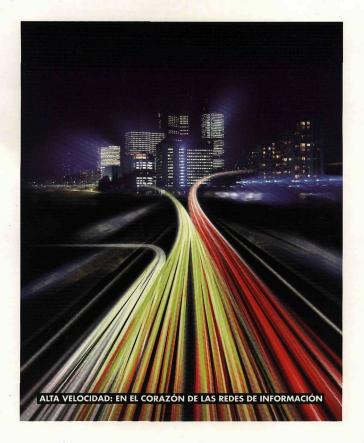
REVISTA DE TELECOMUNICACIONES DE ALCATEL



REDES DE TRANSMISION - INTRODUCCION

De los enlaces punto a punto a la red de transmisión

Desde finales de los ochenta, las tecnologías de transmisión disponibles solo permitían enlaces punto a punto en cascada usando diferentes medios –fibra, radio y cobre. Los enlaces se desplegaban proyecto a proyecto sirviendo a las demandas crecientes de telefonía fija.

Aunque los operadores reconocían las ventajas de una red de transporte flexible, pocos desplegaban transconectores y multiplexores de inserción /extracción PDH (jerarquía digital plesiócrona). La rigidez de estas redes significaba que podía durar semanas, incluso meses, implantar la red nueva o los servicios de usuario final. Su pobre fiabilidad tenia como resultado un duro trabajo del personal de mantenimiento para solucionar los problemas de la red. No era normal la supervisión del tráfico para verificar la calidad de los servicios ofrecidos y, con frecuencia, los operadores se veían penalizados por no cumplir los niveles de servicio acordados. Para superar estos problemas, los suministradores de equipos y operadores comenzaron a trabajar en 1987 en la tecnología de transmisión síncrona y estándares asociados, primero en EEUU y más tarde en Europa. En este contexto, es importante constatar que las normas SONET (red óptica síncrona) v SDH (jerarquía digital síncrona) no son meras tecnologías de enlaces de transmisión, son tecnologías de redes de transmisión.

¿Que son el SDH y el SONET?

Las tecnologías SONET y SDH se basan en un conjunto de normas (Tabla 1) para transmisión óptica avanzada que definen un interfaz óptico que proporciona compatibilidad transversal entre equipos

de diferentes fabricantes. Ya no hay que retirar flujos de información completos y reeensamblarlos cada vez que hay que insertar o extraer una señal. En su lugar estas se reagrupan (se recopilan y encaminan) dentro de una trama síncrona.

Al ser tecnologías de redes, la operación, la administración, el mantenimiento y el aprovisionamiento se gestionan por un sistema de gestión centralizado.

¿Cuales son las ventajas?

Disponer de funciones gestionadas por SONET y SDHs la piedra angular de estas tecnologías. Alcatel Telecom ha trasladado este principio al concepto de Versión de Red. Los operadores gastan mucho en mantenimiento, la protección de red puede reducir este gasto e incrementar significativamente la calidad de sus carteras de servicios.

La gestión centralizada de la red puede acelerar en gran medida la provisión de servicios, permitiendo a los operadores comenzar a obtener beneficios mucho antes. Mecanismos avanzados de supervisión de tráfico verifican la calidad de los servicios; la información de supervisión la recoge un sistema central de gestión de red, el cual determina la calidad de servicio proporcionada y la lenta degradación de los servicios, ayundando así a prever futuros requisitos de mantenimiento antes que ocurra realmente un fallo.

Además, tanto la tecnología SONET como la SDH ou inversiones a prueba de futuro ya que se pueden utilizar conjuntamente con la tecnología WDM (multiplexación por distribución en longitud de onda) para mejorar en gran medida la utilización de las fibras ópticas instaladas, y con el ATM (modo de transferencia asíncrono) para proporcionar servicios comutados de banda ancha.

Tabla 1 - Principales normas de referencia

Aspectos de transmisión	SDH		SONET
	ITU-T	ETSI	ANSI
Interfaz de nodo de red Arquitectura de red Funciones de red Superv. de prestaciones Modelo de información Protecciones de red Nota (*) en estudio	G707 G803 G783 G784 G774 G841 y G842	ETS300147 ETS300417 1 ETS300417 1-6 ETS300417 7-6 ETS300304 DTR-TM03025 DTR-TM03041 DTS-TM03042	T1.105 y T1.105.02 Igual ref. a UITT Igual ref. a UITT T1.231 T1.119.01 y T1 IJ9.02 TI 105.01

Revista de telecomunicaciones de Alcatel, revista técnica trimestral de Alcatel, presenta las investigaciones conseauidas por las compañias Alcatel en todo el mundo. Revista de telecomunicaciones de Alcatel se edita actualmente en seis idiomas y su distribución es universal.

Comité Editorial

Peter Radley Presidente

Philippe Goossens Thierry Roucher Editores-lefes

Editores

Mario Pagani Editor invitado Transmission Systems Division

Catherine Camus Editora-Jefe Adjunta y Editora de la édición en francés, París

Editor de la edición en inglés, París

Andreas Ortelt Editor de la edición en alemán, Stuttgart

Gustavo Arrovo Editor de la edición en español. Madrid

Eaisto Corradini Editor de la edición en italiano, Milán

Mina Chi Kuo Editor de la edición en chino, Taiwan

Las direcciones de los editores figuran en la última página de este número.

En esta publicación no se hace ninguna mención a derechos relativos ch esto puberación no se nace ninguna mención a detecnos retirevos a marcas o nombres comerciales que puedan afectar a algunos de los lérminos o símbolos utilizados. La ausencia de dicha mención no implica, sin embargo, la falla de protección sobre esos férminos a símbolos.

Editor : Jean-Paul BARTH

Tirada: 6 600 ejemplares Compagnie Financière Alcatel

Revista técnica, editada por Compagnie Financière Alcatel, con un capital de 42 874 089 700 Francos franceses Domicilio social: 33, rue Emeriau, 75015 Paris, France Depósito Legal: RCS Paris B 351 213 624 Accionista principal: Alcatel Alsthom: 99,9% Registro Legal : Marzo de 1997 ISSN: 1267-7167 Imprime : Atelier Hugueniot, 275, rue Pierre et Marie Curie, 73490 La Ravoire, Francia

REVISTA DE TELECOMUNICACIONES DE ALCATEL

1er trimestre de 1997

Alta velocidad: en el corazón de las redes de información

Editorial Conectividad: paradoja o reto J. Comu

- Prólogo al número de redes de transmisión B. Pigcentini
- Tendencias generales en los mercados SDH/SONET D. de Boisséson, M. Pagani
- 10 Evolución de la gravitectura de redes de transmisión C. Coltro
- 19 Concepto de liberación de red SDH de Alcatel G. De Vos
- 24 Integración multivendedor en redes de transmisión A. Larraza
- 31 Aspectos de sincronismo de la red Th. Klett
- 38 ATM sobre SDH M. Huterer
- 47 Una nueva capa fotónica para las redes de banda ancha J. Dupraz, F.-X. Ollivier, P.A. Perrier
- 55 150 años de sistemas de cables submarinos desde el código Morse a la ciber-conversación S.R. Barnes, J. Devos, P.M. Gabla, B. Le Mouël
- 63 Conectividad WDM submarina J. Chesnoy, O. Gautheron, A. Lécroart, L. Le Gourriérec, V. Lemaire
- 69 Sistemas SDH/SONET de Alcatel: principales referencias y aplicaciones J. Hartung, S. Lencioni
- Abreviaturas de este número



Editorial

Conectividad: paradoja o reto



Siempre que nuevos servicios o herramientas se ponen a disposición de la gente, existen importantes opiniones divergentes sobre su futuro éxito. Fue lo que sucedió cuando aparecieron el tren y el coche, y también cuando se inventó el teléfono.

El juicio sobre el futuro éxito se basa en dos aspectos:

 - ¿cual va a ser el coste del servicio?
 - ¿que interés tiene la gente en esta clase de servicios y cuanto están dispuestos a pagar?

El más reciente y fascinante ejemplo es la introducción del PC casero. Según el país, entre un 10 y un 30% de los hogares dispone de un PC y gastan una media de 1.000 dólares por año en cambios, mejoras, software, etc. Si hace diez años hubiésemos planteado preguntas como la de si había dinero en el presupuesto familiar para tal gasto o si un hogar medio necesitaba un PC, las respuestas habrían sido probablemente negativas.

En las telecomunicaciones nos hemos enfrentados en los últimos años a preguntas muy parecidas respecto a la multimedia. Multimedia significa llevar a los usuarios un canal de comunicaciones de alta velocidad, que les permite intercambiar voz, datos y vídeo con el resto del mundo.

La primera pregunta, por supuesto, es ¿que cuesta?

Básicamente, existen dos elementos de coste: la red de acceso y la transmisión a larga distancia.

Hasta hace unos pocos años se consideraba que la introducción de la multimedia requería de una red de acceso de cable totalmente nueva, que se debería basar en gran medida en fibra. El coste de la puesta de marcha de esta nueva red podría estar por encima de los mil dólares por cada posible cliente. Pero, una desventaja incluso mayor de dicho esquema es que toda la inversión debe hacerse sin conocer la respuesta de los clientes.

Sin embargo, en los dos últimos años se han encontrado nuevas soluciones técnicas que permiten utilizar la planta de cable existente: par trenzado de cobre o coaxial CATV. En el par trenzado de cobre, el ADSL y el VDSL permiten hasta 6 Mbit/s en distancias de unos pocos kilómetros, e incluso 50 Mbit/s en un kilómetro. Esto significa que la inversión en fibra se limita a la parte superior de la red de distribución, donde no es específica del cliente. Con esta solución, la inversión puede ser lineal con las conexiones reales ya que la inversión en ADSL es específica del cliente y no tiene que hacerse a priori.

En las redes de TV por cable tenemos una situación similar. La arquitectura de red se debe adaptar y hay que introducir fibra en la parte superior de la red. Sin embargo, la inversión en módems de cables y teléfonos es en gran medida también específica del cliente. Así estamos llegando a una situación mucho más sencilla. La arquitectura de red se debe adaptar con la introducción de más fibra. Sin embargo, el resto de la inversión es prácticamente lineal con las conexiones reales y se puede limitar a unos 500 dólares por cliente real.

Volvamos ahora a la transmisión a larga distancia. Es un elemento importante ya que el interés de la multimedia no radica obviamente en la conexiones locales.

En los últimos diez años el coste de la transmisión a larga distancia expresada en bit/s y por kilómetro se ha reducido unas diez veces. Esto no se ha reflejado en el precio de las llamadas telefónicas de larga distancia. Es fácil decir que en estos momentos existe una gran diferencia entre el precio y el coste de las comunicaciones a larga distancia.

Esto ha llevado a la paradoja de Internet. De hecho. Internet representa una doble paradoia. Con Internet es posible tener una comunicación a larga distancia prácticamente gratis, mientras que la misma comunicación sobre la red telefónica es cara. La razón de ello es, naturalmente, que Internet es capaz de utilizar la facilidad de larga distancia a precios que son mucho más cercanos al coste real marginal. La realidad está entre ambas, pero más cerca de Internet que del precio actual de las llamadas telefónicas a larga distancia. La segunda paradoja de Internet existe en Estados Unidos. Una situación donde las llamadas telefónicas locales son gratis está en contradicción con la realidad de que el coste de una llamada telefónica es virtualmente independiente de la distancia cubierta.

Con la llegada de nuevas tecnologías como la multiplexación por división de la longitud de onda, o el colocar múltiples fuentes luminosas en una misma fibra, podemos esperar en los próximos cinco años reducir los costes de transmisión unas diez veces. Entonces estaremos más cerca del punto donde el coste real de una conexión de 2 Mbit/s sobre 1000 km no será mayor que los precios actuales de las llamadas telefónicas locales en Europa. Digo 2 Mbit/s ya que es la que velocidad que proporciona, con la nueva codificación MPEG, un servicio de vídeo con la calidad de TV.

En resumen, se puede decir que con una inversión inicial en el bucle de acceso de unos 500 dólares por usuario podremos dar a la gente multimedia a un precio muy asequible.

Veamos ahora la segunda pregunta: ¿que hará la gente y cuanto estará dispuesto a pagar?

Hace unos pocos años el interés de la multimedia se centraba en la provisión de servicios de vídeo a demanda. Pensando en el gasto real de la gente en el alquiler de videos se llegaba fácilmente a la conclusión que el presupuesto disponible era sólo de unos 100 a 200 dólares por año.

El fenómeno Internet ha mostrado sin embargo que se puede desarrollar un fuerte interés en las comunicaciones interactivas de datos. Es de hecho la introducción del PC en el hogar lo que lo ha hecho posible. Los anteriores intentos de introducir esta clase de servicio de videotex en el hogar no han tenido éxito por el problema de los terminales, salvo en Francia donde France Telecom ha sido bastante activa en la provisión gratuita de terminales de bajo coste a sus abonados.

Un PC multimedia ya tiene casi todos los elementos hardware que permiten acceso multimedia. Sólo hay que sustituir el módem actual por un módem de cable o ADSL. La experiencia muestra que los propietarios de PCs están deseando hacer esta clase de inversión. Si pagan sus módems, la inversión del operador de la red será bastante modesta: unos pocos cientos de dólares por usuario real. E incluso se puede imaginar que el usua-

rio pague esta inversión como cuota de conexión. En ese instante la inversión del operador de la red estará estrictamente relacionada con el tráfico: conmutación ATM y transmisión SDH, y ello no tiene virtualmente riesgo.

Pero queda una importante pregunta: ¿y las tarifas? Está claro que el esquema anterior afecta a la existente situación de tarifas de servicios de datos. Sin embargo, esto parece inevitable.

Por ello, si todo parece tan brillante ¿cuales son los cuellos de botella?

Desde mi punto de vista los principales cuellos de botella son la normalización y la introducción real de módems de cable y ADSL como parte del PC.

La rápida normalización de las capas de transporte y de servicio es por ello esencial. La experiencia con la RDSI ha mostrado que la rápida normalización de unos pocos servicios básicos es preferible a una demasiado larga normalización de cientos de servicios. Lo que también ha mostrado la experiencia con la RDSI es que el fallo por el que la RDSI no se ha convertido en un interfaz normalizado en los PCs es un detrimento para el éxito de esta nueva tecnología.

Volvamos a la economía de la utilización de los nuevos servicios multimedia.

Lo primero que viene en mente es que la videoconferencia a 2 Mbit/s traerá un nivel muy diferente de calidad. La utilización de nuevos sistemas de proyección de vídeo hará posible tener una videoconferencia mundial con muchos participantes con una sensación de "familiaridad" casi igual a la de una reunión.

Cada año Alcatel paga por unas 20.000 noches de hotel en Paris. El coste por día, incluyendo viajes, comidas y tiempo perdido se acerca a los 1.000 dólares. Reducir a la mitad este coste supondría un ahorro de diez millones de dólares al año. Esto se compensa

con una mayor utilización de las telecomunicaciones.

Un segundo aspecto es ciertamente la mejor colaboración entre unidades multinacionales. Será posible crear la atmósfera de una pequeña y dinámica empresa entre personas de diferentes puntos del globo.

El tercer aspecto es naturalmente el teletrabajo. Ya hoy vemos como crece el teletrabajo en tareas comerciales, para las cuales el tiempo en la oficina significa en muchos casos no productividad. También elimina uma gran cantidad de papel, lo que es sinónimo de retraso. En muchas empresas el retraso en las entregas reside en gran medida en la administración de las ventas.

Es obvio que ventajas muy similares se pueden alcanzar a nivel de un país. En un momento donde cada vez hay más quejas sobre la distancia entre gobierno y pueblo, y sobre la eficacia de la administración pública, la multimedia puede eliminar muchos interfaces y fronteras.

Un sistema de correo electrónico por todo el país, incluyendo el rápido acceso a servicios públicos, sería una gran forma de promocionar un sentimiento de creciente eficacia.

Pero si todo esto se basa en PCs, ¿no se deja fuera al 70 u 80% de la población?

La respuesta reside, probablemente, en los ordenadores de red y en los teléfonos web, de los que se está hablando. Llevando el coste de un terminal que permita una forma de acceso multimedia a los 1000 dólares, o incluso 500, nos permitirá llegar a un nuevo segmento de la población. Además, los fabricantes de televisores están trabajando para introducir la funcionalidad del PC en el aparato de TV para convertirlo en un verdadero dispositivo multimedia.

Así, ¿seguirá la ola multimedia a la ola móvil? Yo pienso que sí. También creo que es necesaria para revitalizar algunas industrias. En la industria de electrónica de consumo la introducción del vídeo digital y de la interactividad proporciona la posibilidad de cambiar el aparato de TV, algo que el HDTV no ha logrado. De hecho, la TV digital sobre redes de cable puede hacer realidad el HDTV. Pero yo creo que también para la industria del software la conectividad de redes es la única forma de ir más allá de las funcionalidades que solemos emplear: procesadores de texto, hojas de cálculo y bases de datos. La mayoría de nosotros tenemos mucho que ganar, por ello pongámonos a trabajar en la tarea.

J. Cornu



Prólogo al número de redes de transmisión

B. Piacentini

El mundo de las telecomunicaciones que ha presentado J. Cornu en su editorial refleja la siguiente idea: la importancia de la velocidad.

La velocidad se puede entender en sentido tecnológico para describir las siempre crecientes velocidades de los sistemas de conmutación, transmisión y acceso y la rápida reconfiguración de los sistemas para alcanzar niveles más altos de disponibilidad. Por otro lado, la velocidad se puede tomar en el sentido de mayor rapidez en la introducción de las nuevas tecnologías o de la demanda de unos plazos de entrega cada vez más cortos y más flexibles para soportar las urgencias de los planes de inversión de nuestros clientes.

Este número de la "Revista de telecomunicaciones de Alcatel" le da la oportunidad de ver el considerable progreso realizado por Alcatel Telecom en los últimos tres años, desde que se trató este tema en la revista.

Nuestras teorías se han enraizado, han crecido y están en marcha en redes de todo el mundo demostrando

el esfuerzo que hemos realizado para satisfacer a nuestros clientes en ambos aspectos de velocidad.



B. Piacentini Presidente de Transmission Systems Division

Tendencias generales en los mercados SDH/SONET

D. de Boisséson, M. Pagani

En este artículo se resumen algunos de los nuevos aspectos del mercado de transmisión que representan nuevos retos tanto a operadores como a suministradores de redes

Introducción

Las redes de transmisión SDH y SONET se enfrentan a un básico y rápido cambio que presenta nuevos retos tanto a operadores como a suministradores de red.

Desde la inicial "red de un único cliente", donde la transmisión era utilizada esencialmente por la RTPC, hemos pasado a una "red de un único servidor" que tiene que soportar múltiples clientes de transmisión y redes (ver artículos Evolución de las arquitecturas de la red de transporte y 150 años de sistemas de cables submarinos - desde el código Morse a la ciber-conversación).

La liberalización y consecuente competencia añaden nuevas dimensiones al mercado de transmisión al introducir nuevos e importantes actores, y requisitos dimánicos y exigentes que impactan sobre la tecnología de red y los procesos de ventas y negocios.

En este artículo se resumen algunos de estos nuevos aspectos del mercado de transmisión y se resalta nuestra respuesta.

Tendencia de los mercados SDH/SONET

Los entornos de los mercados SDH y SONET se caracterizan por su gran dinamismo: en EEUU, el Telecom

Reform Act está llevando a una competencia abierta v total en todos los servicios y está conduciendo al mercado de transmisión a un vendaval de fusiones y alianzas. Los operadores tradicionales se posicionan para defender sus mercados y, a la vez, se prestan a obtener nuevas licencias en los nuevos segmentos del mercado: AT&T. operador tradicional de larga distancia, ha anunciado su propósito de obtener licencias de servicios de telecomunicaciones locales en los 50 estados americanos. Muchos analistas creen que la industria se consolidará en unos pocos megaoperadores.

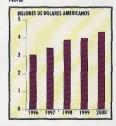
El mercado de transmisión en América del Norte ha mostrado un crecimiento compuesto del 10% en los últimos años y se espera que la tendencia continúe. Tendencia que ha sido dirigida fundamentalmente por la explosión de tráfico de Internet, por la progresiva reducción del precio de las líneas alquiladas y por la creciente disponibilidad de la capacidad de transmisión.

En Europa, la combinación de liberalización y privatización está impulsando las inversiones: los operadores tradicionales luchan por conseguir reducir sus costes y utilizan la flexibilidad de margen generada para desarrollar flujos ingresos fuera de Europa: también se concentran en la defensa de su base de clientes.

Por otro lado, un gran número de nuevos operadores han obtenido una licencia y están atacando los segmentos de mercado más lucrativos: clientes de negocios, líneas alquiladas y tráfico vocal internacional de larta distancia

En las principales capitales y ciudades industriales están en marcha programas de los nuevos operadores para instalar anillos SDH o SONET que proporcionen servicios de líneas alquiladas e interconexión LAN a LAN a grandes clientes de zonas empresariales. Estos anillos metropolitanos se están uniendo entre sí para formar verdaderas plataformas de transporte continentales e intercontinentales para la conectividad internacional y abrirán las puertas a las nuevas tecnologías de larga distancia, como el WDM y los amplificadores ópticos en línea.

Figura 1 - Mercado SONET en América del Norte



Tendencias de la tecnología de red

Al examinar el mercado mundial de las redes de transmisión, aparecen en los requisitos de los operadores ciertas tendencias o características comunes.

Existe la necesidad de suministrar servicios cada vez más fiables. La fiabilidad del servicio se utiliza como factor diferencial: una disponibilidad de circuitos de hasta el 99.99% es actualmente un requisito normal del mercado. Tal nivel de disponibilidad no se puede lograr solo con un cuidadoso diseño de la red v con elementos de red altamente fiables: también hay que complementar los métodos tradicionales con mecanismos avanzados de autoreparación para protección de trayectos. No se puede permitir acción manual alguna, ya que ello ocasionaría necesariamente un procedimiento de restauración más largo v consecuentemente una mayor indisponibilidad.

