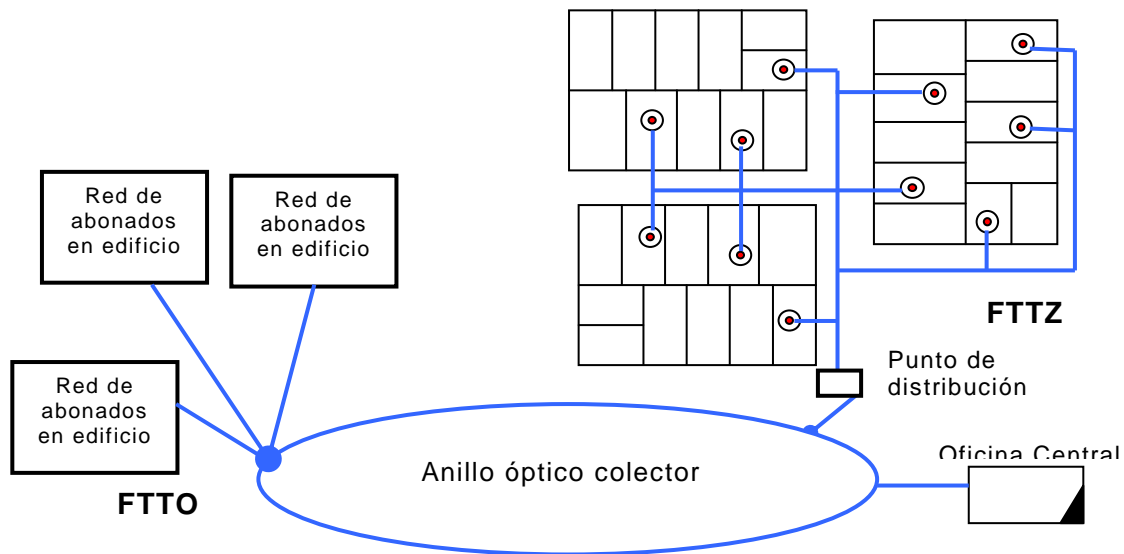


Fig. 9 – Topología en anillo simple

A. 8. 7. 6. Red en anillos dobles

Las redes de anillos dobles son utilizadas con exclusividad por los operadores de CATV, sin embargo es lógico el pensar en su utilización para una red de telecomunicaciones, considerando la convergencia de los servicios. La red en doble anillo surge como una consecuencia de la búsqueda de los operadores de CATV, en poder brindar servicios de banda ancha a sus clientes, con el costo de red menor.

A ese fin, se trata de aproximar lo máximo posible al cliente, mediante el uso de técnicas de fibra óptica, en forma económica. Esto se facilita actualmente con el uso de transmisión en fibras, empleando la tecnología de 1550 nm. Esta técnica permite definir los componentes tanto para redes activas como pasivas, con un 30 % de pérdidas menores, respecto a las longitudes de onda a 1310 nm.

El distribuidor por realimentación DFB Láser (Distributed Feedback Láser) y el amplificador de fibra dopada con erbio EDFA (Erbium Doped Fiber Amplificator), permiten obtener una potente red troncal de fibra total o una red híbrida fibra más coaxial HFC (Hybrid Fibre Coaxial), ambos sistemas obtienen una muy baja atenuación, permitiendo la mayor economía de red.

Una red HFC de banda ancha típica, consistirá en tres elementos principales:

- Cabecera y red en anillo primaria
- Cabeceras y redes en anillo secundarias
- Nodos ópticos y redes de distribución tipo árbol

La señal satelital de TV y la proveniente de una red telefónica pública conmutada PSTN (Public Switching Telephone Network), alimentará a la cabecera primaria. Ésta transferirá la señal a una red primaria de fibra óptica en topología anillo, que a su vez alimentará a una serie de Hub primarios. La señal que llega a cada Hub primario se transfiriere a una red secundaria, también en topología en anillo, que a su vez alimenta a otra serie de Hub secundarios.

Desde cada Hub secundario, la señal es distribuida por medio de una red de acceso zonal en conformación tipo estrella, hasta nodos ópticos mediante cables de fibra óptica. Luego, desde cada nodo óptico se efectúa una nueva distribución del tipo árbol o bus, hasta entre 500 o 2000 hogares, mediante cables coaxiales (Fig. 10).

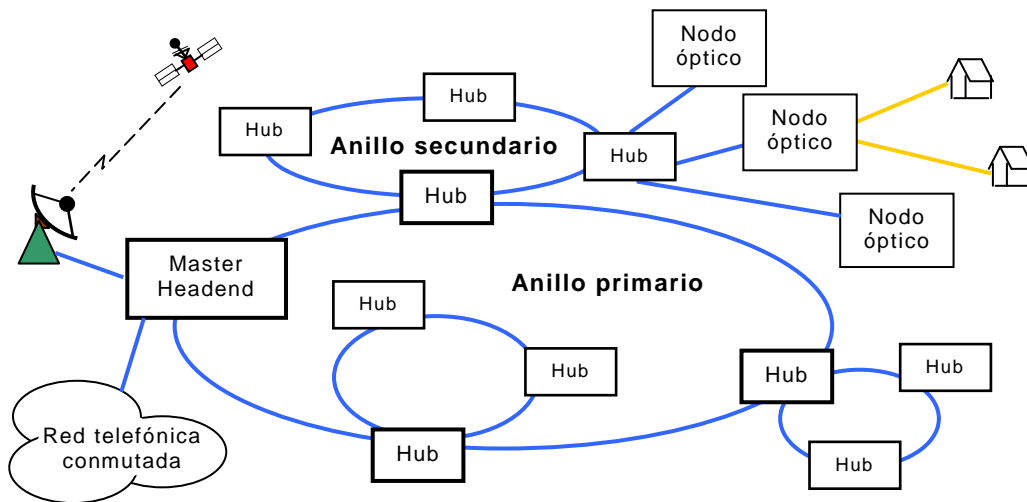


Fig. 10 – Topología en anillos dobles

Los anillos, primario y secundario trabajan bajo la tecnología 1550 nm, empleando amplificadores de fibra dopada con erbio EDFA. Tales amplificadores se podrán ubicar, tanto en las cabeceras, los Hub, como distribuidos en las líneas. Así se podrán cubrir distancias desde 30 a 150 Km. La red de distribución mientras tanto, trabajará con tecnología 1310 nm, desde los Hub secundarios hasta los nodos ópticos y desde estos a los hogares.

En este caso, la conversión electro-óptica se podrá efectuar en los nodos ópticos o en los mismos domicilios de los clientes, según fuese la ocurrencia del requerimiento de servicios. Para el primer caso se deberá efectuar la distribución de la señal por medio de divisores ópticos (splitter) y utilizar amplificadores del tipo EDFA. La red de distribución, desde los Hub secundarios hasta los nodos, también podrá estar constituida por ramales de cables coaxiales. En este caso, la conversión electro-óptica se efectúa en estos Hub.

De los sistemas nombrados como ejemplo de las distintas arquitecturas, la elección de cada sistema de distribución será puramente económica.

Según fuera la cantidad de nodos y número de hogares a ser servidos por cada nodo, variarán las alternativas de costo. La tendencia en sistemas HFC es hacia la implementación de la mayor cantidad de nodos, utilizando para ello, nodos de menor capacidad.

A. 8. 7. 7. Arquitectura de red tipo árbol

En la arquitectura de red tipo árbol, la topología es similar a la de estrella doble o múltiple pasiva, con la diferencia que de cada fibra principal procedente de la central, parten distintas fibras distribuidoras hacia los abonados.

También pueden continuar las fibras principales hasta los domicilios de los abonados, donde se efectúa las segregaciones.

Esta arquitectura es aplicable cuando existe una distribución homogénea de los abonados en el área a servir. Tal red corresponde típicamente a la configuración a la acera FTTC, también comúnmente denominada fibra al pedestal (Fig. 11).

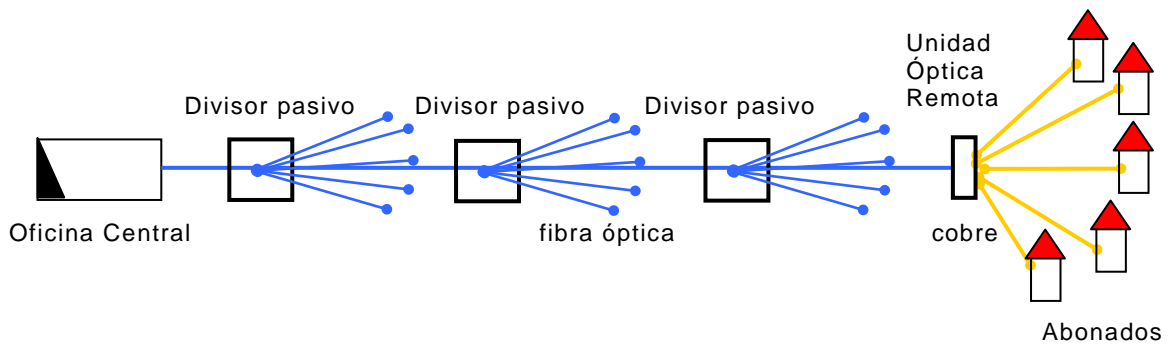


Fig. 11 – Arquitectura de red árbol

A. 8. 7. 8. Arquitectura de red combinada

En la arquitectura de red combinada los equipos terminales disponibles brindan las posibilidades de combinar hasta tres o cuatro tipos de redes, con la única limitación dada al número total de abonados afectados al sistema (Fig. 12).

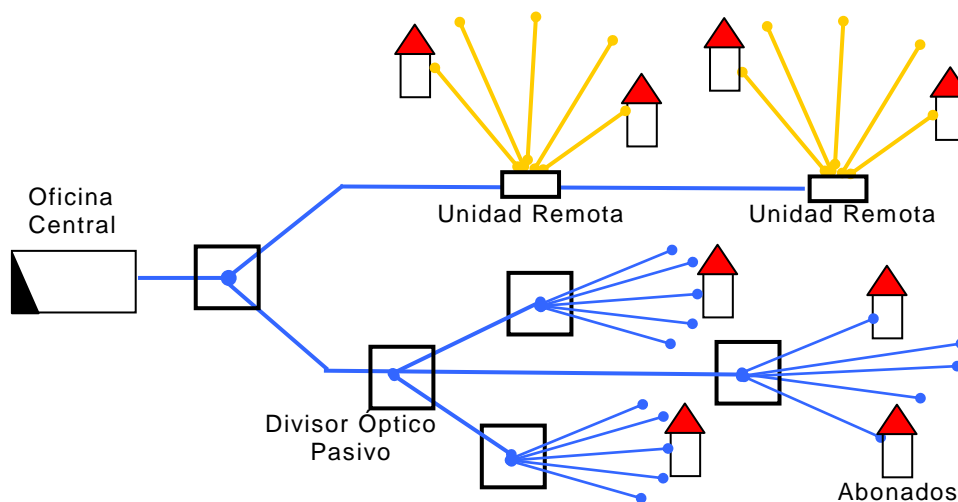


Fig. 12 – Arquitectura de red combinada estrella- bus

Se deberá prever siempre para los distintos tipos de diseño, la posibilidad de transformación de su estructura. Es necesario asegurarse que el sistema instalado no se encuentre limitado en el futuro a la migración al sistema al hogar (FTTH)

Para los diseños pasivos se tendrá en cuenta que un acoplador divide la señal en dos posibles caminos, con distintas proporciones en los valores de potencia, y con distintos valores de pérdida por inserción, los que van desde 0.6 á 15.5 dB. Los divisores de señal mientras tanto pueden seccionar la misma desde 2 á 32 caminos (32 fibras de salida por una de entrada), con atenuaciones que van desde 4 á 16 dB (Anexo VII).

A. 8. 8. Transición de banda estrecha a banda ancha

El objetivo primordial de la arquitectura de red óptica, se referirá a satisfacer los servicios básicos de los clientes individuales y para solventar la demanda actual, pero en la consideración que permita en el futuro ofrecer servicios de banda ancha.

Sin embargo debido a los altos costos iniciales con escasa explotación, salvo casos específicos de grandes clientes, se deberá seguir una estrategia paulatina implementando servicios de banda estrecha mejorados, para llegar a integrar en una ultima fase estos servicios a los de banda ancha.

Por ello el diseño desde un comienzo servirá a banda ancha aún cuando solo se brinde inicialmente telefonía. El propósito fundamental será, compartir la mayor parte de la red, con la mayor cantidad de nuevos servicios.

Otro requisito primordial de la red de acceso óptica, reside en poseer igual funcionalidad para los sistemas de operación y mantenimiento. Es importante la reducción de los costos obtenidos gracias a la utilización de elementos centralizados. Al nivel de sistema, los factores claves del éxito para la introducción de fibra óptica en el bucle de abonado, residirán en obtener un bajo costo de implementación, de mantenimiento y alto grado de flexibilidad en su despliegue.

El proceso de evolución de la red requiere el desarrollo de un modelo que describa los factores principales que influyan en la incorporación paulatina de la tecnología óptica en el bucle del abonado. Este modelo debe expresar el cambio de análisis técnico y económico a realizar (Fig. 13).

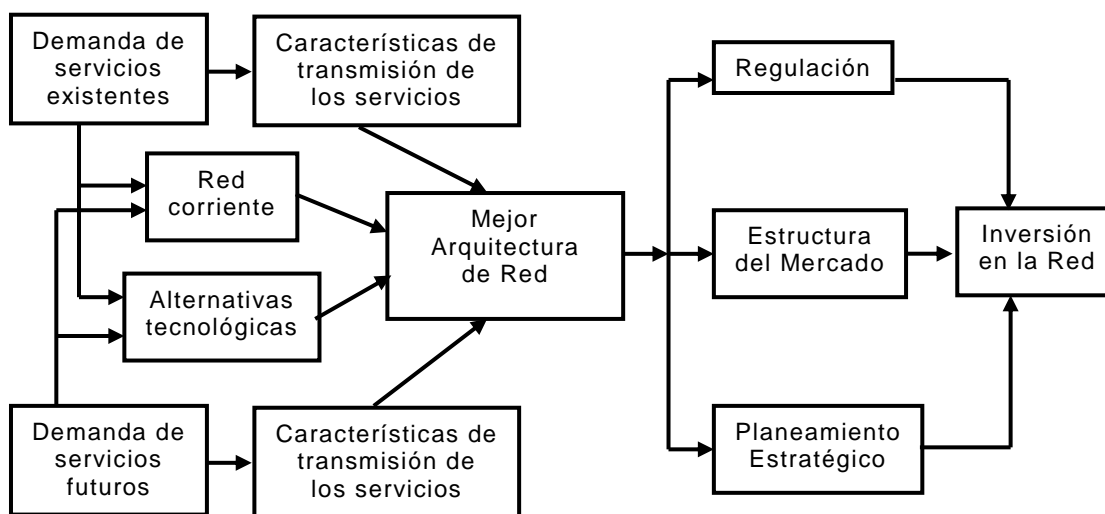


Fig. 13 -- Modelo de análisis técnico-económico

La fibra óptica en la red de acceso permite un alto grado de flexibilidad, debido a su alta capacidad de canales. Se entiende por flexibilidad el poder de reconvención, satisfaciendo las necesidades de servicio actual, como así las requisiciones futuras.

Una forma de incrementar la flexibilidad es instalando al inicio del proyecto fibras de reserva inactivas, adelantando así futuras expansiones de la red. Estas fibras de reserva inactivas se las denominan fibras oscuras.

Se deberá obtener el concepto de sistema integral final. Este concepto lleva el cometido inicial que permita el despliegue en una única red de acceso, todos los servicios de banda estrecha. En el caso de una red existente, se refiere a la transformación de la red para brindar desde servicios telefónicos básicos, Internet, hacia la ISDN básica, primaria o de banda ancha. Asimismo, poder incluir paulatinamente los servicios de CATV, de telemetría, telecontrol, introducción de la TV interactiva, inserción de la televisión de alta definición HDTV, etc.

Principalmente, deberán ofrecer al operador una alternativa altamente rentable, respecto de los sistemas de acceso con pares de cobre, debido a sus altos costos de aplicación. Permitirá asimismo, ofrecer una alta competencia de penetración a los nuevos servicios, en vías a un mercado abierto. El éxito de tal red residirá en brindar al cliente, la mayor cantidad de servicios, con la mejor calidad y al menor precio.

El concepto de tal sistema permitirá la cobertura de diferentes configuraciones de las áreas de abonados, casas unifamiliares, edificios de viviendas, para oficinas, comercios, bancos, fábricas, etc. y el empleo de distintas topologías, estrella pasiva o activa, árbol, bus, etc. como así la combinación de ellas.

Las soluciones de las distintas arquitecturas de componentes serán definidas con la utilización de la mayor diversidad de elementos y sistemas ópticos disponibles en el mercado tecnológico. Ello no descarta combinar tal red con la tecnología coaxial, de pares de cobre trenzados y la posible utilización de las técnicas xDSL, sistemas celular móvil, WLL y microcelular estática de banda ancha.

A. 8. 8. 1. Sectores del acceso y sus puntos de equipamiento

Podremos analizar la red de acceso óptica estudiando ciertas estructuras de red con sus componentes. Examinaremos los distintos integrantes físicos que forman las distintas topologías a adoptar, con su grado de flexibilidad. Este análisis deberá definir en vista al futuro, una arquitectura integral de sistema de red de acceso en banda estrecha y ancha.

Se efectúa este análisis, partiendo de la central hasta llegar el edificio del abonado. Definiremos distintos puntos de equipamiento y sectores de red. Para ello se han seguido las nomenclaturas y técnicas definidas por la empresa Alcatel:

Puntos de equipamiento

- 1) Oficina Central o en su caso unidad remota de abonado URA.
- 2) Puntos de flexibilidad.
- 3) Punto de segregación.
- 4) Punto de acceso a la instalación interna del abonado.

Sectores de red

- 1) Red de alimentación, entre la central y el último punto de flexibilidad.
- 2) Red de distribución, entre el último punto de flexibilidad y el de segregación.
- 3) Red de acometida, entre el punto de segregación y el punto de acceso al cliente

Funcionalmente, los subsistemas de banda estrecha y banda ancha, pueden ser considerados como sistemas separados, tanto para los equipos en la central, como para los equipos remotos, puntos de flexibilidad, puntos de segregación y punto de acceso a la instalación interna del abonado.

Sin embargo su integración, compartiendo la planta externa de cable e infraestructura civil de cámaras de registro y cañerías de accesos a la central, alimentación de la energía eléctrica y funciones de operación y mantenimiento, permitirán una implantación más económica. Desde la central hasta el punto de flexibilidad, la integración de los servicios de banda estrecha y los de banda ancha será total. Se efectúa empleando un mismo cable para transportar a una zona de servicio demandante de ambos tipos de servicios (Fig. 14)

Debido al uso de la misma topología de red, es posible compartir las obras de ingeniería civil, los cables multipares existentes, los cables de fibras, las cajas de protección en la acera o edificio, divisores ópticos, terminales activos y de alimentación. Asimismo la integración física puede lograrse bien utilizando fibras separadas del mismo cable o bien transportar los distintos servicios sobre fibras exclusivas, utilizando multiplexación por división de longitud de onda WDM. En éste ultimo caso, en el balance de potencia óptica se debe incluir la atenuación de los dispositivos de multiplexación en longitud de onda.

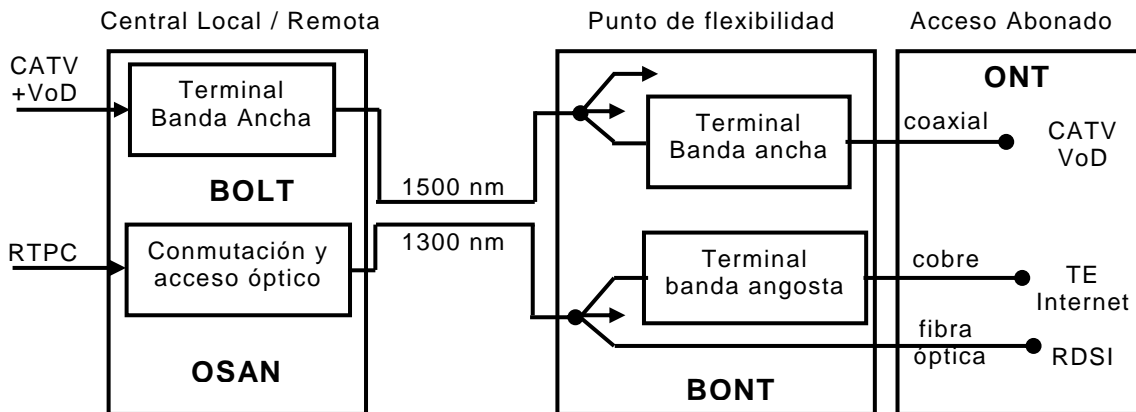


Fig. 14 – Arquitectura general Alcatel

La planta para CATV y de B-ISDN se trata conjuntamente hasta el punto de flexibilidad, en el cual se realiza una distribución en función de las diferencias para cada tipo de servicio.

Las longitudes de onda de los servicios se eligen especulando para emplearlas no solo con los componentes ópticos existentes, sino también poder aprovecharse de la evolución de la tecnología óptica a corto plazo

La red de distribución proporciona armarios de protección en el punto de flexibilidad, en el punto de segregación y en el punto de acceso a las instalaciones internas del abonado. Allí se podrán ubicar los dispositivos pasivos como ser los divisores ópticos, acopladores, como también las terminaciones activas.

Entre estos puntos y la central se extienden los cables de fibras ópticas salvo en el tramo entre el punto de segregación y las instalaciones internas del abonado, que podrá realizarse empleando tanto cables de fibras ópticas, como cables coaxiales o cables multipares trenzados de cobre.

A. 8. 8. 2. Sistema de Banda Estrecha

El bajo costo parece un requisito obvio, sin embargo es importante establecer que es un factor superlativo para obtener el éxito desde el principio, debido a que la estrategia de implementación debe basarse en ello.

Los puntos que influyen en el costo son, el propio concepto del sistema, el volumen de fabricación y los costos de operación y mantenimiento. Para alcanzar estos factores claves del éxito, se ha desarrollado un sistema de banda estrecha que incluye los siguientes elementos básicos:

- Red óptica pasiva PON (Passive Optical Network).
- Nodo de acceso de abonado óptico OSAN (Optical Subscriber Access Node).
- Terminación de red óptica ONT (Optical Network Terminations)

La red óptica pasiva PON, puede estar constituida por una topología anillo, árbol, estrella, doble estrella o combinación de éstas, disponiendo en los puntos de flexibilidad divisores ópticos. Estudiemos el nodo de acceso al abonado óptico OSAN (extremo lado oficina).

Este nodo se ubica en la central o unidad remota de conmutación, a la cual se conecta la fibra óptica, que se extiende hasta el usuario (Fig. 15)

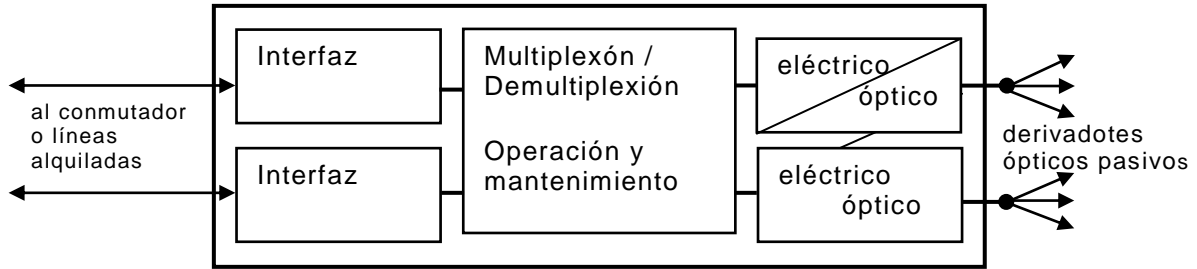


Fig. 15 -- Nodo de acceso de abonado óptico OSAN

Este nodo desempeña las siguientes funciones principales:

- Interfaz con el nodo de telecomunicaciones
- Multiplexación y demultiplexación para soportar el esquema de transmisión TDMA
- Conversión electro-óptica
- Funciones de explotación y mantenimiento
- Conexión a diferentes interfaces digitales de la central a 2 Mb/s
- Acceso del abonado en la central con servicios telefónicos ordinarios (G.703)
- Interactúa con las interfaces F o Q.

La interfaz con el nodo de telecomunicaciones, proporciona los servicios sustentados por el equipo y los que podrán ser de una central local, un terminal remoto, nodos de una red de datos o de líneas alquiladas.

Las funciones de explotación y mantenimiento, son relativas al equipo que incluyen la inicialización, configuración y supervisión de la red. Interactuar con las interfaces F o Q, indica la administración de la red, la operación y el mantenimiento, local o centralizada, del acceso óptico.

El caso general de OSAN se refiere a la acción independiente del conmutador. Aún cuando se podrá optar por otras conformaciones. Existen entre los equipos de la central y OSAN interfaces G.703 de 1.5 y 2 Mb/s, una trama de señalización por canal asociado G.704 para servicio telefónico, un múltiplex de acceso primario ISDN-PRI y un acceso básico ISDN-BRI. Se utilizará la red de gestión de telecomunicaciones para operación y mantenimiento a través de una interfase Q2.

Se establece una transconexión cuando la red se inicializa o se reconfigura. Esto permite así un tratamiento de abonado y una reasignación de los servicios a los abonados sumamente flexible. Las funciones de transconexión se pueden incluir en la función multiplexación /demultiplexación de trama TDMA, del OSAN.

En cualquier caso se requiere para la trama TDMA una memoria de intercambio de intervalos de tiempo. La misma se utiliza además para obtener pleno acceso a cualquier intervalo de la trama, en la interfase óptica.

La firma Alcatel, al elemento que en general se le llama ONU (Optical Network Unit), lo denomina, terminación de red óptica ONT (extremo lado abonado).

La ONT presentará la interfaz óptica-eléctrica (O/E), al cual el equipo de abonado se conectará, generalmente con cable multipar o coaxial.

Se ubican, según la conformación de red de acceso deseada, tanto en instalaciones de acera (FTTZ, FTTN, FTTC) o en instalaciones internas del abonado (FTTO, FTTB, FTTH) (Fig. 16).

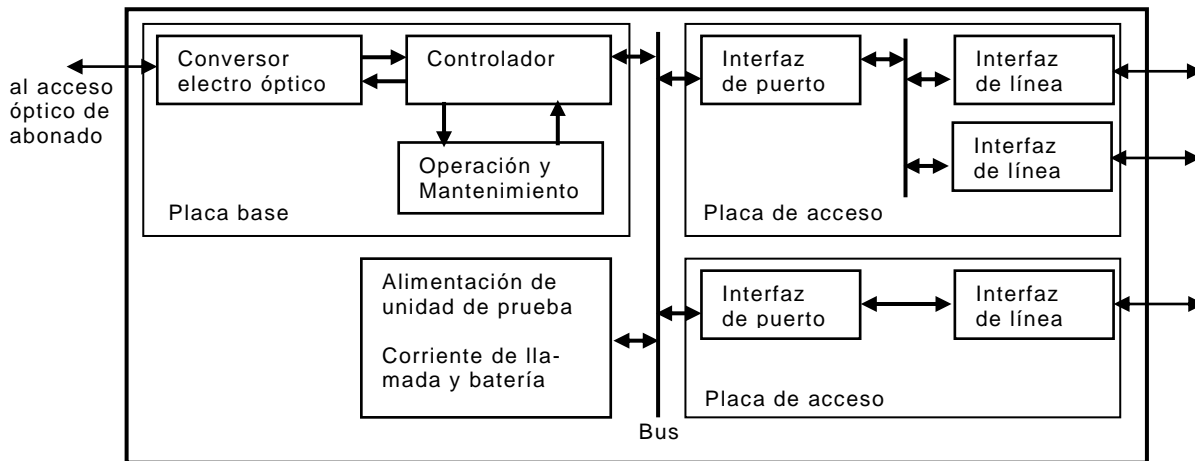


Fig. 16 – Terminación de red óptica ONT

La terminación de red óptica ONT desempeña las siguientes funciones principales:

- Conversión electro-óptica
- Controlador TDMA
- Interfaz de puerto
- Controlador de alimentación
- Conversión CC /CANAL
- Generación de corriente de llamada
- Supervisión de batería
- Tarifación

Para la transmisión en banda estrecha se podrá implementar las técnicas bidireccionales, basadas sobre una y dos fibras monomodo. Una posibilidad será, el despliegue del sistema de una fibra, empleando las técnicas TDM /TDMA, combinadas con la multiplexación por compresión en el tiempo TCM (método ping pong), que asegure un funcionamiento en dúplex total y el acceso múltiple.

También se podrá emplear dos fibras, una por cada sentido de transmisión. Se podrá así tener las ventajas de la evolución hacia componentes ópticos de bajo costo. Una fibra es usada para la comunicación en la dirección descendente usando transmisión TDM estándar, a la vez que otra fibra es utilizada para la comunicación en la dirección ascendente usando TDMA.

Ambos sistemas pueden operar en la ventana de 1300 nm. En este caso se duplica la capacidad de canales posibles a utilizar.

El impacto de la ONT sobre el costo total, es el factor mas importante dada la cantidad de ONT instaladas en cada red. En general la ONT se considera el factor clave para el éxito de un sistema de acceso ISDN. Ello se debe además, al empleo de un elemento activo como terminación de la red, en la planta externa. En consecuencia el concepto de ONT deberá ser lo mas sencillo posible y estar optimado respecto al consumo de potencia, la fiabilidad y el coste.

Se necesita alimentación local o eventualmente en un punto intermedio para redes extensas, ya que la potencia que requieren varias ONT es demasiado alta para trasladarla desde la central. Se deberá implementar equipos optimados al consumo de energía eléctrica ya que afectarán directamente a las necesidades de reservas de baterías, a la temperatura de funcionamiento, a su fiabilidad, como así al coste de la red de suministro. En suma al coste y tamaño del ONT.

El coste es de suma importancia para que la red óptica pueda competir con la tecnología de cobre. La alta fiabilidad introducida en la configuración de fibra al hogar FTTH y la ventaja de proveer la totalidad de los servicios, contrasta con los altos costos introducidos. Sin embargo, su alimentación local reducirá los costos totales.

En apoyo a estos objetivos la ONT lleva un diseño modular. Su parte básica, placa impresa, sus circuitos de alimentación y prueba, la corriente de llamada y reserva de la batería, soportan funciones comunes, tienen integración funcional en gran escala y trabaja en diferentes combinaciones de servicios y distribución de abonados. En la ONT se instalan placas de acceso que proporcionan la interfaz de línea a los terminales, para los servicios que necesita el usuario.