En las operaciones normales de red, la mayoría de los problemas de la red se fijarán por los mecanismos de protección de autoreparación anteriormente citados. Algunos sucesos catastróficos, como el corte múltiple de fibras o el fallo en múltiples nodos. pueden escaparse a estos mecanismos de protección: para repararlos hay que tener la capacidad de reconfigurar rápidamente la mayor parte del tráfico que origina elevados beneficios en el tiempo más corto posible. De nuevo, un sistema automático de restauración puede ayudar a realizar una red realmente superviviente.

La reducción de los costes operativos exige servicios y redes fácilmente manejables, umo sistemas de
gestión integrados, centralizados y
amigables pueden ayudar a los Operadores a reducir los altos costes
relacionados con el mantenimiento y
las operaciones normales de red, permitiendo al mismo tiempo un tiempo
de respuesta más rápido a los Clientes y un mejor control global. Ello
incluye soluciones para establecer y
controlar la red de sincronismo, para efectuar su restauración en o aso

de necesidad (ver el artículo Aspectos de sincronismo de la red).

En la instalación y operación de una red nueva se realizan enormes inversiones: los Operadores piden por ello soluciones garantizadas a prueba de futuro y, siempre, nuevas facilidades de red que puedan ayudarles a triunfar en un mercado altamente competitivo (ver el artículo Concepto de liberación de red SDH de Alcutel).

Los nuevos Operadores tienen un interés particular en aquellas soluciones de red que les permitan una alta capacidad de transmisión sobre pares de fibras no homogéneos: las dificultades que encuentran al buscar medios de transmisión adecuados y los prohibitivos costes relacionados con el despliegue de nuevos pares de fibras hacen de la multiplexación por distribución de longitud de onda (WDM) y de la amplificación óptica en línea unas tecnologías muy atractivas, El WDM, utilizado en principio por los sistemas submarinos de cable, se está convirtiendo rápidamente en una solución crucial también para las redes terrestres de larga distancia.

La tecnología WDM está, a su vez, preparando el camino para los ADMs ópticos y los transconectores de las futuras redes totalmente ópticos, las cuales añadirán flexibilidad y facilidades de restauración más rápidas a la red de transporte SDH o SONET, reduciendo tanto el número de longitudes de onda utilizadas como el equipo (ver artículos Conectividad WDM submarina y Una nueva capa fotónica para las redes de banda ancha).

Necesidades de la integración de red

La contención de costes, la mejora de la eficacia y una repuesta más rápida son los requisitos que dirigen la integración. Integración es una simple palabra que abarca un mundo de aspectos técnicos interesantes y desafiantes, que tienen una

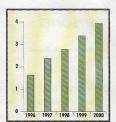


Figura 2 - Mercado mundial de SDH

importancia estratégica tanto para operadores como proveedores de redes.

Un entorno multivendedor evita la dependencia de un solo proveedor de red a la vez que conserva la capacidad de gestionar la red de extremo a extremo desde un único punto. Para hacer esto posible ya se dispone de integradores específicos de gestión multivendedor (ver el artículo Integración multivendedor en redes de transmissión.).

Los Operadores de red ya están construyendo redes mundiales, lo que ha dado como resultado el que haya cada vez más operadores interacionales que ofrecen servicios globales de tecnología puntera: la integración SDH/SONET es una realidad. El siguiente paso será la integración de la funcionalidad de comuntación ATM en equipo SDH o SONET (ver el artículo ATM sobre SDH).

Más tarde o más temprano se necesitará una gestión de red de acciones cruzadas que integre las acciones de gestión de acceso, transmisión y comutación: la utilización de un conjunto de componentes sofiware genéricos dentro de una arquitectura de plataforma común, como base para el desarrollo de las aplicaciones de gestión, es la forma como ha resuelto Alcatel Telecom el problema

Procesos de ventas y negocios de red

La discontinuidad básica del entorno de mercado ha forzado a los suministradores de red a reaccionar y revisar sus procesos de ventas y negocios.

Los Operadores requieren soluciones de red de altas prestaciones y alianzas estratégicas con uno o unos pocos suministradores con una cartera completa de servicios sonorte.

Los nuevos Operadores de red suelen confiar en un único suministrador estratégico para soluciones que van desde los estudios del mercado, marketing de servicios, diseño y planificación de redes a las actividades más tradicionales como instalación y puesta en marcha de la reditambién suelen pedir el soporte para la operación de red. Los Operadores ya establecidos necesitan ser ed y en la forma de obtener nuevos servicios generadores de beneficios con la infraestructura existente.

Hemos adquirido una considerable experiencia en dicho soporte uniendo nuestro know-how en transmisión con los recursos disponibles y los conocimientos obtenidos de otros partes de nuestro grupo en proyectos llave en mano al implementar muchas redes (p. ej., SNCF-TD y Alestra, en el artículo Sistemas SDH/SONET de Alcatet: principales referencias y aplicaciones se da más información sobre estos proyectos).

Alcatel Telecom ha implemencation de red SDH que ofrece probadas ventajas competitivas a los Operadores de red (ver le artículo Concepto de liberación de red SDH de Alcatel), Además el ISO 9000 ce el que está certificada Alcatel Telecom es una garantía de calidad total. Recientes premios prueban nuestros insuperables niveles de calidad: Shingo Quality Award y Texas Quality Award.

Para satisfacer el requisito básico de despliegue rápido de red, Alcatel Telecom ha desarrollado procedimientos para reducir los plazos de entrega y componentes de red muy flexibles para minimizar la necesidad de una ingeniería específica. Se nombrarán, cuando sean necesarios de manera global, equipos de proyecto especializados.

Además, Alcatel Telecom asegura un soporte de por vida basado en documentos software y facilidades de ayuda en línea, en bien definidas estrategias de actualización y en cautivadoras facilidades de equipos de prueba para redes SDH y SONET.

Conclusión

La experiencia obtenida al profundizar y ampliar su negocio ha permitido a a Alcatel Telecom consolidar su posición como líder mundial en la nueva era de la transmisión sincrona. Los artículos siguientes muestran la respuesta de Alcatel Telecom a estas tendencias y retos.

Dominique de Boisséson escribió este artículo cuando era director de Marketing and Business de Alcatel Telecom. Actualmente es CSO en Alcatel Telecom para China.

Mario Pagani es director de comunicación y desarrollo de negocio de Transmission Systems Division.

Evolución de la arquitectura de redes de transmisión

C. Coltro

La supervivencia, flexibilidad y crecimiento de la red así como las prestaciones del tráfico son aspectos fundamentales en un entorno multioperador de telecomunicaciones.

Introducción

Una tendencia reciente en las redes de telecomunicaciones es la aparición de sistemas de transmisión de alta velocidad como una de sus principales componentes. Para alcanzar una buena rentabilidad económica en la transmisión de alta velocidad, la mayoría de los operadores planifican transmitir un elevado volumen de tráfico por medio de sistemas de transmisión con control centralizado para aprove-har las económisa de escala.

Los aspectos fundamentales de una arquitectura de red de transporte son la supervivencia, la flexibilidad y la validación de sus prestaciones.

La supervivencia es un factor importante en la evaluación y diseño de las redes de telecomunicación de fibra óptica, ya que se transporta más tráfico por la misma infraestructura de fibra v se atienden más abonados de servicios de telecomunicaciones por centrales más grandes. Supervivencia de red es la capacidad para recuperar el tráfico en el caso del fallo de un componente de la red, como puede ser la pérdida completa de un enlace de transmisión o el fallo de una central. Desde que utilizar los servicios de telecomunicaciones se ha convertido en una parte más integral de muchas industrias, han crecido las expectativas de los abonados. Un estudio [1] realizado en EEUU en 1987 muestra que cuando la red de telecomunicaciones falla durante una hora, la estimada pérdida potencial de beneficios de una importante compaña de aviación es de tres millones de dólares, de 3,5 millones de dólares, de una compaña de ventas al por menor por catálogo y de seis millones en una compaña de negocios e inversiones.

La flexibilidad de arquitectura de red de transporte se refiere a la capacidad que tiene una red para acomodarse al crecimiento del tráfico y modificar sus esquemas de tráfico. El fundamento de la flexibilidad de red se basa en utilizar puntos de flexibilidad en la red, controlados por un centro de operación de gestión de red, que juega un importante papel al coordinar la configuración de todos los componentes de la red de transporte. DXCs (transconectores digitales), equipo de sistemas de líneas y ADMs (multiplexores de inserción/extracción).

La validación de las prestaciones de la red es un aspecto cada vez
más importante en las tendencias
de la transmisión, habrá muchos
operadores de transporte que ofrezcan servicios de telecomunicación
a diferentes abonados, que o compran mucho tráfico, como los agentes de bolsa u otros operadores de
red, o dirigen servicios de abonados. Como los operadores de telecomunicaciones se centran cada
vez más en los abonados, perseguirán el objetivo de conseguir tantos
abonados como sea posible con

independencia de su cobertura geográfica, que se proporcionará por subcontratación de anchura de banda a otros suministradores de servicios de telecomunicaciones.

Rigurosas y avanzadas técnicas de validación de tráfico en las fronteras de los operadores serán necesarias para resolver conflictos de fallos y localizar la degradación cuando más de un operador de telecomunicaciones está implicado en un servicio extremo a extremo.

Supervivencia de la red

El principal objetivo de la supervivencia de red es garantizar un cierto acuerdo del nivel de servicio de tráfico. Existen dos aspectos, uno interno relacionado con las redes de un solo operador y otro para las redes interconectadas de múltiples operadores.

El objetivo general es garantizar la disponibilidad de tráfico para un circuito de extremo a extremo según un acuerdo del nivel de servicio.

Supervivencia en redes individuales

Es aquí donde se describen las características de arquitectura de las principales estrategias que se pueden utilizar para mejorar la disponibilidad de la red de transporte. La mejora se alcanza sustituyendo las entidades de transporte en fallo o degradadas. La sustitución se inicia normalmente cuando se detecta un defecto, por la degradación de las prestaciones, o por una petición externa de sestión.

Las redes individuales se pueden contemplar como la conexión de múltiples subredes. Existe sin embargo una diferencia importante entre los requisitos de las redes individuales y de las redes con varios operadores. Esta diferencia se relaciona con aspectos operativos, administrativos y de mantenimiento. Las redes individuales están normalmente controladas por un sistema de operación centralizado y mantenidas por varios centros con responsabilidad sobre diferentes áreas geográficas. Las técnicas de disponibilidad de tráfico usadas en el dominio de operador individual están especificadas en normas del ETSI [2] y recomendaciones de la UIT-T [3] sobre protección SDH. La principal característica de estos mecanismos es que son capaces de recuperar el tráfico muy rápidamente: para la mayoría de ellos su objetivo es proteger el tráfico en menos de 50 mseg. Además, la protección también funciona autónomamente desde el centro de operación de red. La protección hace uso de la capacidad preasignada entre nodos: La arquitectura más sencilla de protección tiene una entidad de protección dedicada por cada entidad operacional (1+1). La arquitectura más compleja tiene m entidades de protección compartidas entre n entidades operacionales (m:n).

Los siguientes mecanismos de protección han sido totalmente definidos por normas ETSI y por recomendaciones de la UIT-T:

SNCP/I (protección de conexiones de subred con supervisión inherente)

Este mecanismo de protección utiliza una arquitectura 1+1, lo que significa que necesita una conexión de subred de repuesto para proteger una subred en funcionamiento. Es asimétrico, lo que significa que el tráfico se protege de manera independientemente en cada sentido. Su modo de operación puede ser reversible o norveversible. En el modo de operación reversible, el tráfico será siempre transportado por la subred en funcionamiento, excepto en los

casos de fallo. Además del tiempo de fallo, habrá también un cierto tiempo para que el mecanismo de protección verifique que la subred en funcionamiento ha sido correctamente reparada antes de que vuelva a funcionar. En modo de operación no-reversible el tráfico puede ser transportado indistintamente por la red operativa o por la de repuesto, dependiendo del historial de fallos de la red y de las órdenes del operador que provienen del centro de operación. Los fallos ante los que el mecanismo SNCP/I es capaz de reaccionar v proteger son los hardware, que se presentan como fallos de equipo. de interfaces ópticos, y de enlaces. El SNCP/I también protegerá las interrupciones de corta duración en radioenlaces que iniciarán el VC AIS o VC LOP, El SNCP/I puede ser implantado en base de VC a VC permitiendo que una determinada facilidad de transmisión transporte tráfico protegido y no protegido.

SNCP/N (protección de conexiones de subred con supervisión no-intrusiva)

Este mecanismo de protección differe del anterior tan solo en lo relacionado con las condiciones de fallos que puede evitar. El SNCP/N protege contra los mismos fallos hardware descritos para el SNCP/I, pero también protege contra fallos relacionados con la actividad humana, como la gestión errónea del sistema de operación, o por provisiones incorrectas. Estos tipos de fallo pueden ser originados por una conexión errónea de matrices o por la apertura de conexiones. Además, el SNCP/N protege contra los errores software causados por la degradación de los interfaces ópticos o por errores en un radioenlace al sobrepasar el valor de umbral predeterminado para el máximo BER aceptable.

Una interesante característica del SNCP es que permite la transición sencilla de SNCP/I a SNCP/N cuando sea necesaria, como cuando el equipo de uno de ellos tenga que interconectarse con un equipo del otro, alcanzándose asimétricamente un grado razonable de protección de tráfico hasta la actualización completa equipo. Otra característica del SNCP es que es independiente de la topología de red. Puede trabajar sobre cualquier topología capaz de proporcionar travectos físicos disjuntos, como las topologías físicas en anillo o en malla.

- Protección de trayectos lineales MS (sección múltiplex)

Es un mecanismo de protección para tráfico elevado capaz de proteger contra cortes en las fibras v fallos de interfaz óptico, así como contra la degradación de las prestaciones del interfaz óptico y de la fibra. La protección de trayecto lineal MS soporta muchos tipos de arquitecturas; pueden ser 1+1 o 1:N. La última ofrece algunos medios de compartir la protección del tráfico entre muchos tramos que transportan tráfico operacional. La anchura de banda disponible para la protección puede ser usada para transportar tráfico de baja prioridad cuando todos los travectos operacionales se encuentran sin fallos. La protección de trayectos lineales MS puede utilizarse también para proteger tramos en redes de tipo lineal o encadenadas.

MS-SPRING (anillo protegido compartido de sección múltiplex)

Es también un mecanismo de protección para tráfico elevado capaz de proteger contra cortes de fibra y fallos de interfaces opticos, así como contra la degradación de los interfaces ópticos y de la fibra. MS-SPRING es un mecanismo de protección que necesita para trabajar una topologia fisica de anillo de red. Una de las principales ventajas del MS-

SPRING respecto a otros mecanismos de protección es su capacidad para reutilizar la capacidad de anchura de banda, lo que hace de él el mecanismo de protección disponible más eficaz bajo condiciones de tráfico uniformemente distribuido.

Restablecimiento

El restablecimiento hace uso de cualquiera de las capacidades disponibles entre los nodos para recuperar el tráfico frente a fallos de la red. En general, los algoritmos usados para el restablecimiento implicarán el reencaminamiento. Cuando se usa el restablecimiento, algún porcentaje de la capacidad de transporte de la red se reservará para reencaminar el tráfico operacional. Como el restablecimiento no ha sido todavía normalizado, los diferentes productos actualmente disponibles en el mercado se corresponden con una serie de especificaciones internas de los operadores.

El restablecimiento es la técnica más eficaz para mejorar la disponibilidad de tráfico si la topología física de la red está razonablemente bien mallada. Por ejemplo. cuando se alcanzan los nodos de la red a través de al menos tres o. incluso meior, de más rutas físicamente disjuntas, una cantidad de anchura de banda de reserva dedicada a capacidad de reserva de un 33% o menos por tramo podría ser suficiente para restablecer fallos en tramos individuales. Los fallos múltiples de tramos o nodos requieren más capacidad de reserva.

Existen dos tipos de esquemas de restablecimiento, uno centralizado y otro distribuido. El restablecimiento centralizado se basa en un sistema de operación centralizado para el restablecimiento en caso de fallos de la red. El sistema de operación centralizado posee la información completa de

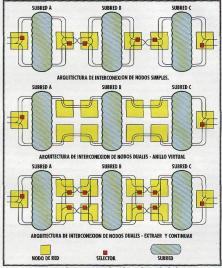


Figura 1 - Arquitecturas de interconexión de nodo simple y nodo dual

la distribución del tráfico, de la capacidad de reserva, y del perfil del tráfico en función de sus prioridades de recuperación. Dependiendo de la naturaleza del fallo, el mecanismo de restablecimiento puede administrar el uso de la capacidad de reserva de tráfico y del tráfico de baja prioridad mientras se restablece el tráfico de alta prioridad. Esta característica se llama previsión de tráfico. La respuesta del restablecimiento es más lenta que la protección debido a su alta versatilidad en la recuperación del tráfico y a su eficacia de anchura de banda. Actualmente, los mecanismos semiautomáticos de restablecimiento pueden restablecer en diez minutos el tráfico en un tramo en

fallo. Los mecanismos automáticos de restablecimiento centralizados son mucho más rápidos, algunos de ellos son capaces de recuperar el tráfico entre 5 y 10 segundos, sin incurrir en una indisponibilidad de tráfico en los circuitos afectados.

Existen objetivos para alcanzar un restablecimiento distribuido incluso más rápido. Las especificaciones actuales esperan restaurar el tráfico sin causar alarmas de grupo de operador, es decir un tiempo máximo de restablecimiento de 2.5 segundos.

La combinación de restablecimiento y protección es una manera de incrementar la disponibilidad de tráfico hasta el máximo posible de la red. Al utilizar MS-SPRING y protección de trayectos lineales MS en las capas más bajas de la red y restablecimiento en la capa HO-VC, la red se beneficiará de las ventajas de ambas técnicas de mejora de la disponibilidad de tráfico. Los mecanismos de protección asegurarán una rápida respuesta para recuperar el tráfico en el caso de fallos en la capa de la sección de múltiplex, que es donde ocurre más frecuentemente. El mecanismo de restablecimiento podría entrar en acción en el caso de fallos múltiples, aislamiento catastrófico de nodos o situaciones de pérdida de nodos. Se espera que estos casos ocurran con mucho menor frecuencia. El efecto neto de la protección v del restablecimiento es un aumento significativo de la disponibilidad del tráfico en la red. De esta manera, se alcanzará la recuperación con un impacto muy pequeño en el tráfico en el caso de fallos simples, el impacto en la supervisión de las prestaciones para los travectos afectados se estima que será de 1 o 2 SES (segundo con muchos errores). v de 5 a 10 SES para tráfico de alta prioridad seleccionado en el caso de múltiples fallos o pérdidas de nodo.

Supervivencia en múltiples subredes protegidas independientemente

Muy raramente serán implantadas redes con un simple anillo o una única cadena lineal. De aquí que los aspectos de interconexión de subredes protegidas individualmente seand tegra importancia. Actualmente existen dos arquitecturas de interconexión de protección conocidas la de nodo individual y la de nodo dual.

En el caso de nodo dual, existen dos opciones, una llamada arquitectura de interconexión de anillo virtual y la otra arquitectura interoperativa de extracción y continuación. La Figura 1 ilustra las arquitecturas de interconexión de nodo sencillo y nodo dual.

Los principales objetivos [4] de protección para cualquier esquema de interoperación son los siguientes:

Objetivo nº1: Maximizar la disponibilidad de tráfico

En general, la disponibilidad es una medida del grado al que un elemento es capaz de funcionar correctamente cuando se requiere. La disponibilidad del tráfico en el ámbito de protección interoperativa significa la disponibilidad del tráfico en las subredes interconectadas que podrían utilizar el mismo o diferense mecanismos de protección.

Se pueden definir tres objetivos de nivel de disponibilidad:

- Nivel 1: Los mecanismos para interconectar subredes permiten que el tráfico entre subredes esté sujeto a un menor nivel de seguridad en comparación con el mismo tráfico si éste estuviera en una única subred. Esto implica que el esquema de protección interoperativa puede no ser capaz de restablecer el 100% del tráfico de la subred para un único punto de fallo. Los esquemas de interconexión de nodos individuales cumplen con este nivel de dissonibilidad.
- Nivel 2: Los mecanismos para interconectar subredes garantizan que el tráfico entre subredes no esté sujeto a un nivel menor de seguridad que el de una subred individual. Esto significa que, para un único punto de fallo en cualquier lugar que afecte al tráfico entre subredes, se requiera el esquema de protección interoperativo para restablecer el 100% de éste tráfico. La arquitectura de interconexión de nodo dual de anillo virtual es un ejemplo de una arquitectura que cumple este nivel de disponibilidad.
- Nivel 3: El esquema interoperativo de protección puede sobrevivir a puntos individuales concurrentes de fallo en cada una de las subredes interconectadas. La arquitectura de interconexión de nodo dual utilizando extracción

y continuación es un ejemplo de arquitectura que cumple este nivel de disponibilidad. El mecanismo de extracción y continuación utiliza el concepto de protección particionada que mejora la disponibilidad de la disponibilidad de un trayecto extremo a extremo no puede ser lo suficientemente alta si la disponibilidad de los trayectos protectores y protegidos es relativamente baix.

Objetivo nº2: Independencia de la protección

El objetivo de independencia de la protección es evitar fallos o fuerá follos of para de servicios planificados, es decir las actividades de mantenimiento en la red, en una subred que influye en las operaciones de comuntación de todas las subredes interconectadas que transportan el trayecto extremo a extremo.