Existen varios tipos de ONT de banda estrecha para atender diversas exigencias de servicio en diferentes zonas y densidades de clientes. Cada una de estas disposiciones se implementará según la distribución de los clientes, sus exigencias de servicios y de acuerdo a la evolución de su costo como interfase al abonado e incidencia en los costos totales.

Se dispone de diferentes tamaños de ONT, 2, 16, 32, 64 o más líneas de acceso, según fueran de acceso básico o primario. Para las configuraciones de fibra que sirvan un área dada (FTTZ, FTTN), la ONT podrá variar desde un reducido número de líneas hasta más de 1000 líneas de abonado. Si un sistema de pequeña capacidad puede ser económicamente introducida, las fibras ópticas pueden extenderse cerca de la vecindad de los usuarios, implementándose un ONT tipo pedestal (FTTC) o del tipo interno (FTTO, FTTB, FTTH).

Cada interfase es proporcionada con placas de línea de servicio específico intercambiable, lo cual significa que cualquier mezcla de servicios puede ser soportado por la misma ONT. Es obtenido un alto grado de confiabilidad, a través de una integración máxima de placas de línea y un controlador de energía. La confiabilidad es mejorada por la instalación y funciones de mantenimiento, controlado remotamente.

A. 8. 8. 3. Sistema de Banda Ancha

El sistema de banda ancha se basa en tres diferentes elementos de red:

- Red óptica pasiva PON, medio de transporte de la red de acceso de banda ancha
- Terminación de línea óptica de banda ancha, BOLT, extremo a la central
- Terminación de red óptica de banda ancha, BONT, extremo al cliente

Las BOLT se ubican en la central y tiene la función de conversión electro óptica de las señales de banda ancha. Estas señales provienen de la cabecera CATV u otra fuente emisora de banda ancha. Los componentes principales de una BOLT son, el modulador Láser, el conversor electro óptico y el amplificador de fibra óptica, el que esta basado en fibra dopada en Erblio (Fig. 17).

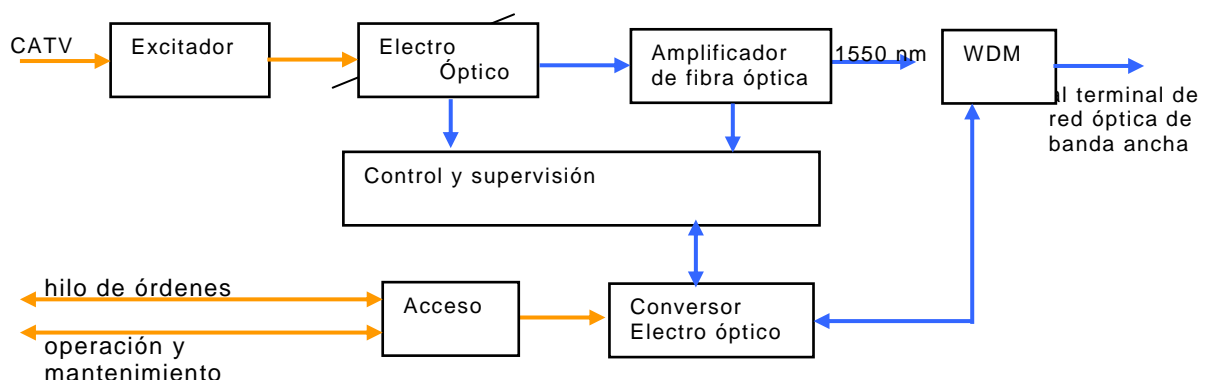


Fig. 17 – Terminación de línea óptica de banda ancha BOLT

Debido al gran ancho de banda de la señal de CATV y a la alta calidad que se exige de la señal, se ha de utilizar un diodo de elevada calidad y muy bajo nivel de ruido, por tal razón dichos dispositivos son sumamente costosos.

El método empleado para la transmisión de las señales será con modulación del tipo WDM, la que separa el canal de CATV en sentido descendente, a 1550 nm, de un canal bidireccional a 1330 nm. Este último canal bidireccional, se destina a transportar las señales de operación, mantenimiento y control remoto del BONT.

Se conectan varias BOLT a un módulo común de operación y mantenimiento con interfase a la supervisión del sistema. Los terminales de red óptica de banda ancha BONT se ubican en el domicilio del abonado o en sus cercanías y tienen la función de alcanzar las instalaciones internas del abonado vía cable coaxial.

Las BNT realizan las funciones complemento de las BOLT en una configuración remota, conversión electro óptica, multiplexación en longitud de onda, control y supervisión. También permite el acceso al canal de datos, esto permitir efectuar el control de los servicio de TV pago (Pay Per View) (Fig.18).

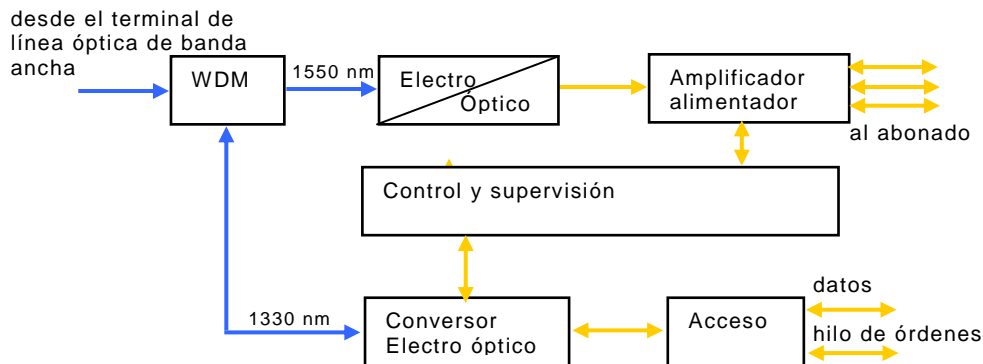


Fig. 18 – Terminación de red óptica de banda ancha BONT

En una BONT se combinan las direcciones de las fibras ópticas principales, la fibra adicional y su distribución a los cables de acometida. Para ello se requiere un amplificador alimentador y cables de acometida adecuados a las señales transmitidas.

Se podrá implementar canales principales en la ventana de 1550 nm y eventualmente en ventanas superiores, para poder aplicar canales adicionales bidireccionales que permitan manejar los servicios interactivos, como así el apoyo a la operación, el mantenimiento y permitir el control remoto y de supervisión.

A. 8. 8. 4. Convergencia Banda Estrecha + Ancha

A fin de poder minimizar los costos en una primera etapa y disponer de una cierta flexibilidad en la topología de la red se podrá disponer la convergencia de la banda estrecha y la banda ancha, desde un comienzo del diseño. Se logrará entonces, la máxima economía de red. Se deberá disponer para ello :

- Utilizar el mismo trazado de la topología de la planta de acceso de banda ancha que para la banda estrecha, no construyendo red de infraestructura civil (cámaras de registro y canalizaciones), sino solo en nuevas áreas. Se utilizarán las instalaciones existentes efectuando reingenierías de aprovechamiento.
- Compartir al máximo la topología de planta de acceso, conductos, cámaras y cables de fibras ópticas existentes.
- Disponer en el inicio del diseño fibras de reserva, llamadas fibras oscuras, que se utilizarán en las ampliaciones a banda ancha.

- La integración inicial de los sistemas de banda estrecha con los de banda ancha. Ello se logra cuando el costo de los componentes ópticos de banda ancha se puedan compartir con cierto número de abonados. Gradualmente, con la reducción del costo de estos componentes y eventualmente por añadir servicios como vídeo bajo demanda VoD, que proporcionarán beneficios adicionales al operador, será posible llegar rápidamente a un esquema de banda ancha que comprenda servicios de banda estrecha.
- Arquitectura de red óptica compartida, con un factor de derivación de hasta 32 o mayor si lo permite la tecnología y pérdidas introducidas en la planta de cable para el PON de acceso.
- El uso de divisores ópticos pasivos para los sistemas de banda ancha en la ventana de 1550 nm, con el mismo factor de derivación que para el sistema de banda estrecha en la ventana de 1300 nm. Obtener una arquitectura integralmente compartida se considera necesaria por razones económicas, fundamentalmente en una primera fase el sistema factible de acuerdo al balance de potencias permitido. Los divisores dividen la señal en forma uniforme, en la relación entrada/salida, 1:2, 1:3, 1:4, 1:8, 1:16 y 1:32.
- Empleo de amplificadores ópticos elevadores de potencia, en la central, en los centros remotos y/o en los puntos de distribución para una máxima compartición de la infraestructura de banda estrecha.
- Uso del esquema de modulación para la transmisión y distribución de señales de CATV, de modo que sea compatible con los aparatos de TV existentes dentro de la banda VHF / UHF.
- Despliegue inicial que permita la distribución de hasta 80 canales modulados.
- El aumento de capacidad se obtiene usando una fibra separada, una ventana diferente o una banda separada. De ésta manera, un gran número de canales básicos, pueden ser distribuidos al cliente. Con esta gran capacidad de canales, pueden implementarse progresivamente canales controlados, como ser canales codificados, programas codificados con pago Pay Per View o vídeo bajo demanda (VoD).
- Compartir la misma fibra usando multiplexación WDM en dos ventanas diferentes, la segunda ventana 1300 nm para servicios de banda estrecha y la tercera 1550 nm para servicios de banda ancha.
- Basar el sistema en utilización de fibras separadas para banda ancha en ventana de 1550 nm y en banda estrecha, en la ventana de 1300 nm. De esta forma se independizan los distintos servicios de los periodos de relevo, modificaciones de planta, operación y mantenimiento.
- Otra opción será posible, emplear dos fibras, una transmitirá la banda ancha mientras la otra la banda estrecha y los sistemas de administración y control de ambas bandas.
- Se incluirá la transmisión digital para TV de alta definición HDTV. La transmisión digital exige esquemas de codificación normalizados. Los convertidores analógico / digital son de alto costo, aunque su precio disminuye rápidamente en el tiempo, es conveniente la conversión total de la red al sistema digital, logrando así anular esta incidencia, lo que abaratará los costos de la red.
- Es también necesario considerar que los componentes ópticos de estas redes, comprenden un porcentaje importante del costo total del sistema. La integración de componentes óptica, evitando la conversión electro-óptica, reducirá en gran medida los costos de los equipos, permitiendo costos de red competitivos. Por ejemplo, un objetivo principal será un transmisor (Tx) y receptor (Rx) integrados de bajo costo. La conversión directa óptica acústica será de alto beneficio a los servicios de voz.

- A la hora de diseñar una red de banda ancha que sea capaz de resistir las evoluciones futuras, se deberá estudiar las posibles fluctuaciones de los servicios.
- Debido a los constantes cambios tecnológicos, es necesario mantener la independencia de la red de acceso, la red de control y la red de transporte.

A. 8. 8. 5. Características de las arquitecturas

Las características del sistema de transmisión de la información, deberán estar en concordancia con los objetivos globales de la red de acceso:

- Partir sobre un diseño de red de acceso óptica pasiva PON, que aumente la flexibilidad de la red, de banda estrecha a banda ancha.
- Implementar una arquitectura Punto - Multipunto.
- Generar una arquitectura compartida para la reducción de costos. Esta arquitectura permite aumentar la eficiencia, ahorrando equipo en la central y en la planta externa de acceso.
- Disponibilidad de una carga útil totalmente dúplex para abonados conectados a una topología doble estrella, combinada con tipo árbol, en PON.
- Concertar requisitos específicos para la planta de acceso, los que tendrán un impacto positivo en los costos, por ejemplo conectores con bajas pérdidas de reflexión.
- Diseño de una planta de cable flexible, lo que es posible no poniendo restricciones a la posición física de los puntos de derivación.
- Obtener el balance del retardo de ida y vuelta del sistema, que no requerirá el uso de un cancelador de eco en el sistema.
- Utilizarse un factor de derivación máximo (número de fibras en que puede dividirse el rayo de luz de una fibra activa), para banda estrecha y banda ancha, siempre que lo permitan las pérdidas por atenuación introducidas.
- Obtener la máxima longitud del bucle de abonado utilizando la modulación TCM (ping pong), como compromiso entre la suma de los tiempos de retardo y guarda, la longitud de las ráfagas de pulsos y la velocidad de línea.

El costo total de la red dependerá de la razón de compartir (número de abonados conectados a una fibra óptica activa), que a su vez es función del balance de potencia óptica.

También dependen de la densidad de fibras dentro del cable, que a su vez es función del número de abonados por terminación activa.

Los componentes de las arquitecturas utilizadas variarán de acuerdo a la configuración y topología adoptada.

La selección de configuración, topología y arquitectura apropiada dependerán de los requerimientos del mercado, escenario de la red óptica (introducción, desarrollo, madura), políticas de implementación del operador, objetivos económicos y de fiabilidad dictados por el ente regulador nacional, etc. (Fig. 19).

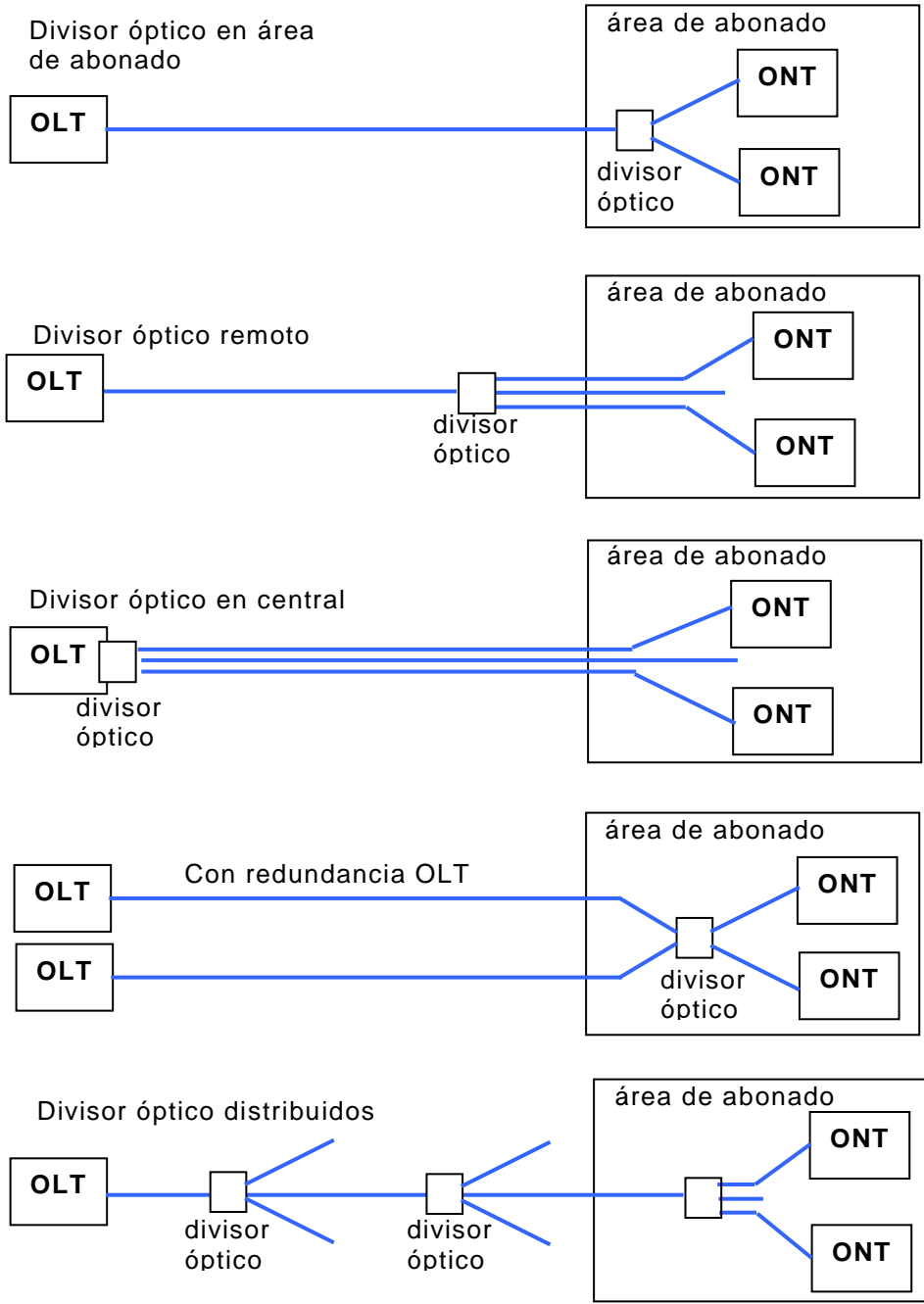


Fig. 19 - Topología PON para banda estrecha y banda ancha

A. 8. 8. 6. Elección de arquitectura HFC o FTTC

Los proveedores de servicio de telefonía y CATV cuentan con diferentes infraestructuras y tienen diferentes motivaciones para introducir o proteger al servicio de vídeo.

En vistas al cambio de regulación los operadores están llevando sus redes a una arquitectura que contemple toda aplicación posible, mientras que los proveedores están tratando de optimizar su posibilidad de entrada al negocio de servicio residencial, vídeo / telefonía / datos.

Deberemos efectuar un análisis de cada sistema posible de aplicar en la red de acceso, HFC, ADSL o FTTC, incluso en combinación al acceso inalámbrico WLL.

Veamos un esquema simplificado de un sistema bidireccional ADSL, un transmisor es ubicado en la central y extiende su acción hasta el receptor en la casa del abonado, vía un par de cobre, trenzado no cargado. La velocidad de transmisión descendente puede ser de 8 MHz, con 220 KHz en la dirección ascendente, para proporcionar servicios interactivos.

Siendo su aplicación dada sobre la red de cobre existente, lo hace un elemento obviamente dirigido a las compañías telefónicas. Por otra parte, éstas han rehabilitado en los últimos años sus redes, acortando sus longitudes.

Analicemos un típico esquema para un sistema HFC. Este sistema consiste en una fibra óptica en la red troncal de alimentación, con cables coaxiales para la planta distribuidora.

El tráfico de banda ancha es cursado desde la central o terminal remoto a un nodo óptico que convierte la señal óptica a eléctrica, la que será llevada al abonado mediante cable coaxial. Cada nodo óptico sirve de 50 a 2000 abonados, un valor típico es de 500 abonados, dependiendo este valor de la densidad telefónica, los servicios ofrecidos y el valor de penetración esperado para estos servicios.

Tomando como ejemplo los servicios de vídeo digitales conmutados, estos son codificados en formato MPEG -2 y puestos en una trama de transporte ATM que derivarán esa portadora a la central. La señal ATM es luego modulada sobre una portadora de 6 MHz y enviada al conversor inteligente STB (Set Top Box) en la casa del abonado donde es demodulada.

Algunos sistemas a 450 / 550 MHz quedarán como remanente al año 2000, mientras que el sistema mayormente utilizado será a 750 MHz, soportando en espectro de servicios que incluye análogo y digital vídeo, telefonía y datos.

El transmisor de vídeo típico de 750 MHz, con láser y ancho de banda lineal es capaz de transportar mas de 110 canales analógicos. El sistema mas común, soportar por encima de 80 canales analógicos y de 200 a 800 servicios digitales de vídeo a 750 MHz, con telefonía y datos, vía 5 a 42 MHz en la trama inferior.

La calidad de estos servicios será dictada por la técnica de modulación utilizada.

La cantidad de líneas telefónicas portadas en un canal de 6 MHz, puede variar según el sistema utilizado, múltiplex por división ortogonal de frecuencias OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) o el esquema QPSK.

Dada la transmisión de datos sobre la idea del trabajo al hogar, el planificador requiere el mayor ancho de banda posible, concepto ampliamente solventado por el sistema HFC.

Analicemos un sistema FTTC. El mismo consiste en los componentes de vídeo en la central, una unidad óptica de red ONU y un pedestal que contiene el equipo que habilita al abonado.

La fibra óptica es llevada hasta la ONU. Desde la ONU la señal es portada por un cable de distribución de cobre hasta el pedestal y desde el mismo al hogar mediante una acometida de par trenzado. Se utiliza la modulación CAP 16 o similar, en cualquier sistema xDSL.

Cuál es la correcta arquitectura a elegir ?. Para los proveedores de telefonía podrá ser la técnica ADSL, pues permite continuar brindando el servicio de telefonía y probar a su vez el mercado de vídeo, maximizando su inversión en la red de cobre.

La clave le dará la madurez de la tecnología y la robustez de la red en soportar la expansión de los servicios interactivos.

La verdadera contienda se entabla entre HFC y FTTC, como los principales contrincantes. Se discute las motivaciones de los proveedores de servicio, las infraestructuras existentes, las circunstancias de la regulación y las arquitecturas en si mismas. Se debe efectuar la comparación de los costos asociados y analizar como estos costos influyen en lograr la penetración a los servicios.

A. 8. 8. 7. Evaluación de las distintas arquitecturas

Bajo el aspecto de la red de acceso externa, los sistemas a ser utilizados en las topologías descritas, presentan diferencias más o menos significativas. Básicamente las distinciones están limitadas a las capacidades de fibras ópticas y al tipo de estación remota, que son diferentes en cada topología.

Por la baja flexibilidad y las limitaciones que tienen las redes tipo bus y anillo, para soportar una elevada cantidad de canales y para conectar a un número elevado de usuarios, la B-ISDN, se inclina a utilizar en su red de acceso, una topología de red en estrella múltiple o combinaciones de redes tipo anillo con derivaciones en topología árbol o bus.

Sin embargo para tener éxito las soluciones de topología de red deben ofrecer una alternativa rentable a los sistemas de transmisión por cobre, buscando la fiabilidad y flexibilidad para la provisión de servicios de banda estrecha existentes y de los nuevos servicios a incorporar en banda estrecha y en banda ancha.

Por ello, al tener que seleccionarse una topología de red, el diseñador deberá evaluar cuidadosamente los siguientes aspectos:

- El empleo de una misma topología de red, para ambos servicios los de banda estrecha y los de banda ancha. Esta meta, que puede ser alcanzada como resultado de la evolución de la tecnología óptica, permitirá la reducción de los costos, al compartirse las canalizaciones, los cables y los accesorios, por todo tipo de sistema de distribución.
- Solamente se deberán realizar obras de ingeniería civil en las instalaciones iniciales de una nueva área, siendo innecesarias para futuras expansiones de la red de cables. En ellas únicamente se deberán sustituir los equipos de terminal activo, o utilizarán las fibras de reserva instaladas inicialmente.
- Disponer capacidad suficiente para evolucionar a una red estrella múltiple, a fin de que pueda soportar los servicios interactivos de banda ancha.
- Aprestar capacidad suficiente para evolucionar hacia redes con fibra al hogar.
- Compartir los componentes activos, a fin de reducir los costos por abonado.
- Aplicar costos mínimos iniciales de implementación. Para ello se debe iniciar con redes totalmente pasivas PON.
- Adoptar costos reducidos, durante el ciclo de vida económica de la red a equipos electrónicos, alimentación, operación, etc.
- Alcanzar alta confiabilidad y calidad de red.
- Contar con disponibilidad tecnológica permanente.
- Obtener el grado de privacidad y seguridad de servicio, suficientes.
- La técnica WDM y uso de duplexores ópticos, podrá permitir la transmisión bidireccional sobre una sola fibra.

Se tomará en cuenta que, en las topologías en anillo deberemos considerar la posibilidad de una inversión adicional en infraestructura de canalización, visto que ellas no siguen el normal sentido radial desde la central.

Deberá ser posible la adaptación paulatina a una topología en estrella simple, añadiendo cables de fibras ópticas en las canalizaciones existentes y extendiéndolas a los usuarios que demanden servicios de banda ancha.

En áreas de acceso de tamaño pequeño las redes de cobre serán mas económicas sin embargo al aumentar ésta el coste total de equipos electro-ópticos disminuirá en forma relativa, aumentando la eficiencia de uso de cables y canalizaciones de alta gravitación económica.

Se deberá considerar que una alta y generalizada penetración de servicios de banda ancha tendrá una incidencia negativa en la amortización de una red de cobre nueva, ya que obligará a su sustitución por una red óptica antes de cumplir su vida útil económica.

Cuando los costos de la tecnología y la demanda lo permitan, se utilizarán nuevas longitudes de onda y velocidades de transmisión superiores e instalando terminales de fibra óptica, para suministrar nuevos servicios interactivos de banda ancha, mediante técnicas en modo de transferencia asíncrono ATM, por ejemplo transmisión de televisión digital con formatos de alta definición.

En planta externa los grandes gastos de dinero, tiempo y contrariedades están dados en las ampliaciones de las infraestructuras de canalización, pesando sobremanera la disponibilidad de conductos. Sin embargo, en la actualidad se dispone de un gran aliado técnico, la electrónica.

Los cables con gran cantidad de fibras, a costos similares de cables con baja capacidad y con la posibilidad de obtener en estos cables una alta capacidad de canales, nos permite jugar en la planificación, pudiendo efectuar:

- Reemplazo de cables de cobre por cables de fibra, librando así ductos.
- Colocación de mayor número de fibras iniciales, adelantando futura demandas.
- Ampliando en periodos oportunos, la capacidad de canales transmitidos por fibra.

Similares soluciones se podrán aplicar a las diversas porciones de la red de acceso a modificar. Obtendremos de esta forma, mínimos costos de relevo para cada etapa de la reingeniería de la red.

A. 8. 9. Factores del planeamiento

La elección del escenario de aplicación apropiado corresponde al factor primordial de planeamiento.

Varios casos podrán ser presentados:

- Redes de cobre necesarias de rehabilitar,
- Canalizaciones saturadas,
- Agrupación de abonados a distancias > a 20 Km,
- Manifestarse la concurrencia de servicios de telefonía, LAN y/o CATV.

Los estudios de planificación se basan en fuentes dinámicas técnico - económicas que facilitarán la selección de las áreas de aplicación de la fibra en el bucle FITL.

Luego las topologías y los servicios adoptados, resultarán en efectivas soluciones de los costos involucrados. Los parámetros intervinientes estarán agrupados en tres categorías, demanda, costo y economía.

FACTORES TECNICO ECONÓMICOS

Demanda	Demanda inicial. Incremento anual.
Costo	Transmisión, conmutación, infraestructura. Planeamiento, diseño, operación y mantenimiento.
Economía	Costo del dinero Período de estudio Vida útil del equipamiento Periodo de la provisión de la demanda Período de obsolescencia

Estudios realizados por la Compañía Alcatel de España, han sido publicados en el documento "Fiber Optic Technology Economic Advantage for the Integration of Service in the Subscriber Loop". En tal estudio se han definido en una representación de coordenadas cartesianas, el área de aplicación de pares trenzados y el área FITL, como resultado de su aplicación en zonas típicas urbanas, bajo la suposición de existencia de infraestructura suficiente y un valor de interés del 10 % (Fig. 20).

Los resultados, para este análisis, son dependientes de los factores intervinientes, cantidad de abonados iniciales (eje y), distancia a la central (eje x), costo del dinero (i) en nuestro caso 10%, crecimiento anual de la demanda (las curvas c), como así del período de aprovisionamiento, período de amortización y vida útil del equipamiento.

En el supuesto de realizar una evaluación semejante, del tipo de resultado obtenido, es posible determinar la mejor política a adoptar y estrategia de bucle. Análisis similares se podrán realizar con diferentes escenarios, dados por distintas variables, como ser socioeconómicas, geográficas o introducción de nuevos servicios.

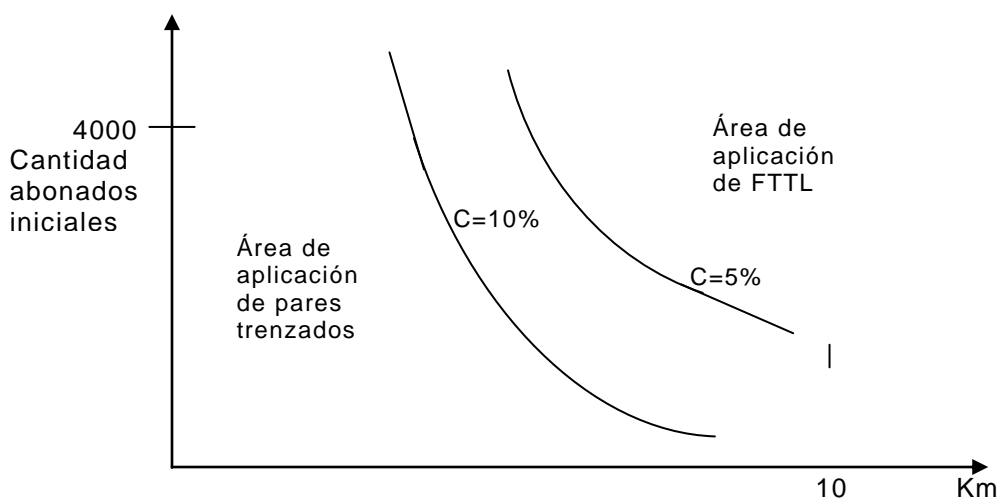


Fig. 20 - Sensibilidad al crecimiento de la demanda

En el proyecto Victoria desarrollado por Telefónica I+D de España, se han efectuado estudios de valorización cuantitativa de la viabilidad de una red óptica de acceso, su configuración y la estrategia de evolución hacia una red integrada de banda ancha.

En tal estudio se han hallado curvas de sensibilidad de los costos al tamaño de las áreas de las centrales involucradas, para una red tipo FTTB, utilizando distintas topologías, estrella doble con divisores ópticos, estrella simple, estrella doble empleando técnica WDM y doble estrella activa (Fig. 21).

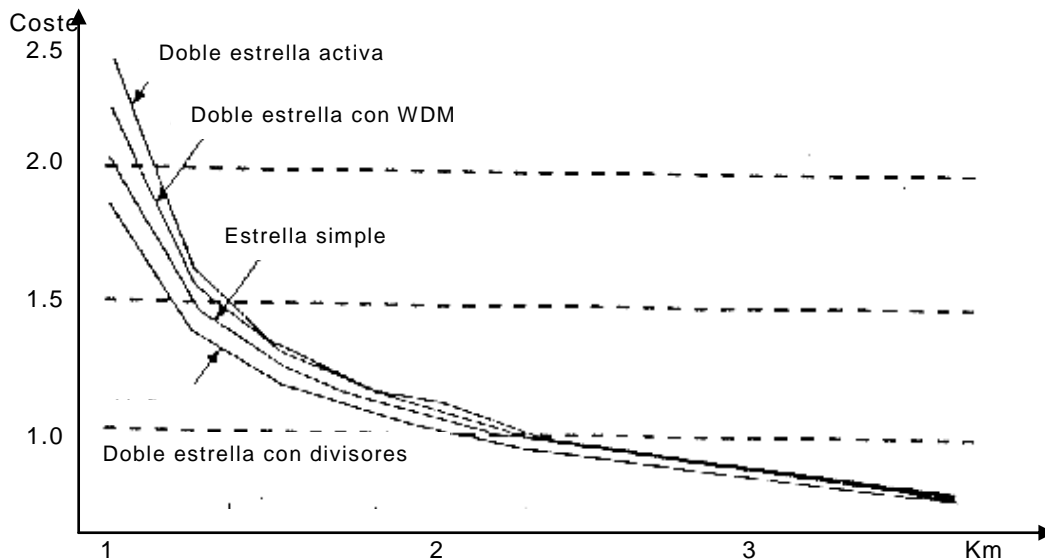


Fig. 21 - Sensibilidad al tamaño del área de central

Se han determinado estas relaciones, comparando los costos de una red total en fibra respecto a los costos de una red total en cobre (eje y), en función de la longitud media del bucle (eje x) en el área tratada.

Los resultados demuestran menores costos para las topologías pasivas, equipos terminales con capacidad para 60 abonados, con ventajas de hasta un 20% respecto a los costos totales

A. 8. 9. 1. Desarrollo de redes ópticas exitosas

Veamos seguidamente las peculiaridades que se están presentando, debido a las innovaciones tecnológicas que se están introduciendo en el mercado de las telecomunicaciones y la discusión de los factores evaluativos a ser considerados por los diseñadores de redes de acceso.

El principal objetivo de todo planificador, es asegurar la calidad de los servicios a un número máximo de abonados y en el menor tiempo posible. Estos objetivos se alcanzan mediante un conjunto de herramientas, tales como eficiente diseño, pruebas de instalación y optimización de la red.

Es de primera importancia para una red opto-electrónica, establecer cual es el área de cobertura geográfica y el porcentaje de población a servir. El retorno de la inversión es el principal factor económico-financiero. Otros factores son de suma importancia, restricciones establecidas del espectro, distribución del tráfico, capacidades normadas, costos, fiabilidad tecnológica y flexibilidad de la red al posible crecimiento de abonados futuros. Se debe efectuar diferentes etapas, a las que se acompaña: nuevas predicciones y correcciones de errores (Fig. 22).

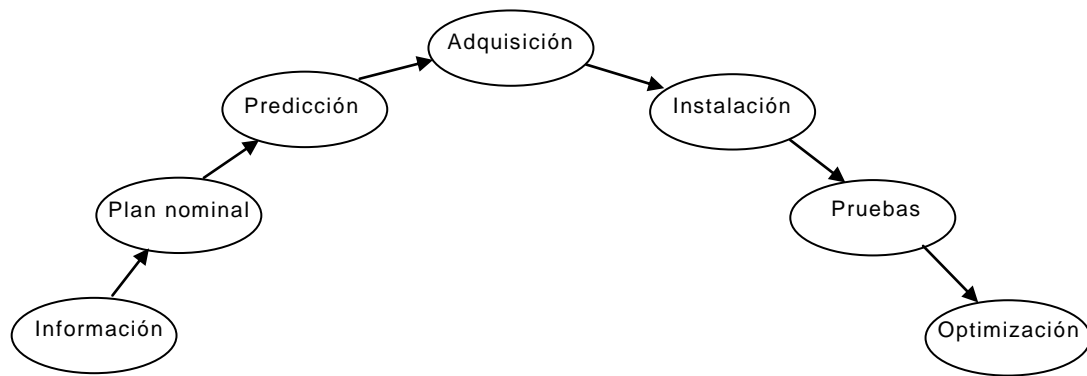


Fig. 22 - Etapas al objetivo de máxima calidad

Dentro de las posibilidades económicas, las nuevas plataformas ópticas estarán constituidas con los últimos elementos ópticos desarrollados, cables con sistema de multiplexado-denso-por-longitud-de-onda DWDM, DWDM-de-banda-ensanchada WWDM o el más económico DWDM-común CWDM, de amplificación óptica distribuida como lo es el amplificador-de fibra-dopada-de-Erbio EDFA, la conmutación óptica con sistemas microelectromecánicos MEMS, o con materiales piezoeléctricos donde se han elaborado los conmutadores-microóptomecánicos MOEM Switching, o los cross-connect-ópticos OXC.

A. 8. 10. Evolución a las redes ópticas

Los días en que la fibra óptica estaba relegada a específicas aplicaciones o regiones geográficas es cosa del pasado. Los dos obstáculos que impedían disponer de fibra en cualquier parte de la red, eran su costo y la fácil disponibilidad de cualquiera de sus nuevos elementos. El uso de la tecnología Láser y los mejores métodos de pruebas en la producción, ha permitido su llegada masiva a la red.

De su empleo como red de enlace de líneas de larga distancia, pasó a ser troncal (backbone) lineal o en anillo, hasta alcanzar un distribuidor de barrio para captar el tráfico comercial de datos. Paulatinamente se ha permitido llegar a la puerta de las viviendas de los abonados. La llegada de los sistemas ADSL y VDSL sobre el último tramo de esta red existente, estimuló aproximar su extensión a la casa del abonado.

Respecto a la velocidad de transmisión para el uso de Internet, en sus comienzos, fue pobre, primero con uso de los módem de 36 Kb/s, luego alcanzó los teóricos 56 Kb/s. Con ISDN se propuso 64 Kb/s, pero pocos abonados optaron por esta técnica, salvo Alemania que promocionó su uso o USA en algunas de sus áreas, en general no tuvo éxito comercial.

Surgió entonces la necesidad de solventar la transmisión de datos en grandes establecimientos a una velocidad y tráfico adecuado. Además, disponer de una línea extra para un fax o exclusiva de Internet en las viviendas, ello impulsó la entrada de la fibra a esta red.

Con la introducción de la fibra en la red de acceso, se posibilitó captar mayor tráfico de datos y además extender, duplicando las áreas de las centrales. No obstante esta viabilidad, se adopta la idea de emplear conmutación distribuida mediante el uso de multiplexores de inclusión extracción ADM, para evitar la saturación por tráfico de datos en la central.

Ello impulsó los diseños de áreas menores, empleando muchos de estos puntos remotos de conmutación. El paso siguiente fue la integración de la red de datos en acceso y transporte integrada, la red de próxima generación NGN, y el uso integral óptico en redes integrales ópticas PON.

A. 8. 10. 1. Más fibra en el acceso

Al digitalizar la red, acortar sus longitudes y permitir el mejor control de los diferenciados tráficos, se mantuvo la más alta calidad de servicio, solventando los altos tráficos de los nuevos servicios. Los concentradores remotos como ser, la línea de abonado digital de acceso múltiple DSLAM, para telefonía y datos, unidas a la central mediante una fibra concentra todo el tráfico de la zona. Una red híbrida fibra cobre HFC, con empleo de ADSL ó VDSL podrá agrupar el tráfico de 300 hogares, cada uno con ADSL de 2 Mb/s, a un enlace de fibra óptica en OC-12 (622 Mb/s).

Con una misma red, los sistemas IP o ATM con SONET /SDH permiten mezclar económicamente tráfico de voz y datos, acercándose a las viviendas y al mismo tiempo proveer servicios a los edificios de comercios y oficinas, mediante fibra-al-edificio FTTB. Además, las LAN Giga Ethernet se interconectan formando mallas MAN.

Por otra parte, el vínculo desde una central telefónica a un proveedor de servicio de Internet ISP y a un punto NAP de acceso central de red Internet, podrá ser un típico enlace que soporta más de 40 Mb/s usando modulación de alto nivel QAM, en sentido desde la central al abonado (downstream), mientras que en sentido contrario (upstream), puede solo soportar 1.5 Mb/s, si usa la modulación de bajo nivel PSK en cuadratura QPSK. Estas transformaciones de las redes de acceso conllevan a solicitar más fibra óptica.

A. 8. 10. 2. Todo óptico

Nuevas ventajas se disponen al obtener una red totalmente óptica de extremo a extremo. Para ello se emplea los Láser sintonizables, usados con multiplexores ópticos de inclusión extracción OADM y con los conmutadores enteramente ópticos.

A. 8. 10. 3. Aparece DWDM

Hasta hace poco tiempo, SONET /SDH basado en TDM ha sido el modo preferido para incrementar la información de ancho de banda. Sin embargo, los nuevos componentes tecnológicos tales como los Láser sintonizables y la amplificación y conmutación óptica, han hecho a los sistemas DWDM más atractivos. Esta es la óptima forma para aprovechar las ventajas del gran ancho de banda de la fibra.

Se puede obtener hasta 100 Tb/s con elementos electrónicos, Láser y detectores de 10 á 40 Gb/s. Una simple longitud de onda SONET /SDH con velocidad OC-192 (10 Gb/s), podrá ser actualizada con un sistema DWDM que opera 40 longitudes de onda, cada una con OC-48 (2.4 Gb/s) ó 80 longitudes de onda, cada una con OC-192 (10 Gb/s), totalizando respectivamente 96 Gb/s y 800 Gb/s. Sin olvidarnos del OC-768 de 42.5 Gb/s. La DWDM permite multiplicar la capacidad e un sistema por 80 veces o más. Mediante CWDM más económico faculta la aplicación en el acceso.

A. 8. 10. 4. Coyuntura de la red óptica

Como se presenta un incremento de red extremadamente grande, la solución óptica jugará un papel importante, así como, se deberán resolver los problemas de actualización e integración a la red actual. La red existente, si se tratara de una red SONET /HFC, podrá presentar inconveniente que amenazan el soporte de los anchos de banda requeridos.

Estos inconvenientes, se refieren a que el actual hardware hace imposible incrementar su ancho de banda sobre los anillos sin antes actualizar todo el equipamiento sobre ellos. Por ejemplo, la limitación del tradicional equipamiento SONET que dificulta la ins-

talación de los necesarios distribuidores (cross connects) y conmutadores (switches) ATM, para soportar la baja velocidad de servicios eléctricos y ópticos.

Se debe actualizar desde los anillos con velocidades de OC-3 (155 Mb/s), hasta el OC-48 (2.5 Gb/s) e incluso al OC-192 (10 Gb/s).

Las redes de multiservicios, diseñadas para transportar datos, voz y video sobre un anillo OC-48, deben evolucionar a múltiples anillos, reduciendo de esa forma el equipamiento de distribuidores y conmutadores ATM.

La mayor aptitud de estas redes está representada por la habilidad en disponer de un nivel óptico central, con un nivel electrónico de salida. Esta capacidad de distribución, permite proveer un conjunto de servicios a distintos niveles T, con varias velocidades OC y diferentes sistemas, Frame Relay, ATM y Ethernet, sobre redes híbridas-fibra-cobre HFC y/o totalmente ópticas, tipo red óptica pasiva PON.

Los puertos multiplexores de extracción adición ópticos OADM, permiten monitorear el tráfico 10/100/1000 Ethernet en cada nodo del anillo y cuando llega a un nodo distribuidor, conmutar a la velocidad requerida de ingreso o extracción, sin afectar el control del ancho de banda principal. Es usual que se transporte sobre SONET, tributarios virtual de 1.5 Mb/s.

La restauración de la señal en caso de su degradación o pérdida se puede realizar por medio de la redundancia de los tradicionales anillos de reserva SONET. Sin embargo los routers de longitud de onda suministran el aprovisionamiento y restauración de la señal sin tener que construir estos anillos múltiples. Estos routers se basan en la técnica WDM. Si se emplean equipos DWDM se obtiene mayor ancho de banda, que permiten un ahorro del 30 al 70%.

En la infraestructura SONET en anillo tradicional se hace necesario construir doble red, una para el servicio y otra para la protección. Con una configuración tipo malla, los costos bajan abruptamente, al usar respaldo de la señal distribuida a través de toda la red, pudiéndose reducir el número de longitudes de onda y red de reserva.

Los operadores de backbone IP pueden agregar flexibilidad al tráfico, empleando routers de longitud de onda, en los puntos-de-presencia (POP) como asistencia a la red central.

A. 8. 10. 5. Alcanzando el Terabit

La industria Cisco indica que su nuevo router escala a 320 Gb/s en una configuración simple y a 5 Tb/s en una configuración múltiple, funcionando sobre 12000 routers. Conjuntamente, la compañía Williams Communications prueba el TSR Avici System en el campo, sobre un enlace de 3200 Km, con una escalabilidad que alcanza desde 2.5 Gb/s hasta 6 Tb/s. Por otra parte, la firma Qwest plantea que la influencia de tal aumento de velocidad, creará tal superabundancia de ancho de banda, que la compresión de voz y datos no será necesaria, y los clientes se mudarán desde las viejas arquitecturas, a redes de líneas privadas punto a punto.

El utilizar routers terabit, permite a los operadores explotar mejor la alta capacidad de las líneas, mediante el empleo de la DWDM. Aunque ello, no acredita directamente servicios, seguramente proveerá una superabundancia de WAN, forzando hacia abajo los precios de las redes centrales, lo que presionará brindar mayores servicios de banda ancha a bajo costo, lo que a su vez llevará a construir redes más importantes, incrementando la demanda de DWDM y por sí, incrementar el uso de más routers en el orden de los terabit.

A. 8. 10. 6. Troncal óptico para toda Europa

Las empresas Interoute Telecommunications, junto con Corning Incorporate y Alcatel, lanzan la red óptica de Europa, denominada i-21 (Información 21 Future Communications), la red más larga y de ultra ancha banda.

La red i-21 está diseñada para portar más que un petrabit ($10^{15} = 1000 \text{ Tb/s}$), con tráfico basado en IP. Esta red óptica comprende 192 fibras ópticas, con más de 160 canales lumínicos por fibra, que permitirán disponer por cada par de fibras velocidades de 10 Gb/s. De esta forma será capaz de portar por cada conducto de la red, más que 300 Terabits.

Esta red se extiende a través de Europa, con una longitud de ruta de 20 900 Km, que vincula 70 ciudades de Europa, con 200 puntos de presencia. La arquitectura vincula, una gran serie de anillos en cada país. Con el último estándar de fibra denominado, fibra de gran área efectiva LEAF G.655, de la firma Corning. El proyecto totaliza ocho millones de Km de fibra. El control del servicio, está basado en equipos de transmisión SDH y entrega velocidades desde T1/E1, hasta OC-192 /STM-64.

A. 8. 11. Discusión en la conjunción de sistemas

La conjunción de sistemas y servicios se logró gracias al concurso de varios factores que lo ha hecho posible.

A. 8. 11. 1. Implementación de VOIP

A fin de implementar definitivamente VoIP, dos cuestiones se han presentado, una es disponer una norma exclusiva y la otra, establecer el grado de calidad aceptable para este servicio. Varios estándares de VoIP se están desarrollando, el más popular es H.323 expedido por el sector de estandarización de las telecomunicaciones de la ITU, ITU-TSS. Varios estándares comprenden al H.323, el H.225, que consiste en el Q.931 de codificación, el H.245 y el registro-admisión-y-estatus RAS, del ISDN.

El H.323 es por lejos el protocolo más maduro para VoIP, sin embargo, también se debe considerar al organismo IETF, que ha elaborado el protocolo-de-iniciación-de-sesión SIP, el que trabaja con el protocolo-de-descripción-de-sesión SDP y el protocolo de anuncio de sesión SAP (Service Address Pointer Identifier).

Esta claro que el H.323 y el SIP no están diseñados para operar juntos, se debe optar por uno u otro. El IETF también ha definido el protocolo-de-control-de-Media-Gateway MGCP, el que si ha sido diseñado para trabajar con el H.323 y el SIP. Para establecer la calidad-de-servicio QoS de un sistema de VoIP, es necesario establecer las mediciones de varios parámetros.

Estas mediciones podrán ser, del eco, latencia, jitter, paquetes perdidos, paquetes fuera de secuencia, paquetes duplicados, retardo en establecer la comunicación, comunicación mal establecida, etc.

De estas mediciones, la más comprometida es el retardo de señal o latencia. Un valor de latencia de 100 seg. (igual al tiempo que dura un parpadeo), es considerado por los operadores como ideal, mientras que cuando excede de 250 mseg, el servicio es desaprobado por los usuarios. Otro problema es el jitter, o desviación del tiempo de llegada de una señal. Este inconveniente se soluciona mediante un buffer, que memorice la señal y anule los tiempos de desvío.

El tercer problema serán los paquetes perdidos. Un valor de 5% a 10% no afecta una conversación, pero la repetición de estas pérdidas si perjudica la misma. Si se pierden un par de paquetes se inutiliza un fonema y se mantendrá la inteligibilidad del parlamento, pero si se pierden fonemas consecutivos, se pierden palabras que hacen a la conversación inteligible.

Existe distintos software que proporcionan los valores estadísticos del comportamiento de un sistema de VoIP, con los cuales se podrá analizar, determinar y mejorar su QoS.

La nueva generación de Internet

La capacidad y calidad de una nueva tecnología para Internet, toma significado cuando es probada mas allá del laboratorio sobre una red con tráfico vivo.

El consorcio National Transparent Optical Network NTON, parte de la DARPA, ha promovido el proyecto del gobierno de USA denominado, siguiente-generación-de-Internet NGI. Este proyecto NGI une una serie de redes regionales con el fin de crear un campo de prueba para aplicaciones de banda ancha de alta velocidad, sobre la costa oeste de USA. Proveedores, operadores y universidades participan del proyecto.

Una red troncal OC-192 (10 Gb/s) corre desde San Diego hasta Seattle. Esta red conmuta en Capa 3 sobre ATM /SONET y enruta en cinco nodos: Los Ángeles, Oakland y San Diego en California y además en Portland y Seattle. Cada uno tendrá backbone SONET de 10 Gb/s, con capacidad de inserción-extracción (Add /Drop). Las aplicaciones a investigar incluyen: diagnóstico médico a distancia, edición de películas en forma remota y video conferencia con video de alta velocidad. También se pone a prueba la, conmutación y enrutamiento a velocidad de terabit TSR.

Tecnología WWDM y CDWDM

La Universidad de Washington, en conjunto con la empresa Lucent, ideó la tecnología WDM de banda ensanchada WWDM. Esta técnica aprovecha la banda de 1400 nm, proveyendo mayor ancho de banda entre localidades o empleado múltiples conexiones IP a menor costo efectivo.

El WWDM consiste específicamente, en un tranceptor modular, que permite la fusión las bandas tradicionales de 1300 nm y 1550 nm, a la ventana en 1400 nm.

Al desplegar fibras ópticas optimizadas en la red metro que elimina el pico de HO a 1390 nm, se ha logrado potenciar su transmisión, permitiendo el uso continuo del ancho de banda desde 1300 nm hasta 1600 nm. Esto puede doblar la cantidad de canales ópticos y además facilitar el proveer la escalabilidad de la WWDM.

Mientras tanto, el tranceptor denominado, común WDM CWDM, permite la transmisión de 8 canales desde 1470 nm hasta 1610 nm, con un espaciamiento entre canales de 20 nm, también permite operar con 16 longitudes de onda no protegidas por anillo óptico y en Giga Ethernet, incluyendo OC-3 (155 Mb/s), OC-12 (622 Mb/s), sobre SONET/SDH/ATM y Fibre Channel.

La corporación ONI Systems lanzó la Optical Edge Service Platform, ONLINE2500. Esta plataforma permite un servicio completo de servicios de aplicaciones de gran ancho de banda, bajo señales Giga Ethernet, Fibre Channel y SONET/SDH. Sus interfaces pueden proporcionar entre 100 Mb/s y 2.5 Gb/s. Emplea la tecnología CWDM para proveer capacidad de multilongitud de onda, suportando arriba de 8 longitudes de onda protegidas o 16 no protegidas por anillo. Los tradicionales servicios SONET, son distribuidos desde el borde de la red, vía longitudes de onda WDM, a una distancia superior a los 6000 Km. Esto se logra al incorporar la memoria almacenamiento de red de área SAN (Storage Area Network), compensando los retardos de señal.

Redes de CATV análogas

Vaticinamos que los sistemas de telecomunicaciones están yendo todos hacia un mundo digital, especialmente las redes de fibra óptica. Ciertamente, el impacto de la técnica digital no puede ser desestimado, pero su implicancia no contrarresta el avance de la transmisión analógica radiada y multicanal. Sobremanera en la red de fibra con la intro-

ducción de los nuevos sistemas multicanales DWDM. El mercado de CATV está empleando enorme cantidad de sistemas multicanales de enlace de modulación-analógica-de-banda-lateral-vestigial VSB /AM.

Este enlace transporta arriba de 110 canal de TV análogos por longitud de onda, sobre distancias que exceden los 60 Km y al mas bajo costo por canal que cualquier otra competitiva tecnología.

A comienzo de la década de 1980, la industria de CATV comenzó a utilizar modulación directa en 1310 nm con VSB /AM, para intervenir en troncos de gran cantidad de amplificadores instalados en cascada. De tal forma se reduzco cadenas de 24 amplificadores usados hasta entonces, a solo 8 amplificadores conectados en cascadas (ver esquemas en Capítulo 2).

Cerca de 1990 le siguió el empleo de sistemas digitales multicanales, entre centrales cabeceras, utilizados para transportar con alta calidad gran cantidad de canales en el modo difusión (broadcasting). De esta forma, se estableció una cabecera principal (master) y se crearon varias cabeceras secundarias.

A mediados de la década de 1990, con el advenimiento de la modulación 1550 nm VSB /AM y el transmisor EDFA se pudo lograr enlaces de larga distancia. Asimismo, se incorpora para esa fecha, el divisor (splitter) de señales.

DWDM, SONET / SDH ADSL

Dada la ventaja que DWDM ofrece respecto a SONET /SDH, permitir alcances sin emplear repetidores mayores a 300 Km, contra unos 50 Km, resulta más práctica y económica para su implementación sobre la ultima milla. En un ramal con repetidores SONET /SDH el costo por fibra se está incrementando año por año, mientras que con DWDM el precio declina en la proporción de 30% por año. Esa afirmación se hacía evidente hace solo dos años para la red troncal de larga distancia, sin embargo en la actualidad lo es para la red de media distancia y muy pronto lo será para la red de acceso núcleo del metro, o sea para la red metropolitana central.

DWDM ha probado ser la tecnología para el uso en los troncales (backbone), de los operadores de redes entre centrales locales (Inter Exchange), proveyendo transporte con múltiples señales SONET, de hasta OC-48 (2.5 Gb/s). Al mismo tiempo, la última milla implementada mediante el par de cobre, con uso de las técnicas xDSL permite hasta 8 Mb/s por cliente, ensamblado el TCP/IP al ATM, que le agrega confiabilidad y maleabilidad.

Ahora con DWDM sobre SONET /SDH, en el acceso óptico y la elección adecuada de ADSL o VDSL sobre el par de cobre y según el requerimiento del cliente, se posibilita ofrecer cualquier tipo de servicio.

A. 8. 11. 2. Redes metropolitanas

Muchos sistemas de transporte metropolitanos tienen por herencia, la orientación hacia la voz, los que han sido llevados a través del tiempo a soportar datos.

Al comenzar los operadores a desplegar los servicios de datos, fue entonces perfectamente natural para ellos, establecer estos servicios sobre la ya existente infraestructura SONET. Por décadas, los proveedores han confiado en la tecnología SONET como la base de su sistema de transporte, puesto que este permite la alta confiabilidad y administración del transporte TDM para brindar los servicios de voz.

Su enfoque fue el de emplear SONET mediante la técnica de capas, las que proveyesen los medios específicos para adaptar el transporte de datos. Este enfoque de emplear multicapas, intensivamente aunque caracterizado por ineficiencias en términos de esca-

labilidad y aprovisionamiento, permitió a los operadores reducir tiempo y complejidad para ofrecer los nuevos servicios de datos al mercado.

Sin embargo, el alto grado del desarrollo de la tecnología durante los últimos años, combinada a la aparición de Internet, ha cambiado radicalmente este juego. Mientras en un comienzo, estos sistemas fueron empleados como segundo propósito a un soporte de datos, los nuevos requerimientos son ahora totalmente dirigidos a datos. Luego, las tolerables ineficiencias de los sistemas SONET empleando multicapas, están ahora trayendo dificultades considerables a los proveedores de servicios de la red metro.

A. 8. 11. 3. El estrujado ancho de banda del metro

Las redes centrales de los operadores están pasando por una fuerte transformación, impulsada por los avances en las tecnologías ópticas y de enrutamiento. Una nueva generación de routers se ha puesto a punto para mantener al creciente TCP/IP. El circuito-integrado-de-aplicaciones-específicas ASIC, con sus avanzados dispositivos y sofisticados mecanismos de búsqueda de ruta, pueden transportar paquetes IP con latencia similar a la de los conmutadores ATM.

Equipado con un conjunto de interfaces de alta velocidad, de OC-3 (155 Mb/s) hasta OC-192 (10 Gb/s), estos routers proveen el medio necesario para construir las grandes redes centrales de alta capacidad IP.

La completa estructura central de IP, ha sido además estimulada por el despliegue del DWDM, como sistema de transporte óptico de alta densidad. Con su capacidad de transportar múltiples flujos de información sobre longitudes de onda individuales en una misma fibra, DWDM ofrece a los operadores la oportunidad para impulsar capacidades de ancho de banda adicionales, por lo menos de diez veces mayor.

Mientras DWDM ha acelerado el suministro de ancho de banda en la red central, otras tecnologías como DSL, Cable Modem y GigaEthernet han acrecentado la demanda por ancho de banda sobre el lado del abonado. Al considerar tecnologías DSL y Cable Módem, que ofrecen tasas de acceso sobre el orden de 2 á 8 Mb/s, los abonados de Internet están accediendo a la infraestructura del operador en conexión que relegan al tradicional Dial Up y al RDSI.

Al operar en Gb/s, la red Ethernet esta surgiendo ahora como un líder alternativo, para el acceso de datos corporativo de alta velocidad, particularmente para infraestructura de edificios multifamiliares, que gradualmente está suplantando la alternativa T1/T3 TDM, mucho más lenta.

Por otra parte las centrales de la red metro, han visto comprometido su espacio operativo, al tener que disponer en las mismas los equipos de la red de acceso con aplicaciones especializadas, como ser el almacenamiento-de-red-de-área SAN y tecnologías de transporte de alta velocidad, tales como Fibra Canal.

A. 8. 11. 4. Multicapa, actual cuello de botella del área metro

La creciente disponibilidad de tecnologías de alta velocidad sobre el lado de acceso al abonado, las redes ópticas backbone centrales resultan estar super cargadas. Los sistemas de transporte han pasado a ser la articulación débil de las redes metro. Los primitivos sistemas multicapa, que evolucionan desde el sistema de voz, simplemente no pueden mantenerse en la nueva era de las redes de datos.

Los proveedores de metro tienen realmente dos frentes de batalla en sus manos: necesitan alcanzar capacidades extras para acomodar las innovaciones en banda ancha sobre el lado de acceso y también requieren ampliar la capacidad de sus sistemas de transporte ópticos, a fin de viabilizar al ultra altamente cargado backbone central de transporte. La tradicional red SONET basada en sistemas de multicapa, es compleja para administrar y tiene serias limitaciones en cuanto se destina a satisfacer los nuevos requerimien-

tos de los cableados para datos. Se debe crear y adoptar un nuevo sistema simplificado. Quizás esta innovación podrá corresponder a conjunción GigaEthernet / IP, la que reemplace el presente panorama (Fig. 23).

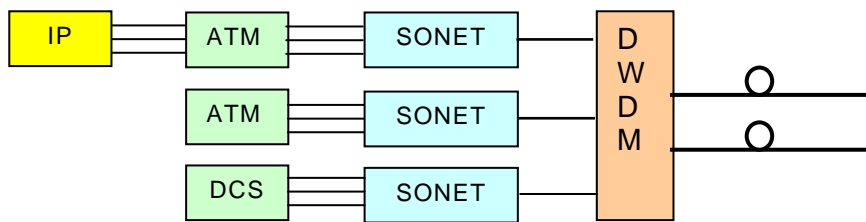


Fig. 23 - Implementación multicapa en la red metro

A. 8. 11. 5. Las ineficiencias de SONET

A pesar de que SONET fue optimizado desde transportar cargas de voz en TDM, a su aplicación con las tecnologías de datos, posee ineficiencias significativas, como ser la imposibilidad de ajusta convenientemente un GigaEthernet a las comunes cargas SONET, T1, T3, OC-3, OC-12 ú OC-48.

Por ejemplo si se utiliza un multiplexor Add /Drop ADM - SONET, para sostener una capacidad óptica de 500 Mb/s, las conexiones GigaEthernet podrían consumir por completo un canal OC-48 (2.5 Gb/s). El ancho de banda desaprovechado podría ser realmente más alto, dependiendo del nivel de utilización de esos GigaEthernet. Otra pérdida es debida a que muchos de los ADM existentes carecen de capacidades de conmutación integradas, necesarias para manejar más eficientes los actuales flujos de datos.

Un eficiente empaquetado de la carga útil de SONET del tráfico de datos, es un requerimiento esencial para los proveedores de servicios para la red metro, a los fines del mejor aprovechamiento de la variedad de las evolucionadas tecnologías de acceso de banda ancha.

A. 8. 11. 6. La escalabilidad con DWDM

Quizás el mayor desafío para los proveedores de la red metropolitana, es lograr la escalabilidad de las infraestructuras de transporte ópticas de los backbones centrales, las que están basadas en sistemas SONET.

A través de los años, los anillos SONET metropolitanos, han evolucionado lentamente desde el OC-3 (155 Mb/s) y OC-12 (622 Mb/s), al punto que solo se opera ahora en OC-48 (2.5 Gb/s). La alternativa actual de acceso a alta velocidad compartiendo anillos OC-48, tal como de 2.5 Gb/s, puede sin embargo ser rápidamente consumida, dejando a muchos proveedores de la metro solo la alternativa de adicionar más fibras ópticas en sus anillos SONET.

Por ello, algunos proveedores del área metro han recurrido a las soluciones del portador DWDM, el que ha tenido que reducir su tasa de velocidad para el uso en la metro. Pero no solo hacer este ajuste, sino también adicionar otra capa de control lo que puede ser tremendamente oneroso, puesto que se requiere el despliegue de DWDM óptico en todos los nodos.