La independencia de la protección es deseable en el caso de diferentes fronteras administrativas u operacionales desde un punto de vista administrativo y de mantenimiento.

La implantación de la independencia de la protección está soportada en las redes interconectadas por la arquitectura de extracción y continuación, y también es posible con arquitecturas de interconexión de nodos individuales, pero no se soporta en el esquema de anillo virtual.

Objective 3: Interconnecting subnetworks protected at different layers

Las arquitecturas de nodo dual y nodo individual hacen posible interconexión de subredes protegidas en diferentes capas. Esto es obligatorio cuando se interconectan subredes administradas en diferentes capas (por ejemplo, redes metropolitranas, a menudo administradas en la capa VC-4, y redes locales, normalmente administradas en la capa VC-12).

Objetivo n°4: Capacidad de interconectar redes utilizando diferentes esquemas de protección

La facilidad de interconectar subredes utilizando diferentes esquemas de protección se refiere a la capacidad de tener protección interoperativa entre subredes independientemente de la forma en que se proteian. El objetivo es tener subredes protegidas utilizando diferentes mecanismos de protección o de restablecimiento para interoperar entre ellas sin la necesidad de tener que implantar una señalización automática de protección entre redes. Esto también es importante cuando se interconectan diferentes dominios de operador que pueden haber elegido diferentes técnicas de mejora de la disponibilidad de tráfico en sus redes

Arquitectura interoperativa de protección

Actualmente solo existe una arquitectura de protección interoperativa capaz de interconectar subredes protegidas independientemente que cumpla los requisitos más estrictos de disponibilidad. Esta es la arquitectura de interconexión de nodo dual llamada de extracción y continuación: Las arquitecturas de interconexión de nodo sencillo son triviales y no ponen ningún problema a la protección interoperatión interoperatión

La extracción y continuación

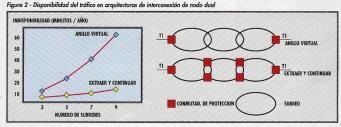
cumple todos los objetivos de protección interoperativa descritos anteriormente. La arquitectura de extracción y continuación es una potente facilidad a introducir cuando se planifica la disponibilidad de una red. Al dividirla en subredes protegidas independientemente, la disponibilidad de una red puede incrementarse significativamente. La Figura 2 compara la disponibilidad del tráfico extremo a extremo entre arquitecturas de nodo dual, una que soporta un mecanismo simple de protección, como la arquitectura de anillo virtual, v otra que soporta extracción v continuación. Esto se realiza dividiendo la red en subredes similares independientemente protegidas.

Los parámetros utilizados para dichos cálculos son los siguientes:

- Topología: cada subred interconectada está compuesta de hasta
 elementos de red (NEs) SDH
 interconectados por 70 km de fibra
- Características de la fibra: Tiempo medio entre fallos (MTBF) de 3 fallos/ añox1.000 km; tiempo medio de reparación (MTTR) de 12 horas
- Características del equipo: MTBF del puerto eléctrico de 25 años, MTBF del puerto de alta velocidad de 15,2 años; MTTR del equipo de 4 horas; partes comunes protegidas. El uso de la extracción y continuación en redes de dominio individual ayuda a mantener unos valores comparabilidad de tráfico tanto de indisponibilidad de tráfico tanto

para trayectos largos como para cortos. Esto es particularmente importante si la red se extiende geográficamente y necesita cumplir con exigentes requisitos de disponibilidad de tráfico. Los criterios para introducir la extracción y continuación dentro de la arquitectura de la red son los de responder a la estadística de fallos de las facilidades y a los fallos de los nodos de interconexión. Las estadísticas de los componentes de la red vienen normalmente expresadas en MTBF v MTTR: Este último es de particular importancia en redes de muy alta fiabilidad, como los sistemas submarinos, v en aquellas instaladas sobre torres de distribución de energía. La fibra desplegada en estos tipos de redes tiene una probabilidad muy baja de sufrir cortes, sin embargo las actividades de mantenimiento consumen mucho tiempo. Como comparación, mientras que los valores de MTTR para cables enterrados varían entre 6 v 24 horas, en los cables submarinos o en cables sobre torres de distribución de energía eléctrica valen como mínimo tres semanas. El fallo catastrófico de un nodo puede llevar mucho más tiempo.

Cuando se considera la interconecome de diferentes operadores de telecomunicaciones, el uso de la extracción y continuación sirve para reducir
la indisponibilidad extremo a extremo
y para proporcionar independencia de
la protección de red. Esto es importante desde el punto de vista de la operación de red y del mantenimiento. La



independencia de la protección asegura que los fallos que ocurran en una parte de la red no causen acciones de commutación en otras partes interconectadas. Consecuentemente, los sistemas de gestión de red y centros de mantenimiento no recibirán informes de acciones de commutación debidas a fallos o actividades planificadas de mantenimiento que ocurran en áreas fuera de su parte de control, minimizándose así la posibilidad de confundra l'oresonal de mantenimiento.

Los detalles sobre la extracción y continuación se dan en las recomendaciones G.842 de la UIT-T y, en especial, DTR-TM/03041 del ETSI.

Sin embargo el despliegue de enlaces SDH para posibles abonados no está muy extendido. La situación actual es tal que en muchos casos puede haber conexiones, especialmente entre la instalación del abonado y el segundo suministrador de servicios de telecomunicaciones, realizadas con tecnología PDH. Esto plantea algunos problemas ya que la tecnología PDH no tiene características tan ricas e integradas como el SDH. Por ello, muchas de las funciones requeridas para realizar las arquitecturas de interconexión de nodo sencillo pueden requerir añadir caias de protección ad hoc, como las utilizadas en las redes PDH para realizar la protección.

En aquellos casos en donde la nachura de banda de la línea alquilada sea los suficientemente alta como para justificar los enlaces de 34 y 140 Mbit/s, una forma eficaz para extender la capacidad SDH a las instalaciones del abonado es proporcionar cargas útiles SDH al abonado a través de enlaces PDH fis lusando módems PD

En aquellos lugares en donde los segundos operadores deban acceder al abonado, el uso de equipo SDH en la instalación del abonado con radio yó enlaces de fibra ayuda a suministrar todas las facilidades SDH en todo el trayecto de extremo a extremo. Una forma de hacerlo es desplegar radio SDH para comenzar a servir al cliente, y después, en su momento, instalar la fibra. Una vez hecho esto

existen dos opciones: o soportar el servicio con una fibra desprotegida u ofrecer un nivel más alto de disponibilidad al protegerse mutuamente el enlace de fibra y el enlace de radio.

Flexibilidad y crecimiento de la red

Comenzamos definiendo una serie de conceptos asociados con la flexibilidad de la red, ya que nos referiremos a ellos en este apartado.

La flexibilidad es una medida de la capacidad de la red para responder a cambios en los patrones de demanda de tráfico. En las redes primarias, se refiere a la capacidad de reconfigurar la red para acomodar los cambios de trafico de forma que se evite la congestión sin necesidad de cambiar la instalación del hardware de la red.

El crecimiento de la red implica la posibilidad de añadir facilidades para incrementar la capacidad de la red. Es aplicable a nodos de red, enlaces y longitudes de onda.

Con la escalabilidad se logra alcanzar el crecimiento con un uniformemente pequeño coste incremental permitiendo así alterar gradualmente la topología de la red.

La modularidad implica una red construida con un mimero relativamente bajo de bloques funcionales básicos que se utilizan conjuntamente en la implantación de nodos y enlaces de un gran mimero de tamafios.

Un indicador de la flexibilidad de la red es el parámetro de bloqueo de la red, que se define por el nivel de ocupación de los enlaces de la red a partir del cual la adición de nuevos travectos en la red resulta problemática. Esto es particularmente importante en las partes más congestionadas de la red, al requerir la consolidación del tráfico para liberar anchura de banda. La ocupación de los enlaces de la red es la utilización media de la anchura de banda de todos los enlaces de la red con respecto a la anchura de banda nominal de los enlaces. El parámetro de bloqueo de la red debe ser medible y compararse con el objetivo de los factores de ocupación de los enlaces de la red.

Para poder determinar el margen superior del factor de ocupación de los enlaces de la red hay que considerar el número de capas participantes en un determinado servicio. Una capa de red se considera prácticamente llena cuando alcanza un 75% de utilización. De aquí que, según el número de capas que sirven a un determinado circuito, los valores realistas del margen superior de ocupación de la red para VC-4s son del 75% (VC-4s empaquetados en un MS) y del 56% para VC-12s (VC-12s empaquetados en VC-4s, y a su vez empaquetados en un MS).

La elección de la arquitectura de la red debe tener en cuenta los aspectos de flexibilidad y crecimiento escalable de la red. No siempre es posible, incluso con las mejores previsiones del tráfico, predecir la cambiante cara de la demanda. Por esta razón la capacidad de una red de transporte para hacer frente a las cambiantes tendencias sobre los servicios requeridos es de vital importancia. Así. como ejemplo, en el Reino Unido, el negocio de líneas alquiladas aumentó de 20.000 circuitos de 2 Mbit/s en 1991 a 50.000 en 1995. El número de usuarios móviles en los países nórdicos aumentó de 2.5 millones en 1991 a más de 10 millones en 1995. Las interconexiones de LAN con LAN en Europa se espera que se multipliquen por cinco entre 1996 y 1998, Aunque una red de arquitectura flexible es más fácil de mantener que una rígida, la flexibilidad conlleva un coste que necesita ser considerado como coste de inversión. Esto puede suponer un problema para los nuevos operadores que empiezan sin poseer una base firme de abonados que les proporcionen unos beneficios estables.

Una manera de resolver el problema es tener un plan de evolución de arquitectura de red en el cual las fases estén claramente definidas.

Incluso la solución de redes superpuestas desplegadas en Europa por algunos operadores de telecomunicaciones ya establecidos está de acuerdo con dicho enfoque. La principal característica de las redes superpuestas es que son extensas geográficamente y transportan poco tráfico, ya que necesitan acomodar el crecimiento de tráfico que no puede soportar la base PDH instalada. Este crecimiento del tráfico proviene fundamentalmente de servicios de líneas alquiladas, ya que la demanda fija de RTPC está creciendo muy lentamente y, en algunos casos, incluso disminuyendo. El panorama es totalmente diferente para los operadores en países en vías de desarrollo, los cuales van a tener redes SDH muy ocupadas que transporten todo el tráfico RTPC iunto al de las líneas alquiladas. La implantación de redes metropolitanas SDH que transportan entre 20.000 y 30,000 circuitos de 2 Mbit/s va no es una sorpresa. Además, sus redes troncales nacionales/regionales están dimensionadas para transportar la creciente demanda de tráfico nacional e internacional. En estas redes, la flexibilidad tiene que desarrollarse en la arquitectura de red v desplegarse en la red desde el principio. La mejor solución son MS-SPRINGs interconectados por DXCs 4/3/1 para las redes metropolitanas. Algunas variantes incluyen el uso de DXCs 4/4 con restablecimiento centralizado en las capas de red nacional y regional.

Primera fase de la evolución de la red-First stage of network evolution

Volviendo al tema principal de este artículo, las arquitecturas de red para los nuevos operadores, un método por fases parece ser lo más rentable.

Uno de los principales objetivos de cualquier nuevo operador de telecomunicaciones es tener una red con la adecuada cobertura geográfica, que opere en los principales centros de negocios del país para ofrecer servicios de lineas alquiladas con acuerdos del nivel de servicio imovadores y altamente competitivos. Una aquitectura basada en una malla conectada flexiblemente con ADMs parece cumplir estos requisitos. El tráfico es, al principio, pequeño pero altamente rentable, con cierta concentración en las centros comerciales, e interconexiones con otros centros de negocios nacionales e internacionales. El nivel de diversidad de encaminamiento en una malla viene condicionado principalmente por los objetivos de disponibilidad de tráfico dados por los compromisos de nivel de servicio ofrecidos por el operador en su cartera de servicios. La disponibilidad de red puede incluirse fácilmente en el diseño de la red; la funcionalidad de extracción y continuación juega un papel muy importante en la protección de la partición de la red. En esta etapa, los ADMs STM-16 con reagrupamiento parcial v acceso a la capa VC-12 y a los ADMs de nivel inferior, parece ser el tipo de equipo más adecuado para implantar una arquitectura de red altamente rentable. Sin embargo, conforme crece el tráfico se hace más aparente que la rigidez de la red causa el bloqueo de la red incluso si la capacidad del sistema de líneas esté ampliamente infrautilizada.

Esto se observa en las redes PDH en donde toda la rigidez del cableado hardware y de las etapas de multiplexación dan como resultado una utilización de la red que, en el mejor de los casos, es inferior al 25%.

Segunda fase de la evolución de la red

En esta fase de crecimiento del tráfico, es recomendable comenzar a incluir puntos de flexibilidad en la red para incrementar la ocupación de la red. Los elementos de red SDH son los DXCs 4/3/1 que deben ser incluidos en aquellos puntos críticos de la red donde la congestión sea más común. Deberían instalarse DCXs para dirigir la ocupación de la red hacia sus fronteras superiores. Este despliegue requiere una planificación muy cuidadosa y necesita un diseño específico de acuerdo al diseño original de la red y al crecimiento del tráfico. El uso de DXCs 4/3/1 debería también ayudar a reducir el coste de propiedad de la

red ya que una mayor flexibilidad implica menos cableado y servicio manual de la red.

Tercera fase de la evolución de la red

Esta nueva fase considera el crecimiento, pero a partir de una red bien consolidada con una factor de ocupación elevado y alta flexibilidad. Pero, en este caso, las limitaciones causadas por el crecimiento del tráfico vienen dadas por los sistemas de líneas que ya están alcanzando prácticamente su límite de ocupación. Teniendo en cuenta que el coste de alquiler de la fibra contribuye en gran manera al coste total de propiedad de la red, se debería considerar la inclusión de sistemas multiplexores de orden más elevado tales como los sistemas SDH de 10 Gbit/s o el uso de sistemas WDM de nx2.5 Gbit/s.

Los criterios para elegir una u otra tecnología son diversos y la selección debe realizarse caso a caso. Los criterios generales de selección se resumen a continuación.

Razones para la utilización de equipo WDM

- Los productos WDM de nx2,4 Gbit/s trabajan muy bien con fibra G.652, proporcionado cobertura de transmisión para los sistemas de 2,4 Gbit/s. La fibra G.653 solo puede soportar WDMs de hasta 4x2,5 Gbit/s debido al fenómeno de mezcla de cuatro ondas
- Una vez instalados los amplificadores ópticos, las futuras mejorado de capacidad no necesitan ringuna intervención en el amplificador en-línea. El uso de tecnologías de ganancia plana sobre el intervalo de 1530 a 1565 rm, como amplificadores de fibra dopada de erbio basada en fluoruro, garantiza potencialmente mayores capacidades de multiplexación
- Los enlaces con tecnología WDM son especialmente rentables en largas distancias con interfaces ópticos SDH coloreados en ADMs y DXCs.

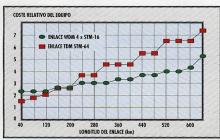


Figura 3 - Comparación de costes de equipo para enlaces WDM de 10 Gbit/s (1+0) y enlaces TDM

Razones para la utilización de equipo TDM

- La utilización de equipo TDM (multiplexación por división en el tiempo), a diferencia del WDM, no crea una nueva capa de red. La introducción de una capa de red óptica hará disminuir en la práctica el nível de ocupación de la red
- Los enlaces con equipo TDM son especialmente rentables en cortas distancias. Ofrecen un mejor rendimiento con fibras G.653.

En la **Figura 3** se presenta la comparación relativa del coste de los enlaces TDM y WDM en función de la distancia basándose en los siguientes parámetros:

- Similar capacidad de transmisión: equipo TDM implantada al 10 Gbit/s con 44 tributarios eléctricos STM-1 más regeneradores; en el caso del WDM se incluye equipo WDM de 4x2/5 Gbit/s, cuatro multiplexores STM-16 para proporcionar interfaces eléctricos más amplificadores en-línea
- Utilización de fibra G.652
- Sin transpondedores, se utiliza equipo terminal STM-16 coloreado en su lugar
- Proyección relativa de las costes a 1998.

Los resultados confirman que el uso

de la tecnología WDM resulta atractiva para enlaces de más de 150 a 200 km.

El uso de DXCs 4/3/1 con interfaces coloreados STM-16 deberían hacer que la diferencia entre TDM y WDM sea incluso más favorable para el WDM.

En esta etapa, la arquitectura de la red debería haber alcanzado una topología final madura, que en general estará compuesta de anillos interconectados y sistemas de líneas protegidos con DXCs 4/3/1. También debe incluir restablecimiento con DXCs 4/4.

Esto es similar a las elecciones topológicas realizadas por los operadores al desplegar SDH en gran escala para transportar tráfico RTPC y de líneas alquiladas.

Validación de las prestaciones de la red

Supervisar las prestaciones de una red es valorar sistemáticamente una entidad de transporte específica para llevar a cabo la función que tiene asignada a través de la recolección y arálisis de los datos de prestaciones apropiados. Desde el punto de vista de mantenimento, los procedimientos de supervisión de las prestaciones pretenden detectar condiciones intermitentes de error y problemas resul-

tantes de la degradación gradual de la infraestructura de la red. Técnicas de mantenimiento preventivo tales como la supervisión de las prestaciones son muy útiles porque permiten al proveedor de servicios de telecomunicaciones detectar los problemas con la suficiente anterioridad para corregirlos antes de que sean severos. El SDH tiene un elevado repertorio de mecanismos para proporcionar información de supervisión de las prestaciones al sistema de operación, y a los centros de mantenimiento para que estos los procesen y elaboren indicadores útiles de la degradación de las prestaciones de la red.

Todo lo mencionado anteriormente es también aplicable a los indicadores de prestaciones utilizados para calcular la calidad de servicio.

Tanto para mantenimiento como para calidad de servicio, el SDH tiene mecanismos como las funciones de supervisión de conexión tándem (TCM) y de saturación de trayecto (POM) [6], que permiten la medida de los errores ocurridos en el dominio de cada operador y en toda la red.

El uso del TCM permite que cada operador sepa el número de errores que recibe y el número de errores que pasa al siguiente operador. Esto, en teoría, debería resolver la mayoría de desacuerdos entre operadores que soportan tráfico para acuerdos de nivel de servicio de alto perfil. Por lo general, uno de los operadores es responsable del servicio extremo a extremo, ya que la tendencia del servicio actual en la industria de telecomunicaciones está enfocada, como sucedió hace 30 años en la industria publicitaria, hacia un método de comprar todo de una vez. El operador responsable del acuerdo de nivel de servicio (como todos los operadores implicados en la conexión extremo a extremo) también puede medir las prestaciones del tráfico extremo a extremo haciendo uso de funciones POM. Sin embargo, la provisión de enlaces SDH al abonado no está muy extendida por el momento. De hecho, en muchos casos puede haber conexiones, en particular entre las instalaciones del abonado y el segundo suministrador de servicios de telecomunicación, realizadas en tecnología PDH.

Una forma de resolver este problema es ampliar las capacidades SDH hasta las instalaciones del abonado, proporcionando cargas útiles SDH al abonado sobre enlaces PDH usando módems PDH para soportar señales de trama G.852.

En muchos casos los enlaces de 34 Mbit/ y 140 Mbit/s pueden ser incuestionables para acceder a los abonados con señales de trama G.832. Por ello, cuando se realiza la conexión a una red PDH muchas de las funciones PM requeridas pueden necesitar la adición de caias ad hoc para avudar a realizar la supervisión de las prestaciones extremo a extremo. Esto también plantea requisitos adicionales al equipo SDH, va que las funciones POMs y TCM ya no son suficientes. En las fronteras entre las redes SDH y PDH, ambos puntos de presencia deben efectuar la supervisión no-intrusiva de las prestaciones en la capa de circuito. función llamada supervisión de la conexión pleosícrona (PCS). Esta funcionalidad puede que no esté disponible en todos los elementos de red SDH, siendo en general una característica disponible en DXCs 4/3/1 avanzados y, en menor grado, en ADMs. Esto debería solucionar los aspectos de supervisión de las prestaciones en los diferentes dominios de operador. Además, como se dijo anteriormente, un requisito importante es que el proveedor de servicios de telecomunicaciones responsable del acuerdo de nivel de servicio del circuito extremo a extremo conozca las prestaciones del circuito extremo a extremo. Esto se realiza normalmente supervisando las primitivas de prestaciones en el extremo remoto en ambos sentidos en la capa de circuito. Con elementos de red de acceso que soporten la funcionalidad multitrama, elementos de red SDH en los puntos de presencia que soporten la función PCS tendrían que poder supervisar la degradación de las prestaciones en el dominio completo del operador, además de supervisar las prestaciones extremo a extremo del servicio.

Desafortumadamente, no todos los equipos de acceso tienen las mismas características de multitrama G.706. Hay uma gran cantidad de equipo de acceso barato yóv eigo desafegado que es no es capaz de soportar ninguma función multitrama. En estas circunstancias cajas PM ad hoc deberían colocarse junto a los elementos de red de acceso para reconstruir la multitrama. G.706 y soportar CRC-4 y la indicación de alarma remota.

Otra situación tiene lugar cuando hay despiegados elementos de red de acceso más avarados que soportan la elaboración local de supervisión de las prestaciones de CRC-4, pero no la funcionalidad de indicación de error en el extremo remoto. Aquí también se necesifa una caja ad hoc para reconstruir la información en la multitrama.

Conclusiones

En este articulo se han analizado una serie de aspectos de la planificación de redes que hay que considerar cuando se despliega una red de telecomunicaciones que se puede conectar con otros suministradores de servicios de telecomunicaciones que utilicen diferentes tecnologías y arquitecturas de red.