El análisis económico del DWDM en el ámbito de transporte metro, es muy diferente al empleado para su aplicación como portador de cargas en redes de larga distancia. Al incrementan los operadores las capacidades de la metro empleando DWDM, no solo se benefician al ser capaces de reutilizar su inversión en fibras bloqueadas, sino que también posibilita obtener considerables ahorros operacionales. Con el portador DWDM, podrán reducir significativamente los gastos operacionales en la metro, puesto que los

tramos de fibra son mucho más cortos y se eliminan muchos pasos de regeneración y amplificación, típicamente requeridos para el transporte óptico de larga distancia.

Sin embargo, el costo para implementar DWDM no es automáticamente compensado por los ahorros operacionales. En consecuencia, los proveedores metro deben absolver los costos de implementar DWDM óptico en cada nodo antes de que la demanda se haya materializado completamente. Los operadores podrían beneficiarse efectivamente, siempre que se cumpla adicionar ancho de banda óptico sobre la base de una demanda real.

A. 8. 11. 7. Aprovevisionamiento en multicapas

El enfoque de proveisionamiento en múltiples capas fue desaprobado por completo cuando los datos toman el centro del escenario. Dado el formidable incremento de ancho de banda en la red de acceso, acompañado con la rápida expansión de las redes, las capas operativas requeridas aumentan ocasionando inaceptables niveles y consumiendo valiosos recursos del operador. No solo el considerable equipamiento emplea importante espacio físico en la central y requiere además la reubicación de los equipos, sino también necesita proveer elevada instrucción al personal para poder administrar cada capa por separado.

Por ello, en la nueva generación SONET, los proveedores han desarrollado productos que integran la funcionalidad SONET ADM con una función cross-connect TDM granular. Con este nivel de integración, los operadores pueden empaquetar más eficientemente la estructura SONET, con los distintos tipos de tráfico de datos. Sin embargo, estas soluciones deben integrar la conmutación ATM y el tráfico en tramas con el DWDM óptico. En consecuencia, para ofrecen los operadores, un completo rango de servicios, necesitan adicionar capas de equipos complementarios y encarar el desafío de un proveisionamiento fragmentado.

A. 8. 11. 8. Plataforma metro DWDM para multiservicios

Una nueva generación de plataforma de transporte metropolitana está emergiendo, la misma permite a los operadores acotar las ineficiencias del tradicional enfoque multicapa. Estas plataformas multiservicio son integralmente escalables, en conjunción con un transporte óptico eficiente que lleva efectivamente las funciones del tradicional enfoque multicapa dentro de un equipamiento de única capa.

Esto no solamente ayuda a los operadores preservar el espacio existente en las centrales, sino también simplifica considerablemente la administración y el proveisionamiento de equipos. Estas plataformas logran además, el objetivo de escalamiento de la infraestructura de fibra, introduciendo DWDM óptica dentro del entorno metro, mediante técnicas que poseen costos corrientes. Esta nueva plataforma multiservicio permite que las longitudes de onda DWDM se enfoquen sobre la base de extremo a extremo, con una inversión DWDM echa solo cuando cuente con suficiente y real demanda.

Para maximizar aún mas el uso de los recursos ópticos estas plataformas integran granulares matrices de conmutación y de Cross-Connect, que pueden empaquetar eficientemente la carga útil de SONET con la mezcla de los tipos de tráfico de datos, minimizando así el ancho de banda ocioso. Estas nuevas generaciones de plataforma DWDM metro, arbitra una arquitectura que combina la conjunción de servicios flexibles, con un transporte óptico eficiente y escalable. Esta arquitectura utiliza multiservicios conmutados y multiplexados que manejen un eficiente tráfico de servicios dentro de las longitudes de onda óptica.

A. 8. 11. 9. Rango flexible en las interfaces de servicios

Para ser efectiva, la arquitectura de transporte de multiservicios debe incluir un amplio rango de interfaces tributarias que colecten cualquier mezcla de tráfico en el entorno me-

tro. Al poseer una variedad flexible de interfaces tributarias, estas plataformas permitirán a los operadores orientar los accesos empleados.

Aún, a los accesos dominados por TDM y ATM, mientras que se posesionen a un soporte de paquetes incrementado, tal como el GigaEthernet.

A. 8. 11. 10. Conmutación granular escalable

Una característica esencial de estas plataformas es poseer la habilidad de ordenar el tráfico desde cualquier interfaz, independientemente del tipo de protocolo, dentro de la longitud de onda SONET, evitando un ancho de banda ocioso.

Por lo tanto, una arquitectura efectivamente integrada incluirá una conmutación no bloqueante, implementada por tráfico IP, ATM, y TDM, que pueda armonizar la tasa de tráfico de datos a un nivel mucho más bajo de granularidad que la del tradicional transporte SONET. Por ejemplo estas plataformas podrían absorber un tráfico

GigaEthernet y mapearlo dentro un selecto número de contenedores STS-1 (52 Mb/s) de una carga útil de SONET, en vez de consumir un completo OC-48. . Ellos pueden empaquetar una longitud de onda OC-48 o OC-192 con una combinación de tráfico de servicio IP, TDM o ATM.

A. 8. 11. 11. Plataformas de transporte integradas

Las plataformas de transporte integradas para la red metro, engloban distintas soluciones de la nueva generación SONET con DWDM óptico, permitiendo a los operadores obtener sus infraestructuras óptica con mejores costos que sin el enfoque del gran portador granular.

Estos sistemas han eliminado la histórica barrera para introducir DWDM en la metro, combinando el bajo costo óptico del 1310 nm, con la opción de alcanzar 1550 nm sobre longitudes de onda DWDM.

Este nuevo enfoque permite a los proveedores de servicios del metro, introducir construcciones ópticas a menor costo, compartiendo 1310 nm operado en anillo a OC-48. Luego, cuando el volumen de tráfico se incrementa, los proveedores pueden emplear 1550 nm operando con longitudes de onda DWDM a OC-48, sobre una misma fibra óptica y basándose en redes punto a punto (Fig. 24).

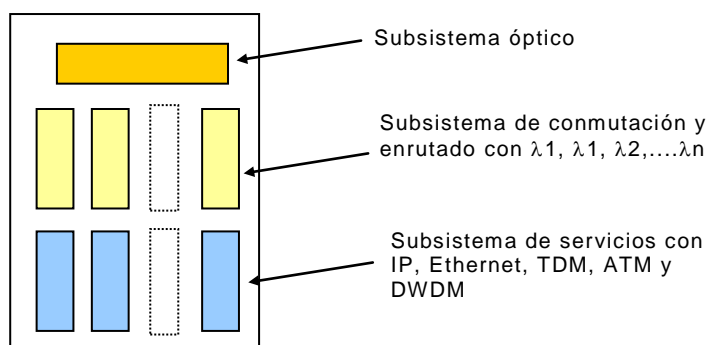


Fig. 24 - Integración de servicios, la red óptica y sistemas

Al combinar multiprotocolos con la capacidad de longitud de onda descrito anteriormente, este enfoque incremental de DWDM permite a los operadores usar longitud de onda DWDM solo cuando fuese absolutamente necesario y cuando haciendo esto se aseguran que se están empleando lo mejor posible.

Con la capacidad de esta nueva generación de plataformas metro, los operadores tienen la oportunidad de construir sistemas de transporte metropolitano, altamente eficientes,

escalables y manejables, que pueden verdaderamente dominar la explosiva demanda por ancho de banda sobre el lado de acceso, mediante un formidable equipamiento en su red central.

A. 8. 12. Nueva jerarquía de colectores en la red metro

Con esta generación de plataformas ópticas, los operadores pueden construir sistemas colectores altamente eficientes en la red metropolitana, que vincule la combinación diferenciada de tráfico de alto ancho de banda, presente en el acceso encaminándolo a la red backbone central.

Los operadores despliegan sistemas multicapas para recolectar el tráfico de acceso hasta los bordes de la red, transportando éste a través de la red metro y luego accediéndolo por un anillo colector al backbone central, para su conexión al correspondiente operador de servicios de larga distancia. La potente capacidad de acomodación de la plataforma multiservicios integral, es utilizada a cada paso a lo largo de todo el trayecto, asegurando así que la longitud de onda se utilice totalmente.

Mientras la característica de transporte óptico y la ventaja de acomodación de estas plataformas integrales, son necesarias a cada nivel de la jerarquía, el empaquetado de esta conformación debe progresar hasta acomodarse a un nivel alto de agregación, como tráfico que se desplaza desde el borde del sistema al punto de presencia (PoP) de larga distancia.

A. 8. 12. 1. Anillos colectores

El anillo colector óptico, representa el proceso de incorporación de tráfico, desde el punto-de-demarcación PoD, en el domicilio del abonado, hasta cada oficina central telefónica. También oficia de concentrador-distribuidor en un punto-de-presencia PoP, el que podrá tener el carácter de larga distancia (haul long), corta distancia (haul short), regional o local (Fig. 25).

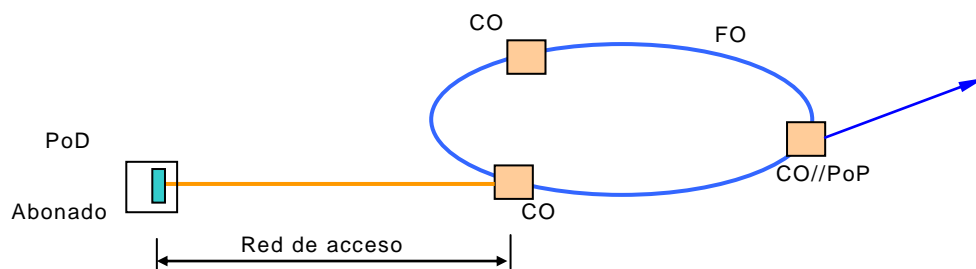


Fig. 25 - Anillo colector

En esta fase, el tráfico multiservicio recibido en las oficinas centrales y los PoP localizados sobre el borde de la red de proveedores, es transportado sobre las infraestructuras ópticas. La plataforma de recolección empleada en este sitio, podría sustentar un completo rango de interfaces TDM, ATM e IP, con posible soporte de otros tipos de sistemas tales como ser Fibra Canal, de forma tal que los operadores puedan manejar flexiblemente cualquier combinación de servicios.

Al momento de satisfacer el crecimiento anticipado, sobre el borde del acceso de la red metro, estas plataformas integrales deberán ser capaces de reunir, por ejemplo hasta cuatro longitudes de onda en el punto Add /Drop, para alcanzar entonces el anillo colector. En estos nodos de borde, donde los recursos de la central son escasos y el emplazamiento de equipos ha limitado su espacio, es esencial que los operadores maximicen el uso del ancho de banda.

Esta plataforma de transporte metro presenta una ofensiva ideal con la habilidad del manejo de longitudes de onda del DWDM sobre demanda y con la flexibilidad de multiprotocolo.

A. 8. 12. 2. Anillos centrales de la red metro

En el centro del metro o anillo regional, la jerarquía de capa es la responsable de la acomodación del tráfico suministrado por los múltiples nodos del anillo colector, mediante una eficiente entrega al PoP del operador de larga distancia. Los implementos soportan este nivel de jerarquía por medio de nodos Hub, requiriendo alta escala de empaquetamiento de la conformación integral de transporte descripta anteriormente.

A través del nodo Hub, se requiere encaminar todas las longitudes de onda suministradas sobre el anillo colector, típicamente de 8 á 16 longitudes de onda OC-48 y reordenar el tráfico recolectado dentro de las longitudes de onda de los servicios específicos, para mantener completamente utilizado al portador backbone.

La misión primaria del anillo central, es la de proveer servicios de enrutamiento de alta capacidad, hasta el anillo colector al PoP de larga distancia. Un nodo Hub, desde un anillo colector asignado, debería terminar alrededor de 16 longitudes de onda OC-48. Luego podrían necesitarse desmultiplexar estas longitudes de onda, reordenar el tráfico y luego multiplexar ese tráfico dentro del anillo central del metro, idealmente en la forma de 4 longitudes de onda OC-192. Soportando 8 nodos Hub sobre el anillo central del metro, podría conducir a un requerimiento de soportar tanto como de 32 longitudes de onda OC-192 sobre ese anillo.

Como en los anillos colectores, el requerimiento clave es que estas longitudes de onda sean tan útiles como fuese posible, es esencial que de la plataforma de transporte metro, posea la característica de agregación de servicios avanzada.

A. 8. 12. 3. POP de larga distancia

Virtualmente, todo el tráfico generado en la red metropolitana debe encontrar su camino a la PoP de larga distancia, donde éste debe ser conducido a la apropiada tasa de cada uno de los servicios, de los distintos operadores.

El nodo Hub constituido en el PoP de larga distancia, debe ser capaz de demultiplexar todas las longitudes de onda sobre el anillo central de la red metropolitana, de forma tal que este tráfico pueda ser distribuido al apropiado operador de servicios. De este forma, el nodo Hub podría necesitar demultiplexar completamente arriba de 32 canales OC-192, empleando una conmutación integral, para luego entregar el tráfico de los varios operadores de servicios, a la velocidad apropiada.

El potencial de esta tecnología de transporte integral, para la red metro, es que tal tráfico puede ser empaquetado dentro una plataforma de escala variable, permitiendo acomodar aplicaciones de la misma jerarquía a cada nivel de la jerarquía metro. Este homogéneo aprovisionamiento simplifica satisfactoriamente la ecuación de administración para los operadores, desde que ellos ahora suministran ancho de banda a través de la red metro, sobre la base del manejo de tráfico extremo a extremo, empleando la misma interfaz de administración de red.

Con la habilidad de construir estas jerarquías eficientes de acomodación, los proveedores de metro pueden escalar sus infraestructuras de transporte para absorber un amplio crecimiento del ancho de banda, ocurrido en ambos lados de la red, los accesos o los backbone.

Luego para los proveedores, esta generación de plataformas integrales de transporte de multiservicios, será la tecnología óptima, que combinan la agregación de multiservicios con transporte óptico escalable.

Estos sistemas están libres de las limitaciones inherentes al tradicional aprovisionamiento SONET multicapa, permitiendo a los proveedores remover el histórico cuello de botella de ancho de banda en la red metro.

A. 8. 12. 4. Anillos DWDM con multiacceso

La relación de crecimiento exponencial de Internet, presiona a sus proveedores en satisfacer mayores anchos de banda, por añadidura la liberalización del mercado introduce las redes de paquete sobre las redes de circuito conmutados, y además, adiciona mayores servicios de valor agregado. Ambas demandas exigen nuevas arquitecturas, para el entorno de las redes de acceso y de su conmutación local.

El tradicional anillo SONET, no puede soportar los anchos de banda requeridos para una futura red IP. Un anillo OC-192 puede solamente soportar conexiones a 4 routers con interfaces de OC-48. Las futuras redes en anillos deben conectar muchos nodos con 2.5 Mb/s y con superiores interfaces. Al emerger de DWDM, significó un acontecimiento para las redes de interconexión entre centrales locales. Sus operadores de larga distancia IXC han podido emplear IP sobre DWDM, incrementando su ancho de banda y conectividad. Nuevas topologías se han preparado para el tráfico IP sobre anillos DWDM.

En las grandes redes, una conexión directa entre todos los nodos resulta muy costosa. Desde que $N(N-1)$ conexiones deben ser establecidas para N nodos, para 16 nodos se requiere una malla de 240 conexiones o en el caso de DWDM, 240 longitudes de onda.

A. 8. 12. 5. Alternativas de soluciones

En un primer examen, un receptor Laser Sintonizable aparece como una muy atractiva solución, en lugar de tener una conexión directa a todos los nodos del anillo. Un elemento de longitud de onda variable, es utilizado para establecer la conexión a un nodo deseado. Esto permite emplear un transmisor / receptor común, en cada nodo. Aunque el precio de tal elemento óptico está en un orden superior al habitual para un componente tradicional, se espera decrezca con su fabricación masiva.

Los sistemas de conectividad conmutada están disponibles, sin embargo, el desafío es ofrecer interconectividad al nivel de paquetes entre los nodos. En un sistema de Laser Sintonizable, cada nodo del anillo puede bajar una sola longitud de onda y transmitir a cualquier otra longitud de onda. Los paquetes son transmitidos sobre la correspondiente longitud de onda, hasta alcanzar el nodo de destino requerido.

No obstante, si un nodo intenta transmitir paquetes, en esa misma dirección y en esa misma longitud de onda, se origina una colisión. Para superar esto, se requiere una señal fuera de banda que supedite la trayectoria sobre la red. Asimismo, los constantes cambios de longitud de onda pueden hacer estragos sobre un EDFA, si no se asegura una ganancia constante desde el amplificador.

Por otra parte, la distribución de paquete por paquete sobre una longitud de onda requiere rápida y precisa sintonía en el tiempo del Laser. Un paquete de 64 Byte, a 2.5 Gb/s, solo dura 200 ns; de tal forma el tiempo de sintonía debe ser consideradamente menor.

Una segunda solución es la llamada, Margarita Encadenada (Daisy Chaining). En ésta se introduce un Token Ring en una red FDDI y los paquetes pasan de nodo en nodo, bajo el anillo hasta que alcanzan su destino. Para lograr una alta cadencia sobre tal red, los nodos adyacentes deben tener un muy superior ancho de banda, respecto a los nodos separados del anillo.

Podremos incrementar el ancho de banda en la red, sin incrementar el uso de fibra, ya por el incremento de la velocidad en bit o situando múltiples anillos sobre la misma fibra, utilizando la tecnología DWDM. Para comparar esta solución económicamente debemos

calcular cuantos trancectores DWDM son necesarios para mantener algún ancho de banda fijo por nodo, mientras se expande el ancho de banda.

Otra alternativa para la conexión de un anillo, es vía un nodo OADM. En lugar de usar capacidad electrónica Add /Drop en cada nodo, se emplea la capacidad óptica Add/Drop. Un nodo Add /Drop óptico, puede solo remover parte del tráfico sobre el anillo, mientras el resto pasa a su través.

En un sistema Central Cross Connect, cada Nodo de Acceso sobre el anillo, es asignado a una diferente longitud de onda, con el Nodo Central transmitiendo y recibiendo todas las longitudes de onda. Los paquetes son enviados primero desde los Nodos de Borde a los Nodos Centrales, que procesan los datos y reenvía los paquetes sobre la apropiada longitud de onda, para alcanzar el correcto nodo de destino.

Para la protección del corte de una fibra, la señal debe ser enviada sobre el anillo en ambas direcciones, en sentido horario y contra horario. Esta señal alcanza a cuatro trancectores DWDM para proteger la longitud de onda, dos a un nodo borde y dos a un nodo central.

Otro sistema de arquitectura Cross Connect en Nodo Central, constituido por un usual Router IP, ubica junto un router inteligente y soporte multiprotocolo. Tal sistema podrá manejar transporte y distribución como Router Tb/Gb. Este sistema provee una recuperación en 50 ms desde el corte de una fibra. En esta arquitectura, para evitar el riesgo posible de que se caiga el nodo Cross Conect Central, se ha implementado una unidad redundante, con otro router inteligente y soporte multiprotocolo.

El sistema DWDM debe direccionar su infraestructura a la conectividad basada en paquetes, en vistas a la convergencia de las comunicaciones. Tal sistema debe representar no solo un gran caño físico para enviar datos, sino transformarse significando una parte integral de la red.

A. 8. 12. 6. Evolución de la red metropolitana

En el tradicional SONET /SDH todo el ancho de banda es procesado electrónicamente en cada nodo del anillo, aún si solo fuera necesario acceder a un pequeño ancho de banda. A diferencia en el sistema DWDM, el OADM puede seleccionar el tráfico necesario y procesar electrónicamente solo ese tráfico, mientras el restante pasa sin su gestión. Ello deriva en el consiguiente ahorro de costos de operación, brindando al cliente la posibilidad de abonar solo el canal y el tiempo en que lo usa.

La red metropolitana, en grandes ciudades, se secciona clasificando, en red núcleo central (core), donde se dispone de un muy alto tráfico concentrado y en la red de borde periférico (edge), donde se colecta el tráfico diseminado de esas extensas áreas. Mientras muchas aplicaciones en la red de borde metro son satisfechas, mediante arquitectura Hub, en la red metro central la demanda de tráfico de 10 Gb/s se suele resolver con un patrón de red mallada.

La forma de reducir el costo de tan alta capacitación de conexión, es bajar el costo de las interfaces de alta velocidad. Las interfaces de 1300 nm más comúnmente utilizados, proveen potencia suficiente para cubrir los tramos de cortas extensiones.

Se diseñan para soportar variadas conectividades simultáneamente sobre una misma fibra óptica, punto a punto, concentradas en los Hub y en configuraciones de anillo. La arquitectura abierta permite manejar interfaces ópticas SONET /SDH, como equipos de conmutación ATM, o Fast IP, y más embebidos sistemas de administración y protección de red.

Para disminuir los costos en la red metro, los sistemas en OC-192, aplicados en sus anillos ópticos, incluyen menos sensibilidad en los parámetros de las fibras, particularmente pérdidas de atenuación y dispersión. Una típica instalación tiene 12 nodos en anillos, con una circunferencia de 40 Km.

En áreas rurales o suburbanas se emplean cables de 48 a 96 fibras, mientras que en urbanas de 244 a 432 fibras por cable. Aplicaciones DWDM son justificables en áreas suburbanas con distancia entre nodos de 3 a 5 Km, tanto para acceso como interoficina. Un período de amortización típico es de 5 años por lo que deberá cubrir en ese período suficiente demanda de tráfico que financie la capacidad del sistema.

Según las demandas de alto tráfico y las posibilidades económicas, estas plataformas ópticas estarán proporcionadas con sistemas DWDM, para un mayor ancho de banda con WWDM o los más económicos CWDM. Emplearán amplificación óptica distribuida con la EDFA, la conmutación óptica de elementos microóptomecánicos MOEM Switching, o los cross connect ópticos OXC ó de 3ª generación de banda ancha WXC. Estos elementos serán discutidos más adelante.

Esta red óptica podrá evolucionar desde una configuración con anillos de acceso, en anillo colector y concentración Hub para la red borde, con una configuración mallada para la red central, ambas interconectadas por Hub. Se permite bajo la misma plataforma DWDM llegar a una configuración en la que desaparece la diferencia entre anillos (Fig. 26).

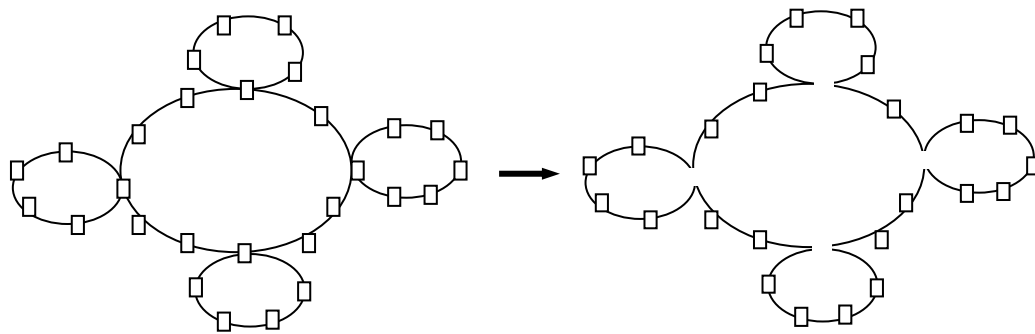


Fig. 26 - Evolución de la red metropolitana

A. 8. 13. EDFA integrada en redes HFC

Los operadores de CATV llevan en sus redes, híbridas fibra coaxial HFC, el tramo de fibra óptica cada vez mas cerca del abonado. Además, están tomando las ventajas de la tecnología de 1550 nm, que proporciona las primacías de disponer pérdidas por kilómetro menores en un 30%, respecto a las longitudes de onda de 1310 nm. Asimismo, la red óptica total, All Optical To Optical OO, se ha hecho realidad mediante el empleo del EDFA, que permite menores pérdidas en la red troncal (backbone), así como mayor cantidad de canales en la red de área metropolitana.

A. 8. 13. 1. Elementos de una HFC

Una típica red HFC de banda ancha (broadband), esta formada por tres elementos principales: una cabecera principal, cabeceras secundarias y nodos ópticos. La señal desde la red pública o desde un satélite, es transferida a la fibra, en la cabecera principal, que a su vez alimenta a las cabeceras secundarias, a los concentradores (Hub) y de allí a los nodos ópticos. En cada nodo la señal óptica es transformada en señal eléctrica y llevada a una red coaxial, que la distribuye entre 500 ó 2000 hogares.

La red entre cabeceras se conoce como de super entroncamiento, la conexión entre cabeceras y Hub se denomina red de entroncamiento, mientras que desde los Hub hasta los nodos de dispersión, se denomina red de distribución.

El super entroncamiento y los entroncamientos cubren distancias de 30 a 150 Km, frecuentemente servidas con tecnología de 1550 nm y técnica EDFA, para mantener la señal en "calidad de estudio". En los Hub la señal es distribuida a los nodos mediante distribuidores con realimentación DFB Laser de 1310 nm, o por amplificadores EDFA y los Splitter 1:n.

A. 8. 13. 2. Tendencia de las redes HFC

La tendencia de las redes HFC esta dirigida a emplear mayor cantidad de nodos ópticos, pero menores, migrando a la FTTC o FTTN. Con unos pocos transmisores EDFA se podrá distribuir la señal a una gran cantidad de nodos. A fin de mantener una alta figura de mérito, relación-signal-ruido CNR, los EDFA requieren una optima potencia de entrada, asimismo el efecto óptico de dispersión-por-estimulación-de-Brillouin SBS, deberá ser tratado en estos amplificadores.

A. 8. 14. Sistemas ATM PON y FSAN

La llegada de la fibra óptica hasta el hogar y a la oficina, con la red ATM-totalmente-óptica ATM-PON, permitió incrementar la capacidad disponible al usuario final, respecto a la red-híbrida-fibra-cobre HFC. La red ATM PON amplía enormemente el ancho de banda disponible al cliente, posibilitando la red-de-fibra-al-hogar FTTH, como la red-de-fibra-al edificio FTTB ó también la red-de-fibra-al-escritorio FTTD y poder brindar así, mejores servicios de Internet y video-sobre-demanda VoD.

Estos sistemas son exclusivos de un edificio e incluso de un escritorio personal, a diferencia de los sistemas de última milla que solo aproximan hasta unos pocos kilómetros, la fibra óptica al domicilio del abonado. Por esta razón muchas veces se les denominan técnicas de diseño del último metro.

Para implementar esta red ATM PON, se ha ideado el sistema de Red De Acceso De Servicio Completo FSAN (Full Service Access Networks), que emplea la topología FTTH. El sistema FSAN, ha sido estandarizado en octubre de 1998, bajo la recomendación G.983.1, de la ITU-T. Este sistema ha sido desarrollado por Fujitsu Limited y la Nippon Telegraph and Telephone (NTT).

El sistema ATM PON permite compartir más de 64 unidades-ópticas-de-red ONU, empleando y la tecnología combinada de transporte ATM con divisores-pasivos-ópticos POS. Estos separan las longitudes de onda de 1310 nm y de 1550 nm, en los sentidos downstream y upstream, sobre la misma fibra.

Un módulo en la central, denominado terminal-de-línea-óptico OLT, difunde una señal (broadcast) en sentido downstream, con una TDM de 53 byte en ranuras de tiempo (timeslots), portando celdas de Capa Física de Operación, Gestión y Mantenimiento PLO-AM (Physical Layer Operations Administration and Maintenance). Las celdas ATM pueden ser transportadas a velocidades de 155.52 Mb/s ó 622.08 Mb/s. Se forman, tramas de 56 consecutivos 53 Byte timeslots.

En sentido contrario upstream, se emplea el TDMA, usando 56 byte timeslots, con velocidad de 155.52 Mb/s. Se forman tramas de 53 consecutivos 56 byte timeslots, con modo de sincronización "burst", comandado por el OLT receptor.

Un mecanismo de "división de slot", es definido para permitir que un solo timeslot sea subdividido en múltiples consecutivos minislots, cada uno con 3 byte de encabezamiento y una carga útil (payload) fija. Un mini slot definido en un módulo remoto denominado unidad de red óptica ONU, significa al OLT suministrar un ancho de banda sobre demanda.

El OLT mide la distancia desde el ONT demandante y asigna un ajuste de retardo para ecualizar la transmisión y su sincronismo en la señal downstream a transmitir. La transmisión desde la OLT hacia la ONT, podrá ser del modo punto a punto o punto multipunto, para ello se emplea un identificador-de-camino-virtual VPI de la ATM.

Puesto que las celdas en camino downstream son difundidas (broadcast) a todos los ONU, se debe establecer un camino-virtual (VP), desde una OLT hacia una ONT, mediante un VPI de la ATM.

A. 8. 15. Distribución, inserción y extracción

Permanentemente se agregan nuevos elementos constitutivos al desarrollo de las redes ópticas. Entre estos los que mayor eficiencia de flexibilización del servicio son los que permiten constituir una red-virtual-permanente VPN, los conmutadores-de-etiquetado-multiprotocolo MPLS, los routers-conmutador-etiquetador LSR, la gran variedad de los sistema-distribuidor-digital DCS y el ya visto múltiplexor-óptico-de-inserción-extracción OADM. Veremos algunos de los mayormente empleados y también algunos anunciados.

A. 8. 15. 1. Plataforma VPN / MPLS

Una red-privada-virtual VPN podrá estar constituida sobre una red compartida, como la Internet pública o una construida y administrada exclusivamente para clientes VPN. El concepto de red privada se logrará con el estándar IP-de-seguridad IPsec.

El trabajo realizado por el IETF, expande la capacidad de administración de este protocolo y provee mas opciones para autenticar a los usuarios.

Una VPN IP, representa ser una red privada construida dentro de una infraestructura IP, pública o distribuida. Desde principios de 1998 la vpn, a sido uno de los sistemas mas comentados. Los operadores de redes indican los beneficios de estas redes:

- Es relativamente económica,
- Está basada en estándares ya establecidos,
- Provee cobertura global y
- Representa el camino mas corto para establecer una red Extranet.

La investigación en el reciente mercado indica su rendimiento económico, tecnológico y de servicio. Dispone de la habilidad en proveer trabajo remoto mediante los recursos de la red y seguridad en la interconexión a oficinas remotas, lo que facilita la creación de una Intranet.

Los VPN ofrecen, tres tipos de aplicaciones, administrada en un porcentaje similar para cada una de ellas:

- Acceso remoto al usuario (34%),
- Intranet, "sitio a sitio" (30%) y
- Extranet (34%).