Desde el punto de vista de supervivencia, se han dado algumas ideas para la construcción de una red segura utilizando extracción y contimación para conectar subredes protegidas independientemente. El uso de la protección y el restablectimiento en la red también ayuda a proporcionar las más altas prestaciones de disponibilidad posibles.

Las tendencias actuales de la arquitectura de redes en el mundo pueden justificarse por la situación actual, la base instalada y los requisitos a cumplir. Existen dos grupos principales de arquitecturas, unas adoptadas en los países desarrollados con una gran infraestructura desplegada y otras en instalación en los países en vías de desarrollo con facilidades de telecomunicaciones restringidas y antiguas. El primer grupo está desplegando redes superpuestas. El otro está desplegando redes masivas, que aprovechan todas las facilidades que pone a su disposición el SDH. Un trayecto de evolución de la arquitectura de ed, que comierza con redes superpuestas y que acaba con una arquitectura de red eficiente y flexible, permitirá a los feciente y flexible, permitirá a los feciente y flexible, del sido 21.

Sin embargo, como todas estas redes necesitan ser ablertas, aspectos importantes relativos a la interconexión de dominios de operador que soportan diferentes tecnologías, es decir PDH y SDH, tienen que ser tomados en consideración. Las áreas más importantes que merecen una mayor atención, y que frecuentemente son subestimadas, son la supervisión de las prestaciones del tráfico extremo a extremo y la disponibilidad.

Pero, todos estos problemas desaparecerán una vez que los enlaces SDH se desplieguen a través de la red entre las instalaciones de abonados, bien con radio SDH bien mediante enlaces de fibra SDH.

Referencias

- 1 Evaluation and Planning for a Survivable Backbone Network Heesang Lee, Kwang-Suk Kim, Youngsoo Go, de Korea Telecom presentado en Networks' 94
- ETSI DTR TM 03025 y DTS TM 03042.
- Recomendación G.841 de la UTT-T.
- 4 ETSI DTR TM 03041.
- 5 Recomendación G.832 de la UIT-T.
- 6 Recomendación G.707 de la UIT-T y ETSI ETS-TM 300417.

Claudio Coltro trabaja para Alcatel Transmission Systems Division en el grupo Network View, donde es el manager de la arquitectura de red.

Concepto de liberación de red SDH de Alcatel

G. De Vos

El artículo muestra como los cambios en el entorno de los operadores de red han llevado a que Alcatel Telecom desarrolle una estrategia original para asegurar un desarrollo coherente de la red.

Introducción

Desde que hace unos cinco años aparecieron en el mercado los primeros productos SDH, la mayoría de los operadores se han ido familiarizando con esta tecnología con demostraciones de los suministradores, pruebas de campo, proyectos de campo a pequeña escala, etc.

Durante estos ensayos iniciales, los operadores se interesaron principalmente en las nuevas funciones que les proporcionaba el SDH y la rentabilidad que con él podrían obtener. En ese momento, los operadores se enfrentaban a un periodo de transición durante el cual surgieron ideas acerca de como implantar las redes SDH. Sin embargo, las ideas de los operadores no estuvieron totalmente claras durante este periodo, y algunos de ellos han cambiado desde entonces su estrategia completamente. Normalmente, los operadores más tradicionales se caracterizaban por su conservadurismo y todavía seguían pensando en el mundo PDH. mientras que los nuevos operadores de telecomunicaciones fueron más innovadores, interesándose por las nuevas y retadoras funciones e implantaciones de red.

Hoy, la situación se está haciendo más estable y los operadores ya identifican sus necesidades y las restricciones que les pueden plantear a su despliegue.

Como las privatizaciones y liberalizaciones se están imponiendo, la tendencia actual es que todos los operadores se dirijan más el negocio y que busquen enfocar sus actividades en el negocio central: suministrar servicios. Las actividades relacionadas con la construcción. mantenimiento e incluso el diseño de la arquitectura de red están siendo progresivamente subcontratadas a los suministradores de SDH. Es responsabilidad del suministrador proporcionar la "cajas" adecuadas para implantar las nuevas funciones requeridas a nivel de red.

Estas tendencias también han llevado a cambiar los principios de compras de los operadores. Mientras que en el pasado la mayoría de los operadores establecían una estricta relación operador-suministador, ahora las alianzas y uniones estratégicas entre operador y sumi-

nistrador están más de moda. Operadores y suministradores acuterdamutuamente intercambiar información estratégica con el objetivo de obtener, tanto operador como suministrador, los procesos más convenientes para cada uno de ellos

La organización de TSD

Teniendo en cuenta este nuevo comportamiento del cliente, Alcatel TSD cambió su organización para poder adaptarse al nuevo perfil del cliente. La división realizó un gran esfuerzo para intensificar sus capacidades en la "oferta de red" introduciendo dos nuevos departamentos en la organización: uno es "Network View", que es prioritariamente responsable de la salvaguarda de la red como producto individual (lo relacionado con sus funciones, evolución, etc.), y el otro, "Network Integration", tiene las funciones de integrar y calificar el producto de red (Figura 1).

Entre estos dos departamentos se han definido responsabilidades e interfaces para coordinar las activi-

Figura 1 - Integración y calificación del producto de red



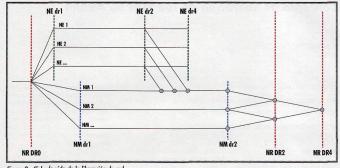


Figura 2 - Ciclo de vida de la liberación de red

dades de desarrollo de los diferentes productos SDH: elemento de red (NE) y gestión de red (NM).

Ciclo de vida del producto

Basándose en la idea de la evolución de las redes como productos individuales se ha creado el concepto de "liberaciones de red -NR Network Releases". Significa que en cualquier momento, se define una red de acuerdo a su funcionalidad. comportamiento y productos EN y NM soportados. La evolución en el tiempo se obtiene migrando a través de diferentes liberaciones de red, añadiendo nuevas funciones v productos. La estrategia sobre la "liberación de red" se describe en el documento "Network Releases Policy" de Alcatel Telecom.

Como para cualquier otro producto del catálogo de Alcatel Transmission Systems Division (TSD), la metodología del "ciclo de vida del producto" también se aplica al producto "liberación de red." Esto permite una coordinación global de todo el conjunto de productos pertenecientes a la propia NR (Figura 2).

En DR0 (Decision Review Zero)

de NR, las características y contenidos de NR se definen v listan en los documentos "Network Release Features" que se acuerdan con los responsables de producto. A continuación se obtienen los hitos dr1, que definen la funcionalidad a nivel de equipo y red para cada producto. En este punto, el producto está aprobado v se tiene un plan para su desarrollo. En dr2 del NE, se dispone de una pre-liberación estable de NE(s). Esto afecta principalmente al software, pero también puede haber nuevo hardware. Los primeros prototipos pueden usarse por el desarrollo de NM para realizar algunas pruebas iniciales con NEs "reales". Tras algunos ciclos interactivos, durante los cuales se realizan pruebas concurrentes del código software v de integración del producto en el laboratorio, se llega a las fechas dr4 de NE v dr2 de NM. En dr4 del NE, el nivel de calidad es lo suficientemente alto como para validar los NEs para su funcionamiento independiente (sólo gestión a nivel local).

En dr2 de NM, se dispone de una primera pre-liberación estable del correspondiente producto NM, que está en condiciones de ser integrada junto con otros productos NM. Para EML (capa de gestión de elemento) esto significa que el sistema MN se ha integrado con un tipo particular de NE y que está preparado para posteriores integraciones con otros componentes NM. Como tal podrían haber múltiples dr2s para EML, cada uno de ellos relacionado con un tipo especifico de NE. En los sistemas NM de capas superiores solo existe una fecha dr2.

Después de este periodo, el así llamado "integración de laboratorio", se ha alcanzado un nivel sufficiente de calidad como para poder pasar todos los componentes NM a la fase de integración de red que comienza en DR2 de NR. En la ditima fase todos los productos NE/NM están integrados a nivel de red. En DR4 de NR se termina de validat la NR y ya puede comenzar el proceso de industrialización.

Validación de la liberación de red

Alcatel TSD ha dedicado un departamento a la validación y calificación de la red y de sus funciones para su despliegue comercial, lo que ha reportado grandes mejoras: La clave se encuentra en que el equipo de "Network Integration" no está compuesto por personas de I+D, cuva experiencia está principalmente relacionada desarrollar aplicaciones específicas v evitar situaciones críticas durante las cuales la red podría tener un mal funcionamiento. En su lugar se aporta al ciclo de vida del producto de red una especie de actitud "parecida a la del cliente". No solo los productos y sus componentes software se obtienen del desarrollo y se confrontan contra las especificaciones, también se verifican que son correctos y de fácil comprensión para el usuario los documentos de usuario, las descripciones funcionales, la localización y solución de fallos, las reglas de implantación del sistema, etc.

Durante todo la actividad de pruebas funcionales múltiples, el objetivo es verificar el comportamiento de la red en condiciones normales y críticas, así como las prestaciones de la red en términos de tiempos de respuesta. Como la normalización del SDH fue impulsada por razones tecnológicas, algunos requisitos operacionales no se encuentran explícitamente cubiertos al depender del diseño de la arquitectura de la red. Los requisitos relacionados con tiempos de respuesta, simplicidad de operación, prestaciones del sistema, características del sistema, etc. no están al día de hoy muy bien especificados. Sin embargo, las pruebas de las prestaciones de la red han demostrado claramente la necesidad de aportar mecanismos que limiten la avalancha de, por ejemplo, alarmas e información asociada de la red durante fallos graves de ésta. Esto, independientemente de la idea original del SDH de proporcionar cualquier información posible sobre las alarmas a los sistemas de gestión de red, da lugar a la implantación de ciertas contramedidas para descargar el uso innecesario de la capacidad del procesador NM y del DCN (red de comunicaciones de datos), v permitir al operador realizar lo que el quiere en caso de fallo: restablecer el tráfico afectado de la manera más rápida posible!

Para poder realizar las pruebas de red en un tiempo adecuado, se han desarrollado algunas plataformas en las que las pruebas se ejecutan en paralelo. Los centros de pruebas más importantes se encuentran en Stuttgart (Alemania), Vimercate (Italia) y Villarceaux (Francia). La principal plataforma de pruebas de integración se encuentra localizada en Villarceaux, donde se ha construido un modelo de red con todos los tipos de NES que forman parte del modelo de referencia de NR.

Como no existe una única arquitectura de red genérica, la validación se realiza sobre configuraciones específicas de red que tienen en cuenta las configuraciones de red admitidas en cada uno de los correspondientes documentos descriptivos de la características de la NR.

Conjuntamente con la calificación de la correspondiente NR, se editará un manual de usuario enfocado al uso de las funciones del sistema de red. Se proporcionarán procedimientos de localización y gestión de fallos y recomendaciones para solucionarlos.

Mejora del proceso de entrega

Al ser siempre el tiempo un factor decisivo en la implantación y activación de las redes operacionales, es importante afinar los procesos de aceptación/implantación por el operador y el de calificación/entrega por el suministrador. Para poder minimizar el periodo de tiempo entre el DR4 de una determinada NR y la fecha en que se encuentra "realmente operativa" y en servicio, se hace necesaria el paralelismo de los anteriores procesos.

Antes de que una red esté instalada y activada para su operación real, es necesario pasar por una serie de etapas intermedias que consumen mucho tiempo. Estas etapas implican, por ejemplo, pruebas del tipo de aceptación de productos individual NB y/o NM, fabricación de los productos, pruebas de aceptación en fábrica, entrega a los distintos plantas, instalación en planta, pruebas del tipo de aceptación de la liberación de red, entrenamiento del cliente y familiarización con las funciones de red, activación del servicio en planta, pruebas de campo del cliente, etc.

Muchas de las etapas anteriores pueden llevarse a cabo en paralelo por medio de un proceso de validación de NR propietario de Alcatel. Es posible, por ejemplo, comenzar las pruebas del tipo de aceptación de un NE individual por el cliente una vez que se ha pasado el DR4 de NE (incluir algún tiempo adicional de desarrollo depende de los condicionantes del cliente, del tipo de producto, del tipo de mejora del producto: sólo software o también nuevo hardware, etc.). Una vez que los productos han sido aprobados por el cliente, el proceso de pedidos comerciales lo puede empezar el operador para iniciar el despliegue del equipo en planta incluso antes de la fecha DR4 de NR. Está claro que en ese momento, la gestión (provisión, configuración, etc.) solo puede realizarse localmente. Una vez alcanzado el DR4 de NR v que la NR ha sido aceptada en el prototipo, se pueden instalar los sistemas de gestión para que se hagan cargo del control de la red ya en estado operacional.

Estrategia de despliegue de una liberación de red

Anualmente se planifican dos liberaciones de red. Una de ellas con propósito de proporcionar un mayor grado de funcionalidad de la red, mientras que la otra se relaciona con las correcciones software y la mejora del rendimiento. Este plan de despliegue ha sido establecido después de consultar a diferentes operadores. Estos opinan que, ha pesar de la constante urgen-

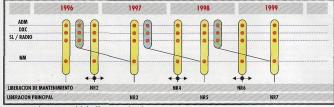


Figura 3 - Evolución temporal de las liberaciones de red

cia que tiene el mercado de nuevas funciones, es operacionalmente dificil tener más de una migración de red anual. Especialmente en el caso de las redes más grandes, el tiempo necesario para evolucionar la red depende primordialmente de los procedimientos de organización de los operadores, que duran en ciertos casos incluso más de seis meses.

Las liberaciones de red importantes tienen como objetivo realizarse con intervalos de tiempo de cerca de un año (Figura 3). Las liberaciones de mantenimiento están previstas que se hagan entre cada dos NRs importantes. La fecha de disponibilidad de NRs de mantenimiento está planificada para unos seis meses después de una liberación importante y puede variar según la severidad y complejidad de los errores descubiertos.

Liberaciones de red importantes

Las liberaciones de red importantes tienen numeración impar de NRs: NR1, NR3, NR5,...

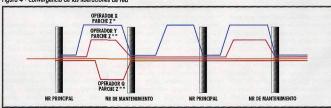
Además de la funcionalidad ofrecida por la anterior liberación importante, cada mueva liberación importante de NR contiene un conjunto de nuevas funciones de red y de producto, y en ocasiones algunos NEs nuevos y capas extras de gestión de red. Además, los interfaces se pueden cambiar o modificar para soportar nuevas funciones y/o módulos de gestión.

Liberaciones de red menores

Aunque el proceso de liberación de red, a través de exhaustivas pruebas de red, minimiza la probabilidad de problemas en la red y en sus productos NE/NM integrantes después de la fecha DR4 de NR, la política de Alcatel es considerar las actividades de mantenimiento como un prinepio y planificar por adelantado los recursos para hacer frente a los problemas que puedan presentarse. La experiencia pasada demuestra que no se puede ignorar la posibilidad de que aparezcan deficiencias o funcionamientos incorrectos durante la vida operacional de la red.

Dentro del concepto de liberación de red, se ha desarrollado una estrategia que trata con la resolución de posibles errores que puedan aparecer en midifiples componentes de la NR implicada. Una NR menor (algunas veces denominada NR de mantenimiento) esta enfocada a mejorar la red en su totalidad, con un procedimiento claramente definido que resuelva todos los errores identificados en todos los productos identificados en todos los productos

Figura 4 - Convergencia de las liberaciones de red



que forman parte de la liberación de red.

La estrategia de NR también tiene en cuenta la posibilidad de hacer frente a problemas considerados por el cliente como bloqueantes. La experiencia ha demostrado que la percepción de la gravedad de un problema es en ocasiones muy subjetiva, y por tanto un mismo problema considerado por un operador como bloqueante puede ser considerado por otro como de menor importancia. Por tanto, los suministradores tienen que ser flexibles en su actitud e intentar resolver el problema tan rápidamente como sea posible. Sin embargo, este comportamiento del operador crea un problema inmediato en las múltiples liberaciones de una determinada liberación presentes en la planta instalada, de los cuales ninguna ha sufrido pruebas exhaustivas de red. Por tanto, la liberación de mantenimiento tiene también como objetivo consolidar todas las soluciones ad hoc ofrecidas a distintos operadores. Este mecanismo de hacer converger, a intervalos regulares de tiempo, distintas versiones de liberaciones software en una única versión es extremadamente importante va que permite que un único conjunto de versiones software se pruebe y valide durante la fase de integración de la red, asegurando una mejor calidad del conjunto. Este proceso se muestra en la Figura 4.

Migración de la liberación de red

Uno de los activos principales de la estrategia de la liberación de red es el de la migración a nuevas NRs. Muy pocos operadores tienen experiencia sobre la evolución de las redes en servicio. Cuando las redes fueron desarrolladas en el pasado no existía el concepto de evolución de red. A lo sumo había algunos tramos de la red que eran mejorados, pero en la mayoría de los casos no había incluso sistema alguno de gestión de red (MM).

Los operadores ya se están concienciando de los problemas relacionados con la evolución de sus redes, que suelen suponer miles de piezas de equipo, múltiples tipos de NEs y NMs, con tráfico real para cientos de abonados, etc.

La mayoría de los operadores tradicionales especifican en sus requisitos el tipo de funcionalidad que quieren, que se corresponde normalmente con las últimas versiones de las normas. Como en la mayoría de los casos, los suministradores no cumplen esos requisitos en el despliegue inicial de la red, en los planes de implantación proporcionados a los operadores se hace constar que la funcionalidad comprometida será proporcionada a través de sucesivas liberaciones de red. Los operadores no especifican nunca en su requisitos como estas implantaciones deben realizarse. A lo sumo requieren que el "tráfico no se vea afectado" durante el proceso de evolución

Requisitos explícitos acerca de la gestión durante la migración tampoco se han mencionado nunca. Esto es sin embargo de suma importancia ya que el procedimiento de migración puede durar varios meses (dependiendo de los procedimientos operativos del operador.)

Está claro que los operadores deben poder seguir realizando todas las actividades de tipo operacional durante este periodo de transición. Esto requiere que el proceso de migración sea un proceso controlado y dirigido desde la capa de red. Se requieren herramientas y facilidades de sistema dedicadas para proporcionar un proceso de migración uniforme

En algunos casos no es posible evitar discontinuidades parciales En esos casos se proporcionará un conjunto de procedimientos de operación para disminuir el impacto y la duración de la discontinuidad. Como todo el proceso de migración es un proceso controlado, se podrá cambiar el periodo de tiempo en que que se planifique la discontinuidad al momento más adecuado (p. ej, durante la noche).

Al esta es una de las tareas más complejas a realizar en la red, es obligatorio tener todas las herramientas totalmente probadas y validadas. Por ello, durante la validación de la NR se realizan pruebas de migración. Las pruebas relacionadas con la migración forman parte del proceso DR4 de NR.

Conclusiones

Introduciendo la estrategia de "liberación de red", Alcatel Transmission Division se ha adaptado al evolutivo entorno de la telecomunicaciones. Allí donde los operadores se están preparando para ser más competitivos en un entorno de telecomunicaciones liberalizado, Alcatel está preparada para ofrecerles soluciones de red especificas de sus necesidades operacionales.

Gerd De Vos es responsable de la coordinación de las actividades técnicas de marketing de Alcatel Transmission Systems Division.

Integración multivendedor en redes de transmisión

A. Larraza

La integración multivendedor es vital para los operadores al planificar sus redes. Mostramos en este artículo como Alcatel Telecom resuelve este aspecto crítico y complejo.

de la gestión, con un típico plan de asignación basado en dominios.

En otras palabras, dos objetivos clave de las compañías operadoras parecen inalcanzables simultáneamente.

Introducción

Las actuales redes de telecomunicaciones están inmersas en corrientes tanto de negocio como técnicas que interfieren entre sí. Por un lado, estas corrientes conducen a un nivel creciente de competencia entre los operadores, lo que les obliga a mejorar su nivel de servicio a costes más bajos. Por otro lado aportan muevos equipos con mucha mayor flexibilidad y mejores posibilidades de operación y mantenimiento; esto ayuda a conseguir ventajas competitivas, pero necesita un soporte de gestión de red muy potente (y complejo).

Para un vendedor de equipos, satisfacer esta necesidad requerifa "sólo" ofrecer los propios equipos con el complemento de los productos asociados de gestión de red. Y esto es lo que trata de hacer la mayoría. Sin embargo, para las empresas operadoras tener que conformarse con esto no es la situación ideal.

Una de las consecuencias de las corrientes de negocio es que para los operadores se hace imprescindible, por razones económicas y estratégicas, planificar sus redes como "multivendedor", es decir compuestas de equipos de distintos suministradores. De esta forma, si cada fabricante ofrece soporte de gestión de red sólo para sus equipos, los operadores se ven enfenta-

dos a una difícil elección: o tienen una red completamente gestionada pero sólo un suministrador, o tienen varios pero despliegan dominios de red aislados. En realidad, los estándares permiten en buena medida la interoperatividad entre elementos de red, pero eso ya no es así cuando se trata de funcionalidad de gestión. La Figura 1 muestra un ejemplo de tal red multiproveedor, framentada dessel el punto de vista

La situación en cuanto a los estándares

Cuando se aspira a interoperatividad entre fabricantes, los primeros instrumentos se encuentran normalmente en el mundo de los estándares. A continuación se hace un poco de historia en relación con este tema.

Cuando se sentaron los principios de la interconexión de sistemas

Figura 1 - Dominios de red no integrados en cuanto a gestión

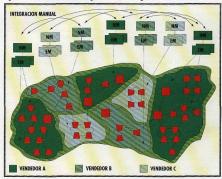




Figura 2 - Arquitectura lógica de capas de la TMN

abiertos (Open Systems Interconnection, OSI), la gestión de istemas y la red de gestión de telecomunicaciones (TMN) [1], llegó el momento de empezar a aplicarlos al mundo real. Una de las mejores áreas candidatas que se encontraron fue la red de transmisión, en concreto la nueva generación de productos de ieraroula digital sincrona (SDIH).