La VPN es escalable y permite cambia de orientación de acuerdo a requerimientos. Los ahorros obtenidas por las empresas respecto a otros sistemas, en la solución de acceso remoto, son del rango 30 al 70%, para conexiones dentro de USA, si es hacia el exterior de USA podrán llegar al 90%. Para la solución "sitio a sitio", en USA es del 70%.

Se indica que la instalación Frame Relay, con respecto a VPN IP, es mas económica, para los caso de pequeñas redes, no del tipo malla. Pero el real beneficio no descansa aquí sino en la cobertura Internet VPN. La tendencia es construir VPN en un entorno WAN global.

Mediante la tecnología de conmutación-por-etiquetado-multiprotocolo MPLS, se permite ofrecer servicios de clase CoS, en calidad de servicio QoS garantizado.

A. 8. 15. 2. Funcionalidad de las VPN /MPLS

Constituyendo las VPN, los operadores podrán tratar a la red pública Internet como su propia privada WAN, permitiendo conectar sus oficinas remotas y llevar a cabo el comercio electrónico, dando soporte a sus clientes e interactuando con sus proveedores y otras empresas del grupo.

Las primeras implementaciones de las VPN utilizaban, circuitos virtuales permanentes PVC y técnicas de entunelado, teniendo un completo éxito. Sin embargo, como tal conectividad requiere un vasto crecimiento, son demandados disponer de escalabilidad y administración. La tecnología MPLS (Multiprotocolo Label Switching), de Cisco, permite la construcción de una malla VPN IP que faculta soportar múltiples niveles de servicios y una ilimitada escalabilidad.

A. 8. 15. 3. Los inconvenientes de las VPN tradicionales

Muchos de los actuales VPN desarrollados, se pliegan a uno de los dos métodos básicos presentes. El método más costoso, establece una red punto a punto al nivel de Capa 2, utilizando PVC, Frame Relay ó ATM. Esta implementación requiere el mapeo de un único identificador en cada sitio, en el grupo usuario cercano y administrar los sitios que pueden intercambiar comunicaciones. La necesidad de establecer y administrar una completa malla de circuitos virtuales con la concepción a una WAN, hace a la dificultad de agregar rápidamente, grandes volúmenes de nuevos sitios, ya que cada uno debe conectar a una creciente población de emplazamientos.

Otra opción VPN, es crear una malla de túneles punto a punto, entre routers de borde de la red de servicio del proveedor. Las redes de clientes y proveedores, utilizan el mismo protocolo IP y cada router proveedor debe mantener la información de enrutado completa acerca de todas las redes de cliente. Así, los router de borde deben intercambiar información del estado de direcciones y enlaces, con cada uno de los otros routers.

El volumen de información de enrutado que cada router debe mantener se incrementa geoméricamente. Al ser agregados nuevos sitios, crece la escalabilidad desafiantemente. Utilizando PVC ó entunelado los proveedores de servicio deben definir una nueva topología de red por cada nuevo cliente. Efectuar esto es sumamente costoso y es una de las razones por que muchos proveedores no han sido capaces de justificar el ofrecimiento del servicio VPN, a cliente de negocios pequeños y medianos.

La QoS es otro desafío a las VPN. Las PVC, Frame Relay y ATM, permiten implementar una variedad de niveles de servicio utilizando mecanismos como ser, memoria PVC. Sin embargo, según se incrementa los tamaños de red administrar múltiples niveles de servicio a través de múltiples PVC por cada VPN, puede ser un obstáculo administrativo.

En el escenario denominado de entunelado, la tecnología IPsec y el Encapsulado de Ruta Genérica GRE (Generic Route Encapsulation), proveen a la VPN, la QoS que ella de por sí no dispone.

A. 8. 15. 4. El montaje de una gran red malla

La tecnología VPN /MPLS, incorpora todas las capacidades de las redes existentes VPN y también permite una robusta QoS. Las VPN /MPLS están implementadas al nivel de Capa 3 pero no se emplea entunelado, luego podrá ser escalables ilimitadamente.

Además los clientes ganan la privacidad equivalente a la provista por las PVC, Frame Relay y ATM, puesto que MPLS constriñe la distribución de información enrutándola a los routers, que son miembros de una particular VPN.

El proveedor de servicio, que utiliza la implementación MPLS, puede ofrecer múltiples niveles de servicio aún con la misma VPN, puesto que los etiquetados de MPLS incluyen, información del tráfico prioritario. La función de etiquetado prioritario, es estandarizada por la IETF.

Los costos soportados por el cliente, son menores con las VPN /MPLS, puesto que el monto por enrutado especializado requerido, prácticamente no existe. Además los proveedores de servicio disfrutan menores costos de operación, puesto que la carga de enrutado en sus redes, se ve reducida considerablemente, comparado con las soluciones tradicionales de administración de enrutado.

Los clientes pagarán menos por esta administración de red IP, respecto a lo que ellos gastan en las conexiones Frame Relay. Una VPN IP de 25 nodos costará alrededor del 80% menos, para tan solo la porción PVC de una red Frame Relay. El ahorro se debe a no tener que correr PVC, entre todos los pares de sitios VPN (y los asociados cargos mensuales de los PVC implicados), así como disponer de una economía operacional con una aliviada carga de enrutado.

Con VPN /MPLS, por ejemplo, un proveedor podrá soportar 1 millón de sitios, 1000 VPN con 1000 sitios cada uno, o 10000 VPN con 100 sitios cada uno, sobre un solo backbone. Futuros redes podrán soportar mas de 10 millones de sitios.

La escalabilidad es facilitada, en parte, puesto que ningún implemento de la red, debe conocer todas las rutas VPN. Ello significa que no hay ni un solo punto de embotellamiento. Los routers locales del cliente (router POP) son pareados solo con un router borde, un router borde solamente soporta rutas VPN, y no hay requerimiento, para los implementos centrales de la red, acerca de conocer las rutas VPN.

A. 8. 15. 5. La misión de los Routers y de los Switches

En las VPN /MPLS el backbone del proveedor de servicios esta compuesto de los router-conmutador-etiquetador LSR, del tipo de borde y central. Los router borde, se enlazan con los routers locales del cliente, corriendo software de enrutado estándar y los implementos se comunican con cualquiera otra vía IP.

Estos intercambian protocolo-de-información-de-enrutado RIPv2, a través del, protocolo-de-gateway-de-borde-exterior EBGp. En la red del proveedor, el router de borde emplea MPLS y el protocolo-de-gateway-de-borde-interior - multiprotocolo MP-IBGP, para comunicarse con otros routers y distribuir información a la VPN.

Los router centrales MPLS, comparten un protocolo común interno protocolo-de-puerto-interno IGP, con los router de borde, pero no corren protocolo-de-borde-entrada-salida-a-través-de-TCP/IP BGP, y no pueden distinguir un VPN de otro.

Desde que los router centrales no tienen que portar direcciones VPN, las redes de proveedores alcanzarán a establecer mas y mayores VPN.

Los router de borde mantendrán tablas de enrutado, separadas para enrutado VPN y globales. Las tablas de enrutado globales contienen todas las rutas de borde y centrales y es acreditado por el enrutado IGP, corriendo a través del backbone VPN.

Una tabla de enrutado y emisión VPN VRF, es asociada con cada VPN y puede incluir información acerca de uno o más sitios de clientes directamente conectados.

Solapando la dirección IP se facilita el esquema de direccionalidad VPN IP, en forma que también garantice la exclusividad global. La segmentación pre-VPN de información de enrutado, puede tomar lugar en un solo router de borde, permitiendo al router que soporten múltiples clientes VPN.

A. 8. 15. 6. Características del modelo VPN /MPLS

El modelo VPN / MPLS soporta la comunicación uno a uno (completando la malla), en todas los sitios de la red. Muchos clientes comparten el mismo backbone IP, pero la comunidad de intereses de protocolos BGP, es empleada para definir los router que pertenezcan a cada VPN. El proveedor de servicios, luego fija la política que constriñe la distribución de información de enrutado a routers, que pertenezcan a un cierto VPN.

En vez de parear con cualquier otro sitio VPN, los router locales del cliente para solo con el router, punto de presencia (POP) local, del proveedor de servicio. Ese router recibe y mantiene información solamente para VPN directamente conectadas a él. Consecuentemente los clientes que están manejando sus propias VPN, encuentran el enrutado bajo el modelo MPLS, completamente simple. En vez de tratar con una compleja red consistente en decenas de PVC, en Capa 2 o enormes tablas de enrutado en Capa 3, ellos pueden emplear a todos sus sitios, el backbone del proveedor de servicio, como ruta por defecto.

A. 8. 15. 7. Consideraciones de direccionalidad

Muchos clientes han utilizado el esquema de direccionamiento privado, mas bien que el de direccionamiento IP global, luego el proveedor de servicios necesita una eficiente forma de convenir un solapado de no única dirección. Una solución es agregar una ruta-distintiva RD, a la dirección IP de cada cliente.

El proveedor de servicio estará haciendo tal asignación independientemente de cualquier otra, pero ellos pueden asegurar la exclusividad global de cada RD, por la inclusión de su exclusivo sistema-autónomo AS, numerados como parte del RD. Con esta implementación los clientes no tendrán que reenumerar sus nodos y el operador no tendrá que tratar la translación de direcciones.

A. 8. 15. 8. Supervivencia de un paquete

En una VPN /MPLS, un router conectado a un sitio de un cliente, recibe un paquete y hace a una búsqueda local, si no puede encontrar su correlación, expide el paquete a otro router que éste solamente ve, el local POP del proveedor de servicios. No hay necesidad para el cliente, de correr el software MPLS.

El paquete atraviesa la conexión local, de la red del proveedor de servicios y termina sobre la interfaz de acceso del router. Esta interfaz es configurada con un RD, que identifica al particular cliente VPN y una tabla VRF, asociada con éste.

Dos etiquetas están asociadas con la dirección VPN IP: una etiqueta interna que identifica al VPN y una etiqueta externa que direcciona el siguiente salto a través de la apropiada ruta IGP, en el centro de la red del proveedor.

En tal centro de red, el avance es echo utilizando, salto a salto MPLS, que imita al corriente salto a salto del expedidor IP, pero hace la búsqueda basada sobre la etiqueta en vez de la dirección IP. Puede ser utilizado, cualquier tipo de router o switch ATM que soporte el protocolo-de-distribución-de-capas LDP.

El paquete circula mediante un router de acceso, que utiliza la etiqueta de salida para avanzar a otro router de acceso. Cuando el paquete llega al router de egreso, la etiqueta de salida es removida, y la etiqueta de entrada dice al router, a través de que interfaz de salida (por ejemplo que VPN) será enviado el paquete.

El uso de dos niveles de etiquetas incrementa la escalabilidad de las VPN /MPLS. La etiqueta interior porta solo las rutas IGP, no las rutas VPN. Solo el router de borde porta las rutas VPN y ellos solamente portan las rutas para las VPN de los que ellos son miembro.

A. 8. 15. 9. Conexión a la Internet

Los clientes podrían desear que sus VPN sean conectadas a la red Internet. En una VPN /MPLS la tabla de enrutado Internet es tratada separadamente. El enrutado Internet está mantenido en la tabla de enrutado global de los router borde y las etiquetas no son asignadas a routers externos.

Una ruta por defecto que apunta a un gateway Internet, es instalada a una tabla VRF de sitios. Esta ruta por defecto no es parte de ninguna VPN. Una sola etiqueta (la ruta elegida por el protocolo IGP en correspondencia a una dirección IP del gateway Internet), es utilizada para expedir paquetes, de acuerdo a la ruta por defecto.

La tabla de enrutado global es no consiente de la ruta del cliente y de los router de borde (router de cliente), pero una ruta estática apuntando a la interfaz, es instalada en la tabla global. Esta ruta es redistribuida dentro de esta tabla global, e informa al gateway Internet. Este gateway Internet, especifica en la ruta por defecto que no será directamente conectada y que diferentes gateway Internet pueden ser usados para diferentes tablas VRF.

Un sitio de cliente puede recibir y anunciar rutas a ó desde Internet, utilizando una sesión dedicada del protocolo EBGp, sobre una interfaz separada. El router de borde del operador importa las rutas del sitio del cliente dentro de la tabla de enrutado global e informa luego a Internet. Este también exporta la ruta por defecto o rutas Internet, al router local del cliente.

A. 8. 16. Coexistencia de ATM e IP, en voz y datos

Se podrá decir que las técnicas ATM e IP, realizan similares tareas. Sus funciones son, transportar sobre líneas troncales y distribuir sobre las líneas locales, información de voz y datos. Estas operaciones la realizan extremo a extremo, es decir, de cliente a cliente.

Podrán coexistir ambas técnicas ATM e IP. La respuesta es que ya lo hacen y no-solo coexisten sino que se complementan. Sin embargo, deberemos analizar si predominará una sobre la otra y en que condiciones lo realizará. Se analiza la conveniencia en cada caso, según el servicio a brindar. Además, se debe considerar su preponderancia hacia el futuro, a fin de que el planificador y diseñador de red pueda discernir mejor su implantación.

Actualmente se efectúan enormes esfuerzos en poder transmitir servicios de voz, sobre las redes originalmente diseñadas para transportar datos. Las técnicas ATM e IP, sirven a este cometido, pero IP será la dominante.

En realidad, los protocolos ATM e IP han sido creados para diferentes entornos de redes de datos. Luego, debido a las características inherentes a cada una de estas redes los servicios, voz sobre ATM VoATM o voz sobre IP VoIP, resultarán más aptas según las diferentes aplicaciones, como veremos seguidamente.

A. 8. 16. 1. Aplicaciones de VoIP

Debido al alto interés presente, en las aplicaciones de Internet, los sistemas VoIP son los más discutidos. En IP el uso de paquetes grandes incrementa la relación de carga útil (payload) respecto a su encabezamiento (overhead), con ello se facilita la transmisión de

datos. Además, puesto que IP emplea paquetes de longitud variable, que van desde 1 KBy hasta más allá de los 65 KBy, el enrutamiento y la direccionalidad toman mayor tiempo. Asimismo cuando un paquete es perdido, un tiempo apreciable es necesario para reenviarlo.

En la transmisión de datos el retardo no importa mayormente, pues la transferencia se memoriza y se puede realizar no estrictamente en tiempo real. Este no es el caso de la transmisión de voz o de video, que si están dados rigurosamente en tiempo real y un retraso por mínimo que fuese, afecta la QoS.

La calidad de voz sobre una red pública deberá ser similar a la efectuada en una conversación cara a cara, sin embargo VoIP introducía en un principio, además de retardo, ruido, eco, jitter y pérdidas de paquetes. Esta condición es similar a una mala transmisión de voz satelital, expresamente cuando se deben realizar varios saltos de transmisión. Allí el retardo produce confusión entre las conversaciones.

En este contexto el uso de VoIP, sería solo motivado por su bajo precio, sin embargo este protocolo ha superado tal inconveniente, debido principalmente a la situación del protocolo H.323, corrientemente empleado para el control de voz sobre IP.

En las nuevas versiones de los estándares que se han desarrollado, la industria ha incorporado la aplicación de VoIP en la red pública y para un vasto conjunto de servicios. Las transmisiones de larga distancia sobre la técnica VoIP, de la totalidad de los respectivos operadores, han dispuesto ya un alto valor de uso de esta técnica.

A. 8. 16. 2. Aplicaciones de VoATM

Aunque la práctica de VoATM, se ha anticipado a la de VoIP, la primera no ha tenido gran aplicación antes del desarrollo de las técnicas DSL. La aplicación de ATM resurge como un estándar (protocolo de Capa 2) a utilizarse para la familia xDSL.

Las técnicas DSL permiten la integración de voz y datos, llegando a cualquier residencia u oficina del cliente, con el par de cobre trenzado de la red telefónica existente. Esto representa la primera gran aplicación de ATM. VoATM provee alta calidad de tráfico de voz debido a la misma naturaleza, inherente de ATM.

Esta técnica está dirigida a portar múltiples y variados tipos de tráfico simultáneos. Posee, además, excelente cualidad para administrar tráfico, con la habilidad de distribuir las distintas clases de servicios, según tipos de tráfico.

La ATM provee una QoS garantizada. A diferencia de los variables paquetes de IP, ATM emplea pequeñas longitudes de paquetes, 53 Byte cada uno denominados celdas. Estas celdas permiten un transporte más rápido y menos susceptible a producir retrasos (con respecto a una red IP), resultando así una más natural calidad de conversación. Los sistemas DSL han sido creados para permitir altas velocidades de datos, sobre la red de cobre existente, integrándola con los servicios de voz, sin producir su degradación de calidad.

Los sistemas ATM asimismo permiten expandir la cantidad de canales de voz, sobre una misma línea. Esta funcionalidad de ATM se logra mediante los adaptadores-de-capa AAL (ATM Adaptation Layer). Un AAL define como el tráfico de voz y datos es convertido a celdas ATM y traslada tan alto servicio TCP / IP, de Capas 4 y 3 respectivamente, dentro del tamaño y formato del protocolo ATM, de Capa 2. Varios son los adaptadores de capa AAL y cada uno acomoda un diferente tipo de tráfico. Los dos más frecuentemente utilizados, para el tráfico de voz, son los AAL1 y AAL2.

VoATM con AAL1 es la tradicional implementación para un servicio ATM del tipo de velocidad constante CBR. El mismo proporciona un circuito de emulación para aplicaciones en circuitos troncales. Asigna un ancho de banda fijo, lo que significa que los recursos de red sean consumidos, aún cuando el tráfico de voz no esté presente y hasta que la co-

nexión concluya. Un adaptador de capas, el AAL2, emplea multiplexación estadística para un servicio ATM de velocidad variable, VBR. El AAL2 también porta información del tráfico que permite proporcionar prioridad de red y ancho de banda variable.

La asignación dinámica del ancho de banda, resulta del integral aprovechamiento del ancho de banda disponible, con transparente y progresiva asignación de la demanda para el tráfico red. Ello representa aumentar la cadencia de datos cuando se requiera mayor ancho de banda o disminuir la misma, en caso de administración de voz es baja o en momentos de silencio en una conversación.

Los distintos tipos de tráfico proporcionan significativo mejoramiento con AAL1 y AAL2, soportando respectivamente aplicaciones CBR y VBR, y permiten múltiples comunicaciones de voz sobre un circuito virtual permanente (PVC) ATM. Estas cualidades permiten a los operadores, significativos avances en la aplicación de voz y datos sobre DSL. Sin embargo su alto costo, comparado con IP ó Ethernet, restringe su uso para el abonado residencial.

A. 8. 17. Diseño por naturaleza y calidad de tráfico

Muchos de los actuales operadores de redes de fibra óptica se preguntan, como implementar las nuevas redes. Ellos dudan si deberán mantener el ya tradicional diseño SONET o introducir las nuevas tecnologías de transmisión para la red óptica.

Hasta hace poco tiempo, esta cuestión nunca podría haber sido planteada, la respuesta era única, emplear SONET. Tan sólo se podría anexionar DWDM, si la capacidad buscada lo justificaba. Hoy en día, sin embargo, hay varias respuestas posibles. Estas a su vez generan nuevas cuestiones, como saber cual es la naturaleza y la calidad de tráfico a cursar por la nueva red.

Primero, se hace imprescindible efectuar un estudio anticipado del tráfico demandado, el que permitirá especificar la red que satisfaga la verdadera naturaleza del mercado que se anticipa y de esta manera definir el plan de negocios a establecer. La correcta elección y aplicación de la técnica de acceso: SONET, ATM, IP y/o DWDM podrá ser establecida si efectuamos un análisis de cada una de las cualidades que poseen estas técnicas.

Para desarrollar un plan de negocios valedero, se deberá encarar mas que un análisis del tráfico pronosticado, que indaga solo la cantidad de hogares y oficinas a servir y establecer su emplazamiento. Efectuar un estudio que defina que tipos de servicios serán demandados. El mismo, indicará donde apunta el tráfico de voz, de datos y la combinación de ellos. Con esta información podremos predecir los parámetros del mercado.

CARACTERÍSTICA DE PROTOCOLOS

Propiedad	SONET	ATM	IP
Eficiencia de la carga útil	96%	90%	96% Ethernet 99% Otros
Transmisión	TDM	Celdas	Tramas
Longitud de paquete	>50 MBy (muy grande)	53 By (muy corta)	>1.5 KBy Ethernet > 65 KBy en datagrama
Capa OSI	Layer 1	Layer 2	Layer 3 (Layer 4 / TCP)
Velocidad	51 Mb/s–10 Gb/s	1.5 Mb/s – 622 Mb/s	10 Mb/s–100 Mb/s-10 Gb/s
Tipo de conectividad	A la conexión	A la conexión Sin conexión	Datos, sin conexión
Mejor aplicación	Voz, video	Voz, video, mezcla	Datos
Mejor característica	APS	QoS, Ancho de banda sobre demanda	Alta eficiencia, Ancho de banda sobre demanda

El futuro puede ser imprevisible, pero ante un apartamiento del plan de negocios, el uso de los parámetros estudiados nos permitirá efectuar, las correcciones necesarias sobre una red instrumentada de antemano flexible.

A. 8. 17. 1. Diseño según tipo de tráfico

Después de identificar los diferentes montos de las varios tipos de tráfico y de precisar los distintos protocolos a disponer, el operador deberá determinar que diseño requerirá, cada una de las redes a implementar.

Red con tráfico todo voz o tráfico todo video

Las redes dedicadas a “todo voz” o “todo video” pueden ser sustentadas sobre la base de la técnica TDM, mediante circuitos separados. Pueden ser resueltos con apropiados requerimientos de la bajada SONET. Esta es la conformación tradicional para las redes de fibra óptica, empleada en la mayoría de las redes existentes. Es parte de las unidades SONET, el equipamiento DWDM con el uso de varias longitudes de onda, para proveer la capacidad de transferencia de circuitos en caso de fallas, principal característica de los sistemas SONET.

La función denominada protección-automática-por-conmutación APS, permite permutar a otra fibra óptica, en caso del deterioro de la señal, en calidad o por ausencia de ella. Esta operación es permanente y se realiza rápidamente, en menos de 50 mseg, hacia una ruta de reserva (fibra oscura). A la misma se le denomina, protección por diversidad geométrica y es realizada mediante una configuración en anillo de 2 ó 4 fibras ópticas. En este caso, conservar la calidad de servicios (QoS) no es un problema, debido al empleo de la TDM con la asignación de circuitos permanentes, extremo a extremo (Fig. 27).

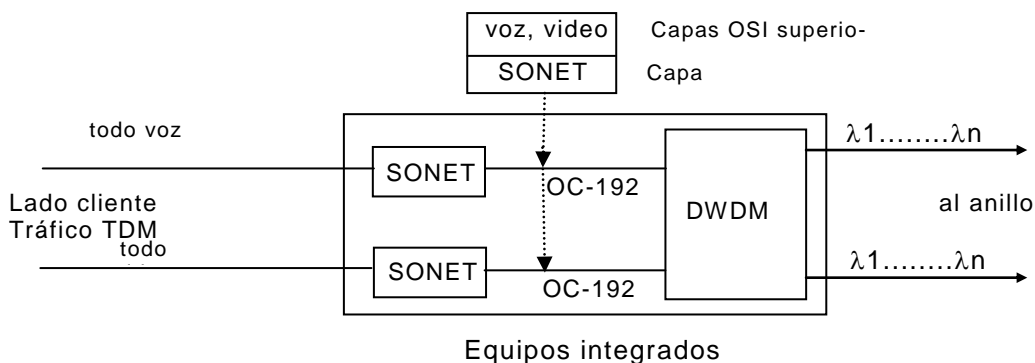


Fig. 27 - Red SONET / DWDM

Red con tráfico mixto

Esta conformación es la más importante pues permite transportar cualquier tipo de tráfico. Sin embargo, ésta flexibilidad implica un costo. Si el operador planifica implementar este tipo de red, aún cuando su principal tráfico fuese el de datos, resultará sustancialmente costosa debido a dos principales factores, el denominado “cell tax” y a la inherente protección APS SONET analizada anteriormente.

El “cell tax” (impuesto de celda), se refiere al valor de pérdida de transmisión, como consecuencia de las relativas ineficiencias en las pequeñas celdas ATM sobre las grandes tramas de IP. Este factor se agrava también, por la limitada elección de tamaños de los circuitos ATM, que pueden crear un error de comparación entre el ancho de banda requerido y el entregado.

El otro factor de encarecimiento se refiere a la aplicación de la protección APS sobre una fibra de reserva, lo que origina una extremadamente robusta red SONET. Las fibras ópticas de reserva no significan un gran costo extra, pero sí sus equipos asociados en cada

nodo. El costo extra está con relación a las n longitudes de onda, empleadas en el sistema ATM / SONET / DWDM. Todo el tráfico ATM cabalga sobre SONET.

En el lado abonado de la unidad ATM, un protocolo de conversión será empleado para llevar el tráfico de tramas IP a celdas ATM. La QoS es provista por ATM, mientras que la APS es provista por SONET (Fig. 28).

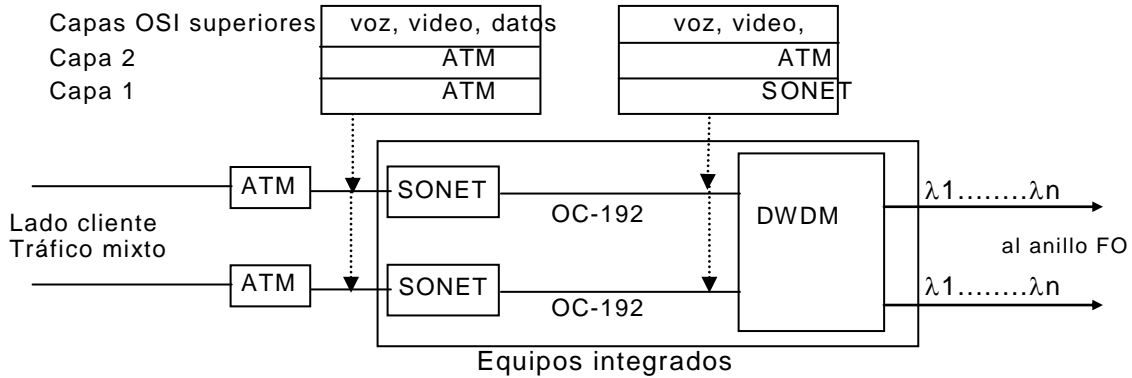


Fig. 28 - Red ATM / SONET

Un más reciente desarrollo de la red de tráfico mixto, implementa equipos SONET totalmente separados de los equipos DWDM, lo que permite la asignación de diferentes velocidades a longitudes de onda separadas. En estación esquema, se incluye el protocolo PPP para la función de enlace de capas (Fig. 29).

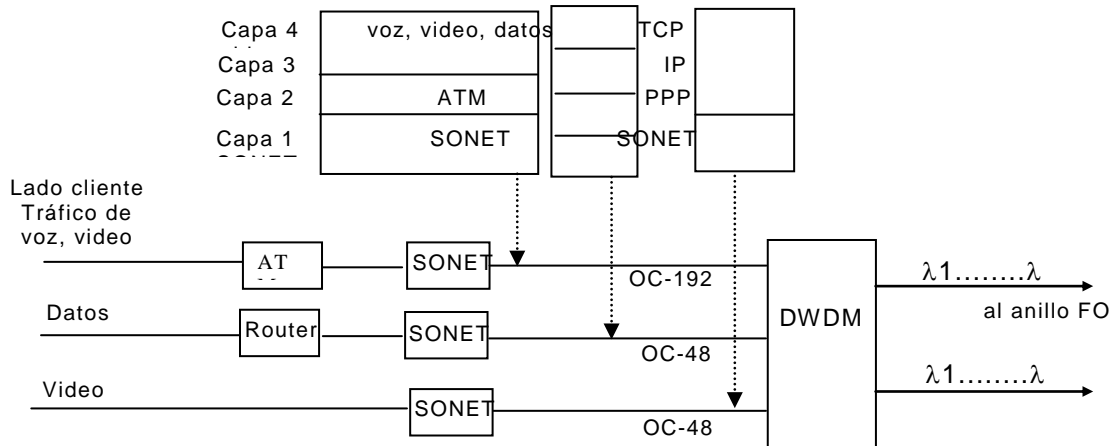


Fig. 29 - Red Protocolo Mixto / Velocidad Mixta

El disponer de caminos separados e independizar según tipo de tráfico, facilita la flexibilidad para el mercadeo de los servicios. El sistema SONET continua manejando en este caso la capacidad APS.

Esta implementación aparece en los primeros meses de 1999, en EUA. Aunque tal configuración se emplee para redes con alto tráfico de datos, la misma tiene aún la desventaja de emplear para cada uno de los distintos servicios a suministrar, un protocolo "full SONET" con uso de todos sus elementos asociados.

Este equipamiento representa un considerable alto costo, sobremanera en redes que dispongan de tráfico mixto, pero que más bien está dirigido al crecimiento del tráfico de datos. Un típico acceso que mejora este innecesario encarecimiento, se obtiene separando a SONET de las longitudes de onda que operan exclusivamente datos (Fig. 30).

En esta implementación, SONET provee la función APS para todas las longitudes de onda y en los routers el protocolo "SONET Lite" suministra solamente la necesaria función

de tramado. La función de APS será provista sobre las longitudes de onda, al igual que los equipos ATM proveen QoS sobre la propia longitud de onda.

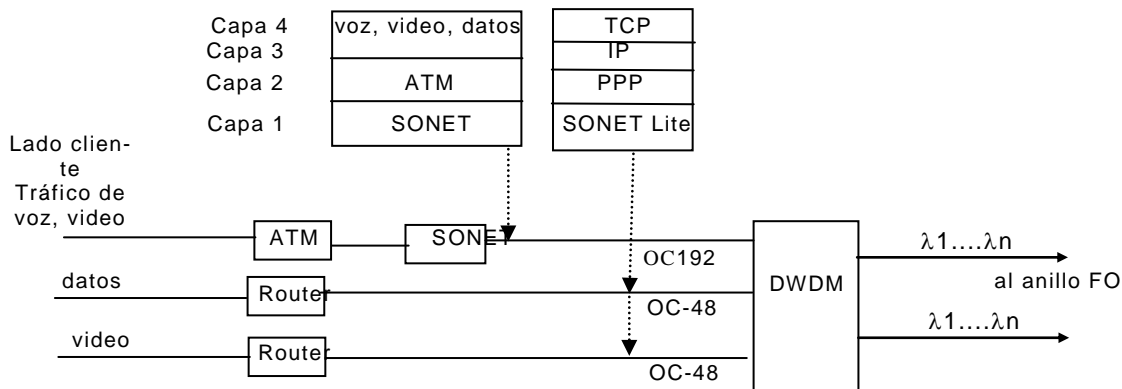


Fig. 30 - Variación de la Red Mixta

Las longitudes de onda IP suministran mejor transmisión, si se equipa con MPLS que provean alguna funcionalidad QoS. Tal grado de QoS podrá también dotarse mediante un sobre-dimensionamiento de la red, pero asumiendo un mayor costo.