Una intensa actividad durante varios años, sobre todo en la UIT-T (antigua CCITT) y complementada en ETSI para el ámbito "europeo". dio lugar a una serie de voluminosas especificaciones para una interfaz Q entre los elementos de red SDH v los sistemas de gestión de elementos. Este trabajo fue adoptado por Alcatel para la implementación de sus productos, lo que resultó ser una fructífera decisión, como se explicó en un número anterior de esta revista [2]. Muchos operadores de red, en línea con las expectativas de aquel momento, publicaron sus especificaciones de requisitos con la exigencia específica de esa inter-

Pero, pocos suministradores siguieron este camino, sobre todo por aparentes razones de coste. Además hubo cierta sensación de que las especificaciones de los equipos de cada proveedor podrían causar dificultades.

Todas estas razones llevaron a la comunidad a desplazar la atención hacia el nivel de red (NML), es decir la capa lógica en la arquitectura TMN (Figura 2) en la que los recursos de red se contemplan no aislados (como ocurre en el nivel de elemento, EML) simo considerando sus relaciones, y de forma más abstracta (la capa de red a su vez da soporte a la capa de servicio, SML, donde se pierde la mayor parte de la información de red y se pone el acento en la funcionalidad relativa al servicio).

Sin embargo, no puede esperarse que haya estándares de gestión a nivel de red disponibles a corto plazo. Esto se debe en parte a la dificultad de llegar a cuerdos en cuanto a objetivos concretos, marcos de gestión, e incluso metodologias de especificación.

La postura de Alcatel

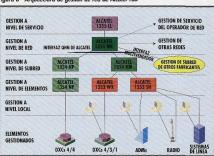
Alcatel Telecom viene participando activamente desde el principio en todas las actividades de normalización que afectan a sus productos, de acuerdo con su permanente compromiso de apertura. En el área de gestión a nivel de red, uno de los foros pioneros es el STC NA4 de ETSI (el subcomité técnico a cargo de las especificaciones genéricas de

O&M), donde el grupo "Generic Object Model" (GOM) produjo el estándar habitualmente llamado "GOM" [3].

Ahora bien, este estándar no es realmente una definición de interfaz sino sólo una biblioteca de clases de objetos gestionados, o sea un primer paso. El siguiente debería darse en foros específicos, p. ej. para SDH, ATM, etc., pero el progreso es lento.

En esta situación, Alcatel TSD decidió completar el trabajo. Hacía falta ante todo definir un marco, o sea identificar la interfaz a definir entre dos sistemas de gestión, cada uno con su parte de funcionalidad. Y a continuación especificar esa interfaz. Esto se hizo tomando como base los estándares (sobre todo el "GOM") y complementándolos con prestaciones adicionales (tanto genéricas como específicas para SDH), de cara a obtener una operativa real. Por solución supuesto, la interfaz interoperable de Alcatel había de cumplir también con toda la normativa genérica de la ISO v de la UIT-T sobre interfaces entre sistemas abiertos, gestión de sistemas e interfaces Q para la TMN [1], incluido CMIP y la pila de protocolos OSI subvacente.

Figura 3 - Arquitectura de gestión de red de Alcatel TSD



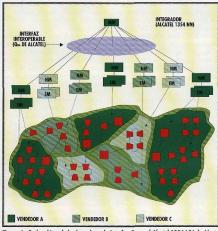


Figura 4 - Red multivendedor basada en la interfaz Q_{NN} y el Alcatel 1354 NN de Alcatel

Marco

Al definir la propuesta de Alcatel para interoperatividad multivendor, el primer paso fue obviamente muy sencillo: como Alcatel ya habia definido su propia arquitectura completa de gestión de red y su gama de productos (capaz por sí misma de gestionar grandes redes SDH), se trataba simplemente de tomarla como marco base. Esta arquitectura se muestra en la Figura 3.

Lo siguiente por hacer fue identificar cuál interfaz era la mejor de cara a abrirla. Como la interfaz a nivel de elemento ya no era el objetivo y el nivel de servicio todavía adolecía de falta de un mínimo nivel de madurez en los organismos de normalización (en términos de recursos gestionados, funcionalidad, etc.), el interés se concentró en el nivel de red. Dentro de éste, se prefirió la interfaz entre los niveles de gestión de red y de subred, mejor que la situada entre la gestión de subred y la de elemento.

Para aclarar esto, será útil decir algo sobre la división que hace Alcatel en dos subcapas de la capa de gestión de red (NML), dentro de la arquitectura lógica estratificada de la TMN. La subcapa superior, implementada por el Alcatel 1354 NN (nodo de red), tiene un papel sobre todo de integración. Como cubre típicamente una gran red nacional, debe manejar una visión más bien lógica de los recursos de red, mientras por otro lado está a cargo de las relaciones con el "mundo exterior". Los gestores de subred están más especializados en la tecnología concreta y en su evolución, p. ej., el Alcatel 1354 RM (gestor regional) entiende

de anillos y el Alcatel 1354 NP (protección de red) sabe de restauración en redes troncales.

Esta elección de interfaz es pues el resultado de preferir un modelo los recursos sencillo y lógico, ya que uno de los objetivos principales es facilitar su desarrollo por otros proveedores, así como su integración subsiguiente. Otra razón para esta elección es el hecho generalmente aceptado de que la gestión de esubred puede optimizarse si la proporciona el mismo suministrador que los sistemas de gestión de elemento y los equipos subyacentes.

Objetivos de la interfaz Q_{NN} de Alcatel

La interfaz Qnn de Alcatel es una interfaz Q para la gestión de redes SDH, con un doble papel:

- Por un lado, es parte de la arquitectura de gestión de red SDH de Alcatel. Dentro de ella, conecta el manejador de red de Alcatel, es decir el Alcatel 1354 NN, con los gestores de subred de Alcatel, a saber el Alcatel 1354 RM y el Alcatel 1354 NP.
- Por otro lado, la interfaz es una interfaz, basada en estándares, entre el manejador de red Alcatel 1354 NN y el sistema de gestión de subred de otros suministradores. En este conponen la oferta de Alcatel para los operadores que desean combinar en su red las características de multivendedor y de gestión integrada.

Este segundo papel se ilustra en la Figura 4. Dentro de cada dominio asignado a un solo proveedor, los equipos de red y las funciones asociadas de gestión de elementos son gobernados por un sistema de gestión de subredes (manejador de subredes), que incluye la funcionalidad de agente para una interfaz Que.

Funcionalidad de la interfaz Q_{NN} de Alcatel

Funcionalidad de gestión de configuración Las tres principales actividades de gestión de configuración son:

Construcción de red: El manejador de red (el Alcatel 1354 NN) "descubre" los recursos de red "ofrecidos" por cada manejador de subredes a través de su interfaz Qnn. Estos recursos son sobre todo subredes y puntos de terminación, organizados en redes capa (capas de trayecto de orden inferior y superior, y capa de medios de transmisión). Esta actividad tiene lugar al principio, y también cuando ocurren cambios, por ejemplo cuando se añade un nuevo tributario. Cuando se conectan dos subredes por un enlace STM (modo de transferencia síncrono), los gestores de subredes involucrados informan de ello. Más allá de esta información. el Alcatel 1354 NN crea su imagen interna de la infraestructura de red completa.

Configuración de la carga átil: La interfaz Q_{RN} proporciona los medios para definir trayectos de orden superior y sus cargas útiles. Esto se hace normalmente como resultado de una actividad de planificación sobre la base de la demanda esperada de trayectos de orden inferior. Una vez definido, esto cambia oco.

Gestión de trayectos SDH: Esta es la actividad central: se establecen trayectos de orden inferior y superior para responder a peticiones de servicio y soportar circuitos clientes. Esto se hace creando las necesarias conexiones de subred en las subredes, como resultado de un proceso de encaminamiento en el Actacl 1354 PM (automático o guiado por el operador). Estos trayectos pueden ser de varios tipos incluyendo configuraciones protegidas y punto-multipunto. Funcionalidad de gestión de fallos Las dos actividades principales de gestión de fallos son:

Control de la operatividad de los servicios de red (trayectos SDH): sta es la principal función de gestión de fallos (orientada al servicio); la interfaz Q_{NS} permite al gestor de red identificar los trayectos afectados por un fallo y proporcionar información de disponibilidad por ejemplo con fines de contabilidad.

Locatización de fallos: Además del impacto en el servicio, la interfaz Q_{ss} permite realizar un primer nivel de localización de fallos, es decir a nivel de subred o de enlace. Además, existen medios para ir más al detalle dentro de una subred, accediendo a las funciones del gestor de subredes

Funcionalidad de gestión de prestaciones Las dos principales actividades de gestión de prestaciones son:

Control de la calidad de los serreicios de red (trupectos SDH): Igual que para los fallos, también en relación con las prestaciones el objetivo primordial es orientado al servicio. El manejador de red puede obtener información sobre los parámetros estándar de calidad de servicio de los truyectos individuales por ejemplo con miras a la contabilidad, para lo que se ofrecen funciones estándar a trayés de la interfaz.

Prestaciones de la red: Como para los fallos, puede hacerse un primer nivel de diagnosis de cualquier problema con las prestaciones de la red, y hay medios para acceder al interior de las subredes a través de la funcionalidad de su manejador.

Características de la interfaz Q_{NN} de Alcatel

He aquí algunas características de la interfaz Q_{NN} de Alcatel.

Modelo de información, abstracción, visibilidad

- El modelo de información de la interfaz consiste en una visión lógica de la red, lo más adecuado para la gestión a nivel de red. Los recursos que se ven y manipulan son en su mayoría un subconjunto de los de [4], en línea con las tendencias de normalización (red capa, subred, punto de terminación, conexión de subred.
- El gestor de subredes esconde la topología interna de éstas y su modo de trabajo (p. ej., amillo o lineal, SNCP o MS-SPRING...) consiguidadose así um mayor nivel de abstracción, reduciendo masivamente el volumen de información a transferir al manejador de red centralizado y a procesar en él, y desligando las funciones de alto nivel de este tiltimo, más bien orientadas al servicio, de las especificaciones y la evolución que se puede esparar de las tecnologías de red.
- Por razones análogas, se excluyen del modelo de red los recursos de equipo físico.
- Sin embargo, la interfaz incluye cierta información física en la medida en que es relevante para las funciones del gestor de red (soporte de la gestión de servicio, integración a nivel de red) tales como la ubicación geográfica de los recursos lógicos de transmisión y algunas características de los medios de transmisión entre subredes.
- Además, una prestación especial ("zoom-in") permite al operador a nivel de red tener accesa completo a los detalles deseados de un recurso, por medio de una simple conexión a la función de presentación de operador del nivel de subred. Esto cubre la necesidad ocasional de gestión a necesidad ocasional de gestión a

bajo nivel sin sobrecargar las operaciones normales.

A nivel de subred puede decidirse si un recurso dado se presenta o se oculta al nivel de red. Una vez presentado, hay disponibles en la interfaz procedimientos que permiten que recurso, normalmente manejado por el gestor de red. pase bajo control del gestor de subred cuando sea necesario v sea luego devuelto al gestor de red, es decir ambos sistemas pueden operar sobre los recursos pero se evita el acceso concurrente.

Dimensionado, planificación de la TMN

- Es posible una amplia gama de tamaños de red. Hay un grado de libertad en la fase de planificación en relación con la granularidad con que el manejador de red la ve. Es decir que por ejemplo para redes grandes pueden agruparse varios anillos en una única subred "caja negra" según la conocerá el manejador de red, reduciendo así el volumen de datos a manejar dentro de ella v a través de la interfaz (entonces, el encaminamiento dentro de tales subredes grandes se delega al manejador de subredes). En cambio, con redes más pequeñas o sistemas más potentes puede preferirse una granularidad más fina
- Para redes muy grandes, es posible una jerarquía de más de dos niveles de sistemas de operaciones.

Volumen de datos de red, prestaciones, consistencia de los datos

 Se incluye un surtido completo de técnicas y medios para resolver los problemas derivados del gran volumen de datos a gestionar en una red. Desde los aspec-

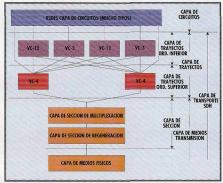
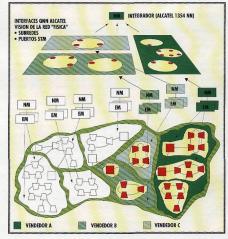


Figura 5 - Estratificado de la red SDH (versión ETSI)

Figura 6 - Visión Q_{MN} de la red física



tos de configuración (se ocultan los recursos internos de las subredes, como se ha explicado) a la gestión de fallos y el proceso de alarmas, toda la definición de la Q_{rox} preta especial atención a este tema, que es nuevo en la gestión de redes de telecomunicaciones.

 Se prevén procedimientos para la comprobación de la consistencia y el realineamiento. Estas funciones también son más rápidas gracias a la sencillez del modelo.

Cumplimiento de estándares

 Como se ha explicado antes, la interfaz Q_{NN} de Alcatel cumple con todos los estándares genéricos para interfaces Q de TMN. También se basa en el estándar existente para gestión a nivel de red, la biblioteca de clases de objetos de ETSI NA4 "GOM". Naturalmente, la futura evolución de la interfaz Q_{bb} tendrá en cuenta el progreso en los organismos de normalización (Figura 5).

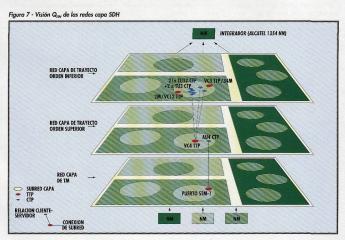
Resumen del modelo de información Q_{NN}

Las Figuras 6 y 7 muestran respectivamente cómo se representa la "red física" en las interfaces $Q_{\rm NN}$ y cómo "encima de" esta representación de la red física el modelo $Q_{\rm NN}$ incluye la visión lógica de las redes capa de trayecto. Obviamente, estas figuras tienden a simplificar la realidad por ganar en claridad.

El Alcatel 1354 NN

l gestor de red nacional Alcatel 1354 NN, como ya se ha explicado, integra la gestión de toda la red de transmisión apoyándose en la funcionalidad soportada por los manejadores de subredes a través de sus interfaces Q_{NN}. Esta integración se basa en una representación interna de la red, sus recursos y su conectividad, donde los distintos modelos de información Q_{NN} se unen entre sí mediante objetos internos tales como enlaces v conexiones de enlace y donde los trayectos aparecen como formados por conexiones de subred y de enlace.

Esta representación interna de la red se usa para varios fines. Uno es la interfaz humana, donde los datos de red se muestran integrados con un potente gestor de mapas (herramienta genérica en



la plataforma de gestión de Alcatel). Otro es el soporte de las funciones automáticas, por ejemplo encaminamiento.

Sobre esta base, otras aplicaciones complementarias proporcionan valor añadido. Una es el gestor de contabilidad y calidad de trayectos, que contabiliza el uso, disponibilidad y calidad de los trayectos de servicio. Esta información está disponible por ejemplo para fines de gestión de servicio (o si no para el operador de red nacional.

Finalmente, una prestación clave del Alcatel 1354 NN es su naturaleza "abierta". Esto quiere decir que, gracias a su implementación totalmente basada en los estándares, está preparado para su interconexión a otros sistemas de operaciones, además de los manejadores de subredes SDH. Ejemplos concretos son (Figura 3): el soporte de un sistema de gestión de servicio (de Alcatel o no) y la comunicación igual a igual con otros gestores de red (es decir, para servicios de trayectos internacionales.

Conclusiones

La interfaz Q_{NN} de Alcatel, junto con el Alcatel 1354 NN, proporciona un instrumento muy valioso para los operadores de red pues ofrece varias ventajas únicas:

- Integración de una red completa de transmisión bajo un único centro de gestión.
- Capacidades de gestión completas a nivel de red.
- Cumplimiento de estándares en términos de funcionalidad y de cómo se realiza.
- Extensión de las capacidades estandarizadas para cubrir aspectos nuevos tales como las especificaciones de la red SDH y la gestión de datos masivos.
- Arquitectura TMN fácilmente adaptable a la organización de una compañía operadora.
 - Compromiso con la satisfacción de las necesidades de los clientes, en particular las tendencias "multivendedor", mediante la apertura de todo lo anterior a las casas competidoras.
- El soporte de una compañía líder como Alcatel a lo largo del

proceso completo entre la evolución de la normalización, pasando por la consideración de las necesidades específicas de los mercados, hasta la integración de red y el mantenimiento.

Referencias

- UIT-T, Recomendación M.3010: Principios de una Red de Gestión de Telecomunicaciones (TMN).
- 2 Comunicaciones Eléctricas, Alcatel, 4º trimestre 1993.
- 3 ETSI I-ETS 300 653: Network Level Class Library.
- 4 UIT-T, Recomendación G.803: Arquitecturas de Redes de Transporte basadas en la Jerarquía Digital Síncrona (SDH).

Alvaro Larraza Lázcoz trabaja en Alcatel Transmission Systems Division, en el grupo de producto de Gestión de Red, donde es miembro del equipo de definición de la Q...

Aspectos de sincronismo de la red

Th. Klett

El cambio de red de transporte estática a dinámica influye en las redes de sincronización asociadas desde el punto de vista de sus estructuras y su gestión

Introducción

Las redes de transporte han ido sufriendo cambios sensacionales a lo largo de los últimos años. Estos fueron, y lo son, inicialmente debidos no solamente a la introducción de nuevos estándares tales como la jerarquia digital sincrona (SDB), sino también a las reformas reguladoras en Europa, que han abierto el camino para que muchas organizaciones se conviertan en actores del negocio de operadores de redes de telecommicaciones.

La intención de este artículo es mostrar el impacto que sobre las redes de sincronización han tenido los cambios habidos en el dominio de transporte en los últimos años.

En el pasado, las redes las controlaban los operadores públicos, los cuales trataban los dominios de transporte y sincronización como redes diferentes. La mayoría de las veces las redes de sincronización eran estáticas y se estructuraban en forma jerárquica utilizando entradas redundantes en cada nodo de sincronización.

Según las redes de transporte cambiaban de redes de jerarquía digital plesiócrona (PDH) a redes SDH se introdujeron una gran cantidad de nuevas facilidades con un funcionamiento mucho mas dinámico. Mientras que en el pasado las redes de sincronización usaban enlaces de transmisión fijos y está-

ticos para distribuir la información de sincronismo, hoy, en las redes SDH, estos enlaces se gestionan dinámicamente y además permiten el transporte de información sobre la calidad de la señal de sincronización. Esta nueva flexibilidad de configuración de red supone un gran beneficio para el uso eficaz de los recursos de la red, y también afecta a la estabilidad de la red de sincronización.

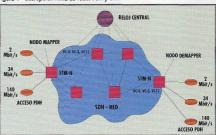
Además de los cambios antes mencionados, el rápido crecimiento de las redes en tamaño y complejidado, hace cada vez mas difícil al operador tener un completo control de las redes de sincronización.

Recientemente han habido varios casos de operadores que necesitaron varios días para detectar la causa de la baja calidad o de un fallo en las redes de transmisión. Finalmente se determinó que estos problemas habían sido originados por una sincronización incorrecta en partes de la red. Esto deja en claro que es necesario estructurar las redes de sincronización de forma que se asegure la mejora de la gestión y de la supervivencia. Además se tiene que involucrar cada vez más al sistema de operación (OS) en la gestión de las redes de sincronización.

¿Por qué la sincronización?

Como el propio nombre de las redes SDH ya lo dice, los elementos de red que forman este tipo de redes tienen que estar sincroniza-

Figura 1 - Interoperatividad de redes PDH y SDH



dos. Si la red no está adecuadamente sincronizada, los elementos de red de operación síncrona pueden causar la corrupción de los datos transportados ó de la estabilidad de fase de la red.

La Figura 1 muestra la típica situación de una red SDH utilizada como medio de transporte de señales plesiócronas de diferentes velocidades tales como 2, 34 ó 140 Mbit/s. Idealmente, todos los elementos de la red SDH están sincronizados por un reloj central y, por tanto, reflejan la alta calidad del reloi maestro. Para transportar las señales plesiócronas sobre la red SDH, estas se convierten en el nodo Mapper en contenedores virtuales (VC), que después se transportan como carga útil en las tramas STM-N (módulos de transporte síncrono, con N = 1, 4, 16, 64, ... como se define en [1, 3]) por la red SDH hasta el nodo Demapper, donde se realiza el proceso de reconversión, que consiste en desempaquetar las señales plesíocronas de los VCs, suministrando acceso a las señales plesiócronas insertadas originalmente en el origen de la red.

En una situación ideal, cuando todos los elementos de la red SDH están sincronizados por un reloj central, no hay problemas con calidad de las señales plesiócronas que dejan la red SDH. Si uno ó mas elementos de la red no están adecuadamente sincronizados, los mecanismos definidos en las redes SDH generarán acciones indicadoras para acomodar las variaciones de frecuencia y fase.

En el peor caso, se pueden genear múltiples acciones indicadoras "simultáneas". Estas acciones indicadoras "simultáneas" están realmente separadas por intervalos de tiempo controlados por la constante de tiempo de un filtro de reloj utilizado para filtrar la señal del reloj. Pueden llevar a una excesiva fluctuación (filter) y a una fluctuación lenta (wander) de fase de las señales plesiócronas reconvertidas.

Simulaciones [8] y medidas en redes reales han mostrado que la



Figura 2 - Niveles de sincronización

calidad de la señal plesiócrona transmitida tiene una gran dependencia de la adecuada sincronización de los nodos Mapper y Demapper. Teniendo en cuenta que la mayoría de los elementos de red SDH ofrecen puertos síncronos y plesiócronos, llegará a ser un requisito que todos los elementos de red dentro de la red SDH estén adecuadamente sincronizados.

Esquemas genéricos de sincronización

Para planificar y construir redes de sincronización se deben seguir algunas reglas básicas.

Niveles y reglas de sincronización

La jerarquía de sincronización se divide en tres niveles principales de sincronización tal como se ve en la Figura 2.

El reloj de referencia primario (PRC), definido en [4], es el nivel mas alto de sincronización y se realiza normalmente mediante relojes de cesió o receptores GPS (sistema de posición global). El objetivo de los elementos de sincronización de una red es estar controlados por un reloj que representa la calidad de un PRC.

El segundo nivel se representa por la unidad de suministro de sin-

cronización (SSU), que es normalmente un elemento único del equipo en la red. En el caso de pérdida de las referencias PRC, la SSU suministra a la red una señal de sincronización de alta calidad al menos durante veinticuatro horas. En funcionamiento normal, la SSU filtra el jitter fuera de la referencia de entrada, que resulta del ruido de fase en los enlaces de sincronización entre el PRC y la SSU. A nivel de SSU se hace otra separación para distinguir entre el nivel de nodos SSU de tránsito v local. Las SSUs con calidad de nodo de tránsito tienen la suficiente calidad como para ser puestas en cada punto de la cadena de sincronización, de forma que puedan utilizarse como referencia para otras SSUs. Los reloies de nodo local, a diferencia de los nodos de tránsito. sólo se pueden poner como última SSU en la cadena de sincronización.

El tercer y último nivel se representa por el reloj de equipo sincrono (SEC) que se construye normalmente dentro de los elementos de red SDI. El SEC fittra el jitter de la referencia de temporización entrante seleccionada y suministra al elemento de red SDH una capacidad de retención continua de aproximadamente 15 segundos.

En [7] se ha definido como y cuantos de estos tres elementos de sincronización se pueden unir entre sí. El número máximo de SSUs en una cadena de sincronización se limita a diez y el máximo número total de SSUs y SECs conjuntos es de sesenta si están sincronizados entre sí mediante una única cadena [7].

Estructuras de sincronización

Las estructuras de sincronización deben garantizar que cada elemento de sincronización está controlado por una referencia de calidad PRC, que no existen bucles de temporización y, que al menos para cada fallo que ocurra en la red, se pueda restablecer la sincronización adecuada. Una de las estructuras usadas sun a la contra contr

mas comúnmente es la estructura de árbol jerárquico con caminos de sincronización redundantes (Figura 3). La ventaja de estructurar la red de sincronización en forma jerárquica, es que no se puedan crear bucles de temporización se sincroniza por un nivel mas alto y nunca al contrario. La supervivencia de la red se alcanza mediante caminos de sincronización redundantes. La desventaja de este método es que la red tiene que ser

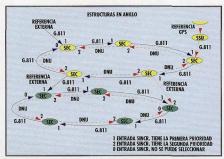
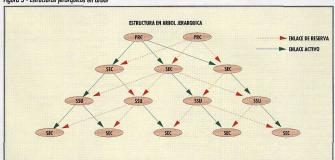


Figura 4 - Estructuras en anillo y uso de referencias GPS

estática y que la inversión de las direcciones de sincronización no está permitida.

No obstante, este no es el caso de la estructura de sincronización que se puede ver en la Figura 4. La introducción del byte de mensaje de estado de sincronización (SSMbyte), que se explicará con mas detalle en el siguiente apartado, permite el restablecimiento y la inversión de las secciones del camino de sincronización aseparando al mismo tiempo que no se pueden crear bucles de sincronización. Estos mecanismos de SSM-byte son los mas usados por topologías definidas tales como las de ani-llo o cadena lineal. Se pueden aplicar a estas topologías una ó mas referencias externas y el tratamiento del SSM-byte implementado

Figura 3 - Estructuras jerárquicas en árbol



en los elementos de red se encarga de que las subestructuras puedan restablecerse automáticamente para un fallo aislado y, en muchos casos, para cualquier fallo múltiple.

Otra innovación es el uso de receptores GPS en la red, que pueden suministrar una calidad de reloj PRC G.811. Los receptores GPS pueden suministrar una referencia externa de calidad PRC a una SSU con un modo integrado ó independiente. De esta forma la referencia puede utilizarse ó bien como referencia de reserva ó como una referencia de sincronización activa. En el segundo caso, la estructura jerárquica de una red se puede igualar sólo en unos pocos niveles. La red estará formada así por múltiples islas todas sincronizadas a relojes de calidad PRC.

La aceptación del uso de GPS en las redes de sincronización está creciendo, aunque el sistema está controlado por el Departamento de Defensa de EEUU (lo cual significa alguna forma de monopolio).

Sin embargo, los nuevos operadores de red se muestran especialmente poco dispuestos a usar las redes de sincronización de los operadores públicos ya que incluyen costes adicionales y fueran a los nuevos operadores a una dependencia no deseada con sus competitores (los operadores públicos). No obstante, el uso del sistema GPS es definitivamente una alternativa para ellos.

Además, los operadores públicos están empezando a utilizar las referencias GPS, al menos como una solución de respaldo de su existente red de sincronización.

Otras estructuras, que no se explicarán con mas detalle en este artículo, son las estructuras en estrella y las estructuras en estrella y las estructuras en estrella son aplicables para la distribución entrecentrales, donde normalmente sutiliza una SSU para sincronizar un gran número (hasta varios cientos) de relojes SEC. Las estructuras malladas no se recomiendan, ya que

incluso usando el mecanísmo SSM no se puede asegurar la prevención de bucles de temporización.

Interconexión entre los dominios de transmisión y de sincronización

Al contrario de lo que se pensaba en el pasado (es decir, que las redes de transporte y de sincronización se deberán ver como dos redes independientes) la opinión está cambiando ahora hacia redes compuestas que utilizan funcionalidades de ambos dominio. A continuación, para comprender los interfaces entre dominios, se explican algunas de estas funcionalidades compartidas.

Señales de sincronización

La distribución de la señal de sincronización en la red se puede lograr mediante enlaces de sincronización dedicados, o utilizando para este propósito señales transportadoras de tráfico de la red de transporte.

En el contexto de las redes SDH, los interfaces que más comúmmente utilizados son las señales ópticas STM-N transportadoras de tráfico con una velocidad de múltiplex de 155 MHz y las señales no transportadoras de tráfico de 2 Mbit/s para la interconexión entre elementos de reloi SEC y SSU.

Las señales plesiócronas transportadoras de tráfico tales como las de 2, 34 ó 140 Mbit/s se pueden usar en teoría, pero no sería la opción preferida debido al jitter que ocurre en el nodo Demapper como se describió previamente.

Mientras que las señales STM-N permiten, usando el byte SSM, el transporte de información sobre la calidad de señal de sincronización, los enlaces de 2 MHz entre SSUs y SECs utilizados normalmente no suministran esta funcionalidad.

Como consecuencia de esta falta de capacidad en los enlaces de 2 MHz, en el futuro veremos cambiar la interconexión entre elementos de reloj SEC y SSU a enlaces de 2 Mbit/s, que soportarán al byte SSM.

Byte del mensaje de estado de sincronización

El byte SSM se pone en posiciones específicas de las señales normalizadas de transmisión, como la sección de carga útil (SOH) de las señales síncronas STM-N, ó en el canal temporal 0 de la señal plesiócrona de 2 Mbit/s. El valor contempla actualmente seis diferentes niveles de calidad de sincronización tal como se ve en la Figura 5. De esta forma, el nodo receptor de sincronización puede determinar la calidad de las referencias de sincronización recibidas y después seleccionar la de mejor calidad.

Las calidades representadas son las ya mencionadas PRC, SSU y SEC. Además de estas, se definen otros dos niveles "no utilizar" y "calidad desconocida". "No utilizar"

Figura 5 - Byte del mensaje de estado de sincronización

SYNCHRONIZATION STATUS MESSAGE BYTE			
NIVEL DE CALIDAD	CODIGO	ORDEN PRIORIDAL	
QL-PRC	0010	MAS ALTA	
QL-SSU TRANSITO	0100	1	
QL-SSU LOCAL	1000		
QL-SEC	1011	1	
NQ-DNU (NO USAR)	1111	MAS BAJA	
CALIDAD DESCONOCIDA	0000		

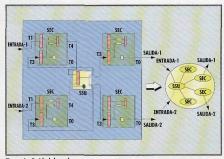


Figura 6 - Entidad de nodo

se emplea para prevenir los bucles de temporización. "Calidad desconocida" indica equipo antiguo que no soporta el manejo del byte SSM.

El objetivo es obtener una total accesibilidad a la calidad de las señales de sincronización en cada punto de la red. Especialmente a lo largo dos caminos definidos de sincronización, que se pueden equiparar a trayectos del dominio de transmisión,
es importante conocer la calidad en
cada enlace de sincronización. Sólo
de esta forma se puede garantizar
que todos los nodos de sincronización están adecuadamente sincronizados, esto es, controlados por una
referencia de calidad PEC.

La capacidad de los elementos de la red para seleccionar las entradas de sincronización se basa en
una combinación de prioridades
configurables y la calidad recibida
permite el restablecimiento automático de sincronización en caso de
fallo simple ó múltiple. Naturalmente, esto requiere algún conocimiento por parte del operador de
como configurar la red. En el futuro,
las estructuras de red con esta capacidad de SSM estarian restringidas a
estructuras básicas tales como anillos ó cadenas lineales.

Para estructuras mas complejas no se recomienda actualmente permitir el restablecimiento automático basado en el byte SSM. Debido a la complejidad de estas estructuras, pueden ocurrir situaciones imprevistas, las cuales pueden llevar a la creación de bucles de temporización.

Con las capacidades disponibles actualmente, la mejor estrategia para estructurar la red de sincronización es hacer uso de la estructura jerárquica en árbol en la SSU y en el nivel PRC, que puede suministrar una red troncal junto con una estructura de sincronización especial que contenga elementos de reloj SEC con capacidad de restablecimiento automático de la sincronización.

Esta estrategia cambiará tan pronto como el operador disponga de herramientas que le den la posibilidad de tener una visión completa de toda la red.

Visión y gestión de redes de sincronización y transmisión combinadas

Como ocurrió al aumentar en tamaño y en complejidad las redes de transmisión, las redes de sincronización demandarán la gestión centralizada de los elementos de sincronización. Lo más importante serápresentarle gráficamente al operador toda la red de sincronización, incluyendo todos los niveles de sincronización, y ayudarle a configurar cada elemento para asegurar la adecuada sincronización en toda la red

Nuevas capacidades de restablecimiento automático, semiautomático ó manual tendrán que ser soportadas por el sistema de gestión.

Presentación de la red

Hay diferentes formas de presentar la red de sincronización al operador. La presentación se puede basar en criterios geográficos, jerárquicos o fógicos. Mientras que en un visualizador geográfico la colocación de los nodos de sincronización sobre el mapa representa la distribución geográfica, en el jerárquico se presenta al operador la posición ó el nível jerárquico de cada nodo en una cadena de sincronización.

La tercera clase de representación se puede combinar con las dos primeras y reflejar los caminos lógicos de sincronización que serían configurados por el operador.

Independientemente de la forma que se presente la red al operador se deben cumplir varios criterios básicos. Todos los tipos de nodos de sincronización, incluidos PRC/GPS, SSU y SEC, tienen que presentarse en un mapa. Además, el operador tiene que estar informado sobre el estado real de cada elemento y enlace de interconexión. Debe ser capaz de distinguir entre enlaces de sincronización activos, en reserva ó en fallo.

Si estos criterios se cumplen el siguiente paso es dividir la red en entidades para permitir la completa visibilidad y dar la posibilidad de obtener información mas detallada, si es necesario. Teniendo en cuenta que las SSUs pueden sincronizar en determinadas configuracionasta varios cientos de relojes SEC hasta varios cientos de relojes SEC hasta varios cientos de relojes SEC

dentro de una oficina, tiene sentido establecer aquí el primer nivel de abstracción que se puede llamar entidad nodo (Figura 6).

Aunque la figura sólo contiene cinco elementos de sincronización. el principio se puede aplicar a muchos más. El operador también tendrá la posibilidad de configurar cada elemento de sincronización en el nodo mediante mecanismos de zoom. En el nivel de entidad nodo, la información se reducirá a los enlaces de sincronización entrantes v salientes más una visión simplificada de la configuración interna. La información de la configuración interna debe darse a conocer hasta un grado en que el nivel de gestión de las capas altas sea capaz de verificar los bucles ó el exceso de limitaciones debido al número de elementos de sincronización en una cadena.

A partir de este nivel de abstraccion el siguiente paso es conectar estas entidades nodo mediante enlaces de sincronización para crear entidades similares a subredes tal como se hace en el dominio de transmisión (Figura 7).

Las entidades de subred siguen el mismo mecanismo que las entidades nodo. Representan el estado de las señales de sincronización entrantes y salientes y el estado global de todos los nodos dentro de la subred.

Este proceso se puede continuar conectando las subredes entre sí mediante enlaces de sincronización lo que finalmente da al operador toda la visión de la red de sincronización a nivel nacional.

Muchos de estos esquemas que se utilizan en el dominio de transmisión también se pueden aplicar con éxito a las redes de sincronización.

Configuración de la red

Establecer prioridades, definir enlaces de sincronización activos y en reserva, y permitir y aprovisionar el byte SSM de forma que la sincronización completa de la red funcione tal como se supone requiere un gran conocimiento y una planificación detallada. Se pueden prever diferentes niveles de soporte con herramientas del operador.

Primero, puede ser muy útil dar soporte a la configuración de prioridades y al aprovisionamiento del byte SSM para estructuras básicas como los anillos ó cadenas lineales descritos anteriormente.

Segundo, a partir de herramientas de planificación para estructurar y configurar la completa y compleja red, se puede prever una configuración automática de la red. Esta configuración automática no debe ser necesariamente aplicable a toda la red, sino que puede también funcionar en una subred ó a nivel de entidad nodo. Sin embargo. las herramientas de planificación deben ser capaces de verificar toda la red para su correcta sincronización. Sólo en el nivel superior se puede asegurar que no existen bucles de sincronización en la red.

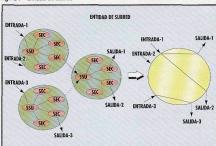
Restablecimiento de la red

Como se describió anteriormente, los mecanismos existentes y en funcionamiento basados en el byte SSM se pueden usar para lograr el restablecimiento automático estructuras de red específicas.

Por encima de este nivel, es decir en estructuras malladas ó en el nivel SSU, lograr el restablecimiento automático utilizando esta clase de mecanismo puede ser peligroso. El restablecimiento automático debería por tanto ser supervisado por el sistema de gestión. Este tipo de supervisión puede ser realizada mediante herramientas en-línea de simulación, que simulen todos los errores posibles, proponiendo posibles acciones de restablecimiento. Las acciones de restablecimiento pueden ser bien puestas en marcha automáticamente. Alternativamente. puede ser necesario dárselas al operador para su confirmación.

Dichas aplicaciones de gestión de restablecimiento deben estar estrechamente unidas al dominio de gestión de alarmas. Una posible mejora adicional puede ser usar la información disponible en el gestor de alarmas para correlacionarla con la gestión de transmisión y aislar las conexiones de transmisión que estén afectadas por los fallos detectados en la red de sincronización.

Figura 7 - Entidad de subred



Supervisión de las prestaciones

No sólo los fallos graves que ocurren en la red de sincronización, sino también la baja calidad de las señales de sincronización, pueden llevar a la corrupción de los datos en el dominio de transmisión. Por tanto, tiene sentido utilizar mecanismos de supervisión de las prestaciones para determinar la calidad de las señales de sincronización en la red en función de parámetros definidos tales como MTIE (Mean Time Interval Error) y TDEV (Time Deviation).

No será necesario tener estos puntos de supervisión disponibles en cada elemento de la red. La colocación de la facilidad de supervisión en los nodos SSU daría suficiente información sobre la calidad real de la red de sincronización

Las funciones de correlación podrían también utilizarse aquí para determinar las conexiones de transmisión que se ven afectadas por una baja calidad de sincronización detectada en la red.

Conclusiones ¿Qué es lo próximo?

Se ha hecho un gran esfuerzo en los esquemas de protección en el dominio de transporte para mejorar la supervivencia de la red y asegurar la supervivencia de las secciones ó caminos en la red. Lo que se olvida frecuentemente en estas consideraciones es la supervivencia del dominio de sincronización. Los fallos de sincronización localizados en un elemento de la red no originarán errores en una sección ó en un camino, pero pueden corromper los datos en todas las secciones que empiezan en ese nodo v en todo los travectos que pasan por él.

Con este efecto, junto con el drástico aumento en tamaño, complejidad y dinámica de las actuales
redes, se hace necesario el suministrar herramientas al operador para
garantizar una adecuada sincronización en toda la red. Estas herramientas la ayudarán a planificar,
configurar y supervisar estas redes.

La evolución se hará en fases. La primera fase es usar eficazmente el byte SSM en estructuras específicas. En futuras fases se pueden prever sistemas de gestión que ofrezcan visibilidad de toda la red de sincronización; las capacidades de restablecimiento de sincronización automática ó semiautomática se pueden contemplar para toda la red.

Referencias

- 1 G.707 de la UIT-T: Velocidades binarias
- 2 G.708 de la UIT-T: Interfaz de nodo de red para SDH
- 3 G.709 de la UIT-T: Estructura de multiplexación síncrona
- 4 G.811 de la UIT-T: Requisitos de temporización de los relojes de referencia primarios
- 5 G.812 de la UIT-T: Requisitos de temporización de los relojes esclavos adecuados para el uso como relojes de nodo en las redes de sincronización
- 6 G.813 de la UIT-T: Características de temporización de relojes esclavos adecuadas para el funcionamiento del equipo SDH
- G.803 de la UlT-T: Arquitectura de red de transporte basada en SDH
- 8 Synchronous Digital Hierarchy Network Pointer Simulations, Henry L. Owen y Thomas Klett, presentado en 1993 en Computer Networks and ISDN Systems

Thomas Klett es miembro del departamento de Estrategia y Desarrollo de Producto de la Transmission Systems Division. Trabaja en el grupo Network View, donde es responsable de la estrategia de sincronización de la red.

ATM sobre SDH

M. Huterer

Este artículo revisa los aspectos esenciales del ATM y el SDH como tecnologías complementarias en la red y se concentra en la evolución a una red de transporte capaz de tratar tráfico y STM.

Introducción

Las redes de jerarquía digital síncrona (SDH) están siendo desplegadas por todo el mundo, complementando o sustituyendo a los existentes sistemas de transmisión de jerarquía digital plesiócrona (PDH). Las principales ventajas del SDH y del SONET (red óptica síncrona definida en ANSI) en una red de transporte se encuentran en su eficiente capacidad de inserción/extracción, su capacidad de rápida autoreparación, sus interfaces estándar de señalización y sus simples operación, mantenimiento, administración y aprovisionamiento de red. Se ha puesto un énfasis especial en un transporte resistente y omnipresente que ofrece independencia de la estructura de carga útil. Por ello los sistemas SDH pueden transportar tráficos isócrono, plesiócrono y síncrono. La carga útil se coloca (hace corresponder) en contenedores virtuales (VCs) de capacidad fija. Las tradicionales, y hasta hace poco, únicas cargas útiles existentes eran el servicio telefónico tradicional (POTS) y las líneas alquiladas que se hacen corresponder claramente en VCs predefinidos. El modo de transferencia síncrono (STM) del SDH es el mecanismo de transporte más adecuado para tales servicios.

Recientemente, no obstante, está emergiendo un nuevo tipo de tráfico -el modo de transferencia asíncrono (ATM)- para transporte en redes de telecomunicaciones. El ATM está diseñado como un mecanismo común de transferencia de servicios. La información (datos, imagen, voz) se transmite utilizando pequeños paquetes de 53 bytes llamados "celdas". Todos estos tipos de tráfico requieren diferentes calidades de servicio (QoS) de la red respecto al retardo de las transferencias, a la variación en el retardo, a la pérdida de celdas, etc. Una transferencia rentable de una diversidad de tipos de tráfico con un QoS garantizado para cada flujo de usuario es el desafiante reto a cumplir por el ATM.

En este emergente entorno mixto de STM y ATM, con el creciente aumento de tráfico ATM que se espera en el futuro, la cuestión se ¿cual será la arquitectura de red de transporte rentable que satisfaga las necesidades de la nueva situación del tráfico, y que, al mismo tiempo, tenga en cuenta la base existente y el creciente despliegue de redes SDH con la capacidad actual de los elementos de
red (NE)?

En los siguientes apartados introduciremos brevemente la téc-

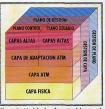


Figura 1 - Modelo de referencia del protocolo RDSI-BA

nica ATM y examinaremos más detalladamente las actuales redes SDH y las posibles opciones para soportar tráfico ATM. Se describe un escenario evolutivo que se adapte al necesario crecimiento paso a paso requerido para implementar transporte ATM sobre SDH.

Niveles superiores, ATM, y nivel físico (SDH)

Una norma de la UIT-T [1] especifica el modelo de referencia del protocolo RDSI-BA (**Figura 1**).