Red con tráfico todo datos

Diferentes esquemas son diseñados para obtener una alta eficiencia en el transporte de gran volumen de datos vía IP. El siguiente esquema, muestra un tradicional acceso que mantiene la carga de “todo datos”, con Routers IP y SONET.

Este método reemplaza a ATM, empleando el protocolo punto a punto (PPP) sobre la Capa 2, que provee la función de enlace entre capas. No se provee QoS, a menos que se utilice MPLS. SONET entrega la función tradicional de protección APS, sobre anillos de fibra óptica (Fig. 31).

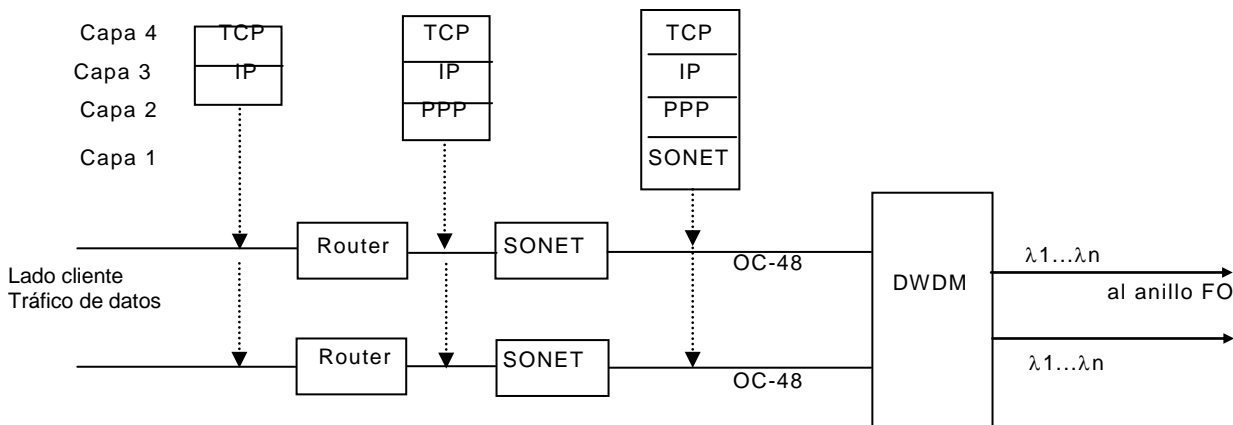


Fig. 31 - Acceso Tradicional Paquetes sobre SONET

Al igual que en similares esquemas que emplean SONET, se dispone una red sumamente costosa. Dos métodos se han desarrollado que evitan tales altos costos, el designado “Optical Stearing” (Fig. 32) y el “λ Routing” (Fig. 33).

Con estos métodos, el equipamiento SONET es reducido al SONET Lite, que realiza el tramado de los paquetes, ello se efectúa en los equipos routers. En ambos esquemas se emplean conmutadores-distribuidor-ópticos OCCS (Optical Cross conect Switch). El equipamiento-de-bajada DE (Drop Equipment), indica la acometida al abonado.

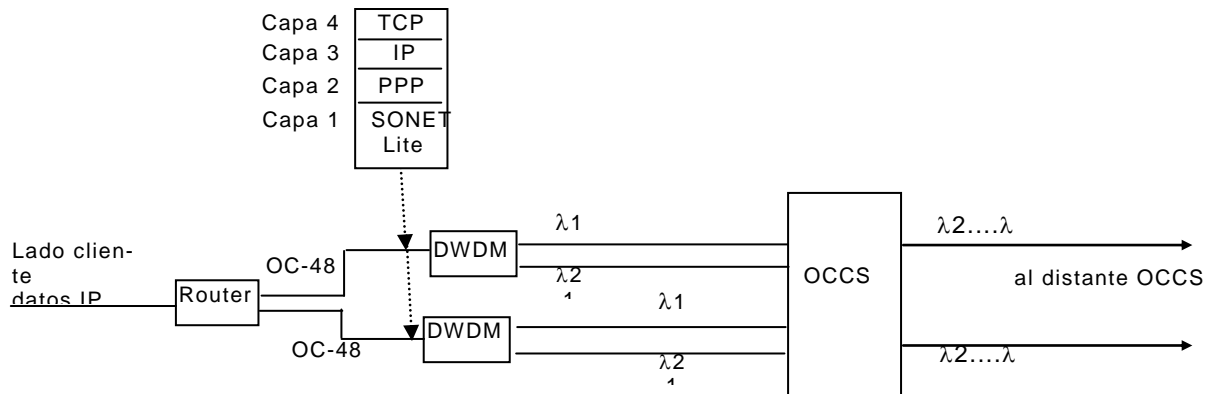


Fig. 32 - Acceso "Optical Steering"

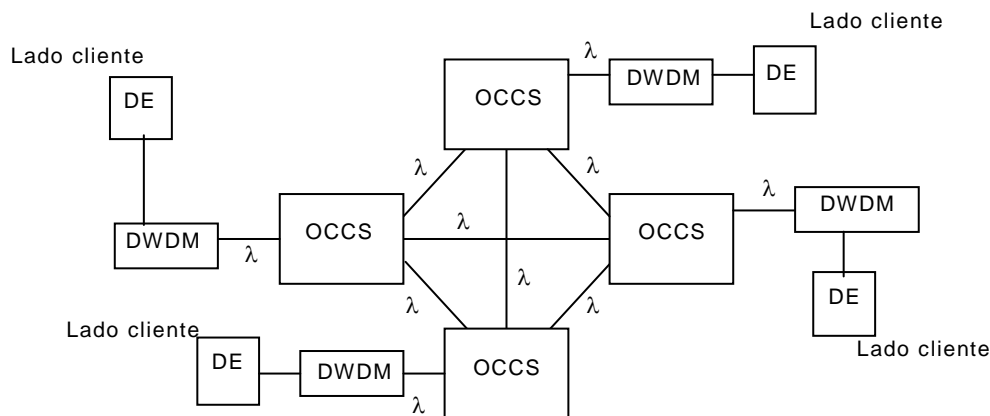


Fig. 33 - Acceso en topología malla "λ Routing"

En el entorno óptico la función APS es provista en el dominio óptico. En el equipo DWDM debe ser insertado un nuevo elemento, para poder proveer protección por conmutación en longitud de onda.

Esta operación se realiza en el OCCS. Éste, detecta la pérdida de señal en la longitud de onda activa y conmuta a otra disponible longitud de onda de reserva, por medio de un elemento "salto a salto" (hop to hop). De esta forma se restaura el camino de la transmisión.

En la topología malla, esta función permite obtener un ahorro del 30% al 50%, respecto a la disposición en anillo. La topología en malla resulta una conformación más natural, pues refleja la forma que la red mantiene su crecimiento y es más adaptable a las grandes redes existentes.

Se reporta que la función APS vía una longitud de onda, puede ser operada ópticamente, resultando más rápida que la APS de SONET. Como en el anterior ejemplo, no se dispone de ATM que provea QoS.

A. 8. 17. 2. Alternativas de enrutamiento

Una alternativa de diseño es el enrutamiento por longitud de onda, realizado por la alta capacidad de un router Terabit, que provee la protección APS, vía técnica IP.

La figura próxima muestra los equipos dispuestos y las pilas de protocolos. En este esquema los Routers λ pueden enrutar a Routers Gigabit múltiples, sobre el lado cliente, para agregar tráfico IP. En este caso en Capa 2 se emplea el Spatial Reuse Protocol, SRP (Fig. 34).

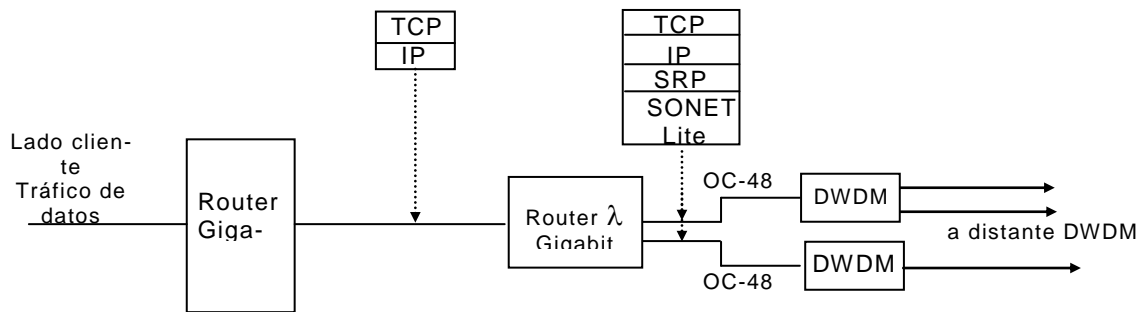


Fig. 34 - Red controlada por Routers

La figura siguiente, muestra un esquema similar en configuración malla. Como antes no es provisto QoS (Fig. 35).

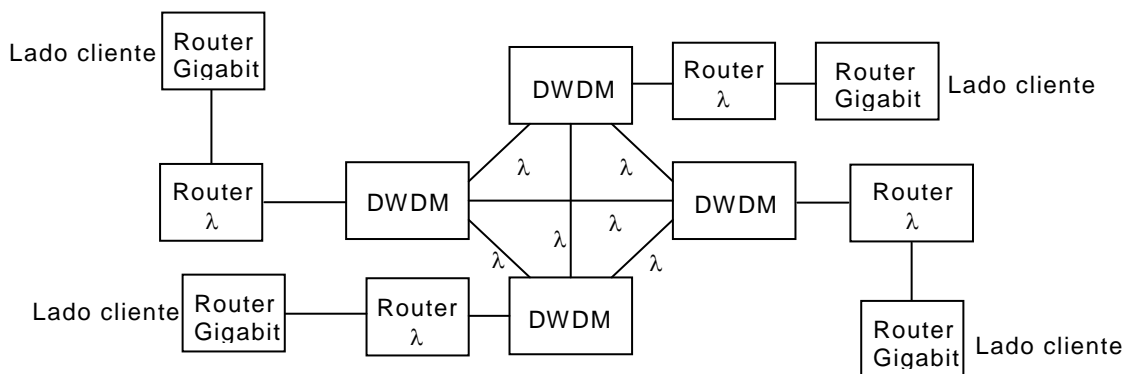


Fig. 35 - Acceso en topología malla (λ Routing)

Selección de la correcta red

Habiendo examinado las distintas alternativas, se deberá efectuar la elección de una red que satisfaga el tráfico esperado. Se debe diseñar la red que soporte el tipo de tráfico correspondiente al plan de negocios definido por la empresa. Esta elección podrá diferenciarse entre, una tecnología que pronto se transformará en obsoleta o una que aún no este lo suficientemente experimentada. Ello involucra un concepto de riesgo.

Cualquier plan de negocios propuesto, en consecuencia el tipo de tráfico y el diseño, contendrán un cierto valor de riesgo. La elección de la tecnología adecuada, podrá contener los siguientes riesgos:

1. El tráfico tenido en cuenta realmente no se desarrolle.
2. Que el tráfico mixto desarrollado sea diferente al esperado.
3. Que el diseño implementado no se desarrolle como se esperaba.
4. Que el diseño elegido se transforme técnicamente en obsoleto.
5. Que el diseño seleccionado líe al operador a un solo proveedor.

Considerando con precedentemente estos factores de riesgo y otros particulares a presentarse, permitirá al operador implementar un más severo y maduro plan de negocios. Con ello se posibilitará preparar acertadas planificaciones de red, que permitan asegurar una elección de diseño de red que realmente satisfaga al plan de negocios.

A. 8. 18. Costo del acceso a la vivienda familiar

Actualmente, se expresa una relevante apetencia de transmisión de datos con una alta demanda de ancho de banda, debido sobremanera al éxito de Internet. Todo consumidor de servicios en su oficina, quiere disponer del mismo nivel de servicios en su domicilio particular. El uso de cámaras fotográficas o de filmación digitales, labores con sistemas CAD, la VoD y la misma Internet con alto uso de videos y gráficos, obligan a disponer de alta velocidad digital.

El debate se centra en como disponer tal ancho de banda, con redes híbridas de fibra y cobre HFC, las que llevan la fibra hasta un concentrador o unidad remota, tal como las variadas y similares topologías:

FTT	Fibra al distribuidor de acometida
FTTC	Fibra hasta la acera o el pedestal
FTTCab	Fibra hasta el armario
FTTF	Fibra al alimentador
FTTN	Fibra hasta el barrio
FTTP	Fibra hasta el pedestal
FTTZ	Fibra hasta la zona

En este primer grupo, se completa el uso del tramo de fibra óptica con alguna tecnología del tipo xDSL. Tal como ADSL que provea una capacidad de hasta 8 Mb/s downstream, con uso de la red existente de pares trenzados de cobre, cubriendo hasta 5.4 Km. O el sistema VDSL, también sobre pares de cobre, el que incrementa la velocidad hasta más que 25 Mb/s, sobre una distancia de hasta 500 m. Estas redes deberán satisfacer tanto, VoD, acceso de Internet de alta velocidad, acceso a las LAN remotas, aplicaciones interactivas y HDTV.

También podremos formar un segundo grupo, donde se implementan topologías de red totalmente ópticas, que llegan hasta el interior de un edificio, ya fuera vivienda residencial, oficina, edificio comercial e incluso llegando hasta cada uno de los escritorios de una oficina:

FTTB	Fibra hasta el edificio
FTTD	Fibra al escritorio
FTTH	Fibra hasta el hogar
FTTLA	Fibra hasta el último amplificador
FTTO	Fibra hasta la oficina
FTTS	Fibra hasta el abonado

Dentro de las topologías de red de acceso totalmente ópticas indicadas en este segundo grupo, se podrá optar por dos tipos de soluciones, la alternativa de red óptica pasiva PON, o por una red activa en topología de estrella simple.

A. 8. 18. 1. Red estrella pasiva

Una típica red óptica pasiva, emplea un receptor y un transmisor en la Central, un tranceptor en el domicilio del abonado y divisores (splitter) pasivos en la red distribuidora. Sin embargo, estos divisores ópticos tienen varios inconvenientes. Desde que la señal es escindida en otras varias, se pierde allí energía, por lo que es necesario tener alta potencia de salida en el transmisor y alta sensibilidad en el receptor, en ambos extremos de la línea. Otra desventaja es que, al emplearse un medio físico compartido, se requiere multiplexar la señal mediante un cierto complejo protocolo de acceso.

Esto limita la capacidad de ancho de banda, de lo que resulta una administración más complicada y, además, incrementa el costo y la complejidad de los tranceptores terminales.

A. 8. 18. 2. Red estrella activa

En un pasado reciente, el factor limitante para la topología en estrella activa ha sido el costo de los elementos opto electrónicos. Actualmente, esto es de menor importancia. Ello se debe, a que dichos elementos se han optimizado y su valor económico ha descendido dramáticamente.

Una típica red óptica activa, de topología en estrella, emplea luego de la red óptica de transporte entre centrales, la red óptica de alimentación desde la central hasta los nodos de acceso y una red distribuidora óptica, desde éstos nodos hasta la casa del cliente.

Un par de fibras desde un nodo de acceso, representado por un concentrador (Hub), se extiende hasta cada terminal de red en la casa del abonado, en forma similar a una red de cobre. Los Hub conmutan y distribuyen las comunicaciones, proveyendo un vínculo individual a cada cliente.

A. 8. 18. 3. Reducción de costos

En la topología en estrella, el costo se reduce al emplear en el nodo de acceso, módulos formados en conjuntos de cuatro transmisores y cuatro receptores, mientras que en la casa del abonado se emplean tranceptores.

Estos conjuntos de transmisores y receptores, proveen un alto rendimiento, además, se ha reducido su peso, su tamaño y un bajo consumo de energía a 3.3 V, el grupo soporta un rango superior a 155 Mb/s. (Fig. 36).

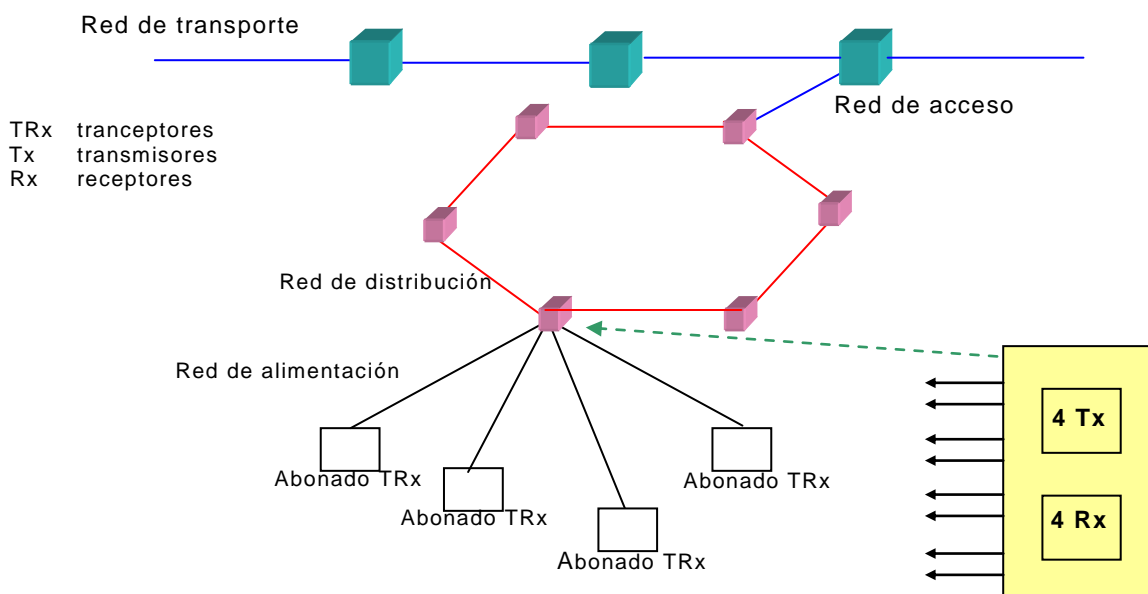


Fig. 36 – Diagrama de topología en estrella

Se obtiene un paquete de elementos electrónicos de circuitos integrados, compuestos por Preamplificadores, Conmutadores, preDrivers y Drivers de salida, por cada uno de los Laser.

Con respecto a la red, se emplean fibras monomodo, en vez de multimodo, reduciendo las pérdidas por dispersión modal, con lo que se permite cubrir tramos de longitudes mayores, y emplear mayores velocidades. Esto incrementa la capacidad de transmisión, aumentando el rendimiento por canal y por ende del sistema.

Comparado a la red óptica pasiva PON, la topología en red estrella permite el uso de protocolos de baja complejidad y componentes simples. Al suprimir los splitter y proveer tranceptores simples en cada hogar, se permite reducir los costos por mantenimiento y alcanzar soluciones de alta seguridad. El ancho de banda de capacidad simétrica, es proveído por estos tranceptores de acceso.

Se desprende del análisis, que la alternativa de topología en estrella óptica es superior. Pero asimismo, se debe tener en cuenta que al presente, el mercado por FTTH es aún pequeño para la mayoría de los países. El incremento de la demanda por ancho de banda y el continuo bajar de los costos opto electrónicos, determinará su crecimiento en reducidos años. Los costos de los componentes ópticos descritos, en una economía en gran escala, contribuirán a reducir los tiempos.

A. 8. 19. Éxito del tráfico FR, ATM y IP

En el comienzo, tan lejos como la regulación de los años 1980, todos los elementos de la telefonía pública, estaban estructurados y estandarizados. Los servicios de voz, la FDM y TDM fueron la aplicación y tecnologías dominantes. Luego vino la explosiva demanda de datos y el crecimiento de Internet, lo que obligó a la convergencia de voz y datos y a rezozar la red existente, para soportar las altas velocidades de transmisión digital.

Las posibles técnicas a seleccionar fueron Frame Relay y ATM ambos insertados al querer imponer respectivamente ISDN de banda angosta N-ISDN y la ISDN de banda ancha B-ISDN. El protocolo-de-Internet IP, rebasó todas las predicciones. Como transporte luego de FDM y TDM, para la fibra óptica aparece SONET /SDH.

A fines de siglo, el tráfico de datos crece a un ritmo del 37% anual, mientras que el de voz solo alrededor del 6%. Algunas empresas, ven disminuir rápidamente su planta de abonados telefónicos ya desde el año 1998. Como resultado, estos proveedores de servicios enfocan su mirada a como cimentar su red de forma que pueda capturar a estos clientes y que servicios de datos ellos desean.

En el año 1999, algunos proveedores decían que la tecnología IP esta disponible, para correr voz a la calidad troncal. Ellos ya disponían de las técnicas de voz sobre IP, VoIP, de voz sobre ATM, VoATM y también de voz sobre Frame Relay, con una arquitectura abierta que soportara todas ellas, en una simple red. Otros proveedores, mientras tanto, decían que si el operador requiriese un gran contingente de servicios y de una alta calidad, se debiera dirigir hacia la elección de ATM.

En ese entonces la tecnología IP era de lo más incidente por su falta de requisitos a la conectividad. La tecnología ATM al estar orientada a la conectividad, pensando en una red telefónica conmutada, parecía ser la promesa. El usuario debía definir que tipo de conexión deseaba.

El mayor beneficio de ATM respecto a IP, se lograba para las redes de gran escala, por su habilidad en administrar el tráfico. El tráfico no sensible a los retardos, como lo es el

e-mail o el comercio electrónico se veían favorecidos con IP, por requerir una red de menor costo.

Actualmente la tecnología IP ha salvado esos obstáculos, sus protocolos posibilitan diferenciar el tipo de tráfico, priorizan los servicios de voz y video, preservando los retardos en esos servicios. En la nueva-generación-de-red NGN, se compatibilizan las señalizaciones sobre una red integrada de paquetes. Por ende, se hace evidente la supremacía de la transmisión IP por paquetes. Al mismo tiempo, se hace común el empleo de circuitos TDM punto a punto de Ethernet de alta velocidad, el GigaEthernet.

Evidentemente, será necesaria una red híbrida, con manejo de TDM y conmutación en paquete como en IP, sobre GigaEthernet. Si no se dispone este nivel de funcionalidad, la red será anticuada y se descartará cuando prevalezca la conmutación por paquete en el corazón de la red, como en su borde.

A. 8. 20. Implementación de red FTTP a costo efectivo

Hoy día la esperanza de reactivar la comercialización, es en la forma de servicios “atados” del Triple Play, de voz, datos y video. Surgen nuevas disyuntivas para lograr una red FTTP competitiva a costo efectivo. Optaremos por un sistema pasivo o un sistema activo, luego si es pasivo por una arquitectura distribuida o centralizada.

A. 8. 20. 1. Red activa vs. Red pasiva

Típicamente un sistema activo utiliza una conexión punto a punto entre el usuario y la electrónica centralizada, mientras el ancho de banda es dedicado en la distribución y la acometida.

Entre tanto, un sistema pasivo utiliza una conexión compartida con la electrónica centralizada. Cada cliente es conectado en la red óptica vía un conexión óptica pasiva, por lo tanto, ninguna electrónica activa hay en la red de distribución y el ancho de banda es compartido desde el alimentador a la acometida.

La solución activa es implementada en muchas diferentes formas y por métodos estándares o propietario. Entre tanto, la solución pasiva conduce a solo dos estándares claves: el FSAN/ITU y el EFMA/IEEE (Ethernet in the First Mile/IEEE).

El FTTP activo puede expandirse ilimitadamente, pero los elementos activos agregan costo significativo, en consecuencia, se destina a las aplicaciones de cortos alcances, con una alta densidad en cada nodo.

Corrientemente, se emplea para FTTH pasivo para alcances de 20 Km, entre la CO y el usuario. Este método ajusta bien a las redes de USA, donde los usuarios está lejos y diseminados. Asimismo resulta una red menos compleja y más simple de administrar. Muchos operadores la están adoptando para su red pasiva de banda ancha BPON, con tecnología FSAN (Full Service Access Network), sobretodo pensando en la futura red, preparada para pasar fácilmente al PON en Gigabit, el GPON.

A. 8. 20. 2. Red distribuida vs. Red centralizada

Hay en particular, dos estrategias de arquitecturas PON basadas en el tipo de splitter y su ubicación, que consideran en ambas el mérito del costo inicial y costo operacional. La arquitectura distribuida y la arquitectura centralizada (Fig. 37).

La arquitectura distribuida ubica los splitters en la sección de distribución de una PON, lo que reduce típicamente los requerimientos de fibra. Cada interfase óptica OLT sirve arriba de 32 hogares. Con una sola fibra alimentando al SAI (Service Area Interface).

La fibra es repartida en uno o dos escenarios vía splitters (1x16, 1x8, 1x4, 1x2) , colocados a estratégicas ubicaciones entre el SAI y los EDP (End Distribution Point).

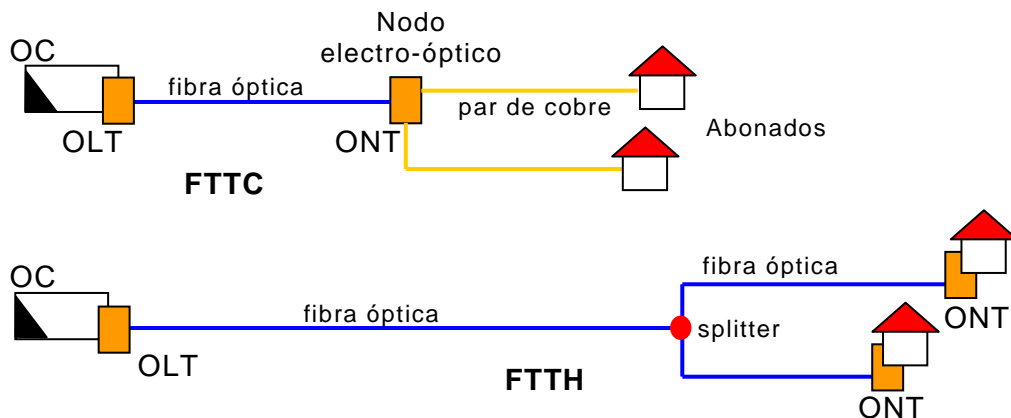


Fig. 37 – Arquitectura distribuida y centralizada

La arquitectura centralizada corre una única fibra entre cada OLT y el SAI. No obstante, los splitters están colocados con el SAI (usualmente un splitter 1x32 por OLT).

A su vez, el ONT a cada equipo local de cliente, tiene una fibra dedicada desde el SAI. Los puntos de empalme o conector están ubicados estratégicamente entre el SAI y el hogar para dividir la distribución del cable dentro de un pequeño paquete de fibra óptica para acometer al cliente. Aunque se tiene la sensación de que el sistema distribuido es el más económico, los estudios de equipamiento distribuido en el tiempo indican que el sistema centralizado es la mejor opción.

A. 8. 20. 3. Discurriendo sobre servicios

1º) Voz - La entrega de servicio telefónico es aun el manjar de los servicios, para un proveedor telefónico, a pesar que tiene que competir este servicio con el proveedor de CATV. Por esta razón la solución elegida FTTP debe actuar conjuntamente con los conmutadores Clase 5 y las centrales locales. Esto requiere una solución que convierte el tráfico originario ATM de vuelta a la TDM para el conmutador Host. Los OLT con funcionalidad integrada son simples de operar manteniendo un bajo costo operativo.

Sin embargo, ya que los proveedores de servicio se están moviendo a una red total de paquetes, la infraestructura FTTP elegida debe estar lista para involucrar y soportar voz sobre paquetes. Igualmente se presentan dos escenarios, en el primero la ONT es utilizada como un Media Gateway, distribuyendo voz paquetizada tan cerca del usuario como sea posible, actuando el OLT como un agregador de servicio entre el ONT y el soft-switch. Su alternativa es mantener los actuales existentes circuitos de voz, ubicados entre el ONT y el gateway, actualizando en el futuro a éste, como gateway de paquetes,

2º) Datos – Donde los servicios de datos son pertinentes, la FTTP permite a los servicios emergentes velocidades desde 10 Mb/s á 30 Mb/s, por ejemplo combinar: Internet de alta velocidad, con WiFi, telefonía, datos sobre Ethernet, televisión, etc

3º) Video – Este servicio se estará incrementando moviéndose de análogo a digital, con la programación de HDTV. Para las casas residenciales, el servicio de IP video, como VoD, podrá ser ofrecido mediante FTTP, combinado con equipos xDSL sobre cobre y empleando compresión MPEG-2.

Se deberá tener en cuenta para la aplicación del método de multicasting en VoD, que todos los clientes podrán solicitar en algún momento todos distintos programas, como cada canal insume de 3 á 4 Mb/s, en un área de 300 casas pasadas, podrá insumir hasta

1.2 Gb/s. Por esta razón se deberá evaluar la conveniencia de operar directamente con los canales comerciales de CATV, teniendo en cuenta el período para la implantación de la HDTV.

A. 8. 21. Instalaciones implementadas

Como ejemplo ilustrativo podremos señalar obras e instalaciones realizadas por distintos operadores.

A. 8. 21. 1. Portador de acceso óptico OLC 2000, Italtel

Un buen ejemplo de integración de redes de telefonía, datos y video, lo ofrece el sistema presentado por la empresa Italtel, el portador de acceso óptico OLC 2000 (Optical Loop Carrier). Este sistema es utilizado particularmente para grandes centros de negocios o en áreas céntricas de alta demanda de servicios, como nodo de distribución de los servicios (Fig. 38).

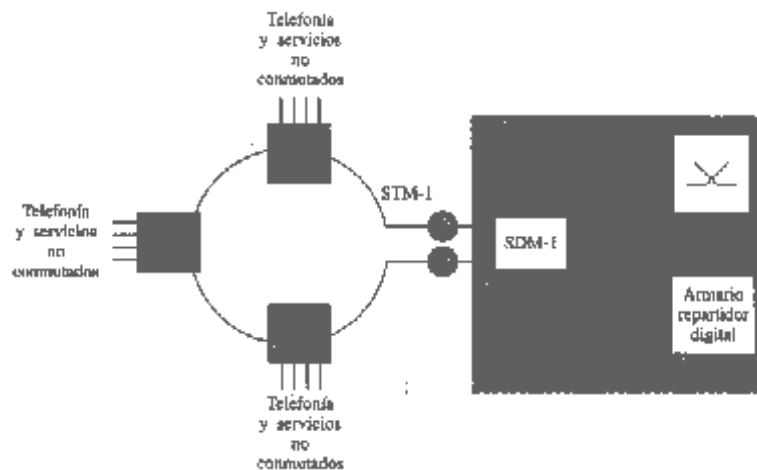


Fig. 38 - Sistemas de acceso a red óptica OLC-2000 de Italtel

Esta integrado por el multiplexor ASM-480 que utiliza la técnica de jerarquía digital sincrónica SDH (Synchronous Digital Hierarchy) a velocidad STM-1 (155.520 Mb/s).