El modelo de referencia de protocolo está formado por un plano de usuario, un plano de control y un plano de gestión. El plano de usuario, con su estructura estratificada, suministra al usuario la transferencia del flujo de información junto a controles asociados (control de flujo, recuperación de errores, etc.). El plano de control realiza las funciones de control de llamada y de conexión (p. ej., la señalización necesaria para establecer, supervisar y liberar llamadas y conexiones). El plano de gestión suministra funciones tales como el establecimiento de trayectos virtuales de usuario (VPs) y las funciones relacionadas con la operación y el mantenimiento.

La capa física puede ser virtualmente cualquier clase de portadora de alta velocidad capaz de transportar celdas ATM, como el SDH que suministra un servicio de transmisión fiable a su capa cliente ATM.

La capa ATM es responsable de transferir todo tráfico de usuario (flujo de celdas) en la red ATM. Sus funciones incluyen la generación y extracción de cabeceras de celdas, el control genérico del flujo, el envutamiento de celdas, la multiplexación y la demultiplexación.

La capa de adaptación ATM (AAL) realiza las funciones dependientes del servicio requeridas por los planos de usuario, control y gestión. Las principales funciones de esta capa son la "adaptación" (segmentado y reensamblado) entre los paquetes de usuario de tamaño variable y las celdas ATM, así como la recuperación por pérdida, error o inserción errónea de celdas y la absorción de cualquier variación en el retraso de celdas.

Ancho de banda y flexibilidad de enrutamiento con VPI/VCI de ATM

Los campos identificador de canal virtual (VCI) e identificador de trayecto virtual (VPI) de cada cabecera de celda ATM identifican explícitamente la conexión virtual a la que
pertenece la celda (Figura 4). Las
celdas pertenecientes a una conexión VP/VC se multiplexan directamente en un flujo de celdas ATM
compuesto en el enlace de salida. La
flexibilidad que ofrece el ATM para
soportar velocidades de transmisión
variables se suministra con la simple
transmisión del número necessario
de celdas por unidad de tiempo.

Los VPI y VCI se utilizan en el enrutamiento (conmutación) de celdas. Como el ATM es una técnica orientada a la conexión, durante la fase de "establecimiento de la conexión" se asignan los valores en las tablas de enrutamiento en todos los nodos intermedios del camino extremo a extremo entre los nodos fuente y destino. Tras esto, fuente y destino intercambian información sobre la conexión virtual establecida. En los conmutadores ATM, el valor de VPI y/o VCI de cada celda ATM entrante se hace corresponder en los nuevos valores de VPI y/o VCI de los enlaces VC y VP salientes de acuerdo a la información de la tabla de enrutamiento.

Por ello, el concepto de VP y VC en el ATM es fundamental al eliminar la noción de jerarquía de camino digital y los canales de banda ancha fija del STM.

Tráfico ATM y su características

El tráfico de datos, voz e imagen con diferentes características de tráfico y velocidades binarias se 'adapta' en celdas ATM y se multiplexa para transferir sobre enlaces ATM. Esto crea un situación de tráfico muy diferente a la que estábamos acostumbrados en el STM. Cada conexión de usuario puede tener requisitos específicos de QoS que necesitan ser cumplidos por la red. El tráfico de voz e imagen es sensible al retraso, en particular a la variación en el retraso. mientras que el tráfico de datos es sensible a la característica pérdida de celdas en una conexión. Algunos tipos de fuentes pueden originar un tráfico ATM muy impulsivo (especialmente el de datos) que puede causar dificultades ya que tales fuentes podrían afectar a las QoS de fuentes no impulsivas. Las características de tráfico de

una conexión ATM se describen por parámetros cuantitativos tales como la velocidad punta de las celdas, la velocidad media de las celdas, el retraso de transferencia de las celdas, la tolerancia de variación de retraso de celdas, el tamaño máximo de las ráfagas, ó mediante parámetros cualitativos tales como el tipo de finente (por ejemplo, vídeo). Estos descriptores del tráfico son importantes ya que se usan en el control de admisión de conexión (CAC) y, también, durante la vida de una conexión. (Se aceptará una nueva conexión si se puede asegurar la QoS pedida y si se pueden mantener las QoSs de las conexiones existentes). Los descriptores de tráfico de conexión y la QoS requerida constituyen un "contrato de tráfico" entre usuario y suministrador de red.

Capacidad de transferencia de servicio de ATM

Para dar soporte a los requisitos y al tráfico de diferentes usuarios se han definido [3] varias opciones de servicio de transferencia ATM, llamadas "capacidad de transferencia de capa ATM" (ATC). De hecho, como parte del contrato de tráfico, el usuario necesita especificar cual de las opciones ATC en particular se pide para la conexión.

La mas básica es la capacidad de velocidad binaria determinística (DBR), que se utiliza en conexiones que requieren un cantidad constante de ancho de banda durante toda la conexión con rigurosos requisitos de tiempo de respuesta (p. ej., videoconferencia, teléfono, televisión). Naturalmente, también se pueden ofrecer servicios "similares al DBR" con STM, estando la diferencia en el uso de los canales de velocidad fija v reservada en el STM. Bastante diferentes del STM son los otros modos de transferencia que permiten la transferencia de servicios de ancho de banda variable. En este caso, los enlaces de transmisión se pueden usar de forma más eficaz debido a las ventajas adicionales de la multiplexación estadística. La tarificación se puede hacer en base a la transferencia efectiva de información, de esta forma pueden obtener beneficios tanto usuarios como suministradores de red:

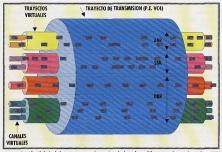


Figura 2 - Flexibilidad de asignación de ancho de banda y diferentes clases de tráfico ATM

- La velocidad estadística (SBR) se utiliza en fuentes de velocidad variable. Ejemplos de aplicaciones en tiempo real pueden ser los mismos que en DBR, ya que también se pueden enviar a velocidad variable. Aplicaciones no en tiempo real pueden ser, por ejemplo, las transacciones bancarias, las reservas aéreas, etc.
- La opción de velocidad no especificada (UBR) es equivalente a DBR pero sin garantías de QoS. Es adecuada para aplicaciones tales como e-mali, interconexión con redes de área local (LAN), verificación de tarjetas de crédito, etc.
- La velocidad disponible (ABR) permite utilizar el ancho de banda disponible. Lo que hace este esquema atractivo a los operadores es que podría permitir el exceso de contratación de conexiones (el ancho de banda asignado a ABR puede potencialmente sobrepasar los recursos de enlaces disponibles). embargo, para que el esquema funcione, se requiere realimentar las fuentes para adaptar dinámicamente su tráfico a las condiciones cambiantes de la capa ATM. No obstante, en ciertas condicio-

- nes, el tiempo de reacción puede ser un problema. Consecuentemente, no es factible un gran exceso de contratación. ABR es adecuada para aplicaciones con requisitos de pérdidas de celda baja, como las bancarias.
- Finalmente, el servicio de transferencia de bloques ATM (ABT) ofrece la posibilidad de negociar las características de transferencia en base a bloques ATM (grupo de celdas). El servicio se adecuado para servicios de obtención de información ó para transferencia de datos en ráfagas cortas.

La Figura 2 muestra un ejemplo de asignación de ancho de banda para tráficos ATM DBR, SBR y ABR transmitidos sobre un trayecto acapa física, como un VC-4. La figura ilustra la capacidad del ATM para optimizar el uso del ancho de banda de los enlaces para diferentes tipos de tráfico, que es claramente superior a la capacidad del STM.

No obstante, la transición a un entorno de tráfico basado en ATM tardará bastante tiempo Mientras, los operadores se tienen que enfrentar con un entorno mixto de tráfico STM y ATM, y piensan actualizar y migrar paso a paso las capa-

cidades de la red a medida que aumente la cantidad de tráfico ATM en la red de transporte.

Papeles del ATM y del SDH

Mientras en el futuro el tráfico STM puede ser transmitido cada vez más en "modo ATM", el SDH y el ATM se complementan y tienen diferentes papeles en la red. De todo lo considerado hasta ahora sobre la técnica ATM y el papel del ATM y del SDH en la red se pueden sacar las siguientes conclusiones:

El ATM proporciona:

- gestión no jerárquica de ancho de banda de velocidad variable
- modo único de transferencia de servicios para distintas clases de tráfico
- ventajas particulares en situaciones de mucho tráfico de velocidad no determinística
- QoS garantizada para cada conexión ATM
- servicio conmutado y control
 avanzado de llamada.

El SDH suministra:

- transporte masivo fiable y omnipresente para todo tipo de tráfico. La fiabilidad se suministra mediante rápidos mecanismos de protección y recuperación bien implantados
- tráfico optimizado de los actuales servicios STM (POTS, líneas alquiladas) mediante correspondencia directa
- infraestructura de red existente y en crecimiento.

En el siguiente apartado se analiza el entorno de red de transporte dentro del ámbito que soporta los actuales servicios STM y el emergente tráfico mixto STM/ATM.

Entorno de red de transporte SDH

La Figura 3 muestra un ejemplo de una arquitectura de red de transmisión SDH típica compuesta por NEs SDH: multiplexores de inserción/extracción (ADMs) y transconectores digitales (DXCs). Es un ejemplo simplificado de una red de acceso de abonado, regional y roncal. También se muestran los componentes de la red de acceso y los sistemas de conmutación, de banda estrecha y banda ancha como soporte del debate sobre el entorno de tráfico mixto SDH/ATM. Primero se examinan la arquitectura de red SDH y el actual soporte de tráfico POTS y de lineas alouiladas.

Las redes SDH pueden ser una mezcia de topologías lineales, en anillo y en malla. La topología de una red SDH de acceso de abonado es normalmente en anillo, como se muestra en la Figura 3. El tráfico POTS se "centraliza" hacia la central telefónica (CO) en la que hay una central local. Los anillos del tipo protección de conexión de subred (SNCP) son adecuados para aplicaciones de tráfico centralizado y los más utilizados en las actuales redes. Los DXCs se utilizan en las COs para reagrupar el tráfico entrante de múltiples anillos de acceso local v de la red entre centrales (regional) y enviarlo a las centrales. En la red entre centrales la demanda de tráfico es predominantemente punto a punto (es decir. CO a CO); las estructuras en malla con DXCs ó anillos de protección compartida de sección multiplexora (MS-SPRING), como muestra la Figura 3, son las más adecuadas en este caso. La arquitectura habitual de red troncal es una malla y utiliza DXCs.

Los tipos de anillo equivalentes a los antes mencionados SNCP y MS-SPRING en el SDH son, respectivamente, los anillos conmutados de protección de camino unidireccional (UPSR) y de línea bidireccional (BLSR) en SONET. El uso de tipos especiales de anillo en redes de acceso local y regional (entre centrales) es similar en los entornos SDH y SONET.

En oposición al tráfico POTS, que es conmutado, el tráfico de líneas alquiladas es punto a punto y se logra asignando el ancho de banda fijo de los VCs de SDH disponibles a cada travecto extremo a extremo.

Tráfico ATM emergente y aplicaciones

Recientemente, se ha puesto en funcionamiento gran cantidad de equipo ATM y se está desplegando especialmente en el área de redes de empresa. Ello incluye, por ejemplo,

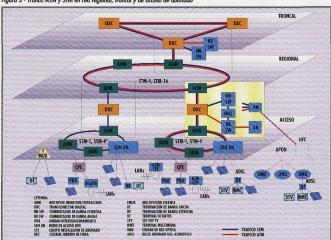


Figura 3 - Tráfico ATM y STM en red regional, troncal y de acceso de abonado

CONTENEDOR	VC-12	VC-2	VC-2-NC	VC-3	VC-4	VC-4-NC
VELOCIDAD [MBIT/S]	2	6	6 x N N=27	50	150	150 x N N=4,16
TRAMA/ CELDAS ATM	<1	2	2 x N	14	44	176, 706

Tabla 1 - Correspondencia ATM sobre VCs SDH

conmutadores de borde ATM, enrutadores con capacidad ATM, etc. La empresas están interesadas en capacidades rentables de interconexión de redes de área local (LAN). Este tráfico es hoy predominantemente de datos. No obstante, se pueden transportar sobre las mismas conexiones tráfico de voz y de centralitas privadas (PBX) para utilizar mejor el ancho de banda alquilado de las conexiones. Se podría también esperar tráfico de vídeo sobre redes de telecomunicación con nuevas aplicaciones como la multimedia, inicialmente más en el entorno de empresa, pero con el crecimiento de los ordenadores personales multimedia no es improbable ver en el futuro ATM también en el área residencial, junto con otras aplicaciones de mayor ancho de banda como la distribución de vídeo y vídeo a demanda (VoD) -una "red digital casera" (DHN). El posible tráfico ATM puede crecer como consecuencia de la reciente explosión de las aplicaciones World Wide Web y, de hecho, como una solución rápida y flexible en el núcleo de la red, mejorando de este modo las prestaciones y disponibilidad que faltan en las conexiones Internet. Por último, el tráfico de voz (POTS) podría también transportarse junto con otro tráfico utilizando mecanismos ATM.

Mientras algunas de las aplicaciones previstas hoy en día con el ATM como modo de transferencia tardarán mas tiempo en llegar, y alguna nunca llegará a materializarse, la interconexión LAN/PBX podría en un futuro cercano tener un importante impacto sobre el tráfico ATM en redes de telecomunicación

La Figura 3 muestra este entorno de tráfico mixto STM/ATM en la red de transporte del futuro. Las centrales VP/VC de ATM podrían ser colocadas junto con algunas centrales de banda estrecha en algunas centrales importantes locales o de tránsito para servir a las primeras demandas de ATM. Las centrales integradas de banda estrecha y banda ancha son apropiadas para más tarde, cuando la cantidad de tráfico ATM aumente. (las centrales locales y de tránsito de la Figura 3 están previstas que suministren capacidad de conmutación tanto de banda estrecha como, progresivamente en el futuro, de banda ancha.) El entorno de acceso de la Figura 3 muestra diferentes soluciones las cuales, para el propósito de

las consideraciones sobre tráfico del presente artículo, llevan a:

- un entorno de tráfico ATM puro, como en el caso de la red óptica pasiva ATM (APON) con la aplicación DHN
- un entorno de tráfico STM puro como ocurre en la actualidad con el POTS y las líneas alquiladas
- un entorno de tráfico mixto ATM y STM en el cual se pueden transportar servicios del tipo ATM y STM en su "modo ATM ó STM" original directamente desde la instalación del abonado.

No obstante, el emergente tráfico ATM creará una situación de tráfico mixto STM/ATM directamente en el acceso ó mas adelante en el núcleo de la red.

En el siguiente apartado se contemplan las opciones para gestionar el tráfico y la evolución de la capacidad de la red de transporte y cumplir con la demanda de tráfico.

Gestión del tráfico ATM en SDH método STM

Correspondencia de celdas ATM en la carga útil del SDH

La correspondencia de tráfico ATM se ha definido en [2] y permite usar

Figura 4 - Ejemplo de correspondencia de celdas ATM en VC-4 y VC-3



contenedores VC-12, VC-2, VC-2c, VC-2c, VC-3c VC

Hay que indicar que la "c" de la Tabla 1 significa espacio de ancho de banda concatenado, que se define para hacer corresponder más eficazmente los servicios para los que no son adecuadas velocidades estándar de contenedor (p. ej., el ATM de 10 Mbit/s se podría hacer corresponder en dos VC-2s -es decir VC-2-2c). Aunque puede parecer una solución atractiva para la correspondencia del tráfico ATM sobre SDH, desafortunadamente el problema con las señales concatenadas es que las SDH ya desplegadas no tienen esta capacidad. Esto lleva a que las señales concatenadas tengan un valor bastante limitado.

Para intentar resolver este problema se ha definido la concatenación "virtual". Los servicios que se hacen corresponder en VCs concatenados virtualmente se hacen efectivamente en VCs individuales. No obstante, todos los VCs que se concatenan virtualmente tienen que tratarse como un conjunto, es decir compartiendo el mismo travecto extremo a extremo v con protección común. Al final de la recepción la información de los VCs individuales tiene que multiplexarse apropiadamente en un flujo de datos compuesto como el que se presentó inicialmente a la red de transporte. (El tratamiento de VCs concatenados virtualmente como un conjunto es esencial, va que si las señales tienen que seguir caminos diferentes hacia el destino -debido por ejemplo a una acción de protección en una parte- habría que resolver complejos problemas de temporización al formarse un flujo compuesto de datos en el destino).

De aquí que la concatenación virtual sea una opción factible para no lograr una correspondencia más eficaz del ATM en VCs SDH, pero esto podría prácticamente obligar a usar sólo subredes que realicen o soporten esta facilidad, es decir no se podría garantizar una solución de omnipresencia.

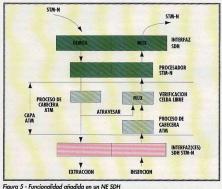
Para ilustrar esto en la Figura 4 se dibuja la correspondencia de celdas ATM en VC-4/VC-3. Como la capacidad de C-4/C-3. (2340/756 bytes) no es múltiplo entero de la longitud de celda ATM (53 bytes), se permite que una celda cruce la frontera de la trama del contenedor [2].

Posibilidades e inconvenientes

Dada la variedad descrita de posibilidades de correspondencia ATM en VCs SDH (ó en, por ejemplo, señales E1 y E3 en PDH y después consecuentemente en VCs SDH), una opción inmediata para conectar nodos ATM podría ser usar los VCs existentes como "tuberías extremo a extremo dedicadas". No obstante. este "método STM" tiene varios inconvenientes. Cada nuevo punto requeriría un nueva conexión ó conexiones nuevas de línea alquilada con los otros puntos, lo que sólo podría ser aceptable para un pequeño número de puntos y conexiones. Además, la demanda de banda ancha ATM para cada punto podría no ser la adecuada para que la capacidad alquilada disponible en estas conexiones fuese bien utilizada. Los clientes tarificarán así para todos los anchos de banda de velocidad fiia alguilados, lo cual puede desalentarlos, en especial a aquellos que primero lo adoptaron. puede ser que con requisitos de bajo ancho de banda al subscribir dichos servicios. Hay que hacer notar también que, en el caso en que el tráfico CPE ATM esté destinado a un conmutador ATM y viceversa, los VCs dedicados entre CPEs ATM v conmutador requerirían puertos dedicados de E/S en el conmutador para cada travecto (los puertos de los conmutadores ATM suelen ser normalmente E3 de PDH o STM-1 de SDH). Esto llevaría a una solución de red cara a menos que las conexiones ATM dedicadas se "rellenasen" eficientemente con tráfico de usuario.

No obstante, cuando examinamos las redes SDH actualmente desplegadas descubrimos otra dificultad: aunque actualmente un VC-3 o VC-4 puede ser adecuado para servir a las necesidades de transmisión de los dispositivos CPE ATM (p. ei., sirviendo al tráfico PBX de LAN de empresa), este método podría no ser factible aún en las actuales redes SDH, al suministrar la mayoría de las redes de transporte actualmente desplegadas en el área de acceso capacidad STM-1. Es decir, todo el ancho de banda de un VC-4 es insuficiente para soportar nuevas conexiones ATM en travectos VC-3 o VC-4. Así. por ejemplo, en el caso de introducir un conexión ATM en un anillo, es obligatorio pasar a una STM-4 de velocidad más alta (lo que implica actualizar todas las placas agregadas de NE en el anillo).

Por otro lado, la correspondencia del ATM en VCs SDH de orden inferior (LO), VC-12 o VC-2, puede no ser factible va que el ancho de banda podría no ser suficiente como para acomodar todo el tráfico de usuario en el interfaz de red de usuario (UND). Una idea para encontrar un camino podría ser, por ejemplo, extraer VPs ATM individuales del fluio compuesto de celdas en el UNI y corresponderlos por separado sobre VCs de LO. No obstante, el mal acoplamiento en VPs de tamaño variable v en VCs SDH de tamaño fijo podría llevar a ineficacia de enlaces junto al hecho de que, cuando se usan VCs SDH de pequeño tamaño con un pequeño número de conexiones ATM correspondidas sobre ellos, podría no explotarse la ventaja de la ganancia estadística del ATM. Además, se necesitarían grandes zonas de almacenamiento, en particular para gestionar la correspondencia de tráfico impulsivo en VCs de LO en el caso de UNIs de alta velocidad.



Finalmente, como se vio antes, la "concatenación virtual" también podría producir una solución insatisfactoria, va que se restringiría a aquellas subredes en las que dicha funcionalidad estuviese disponible.

El análisis anterior lleva a la conclusión de que se necesita un método diferente que podría mitigar la necesidad de usar caminos dedicados SDH v ofrecer un entorno futuro orientado a una transmisión más flexible v barata para la venidera situación de tráfico mixto STM/ATM. La nueva solución debe asegurar la compatibilidad hacia atrás v una suave, v consciente del coste, migración de los actualmente desplegados NEs SDH con capacidad STM.

Tratamiento del tráfico ATM en SDH - introducción de la funcionalidad VP de ATM

Para obtener una mejor eficacia del transporte para el tráfico ATM, se pueden asignar grandes VCs SDH entre los nodos ATM y el tráfico ATM (VPs) se puede compartir el ancho de banda común. Los VCs SDH se terminan en cada nodo para soportar funcionalidad ATM. Los NEs SDH necesitan también poder añadir, eliminar, pasar y descartar celdas en lugar de intervalos temporales STM. Esta funcionalidad definida en [4] se muestra en la Figura 5.