En el sistema el SDM-1 demultiplexa las señales a velocidades de 2 Mb/s enviándola, si se refiere a un servicio conmutado, al centro de conmutación y si proviene de un equipo terminal de circuitos de datos DCE (Data Circuit Terminating Equipment), servicio no conmutado, al armario repartidor digital (Digital Cross Conect). El vínculo entre el o los ASM 480 y el SDM-1 podrá ser un cable de fibra óptica en topología bus o anillo, utilizando las ventanas de 1310 nm o 1550 nm (Fig. 39).

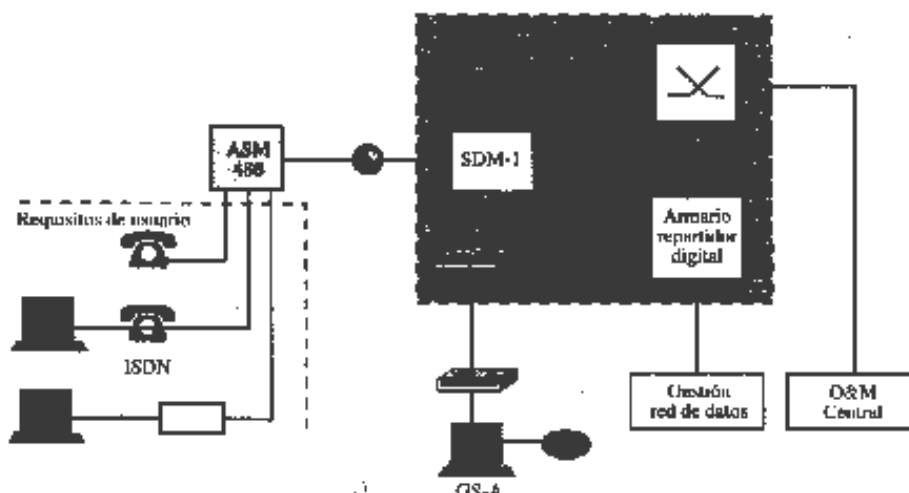


Fig. 39 - Red de distribución sistema OLC-2000

A. 8. 21. 2. Plan FOTON, Telefónica de España

Telefónica de España ha estructurado un diseño de red de acceso del abonado sobre el concepto fibra integral en el anillo del abonado FITL (Fibre In The Loop).

Tal proyecto, concebido como sistemas punto a punto y punto a multipunto, puede brindar todo tipo de servicio interactivo y de distribución. Al mismo se lo ha denominado Plan FOTON (Figs. 40 á 43).

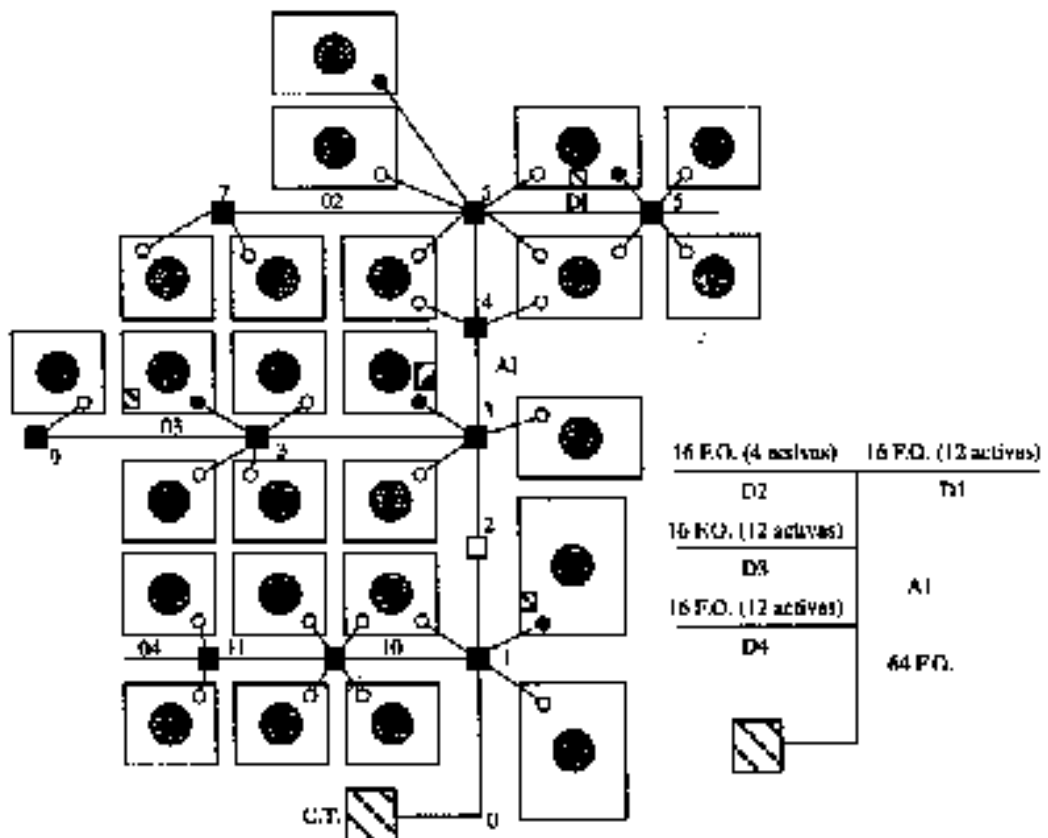


Fig. 40 - Trazado de la red de fibra óptica, Plan FOTÓN

La topología de red en su situación primera corresponde a una de topología en anillos con ramales, para su conformación de red alimentadora principal.

Se ha implementado a posteriori una topología árbol - rama, para su conformación de red alimentadora, distribuidora y de acometida

Los elementos integrantes de la planta exterior son:

Repartidor modular.

Cables de fibras ópticas de:

Canalizados, 4 hasta 128 fibras ópticas.

Aéreos, 4, 6, 8, 16 y 24 fibras ópticas.

Acometidas, 4, 6 y 8 fibras ópticas.

Armario Repartidor de 16 fibras ópticas.

Armario Terminal de fibra óptica.

Roseta óptica, conectores y empalmes.

Se considera recintos de instalación telefónica, donde se ubican:

- Los puntos de terminación de red óptica (PTRO).
- Los equipos electro-ópticos.
- Las terminaciones de portadores metálicos de los clientes.
- Los equipos de energía eléctrica.

Se han previsto armarios del tipo:

- De instalación en interiores,
- Del tipo: intemperie
sobre pedestal,
en fachada.

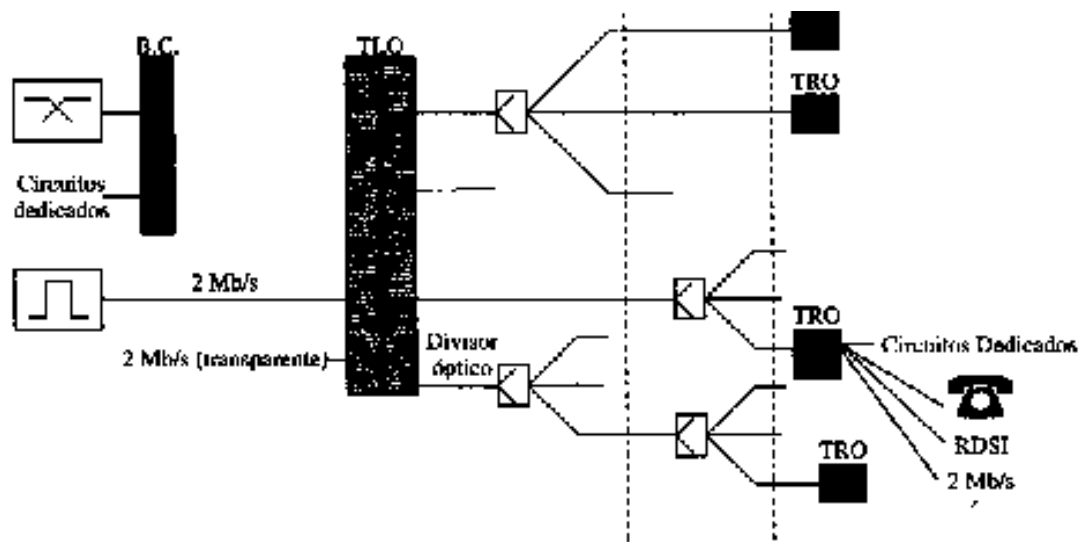


Fig. 41 - Estructura de acceso sobre fibras ópticas, Plan FOTÓN

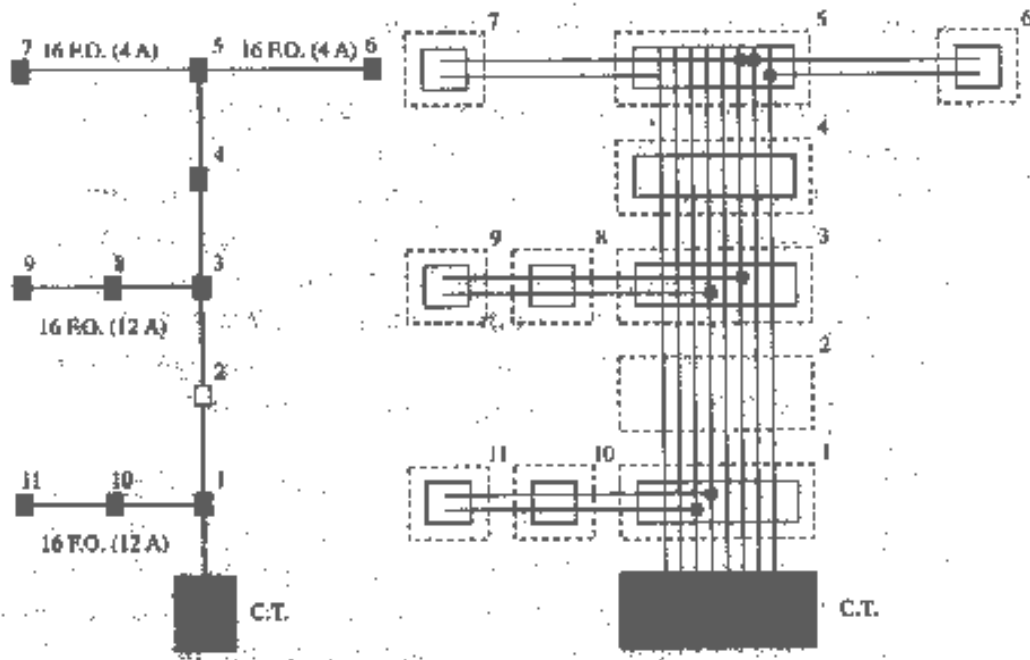


Fig. 42 - Red de alimentación y red de distribución, Plan FOTÓN

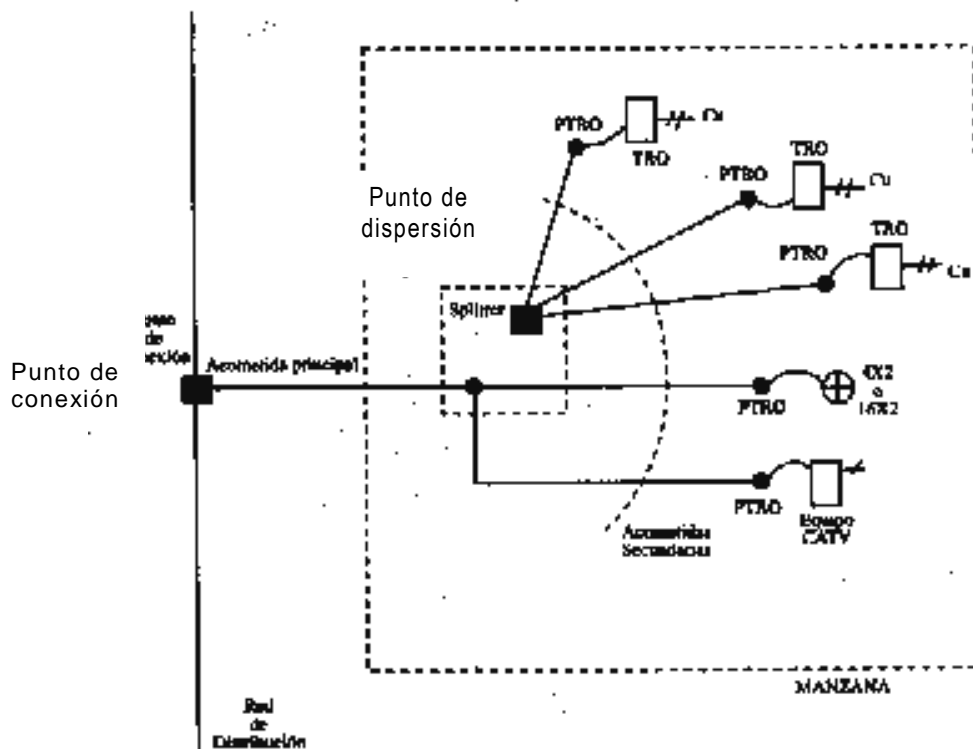


Fig. 43 - Red de dispersión, Plan FOTÓN

A. 8. 21. 3. Anillos ópticos, Telefónica de Argentina

Al implementar anillos de acceso creamos una estructura que permite proporcionar en transmisión digital un alto volumen de información.

Estas disposiciones surgen ante la necesidad de facilitar a cierto tipo de clientes del sector de grandes clientes, estos medios de transmisión que además de poseer gran capacidad de transmisión, presentan mayor fiabilidad y calidad de servicio.

Esta estructura de red está formada por un cable de fibra óptica que recorre un área determinada por la ubicación de esta clase de clientes, que cuenta con capacidad de acceso desde determinados puntos de conexión, en forma fácil, rápida y en proximidad del cliente.

La organización anular permite dos caminos, cada uno en un sentido de transmisión. Permite así establecer una duplicidad de acceso, por dos medios y dos recorridos distintos, garantizando un alto porcentaje de seguridad en la conexión.

Se obtiene así una estructura que puede servir al área, en la forma mas económica en relación al servicio brindado, ya que está constituido por un cable de la misma capacidad en cantidad de fibras para todo su recorrido.

El diseño podrá variar según la densidad esperada de clientes y planes de ampliación de la empresa. Los medios de transmisión digital están constituidos por equipos, igual o superior a 2 Mb/s.

Un cable instalado íntegramente en canalización, parte desde un nodo de transmisión (Central A) y regresa al mismo. En ciertos casos y según los requerimientos de la demanda o el diseño se une la Central A con otro nodo (Central B), llamado en ese caso como nodo de emergencia (Fig. 44).

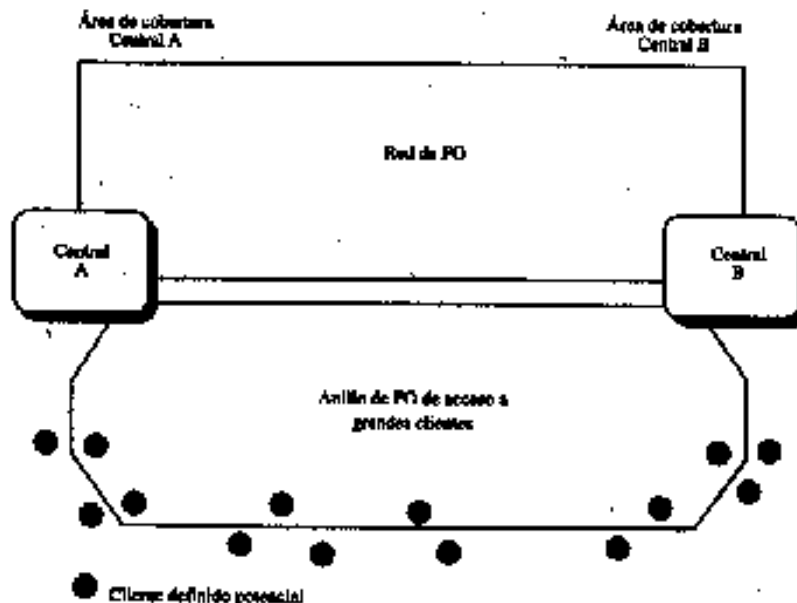


Fig. 44 - Anillo de fibras utilizando central cabecera y de emergencia

Estos casos se presentan cuando la demanda presente y la potencial esperada fuesen de carácter reducidas.

Asimismo se podrá presentar el caso de baja demanda y por otra parte no se requiera alta seguridad en el servicio, para esos hechos se realizan diseños con ramales de enlace desde la central cabecera y el sector de los clientes o formando topologías del tipo árbol, con varios ramales de distribución óptica.

Si posteriormente se requiere mayor seguridad se podrá disponer como evolución al primer diseño un nuevo ramal hacia otra central adyacente, como central de emergencia. Se conforma con ello un anillo virtual si consideramos el retorno por los enlaces entre la central cabecera y la central de emergencia (Fig. 45).

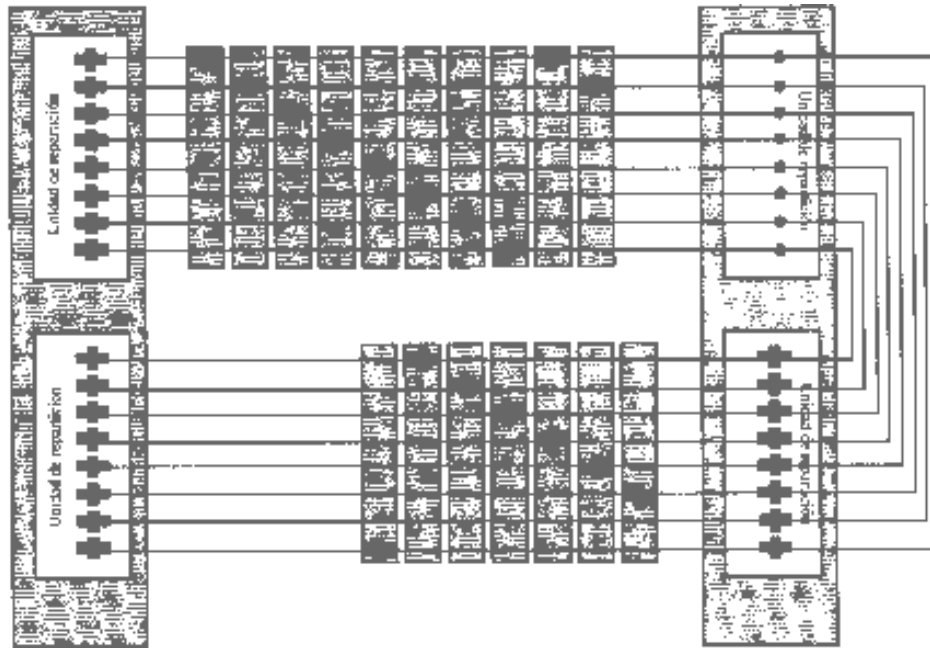


Fig. 45 - Distribución de fibras entre las centrales cabecera y de emergencia

En los casos de diseños en anillo para áreas urbanas de alta demanda en su recorrido y en puntos definidos por la cercanía y estrategia de acometida al cliente, se disponen otros puntos de conexión, con nuevas unidades de repartición, desde los cuales se podrá acceder en forma fácil y rápida.

Se instalan generalmente cables de 64 fibras, de los cuales se deberán reservar 8 fibras a lo largo del recorrido del anillo, para ser utilizados en caso de necesidades puntuales: eventos, ferias, exposiciones, congresos, etc.

Desde los puntos de conexión, se instalan al domicilio del cliente cables de al menos cuatro fibras o múltiplo de cuatro, en canalización o por enterrado directo con uso de tritubos.

En ciertos casos se podrá diseñar cables por fachada o aéreos, aunque no es lo recomendable. Para cada cliente se destinan dos fibras, con posibilidad de optar por uno o ambos sentidos del anillo.

En caso de clientes alejados del anillo, se les dará servicio en forma individual por cables de fibra óptica en particular.

En estos puntos de conexión se segregan del cable de 64 fibras ópticas, cuatro fibras las que son empalmadas por fusión con cordones monofibra que terminan en conectores (Fig. 46).

Las cuatro fibras segregadas se podrán conectar entre sí a la espera de nuevas solicitudes o ser conectadas al cable de cuatro fibras de acometida y llevada al armario de abonado como cliente que requiera redundancia con uso de ambos sentidos del anillo.

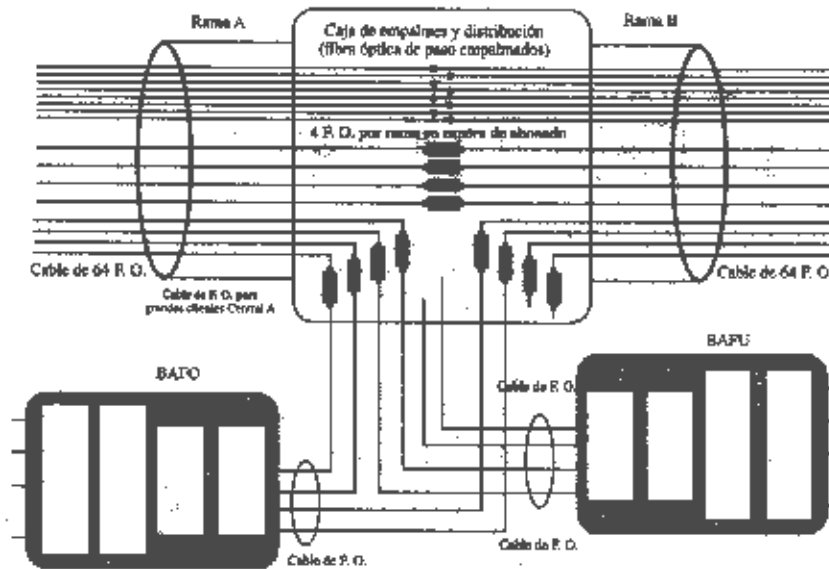


Fig. 46 - Puntos de conexión

Si el cliente solicita un sistema sin redundancia, se le conecta solo dos fibras en un solo sentido y se mantiene las otras dos fibras en calidad de reserva, para futuros pedidos.

En la sala de transmisión de la central o cabecera del anillo, se instalan los equipos ópticos cabecera, mientras que en el domicilio del cliente, en un local reservado a ese fin o sector acondicionado del sótano, se ubican los equipos ópticos terminales en armarios de fibras ópticas.

En las siguientes figuras se ofrecen ejemplos de redes tipo anillos pertenecientes al área céntrica de la Ciudad de Buenos Aires y tipo árbol de la Ciudad de La Plata, Provincia de Buenos Aires, Argentina.

También se visualizan redes de enlace realizadas mediante cables de fibra óptica. Estas conformaciones físicas tipo anillo, en general trabajan en conformación lógica tipo estrella (Figs. 47 á 50).



Fig. 47 - Red tipo árbol de acceso óptico digital, Telefónica de Argentina

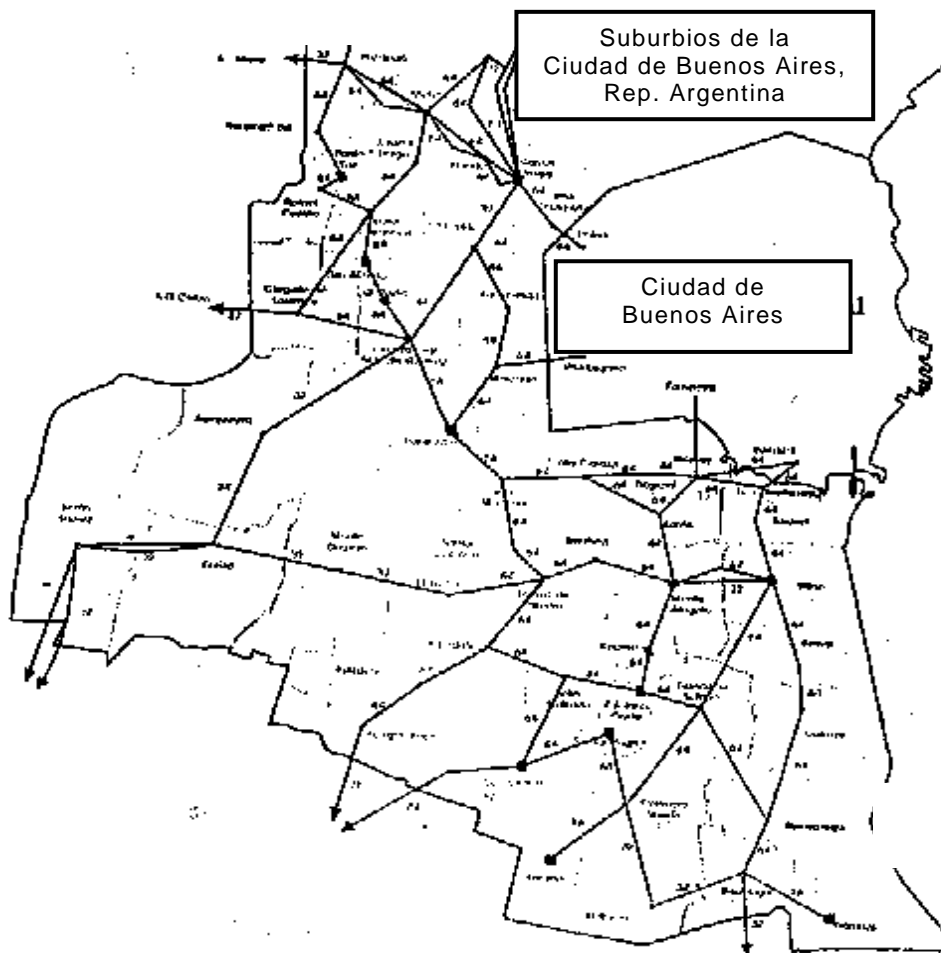


Fig. 50 - Red de enlace suburbano óptico digital, Telefónica de Argentina

A. 8. 21. 4. Acceso con diseños de PON

Las redes ópticas pasivas PON (Passive Optical Network)), representan las estructuras de redes, de carácter evolutivo a las redes de banda ancha, mas económicas.

La implementación efectuada para Telefónica de España por la firma Raynet, utiliza equipos de hasta 2 Mb/s, con divisores ópticos (splitters), en conformaciones mixtas doble estrella con uso de distribuciones tipo bus, para servir a conexiones punto - multipunto.

Las aplicaciones podrán ser de:

- Servicios de voz,
- Servicios de RDSI-BE y B-ISDN.
- Líneas dedicadas de datos con interfaces $n \times 64$ Kb/s.
- Redes de CATV con servicios de banda estrecha.

El alcance de estas redes podrá alcanzar los 20 Km. Los equipos permiten la posibilidad de combinar hasta tres o cuatro topologías de red, con la única limitación dada por la cantidad de abonados a servir por el nodo óptico.

A los fines del diseño es interesante disponer para su utilización un gráfico que contenga la representación de la cantidad de las ONU, en estructuras PON, proporcionada en fun-

ción de circuitos de telefonía básica POTS (Plain Old Telephone Service) y de la cantidad de circuitos de 64 Kb/s disponibles (Fig. 51).

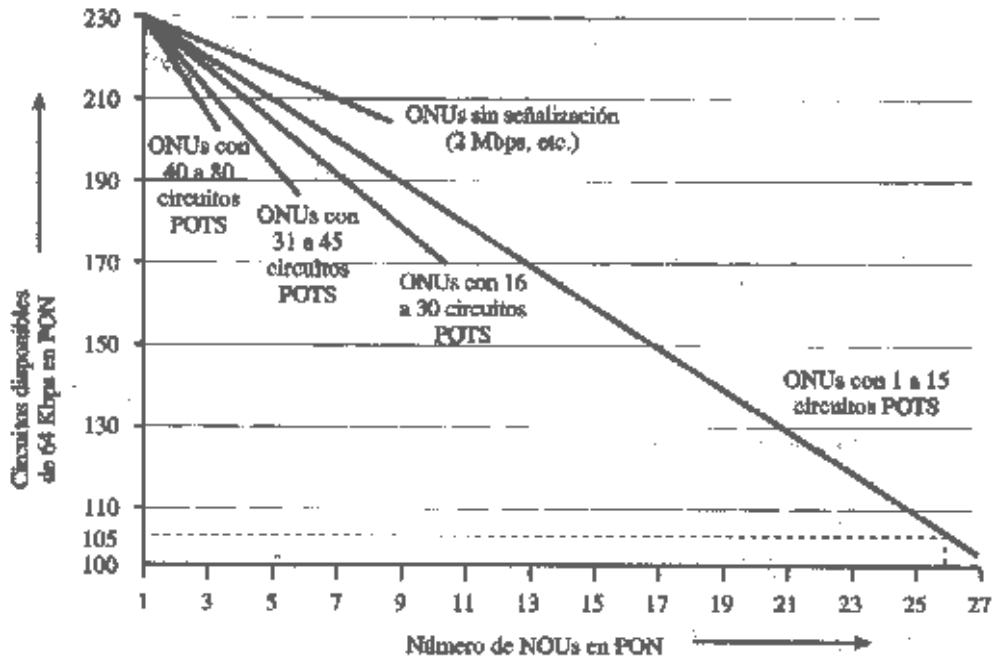


Fig. 51 - Cantidad de equipos ONU en sistema POTS

Se ofrecen distintos ejemplos de este sistema, implementados por la firma Raynet en España, donde se podrán observar las estructuras del sistema PON. (Figs. 52 y 53).

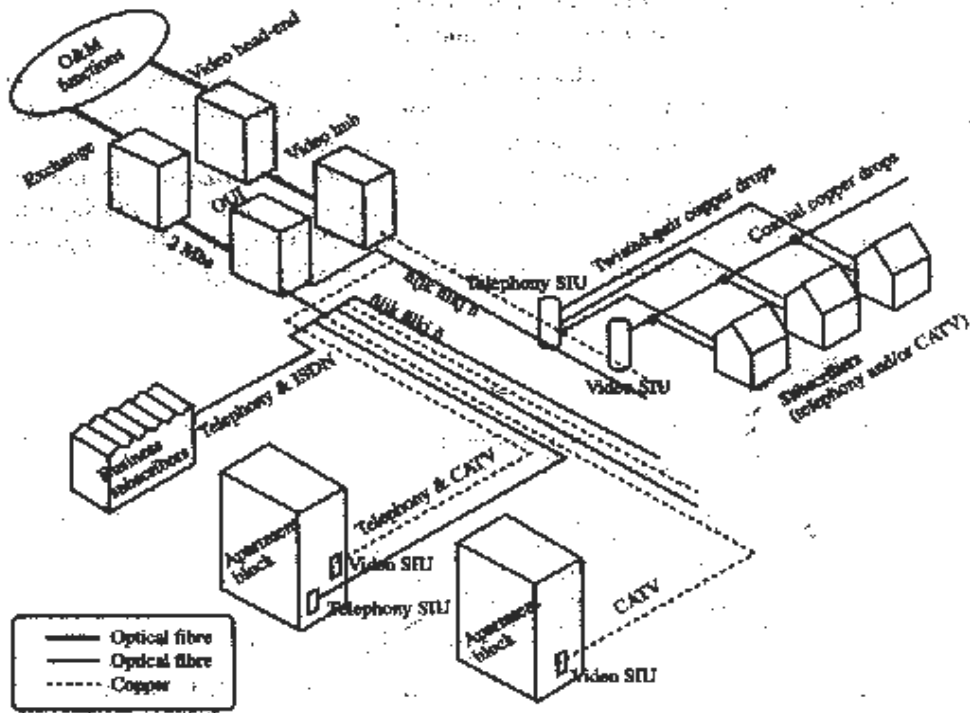
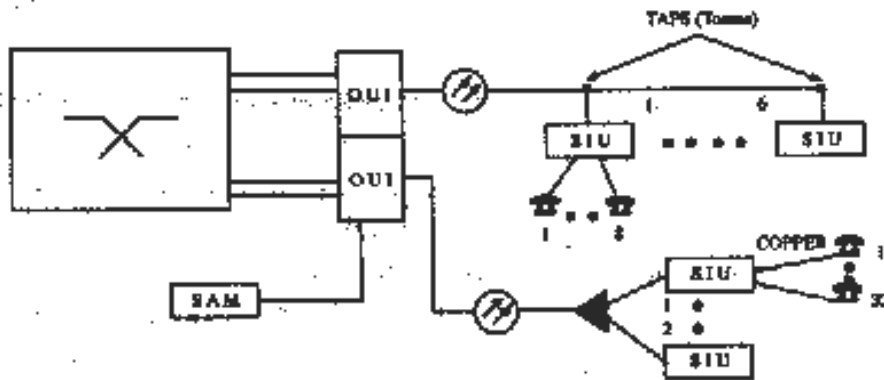


Fig. 52 - Sistema Raynet para acceso telefonía y CATV, Madrid, España



COT = Terminal de oficina central
 OIU = Unidad interfaz de oficina
 SIU = Unidad interfaz de abonado
 SAM = Módulo de sistemas de administración

Fig. 53 - Esquema Raynet para red de acceso, Madrid, Telefónica de España

Características del diseño

Servir 112 abonados residenciales, con servicios de telefonía básica (POTS).
 Arquitectura punto a multipunto, con acometidas (taps) y divisores (splitters) 1:16.
 6 SIU en topología bus, con 8 POTS por SIU.
 2 SIU en topología estrella, con 32 POTS por SIU.
 Transmisión unidireccional a 1300 nm.
 Interfaz de conmutación digital.
 Fuente de potencia local.

A. 8. 21. 5. Redes de acceso de servicios completos, FSAN

El grupo de trabajo formado por los mas grandes operadores mundiales y los principales proveedores de equipos, el denominado FSAN (Full Service Access Networks), ha considerado el diseño e implementación de un tipo específico de red que proveerá redes de banda ancha de costo reducido.

Se piensa en cubrir las posibles 180 millón de líneas de acceso del mercado actual, en USA, o al menos el 10 % de los abonados, con servicios de 10 Mb/s. Se preparan especificaciones, bajo las premisas de red en estrella óptica pasiva PON con conformación al hogar (FTTH) y al edificio (FTTB), con las unidades de red ópticas ONU (Optical Network Unit), en la casa del abonado o en el edificio.

También se tiene en cuenta las configuraciones a la acera (FTTC) y la llamada fibra el armario FTTCab (Fiber To The Cabinet), con las (ONU) en el armario de distribución y las terminales de red NT(Network Terminal), en los edificios de los abonados.

Se sustenta en estas especificaciones la combinación del modo de transferencia asincrónico ATM hasta la casa del abonado y la distribución con tecnología de acceso digital de alta velocidad VDSL, utilizando pares de cobre trenzados. En esas normas se incluirán el análisis de los cableados internos de edificios.

En las varias configuraciones en estudio, se permitirá portar 26 Mb/s a cada casa de familia con TVs múltiples, alta velocidad de Internet y todo servicio de banda ancha.

La clave de esos diseños es la terminación de línea OLT (Optical Line Terminal), en la central, que combina las señales de varios servicios en la red pasiva óptica, con la técnica ATM y VDSL bajo la conexión de alambres de cobre hasta el interior del domicilio del abonado.

La utilización de los cables de cobre es vital para los operadores de servicios, pues les permite brindar servicios de banda ancha sin incurrir en grandes gastos, ya que se aprovecha la utilización de sus plantas existentes y evita su reemplazo.

El empleo de la tecnología VDSL en pares de cobre significa servir velocidades tan altas como 52 Mb/s. Un nodo de servicios Internet. Líneas dedicadas (alquiladas), Video interactivo, telefonía, Frame Relay, etc. sirven al terminal óptico OLT, desde allí mediante fibra óptica se llega hasta el domicilio del cliente (FTTH y FTTB) o hasta la unidad de red óptica (ONU), desde donde se parte con pares trenzados con técnicas VDSL.

La diferenciación principal entre estos sistemas radica en la longitud del tramo de fibra óptica (Fig. 54).

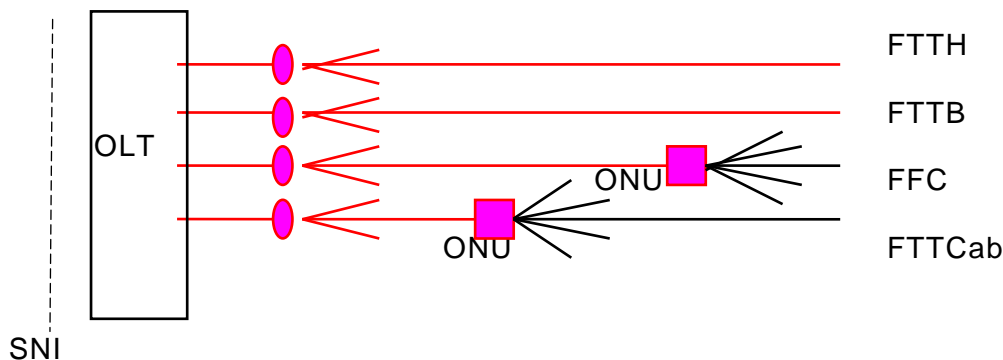


Fig. 54 - Estructura de la red de acceso de servicios completos, FSAN

Varias son las compañías y corporaciones asociadas para la definición de estos proyectos. Se nombran a los operadores BellSouth, GTE, BT, Deutsche Telekom, France Telecom, Telecom Italia, SBC Communications Inc, Bell Canada, Ameritech y Korea Telekom ir en pos de 250 millones de líneas de acceso.

También a los proveedores Alcatel, Bosch Telecom GmbH, Fijitsu, NEC, L. M. Ericsson, Lucent Technologies Inc., Northern Telecom Ltd.

Sus proyectos han incluido a las grandes ciudades de Europa, Sudeste Asiático y América. De estas experiencias resultará el futuro perfil de diseño para las redes de acceso dirigidas a las grandes áreas urbanas.

A. 8. 21. 6. Otros ejemplos de redes de acceso óptico

Se incluyen detalles ópticos prácticos, realizados por Telefónica de España, incluyendo los proyectos realizados para las localidades de Tres Cantos, Madrid y San Cugat del Valles, Barcelona, España (Figs. 55 á 62).

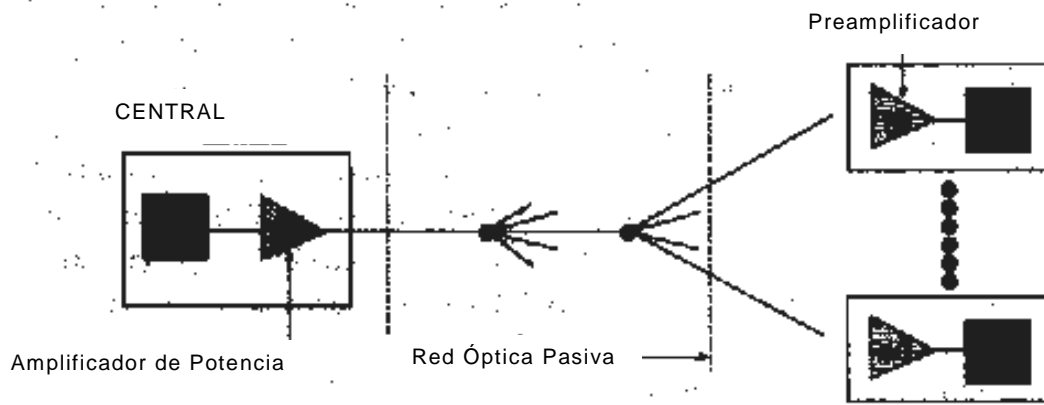


Fig. 55 - Sistema punto multipunto con amplificadores ópticos

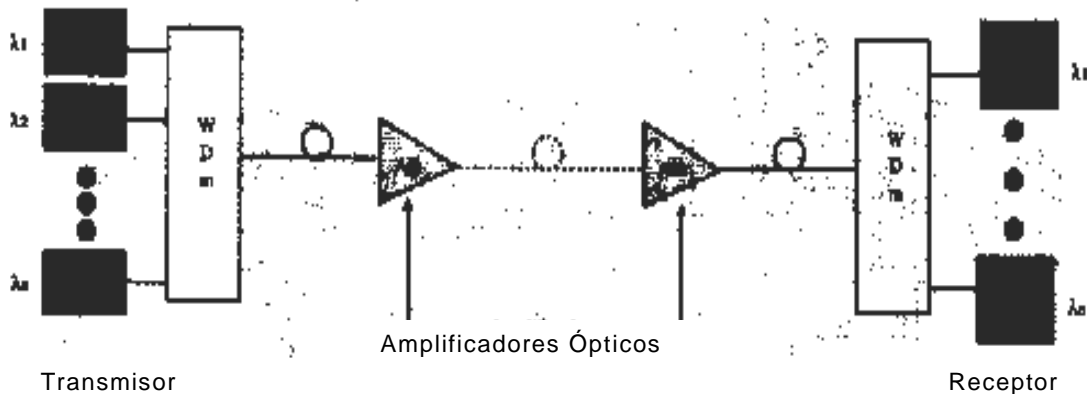


Fig. 56 - Sistemas troncales con amplificadores ópticos

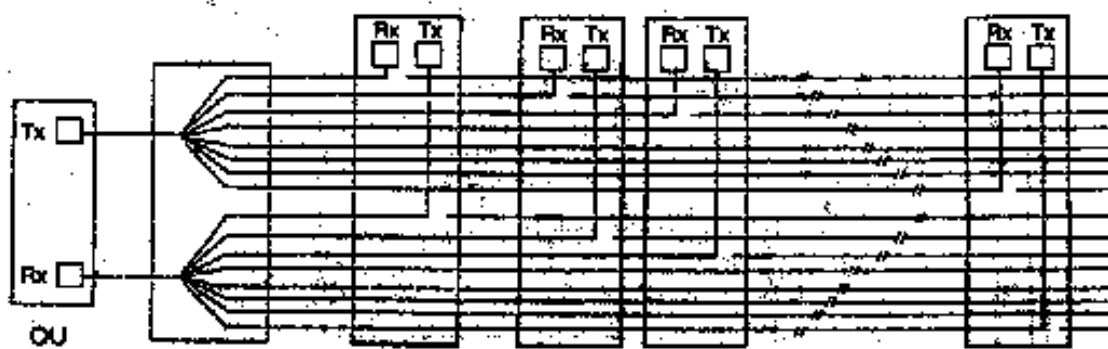


Fig. 57 - Configuración bus para 48 abonados

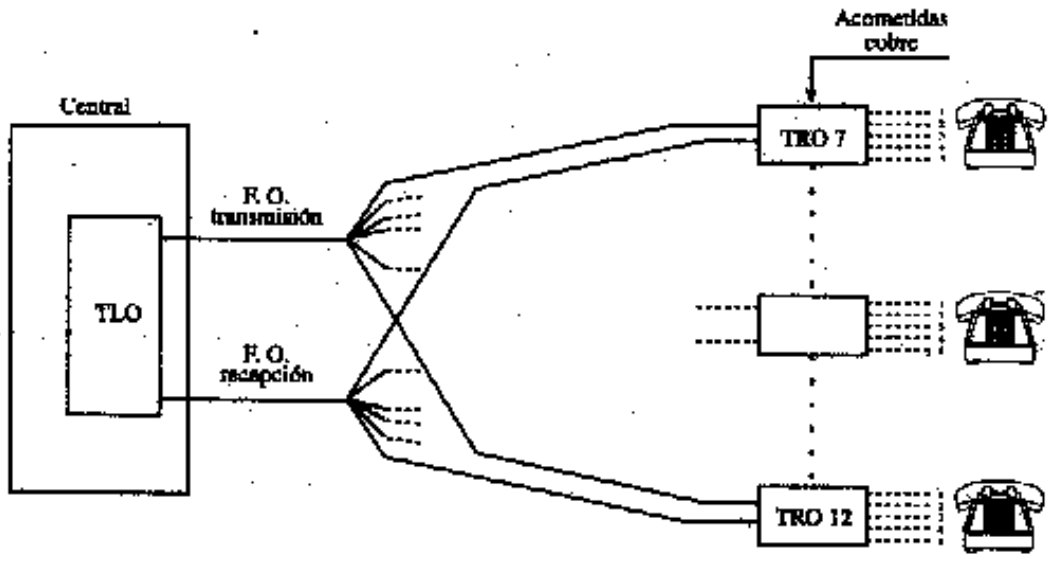


Fig. 58 - Configuración óptica tipo árbol, para 48 abonados

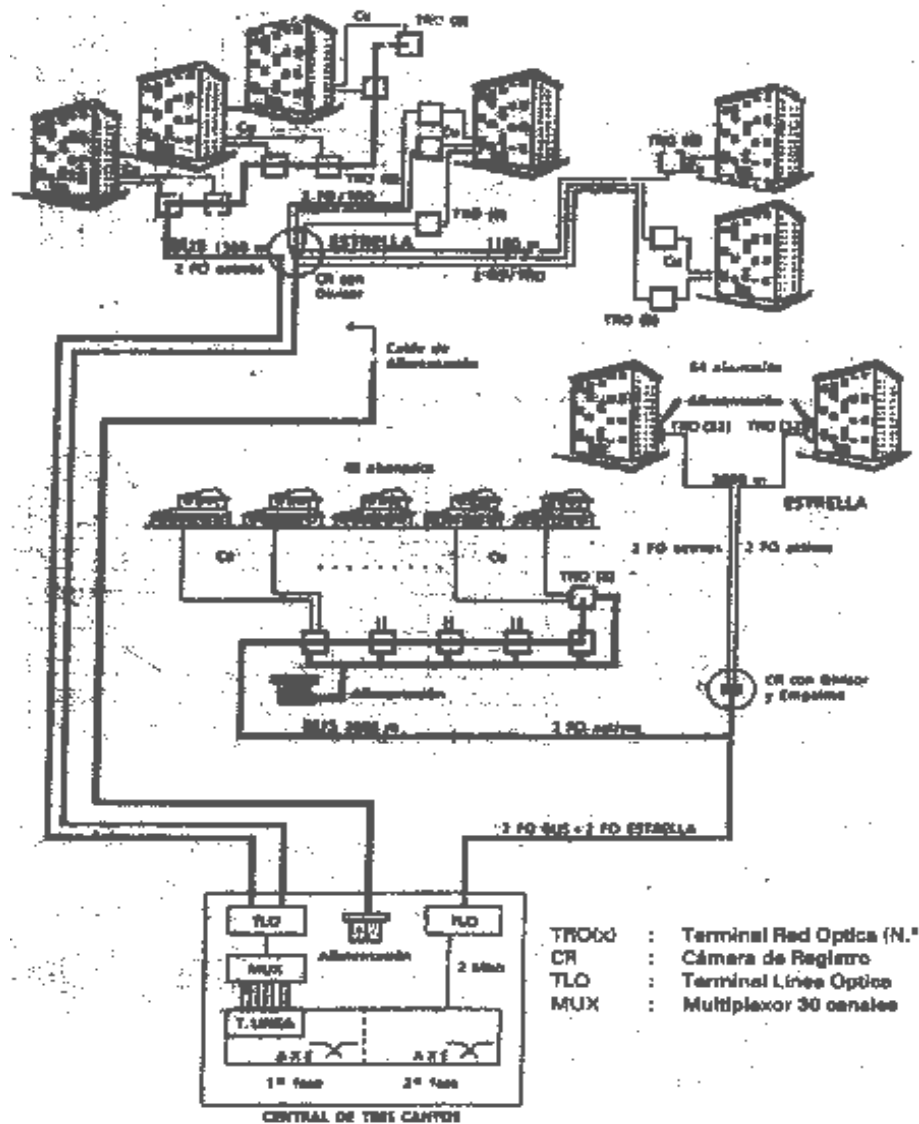


Fig. 59 - Red de acceso en fibra óptica, Tres Cantos, Madrid, Telefónica de España

En este proyecto, a partir de la unidad de interfase de central OIU (Office Interface Unit) parten dos redes principales de distribución, cada una con 2 FO, una en topología bus y otra en estrella. Cuenta con:

Abonados servidos en fase 1º: 208 POTS (servicios de telefonía básica)

Configuración: FTTZ - FTTC - FTTB

Transporte de señal: TDM y TDMA, en segunda ventana (1300 nm).

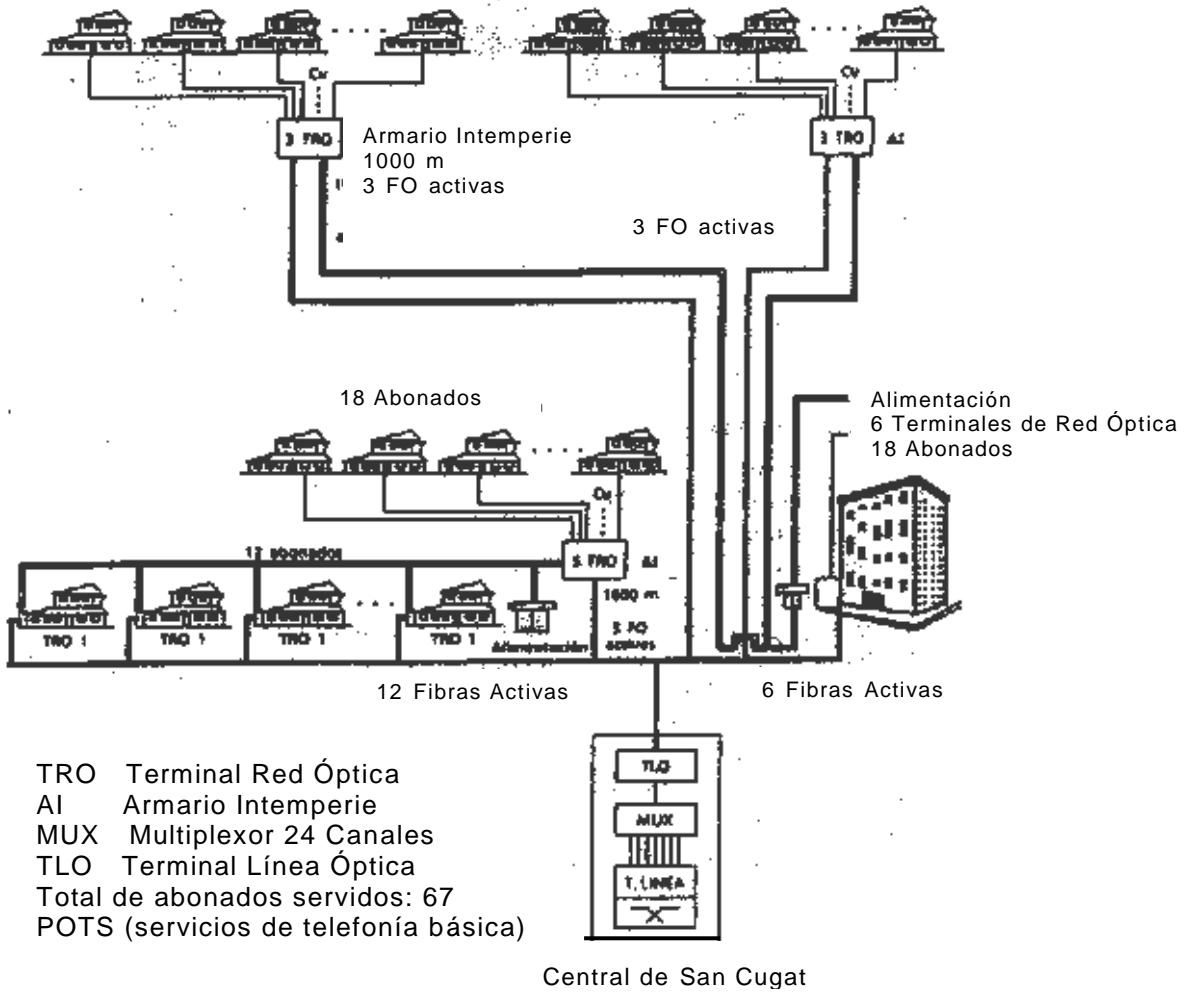


Fig. 60 - Acceso óptico, San Cugat del Valle, Barcelona, Telefónica de España

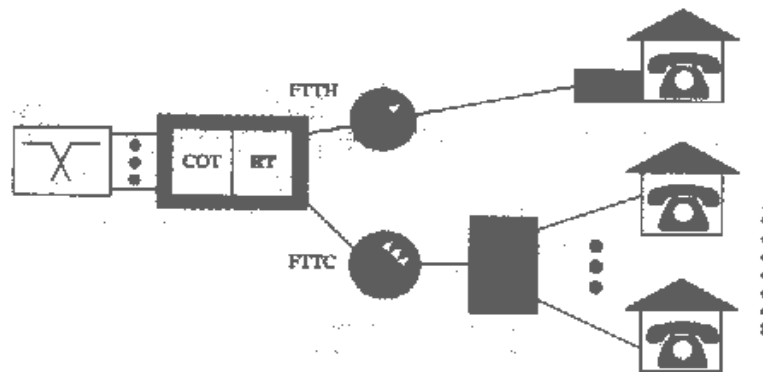


Fig. 61 - Acceso óptico, San Cugat del Valles, Barcelona, Telefónica de España

Referencias:

- | | |
|-------------------------------|-----------------------------|
| COT = Central Office Terminal | Terminal de oficina central |
| RT = Remote Terminal | Terminal remoto |
| DT = Distant Terminal | Terminal de distribución |
| FTTH = Fiber to the Home | Fibra hasta el hogar |
| FTTC = Fiber to the Curb | Fibra hasta la acera |

Características del diseño

Sirve mas de 64 abonados residenciales, con servicios de telefonía básica (POTS).

Conformación FTTH y FTTC.

Topología estrella.

Transmisión bidireccional a 1300 nm.

Interfaz de conmutación analógica.

Fuente de potencia remota (cerca de la unidad terminal DT).

Dos líneas POTS por fibra (en conformación FTTH) y

Cuatro líneas POTS por fibra (en conformación FTTC).

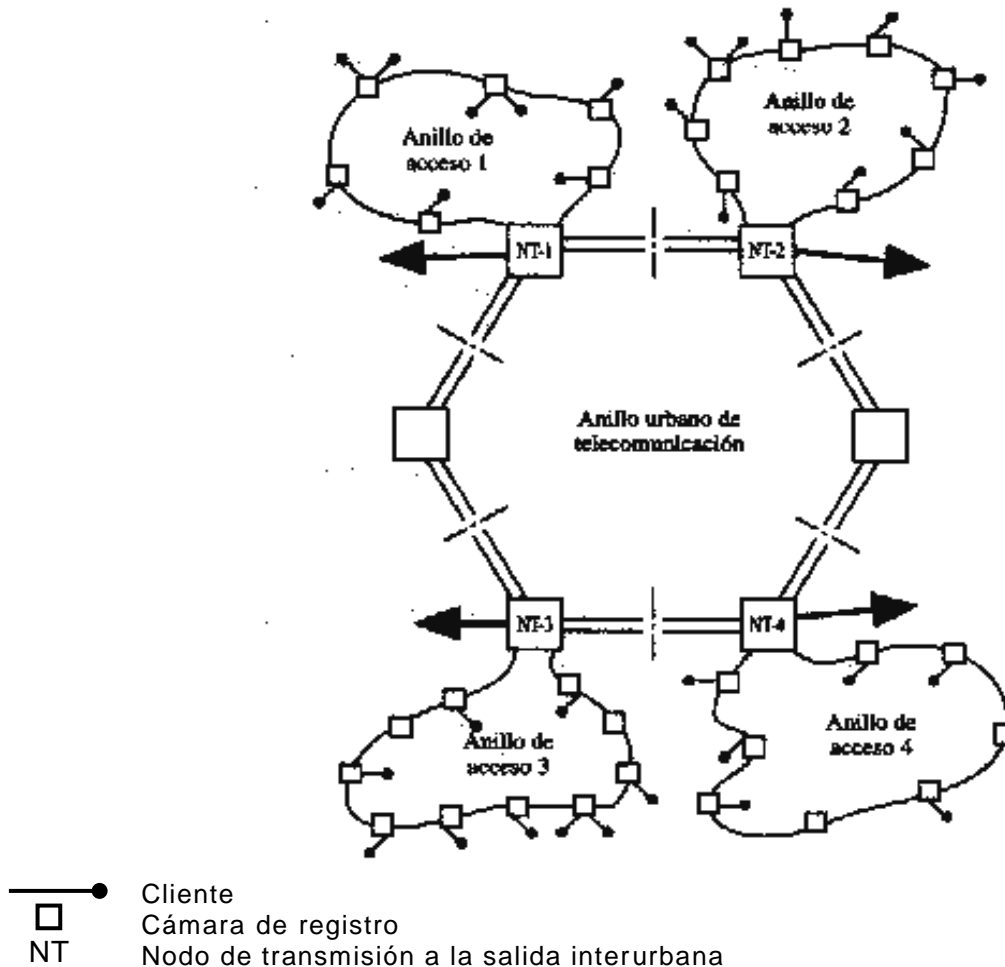


Fig. 62 - Estructura de entronque urbano, Telefónica de España

A. 8. 22. Convergencia, Redes de telefonía - CATV

Los operadores de servicios de telefonía, transitarán un camino mas o menos acelerado en función de la competencia presente, transformando sus redes de acceso en banda estrecha, en redes de banda ancha y poder así brindar todo tipo de servicios de telecomunicaciones. Este camino, deberá mantener la rentabilidad de la red resultante, para cada paso de transformación.

Salvo raras excepciones dadas para las áreas de grandes clientes, financieras o industriales, que proveen redes de acceso full ópticas, el análisis técnico - económico del diseñador se deberá centrar en transformar redes pareadas en proyectos de redes de acceso híbridas con cables de fibra y coaxiales (HFC).

Para los operadores de CATV, la circunstancia es completamente disímil. La liberalización de los servicios les proporciona una mayúscula oportunidad de abarcar una gran gama de nuevos servicios, sin efectuar demasiada inversión, ya que su red es del tipo banda ancha, seguramente HFC.

La red de CATV seguramente contará con sistemas bidireccionales para los controles operativos. Solo proporcionando al abonado esta bidireccionalidad, podrá ofrecer la extensa gama de multiservicios interactivos.

Los casos de operadores con exclusividad de servicios de telefonía básica o CATV, sufrirán retardos en la transformación de sus redes.

En cuanto a los operadores de redes de telecomunicaciones el proceso de cambio es integral. Se deberá incorporar sistemas de conmutación de banda ancha (155 Mb/s ó de 622 Mb/s) y redes de transporte con enlaces entre centros de conmutación empleando sistemas ópticos, con anchos de banda que permitan velocidades de decenas de Gb/s, mientras que en la red de acceso se tendrán que efectuar reingenierías totales.

Las arquitecturas adoptadas en la red de acceso dependerán de la topología del terreno, red existente, tipo y grado de desarrollo de la demografía y fundamentalmente del potencial económico retornable de los servicios ofrecidos. Se podrán mantener un sector troncal en fibra, ramales distribuidores en cable coaxial y acometidas de cobre con tecnologías ADSL o de su familia xDSL.

El ancho de banda que proporciona la fibra óptica y que posibilita suministrar múltiples servicios de CATV y multimedios interactivos, está solo limitado por las velocidades de los equipos electrónicos participantes, disponibles al momento. Luego cada solución de red debe considerar su variabilidad y el horizonte del diseño.

Las arquitecturas activas son mas costosas que las pasivas, debido a los costos actuales de los componentes ópticos y dispositivos electrónicos.

Así mismo en general, los costos de los sistemas de fibra en el bucle de abonado, resultan ser mayores a medida que la fibra se acerca al abonado, al disminuir el compartir los costos de los elementos mas caros. Se estiman ahorros del 50 % para configuraciones del tipo FTTC y del 70 % para tipo FTTZ.

Luego las arquitecturas mas gravosas, se deberán adoptar en concordancia a la demanda cierta de los servicios.

Su conformación y topología elegida es variable respecto a lugar y tiempo, de acuerdo a las modificaciones comerciales del mercado ofrecido. Por ello se deberá analizar y preparar las distintas alternativas de los futuros relevos, para cada circunstancia.

Las experiencias al presente, concluyen que salvo presentarse una alta demanda de servicios de banda ancha, para el área en estudio, las altas inversiones llevadas para la transformación de la red, serán solo compensadas a largo plazo.

Por esta razón la estrategia de transformación se deberá realizar, en forma gradual acompañándola con ingresos logrados por el ofrecimiento de nuevos servicios de banda estrecha, combinándose paulatinamente con el ofrecimiento de los servicios de banda ancha.