El nivel VP se elige por razones de simplicidad y de flexibilidad del ancho de banda. El nivel VC del ATM se debe hacer en el equipo de conmutación de banda ancha, es decir fuera del ámbito de la red de transporte. La funcionalidad VP tiene que suministrarse sólo donde el tráfico ATM necesite ser insertado o extraído, mientras que la actual funcionalidad STM que trata el tráfico STM existente permanece sin cambios

Ventaias de la funcionalidad VP del ATM

Para analizar la ventaja real de la introducción de la funcionalidad VP indiquemos el gran interés actual de los operadores de telecomunicación por el ATM como medio para suministrar transporte eficiente en el creciente tráfico de interconexión LAN. Las velocidades de transmisión de tráfico LAN (p. ej., 10 Mbit/s -Ethernet, 4/16 Mbit/s -Token Ring, 25 Mbit/s -interfaz de foro ATM etc.) no se cumplen muy bien en los VCs

Teniendo esto en cuenta nos referiremos al anillo de acceso SDH en la Figura 3 (abajo a la derecha) y asumiremos algunas posibles demandas de tráfico STM v ATM (p. ej. POTS/líneas alquiladas e interconexión de LANs, respectivamente). El anillo de acceso especial de la Figura 3 es del tipo SNCP. El tráfico POTS se centraliza hacia el conmutador de banda estrecha en CO LEX. El tráfico de línea alquilada es punto a punto. No obstante, para ambos tipos de tráfico el ancho de banda STM requerido se asigna completamente en todo el anillo (esto se debe a la colocación particular del ancho de banda en el anillo tipo SCNP). Como para el tráfico ATM asumimos que, por ejemplo, se necesitan establecer varias interconexiones LAN que dan lugar a VPs ATM de 10 Mbit/s. El tráfico LAN de ATM

Tabla 2 - Efecto de introducir la funcionalidad VP ATM en un entorno de tráfico STM y ATM (VC-3 equivalentes)

	DEMANDA STM	No DE VPs (10 MB/S) DEMANDA	No DE VC-3s REQUERIDOS CON S-NEs	No DE VC-3s REQUERIDOS CON S/A-NEs	VEL DE ANILLO NECESARIA CON S-NEs	VEL. DE ANILLO NECESARIA CON S/A-NEs
	- 1	1	2	2	STM-1	STM-1
ī	1	3	4	2	STM-4	STM-1
7	7	7	14	9	STM-16	STM-4

puede ir, por ejemplo, directamente a otro punto LAN localizado en el mismo amillo de acceso, ó puede ser centralizado hacia un commutador VPVG de banda ancha en la CO LEX. En este ejemplo asumimos que el tráfico ATM se protege 1+1 desde la fuente al destino, así prácticamente para este tráfico el ancho de banda también se "asima" por todo el amillo.

La cantidad de demanda de tráfico STM y ATM es variable. La Tabla 2 muestra la demanda de ancho de banda (en VC-3 equivalentes) y los tamaños de anillo requeridos para soportar tal demanda en caso de redes de NEs STM e híbridas de NEs STM/ATM (S-NEs v S/A NEs respectivamente en la Tabla 2). Cada VP ATM requiere en el método STM un VC-3 completo, es decir aproximadamente 50 Mbit/s (asumiendo que se puede usar concatenación no virtual). Sin embargo con la funcionalidad VP ATM varios VPs compartirán el mismo VC-3.

Si fuésemos a postular el mismo tráfico para el MS-SPRING, el ancho de banda SDH que se requiere para la porción de tráfico ATM sería el mismo, como muestra la Tabla 2, ya que la asignación de VPs ATM v el ancho de banda resultante que se requiere es independiente del tipo de anillo (no obstante, es factible una ganancia en el ancho de banda de transmisión para la porción de tráfico STM en caso de demandas más distribuidas de STM punto-apunto. La razón de esto es la ventaja inherente del MS-SPRING para tales esquemas de tráfico.)

Hasta la red de transmisión mallada con DXCs se ve afectada, habría que aplicar el mismo análisis y conclusiones de requisitos de y conclusiones de requisitos de y conclusiones de radiados en la Tabla 2, asumiendo que se requiere la demanda establecida de tráfico STM y ATM para su transporte sobre enlaces físicos comunes (en este caso sustituir en la Tabla 2 "velocidad de anillo" por "velocidad de enlace").

Evidentemente, se pueden alcanzar substanciales ventajas de ancho de banda introduciendo la funcionalidad VP ATM en los NES de transporte. Esto inicialmente podría imposibilitar el agotamiento y la actualización del enlace/amillo. La posibilidad de insertar/extraer celdas ATM en los NES SDH evita también la necesidad de regresar todo el tráfico a un comuntador VP/VC. Un análisis relacionado con el entorno SONET ATM se puede encontrar en [5, 6].

Junto a la eficacia del ancho de banda, la funcionalidad hibrida STMATM proporciona la flexibilidad y escalabilidad requerida para el futuro tráfico mixto con demandas variables de ATM y STM. El hecho más importante es que la solución es un añadido a la actual funcionalidad STM, lo que protege de esta forma las inversiones en la red SDH existente, facilita la introducción temprana del ATM y abre la puerta a la suave migración hacia el esperado entorno de tráfico ATM predominante en el futuro.

Problemas asociados a la funcionalidad VP ATM en NEs SDH

Para realizar efectivamente la funcionalidad VP ATM sobre NES SDH hay varios problemas que necesitan ser analizados cuidadosamente. Algunos de los problemas son debidos a la histórica separación de la normalización y el desarrollo de las redes ATM y SDH.

Uno de los problemas clave que hay que consolidar se encuentra en el área de la protección del tráfico ATM y STM. En la redes SDH la capa física suministra diferentes mecanismos de protección que son capaces de corregir fallos de travecto ó enlace en un espacio de tiempo muy corto (p. ei., 50 ms para protección del travecto VC SDH). Por otro lado. la capa ATM tiene previsto desplegar sus propios mecanismos de protección. Esto es espléndido va que no es posible detectar todos los fallos en cada capa de la red. No obstante, ocurren condiciones no deseadas cuando dos (ó más) capas se

activan simultáneamente para protección y se toman acciones de protección no consistentes. Ello puede causar una agitación innecesaria en el tráfico de usuario. Por consiguiente, es obligatorio establecer una clara estrategia que se basará en la identificación del fallo en cada capa de la red (capa óptica, capa física, capa ATM) y la consecuente llamada al mecanismo de protección en la capa afectada sin activar innecesariamente mecanismos de protección de otras capas. Los fallos en la capa física pueden, por ejemplo, ser reparados en cuestión de microsegundos, los fallos en la capa física se arreglan en menos de 100 milisegundos, mientras que los fallos en la capa ATM pueden tardar en repararse uno ó dos segundos. Por lo tanto, las capas tendrían una "ventana temporal" en la cual la acción de protección se completaría, y en los casos en los que la protección no tenga éxito hay que invocar a la capa superior. Alcatel está activamente involucrada en estos problemas de normalización.

El segundo aspecto importante es la gestión de servicios, redes y elementoe en dichas redes y NEs híbridas, Como la funcionalidad VP ATM es un añadido de los NEs SDH, en la fase inicial podría ser aceptable "albergar" esta funcionalidad dentro de sistemas de gestión de red SDH. En la siguiente etapa, no obstante, podría preverse una única plataforma de gestión de red para gestionar NEs ATM v SDH. En cualquier caso, el tratamiento de nuevas demandas de tráfico (STM ó ATM), la gestión de la capacidad libre v las funciones de protección/restauración no se pueden tratar en solitario. Son mas bien componentes de toda la tarea de gestión del ancho de banda con clara relación cliente-servidor entre las capas de gestión de la red.

Otros problemas están relacionados con el grado preciso de funcionalidad ATM (p. ej., supervisión, control de congestión) y a asegurar soluciones correctas en toda la red (p. ej., la interconexión de anillos con y sin DXCs). No obstante, la instalación de la funcionalidad VP ATM en NEs SDH se basa en la importante documentación de normas ATM existente.

Evolución del tratamiento ATM y STM en las redes de transporte

Empezando por la actual red de transporte se pueden definir las siguientes etapas de evolución para cumplir las necesidades del operador con los futuros requisitos de tráfico.

Etapa 1: Actualización a NEs STM/ATM híbridos. Tiene especial importancia el coste de la funcionalidad añadida, va que para el operador la migración a la nueva capacidad VP ATM debe ser "más barata" que dirigir todo el tráfico ATM a un conmutador VP(/VC). No obstante, basándose en los análisis previos, es evidente que el uso del método STM con travectos dedicados VC SDH para cada conexión VP ATM está bastante limitado a casos seleccionados con muy baja penetración de tráfico ATM ó a cuando los nodos de acceso de servicio ATM suministren un "relleno" eficiente de los VCs SDH.

Etapa 2: Cuando la relación de tráfico STM/ATM llega a ser predominante a favor del ATM, y económicamente adecuada, la tecnología de red de transporte necesita migrar hacia un entorno de núcleo ATM.

Conclusiones

SDH y ATM son dos tecnologías complementarias que juntas tienen un papel diferente en la red de transporte del futuro. SDH suministra filabilidad de transmisión y aumento de la infraestructura ya existente. La funcionalidad antadida VP ATM permite compartir eficientemente los recursos de estas redes, mejorar la utilización del ancho de banda y previene ó retrasar el pronto agotamiento de la capacidad de transmisión y las actualizaciones de la red. La introducción de la funcionalis.

da introduccion de la funciona de la funciona da VP ATM VP en los NEs SDH es un paso natural que responde adecuadamente a las necesidades clave de los operadores de tener una arquitectura de red fiable, que sea eficiente para los servicios ATM actuales, pero que pueda evolucionar, con una inversión incremental, para soportar las futuras demandas basadas en ATM. La solución descrita elimina la barrera del transporte ATM poco eficiente sobre redes SDH y, de este modo, abre el camino para el despliegue del ATM en las redes de telecomunicación.

Referencias

- Recomendación UTT-T: L321, Modelo de referencia del protocolo RDSI-BA y su aplicación
- Recomendación UTI-T: G.707, Interfaz de nodo de red para la jerarquía digital síncrona (SDH)
- 3 Recomendación UTT-T: L371, Control de tráfico y control de congestión en la RDSI-BA
- 4 Bellcore GR-2837: ATM Virtual Path Functionality in SONET Rings - Generic Criteria
- 5 B. Assa: Today's Transport Networks -Are they ready for ATM?; Proc. of NFOEC '96, págs. 503-514, Denver, septiembre de 1996
- 6 J. Sosnosky y H. Kobrinsky: A current Bellcore View of SONET ATM VP Rings; Proc. of Globecom '95, págs. 39-44, Singapur, noviembre de 1995

Mario Huterer está dedicado a tareas de coordinación y especificación del sistema técnico con el grupo de Network View de Transmission Systems Division.

Una nueva capa fotónica para las redes de banda ancha

J. Dupraz, F.-X. Ollivier, P.A. Perrier

El enorme crecimiento de tráfico resultante de la explosión de los servicios en-línea originará una fuerte presión sobre el caudal de la red. Nos podemos enfrentar a este problema introduciendo un capa de tecnología WDM.

Introducción

La introducción de la óptica en la transmisión fue un importante evento en las telecomunicaciones. La fibras ópticas han demostrado que ofrecen una calidad sin par de transferencia de información digital, que han permitido el firme crecimiento de la capacidad de los enlaces de transmisión punto a punto. Sin embargo, la enorme anchura de banda intrínseca de las fibras se utiliza muy pobremente, incluso con una velocidad de modulación de 10 Gbit/s.

La rápida introducción mundial de servicios de telecomunicaciones junto a la introducción de los nuevos servicios de banda ancha requieren un tremendo aumento en la capacidad de transferencia de las redes públicas para explotar mejor, por razones económicas obvias, el potencial de las infraestructuras existentes.

El primer paso es aumentar la capacidad de los enlaces de transmisión punto a punto. En la multiplexión por división en el tiempo (TDM), esto se logra al aumentar la velocidad, pero por limitaciones físicas no se puede ir más allá de 10 Gbit/s y, en algunos casos, incluso no se alcanzará esta velocidad. Otra solución atractiva es la multiplexación por distribución en

longitud de onda (WDM), que promete flexibilidad, escalabilidad y rentabilidad

La segunda etapa consistirá en introducir una nueva capa fotónica en las redes con nodos que «commutan tuberías» físicas de alta velocidad (p. ej., 25 foit/s), que se identifican por su longitud de onda independientemente de la información que lleven. Esta nueva capa no necesitará proceso y sincronización, lo que era común en TDM de alta velocidad. También ofrecera un nivel adicional de granularidad de velocidad de comutación (p. el., 25 foit/s).

Esto llevará al concepto de una red transparente de enrutamiento completamente óptico. Sin embargo, antes de cualquier implementación operativa, se necesitan pruebas de campo para resolver los problemas pendientes y establecer los procedimientos de gestión v supervisión de la nueva capa fotónica. La tecnología ha avanzado lo suficiente como para realizar equipo práctico y se están realizando pruebas de campo a gran escala en todo el mundo. Importantes organismos de normalización (UIT-T y ETSI) están trabajando en recomendaciones que aseguren la interoperatividad entre redes y sistemas de diferentes vendedores. En particular, es esencial especificar un plan de frecuencias (longitudes de onda) comunes a todas las redes WDM.

El objetivo de este artículo es dar un visión global de la nueva capa fotónica WDM.

Transmisión WDM

En las redes de telecomunicaciones, los enlaces de transmisión punto a punto entre nodos suelen transportar portadoras ópticas únicas moduladas por multiplexores TDM electrónicos. Una forma de incrementar esta capacidad de transferencia es aumentar la velocidad del enlace. De hecho, ha sido el caso con velocidades que han pasado de 2 Mbit/s a 140 Mbit/s en sistemas PDH y de 155 Mbit/s a 10 Gbit/s en sistemas SDH/SONET.

Existen, sin embargo, limitaciones físicas que limitarán esta tendencia. La primera es la bien conocida dispersión cromática que degrada la calidad de la transmisión según la distancia. Junto a las técnicas especiales de compensación [1] utilizadas en las fibras normales (G.652) se introduieron, para aliviar este efecto, las fibras de dispersión desplazada (DSF-G.653). Otra quizás menos conocida limitación tiene su origen en el PMD (dispersión de modo de polarización) [2], que afecta estadísticamente a algunos de los cables ópticos va instalados. El resultado es que hay que regenerar el flujo binario para mantener la calidad cuando se pasa de cierta distancia. Puede incluso suceder que el propio PMD impidiera alcanzar la velocidad de 10 Gbit/s, no permitiendo así usar la enorme, de otra forma disponible, anchura de banda de las fibras.

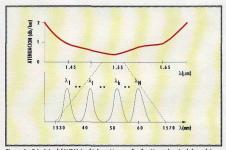


Figura 1 - Principio del WDM (multiplexación por distribución en longitud de onda)

Otra forma de incrementar la velocidad total es multiplexar canales a diferentes longitudes de onda sobre la misma fibra. A esto se le denomina multiplexación por distribución en longitud de onda (WDM) v es similar a la multiplexación por división de frecuencia (FDM) usada en los radioenlaces. Su principio se muestra en la Figura 1 donde un ancho de banda de 40 nm (junos 5 THz!) se comparte entre diferentes canales no solapados a las longitudes de onda \(\lambda 1, \lambda 2,...., \lambda_N.\) El ancho de banda del canal alrededor de la longitud de onda de la portadora puede ser de cualquier valor que se adapte a la velocidad de modulación y sea compatible con la limitación de no solapamiento, Así, por ejemplo, se puede alcanzar una velocidad total de 10 Gbit/s con cuatro portadoras, modulada cada una de ellas a 2,5 Gbit/s.

El WDM ofrece muchas ventajas. Para una velocidad total dada, la velocidad individual de la portadora decrece, por lo que disminuyen los efectos de la dispersión cromática que son proporcionales al cuadrado de la velocidad. Utilizando WDM de 4x2,5 Gbit/s en lugar de TDM de 10 Gbit/s se podría incrementar teóricamente la distan-

cia dieciséis veces. En consecuencia, la distancia entre regeneradores podría incrementarse grandemente. Sin embargo, aun se requiere de la amplificación para mantener el balance de potencia. Se puede decir en términos generales que el paso de TDM a WDM permite sustituir los regeneradores por amplificadores, reduciéndose así significativamente los costes. El WDM es flexible v escalable va que aumentar la velocidad total se logra con solo añadir nuevos canales sobre las longitudes de onda disponibles. Hav que hacer notar que la velocidad puede ser diferente sobre diferentes portadoras, lo que añade flexibilidad. La protección contra los fallos del equipo de terminación de línea (LTE) se puede lograr fácilmente con canales de reserva en un esquema de redundancia n+1. Para aprovechar totalmente estas ventajas, la implementación física de los enlaces debe establecerse de acuerdo con la instalación. Esto es particularmente aplicable en la elección de vanos de amplificación y regeneración.

Existen también algunas limitaciones en la utilización del WDM según el tipo de fibra. Con fibras G.653 la principal limitación es la intermodulación entre las diferentes portadoras debida a efectos no lineales -la así llamada mezcla de cuatro ondas (FWM). Cuando el espaciado entre frecuencias portadoras es uniforme, la intermodulación produce una caída sobre los canales advacentes creando con ello una diafonía «en línea». Una forma de evitar los ravos espúreos es tener un espaciado de canal mayor o desigual. Este efecto no impide la transmisión sobre fibras G.652, en las cuales la principal limitación sigue siendo la dispersión cromática. Otra limitación. para ambos tipos de fibra, viene del requisito básico por el cual todas las portadoras ofrecen igual calidad (p. ei., el BER -tasa de error binario) tras la modulación. Como los multiplexores WDM se amplifican a lo largo de los enlaces por amplificadores ópticos generadores de ruido v saturados de potencia, la relación señal-ruido (SNR) de una portadora depende del número de portadoras y del número de amplificadores atravesados. También depende de la propia longitud de onda de la portadora ya que el factor de ruido del amplificador es mejor a longitudes de onda más altas y si la característica ganancia/longitud de onda del amplificador no es lo bastante plana a lo largo del ancho de banda ocupado por el multiplexor.

Las ventajas del WDM están siendo ampliamente reconocidas, por lo que existe la necesidad de normalizar un plan de frecuencias (longitud de onda) que podría ser usado por los operadores de la red y los fabricantes para asegurar la interoperatividad entre diferentes redes v sistemas. Se han hecho algunas propuestas con respecto a la separación entre canales (p. ej., 100 GHz, o equivalente, sobre 0,8 nm) y a una frecuencia de referencia absoluta asociada al plan de frecuencias [3]. Además, se han realizado otras propuestas sobre la supervisión y la calidad de enlaces WDM [4]. En cualquier caso, se necesitarán pruebas de campo para validar las soluciones.

De hecho, WDM v TDM son complementarios. Se usarán simultáneamente, va que cada portadora WDM se modulará por un flujo digital multiplexado en el tiempo, síncrono con TDM o más tarde asíncrono cuando llegue el ATM (modo de transferencia asíncrono). Se lograrán flexibilidad v escalabilidad añadiendo nuevas portadoras a la misma velocidad v/o incrementando la velocidad nor portadora Así, por ejemplo, se puede alcanzar una capacidad total de 40 Ghit/s con 16x2 5 Gbit/s o 4x10 Gbit/s La elección dependerá del tipo de fibra y del amplificador, de la cantidad de PMD etc. Idealmente la red debería ser diseñada para su futura capacidad máxima para permitir su actualización al mínimo coste después de la instalación.

Conectividad WDM

Capa de red

Cualquier red de telecomunicaciones se compone de nodos donde las señales se commutan a diferentes direcciones, y que se conectan por enlaces de transmisión para propagar las señales. Las ventajas del WDM en los enlaces de transmisión punto a punto ya se han expuesto. Otras ventajas se tienen que obtener a nivel de red al introducir nodos fotónicos que operen directamente sobre las portadoras ópticas, independientemente de la información que lleven. Esto conducirá a la creación de una nueva capa fotónica aparte de las electrónicas ya existentes.

La futura red de banda ancha dispondrá de tres capas, cada una de ellas definida por los nodos que contiene, los objetos que conmuta, y la granularidad de velocidad significativa de las señales que procesa. Esto se muestra en la Figura 2.

La cana alta electrónica de ATM está justo debajo del plano de aplicaciones/servicios que contiene los terminales de usuario. Sus nodos son conmutadores y transconectores que conmutan celdas ATM o, equivalentemente, conexiones virtuales ATM. La granularidad de las velocidades conmutadas varía casi continuamente desde unos pocos kbit/s a 150 Mbit/s. Por debajo de la capa ATM está la cana electrónica SDH/SONET. Sus nodos son multiplexores de inserción/extracción (ADM) o transconectores (XCN). Conmutan canales síncronos en el tiempo definidos por los así llamados contenedores virtuales a unas pocas velocidades discretas fijas, por ejemplo, VC-12 a 2 Mbit/s,

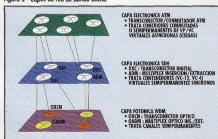
VC-4 a 150 Mbit/s. Debajo de la capa SDH/SONET está la capa fotónica WDM. Contienen los nodos ópticos ADM y XCN que commutan los canales físicos. Estos canales se identifican por la longitud de onda de su portadora y se modulan a velocidades muy elevadas, normalmente 2.5 6bit/s v. a fínal 10 6bit/s.

Las tres capas que trabajan coniuntamente intercambiando señales se gestionan por el mismo operador. La capa WDM conmuta las portadoras ópticas y las distribuye individualmente a la cana SDH/SONET donde se demodulan a señales electrónicas. Estas señales son múltiplex TDM consistentes en contenedores virtuales que se conmutan en los nodos de la capa. La capa SDH/SONET distribuye los fluios de celdas a la capa ATM, donde se extraen de los contenedores virtuales. Entonces, las celdas se conmutan individualmente en los nodos de la capa ATM. Esta claro que la velocidad conmutada decrece de manera importante desde casi los 2,5 Gbit/s en la capa fotónica a los pocos kbit/s de la capa ATM. En esto reside la instificación básica para estratificar la red.

Como las fibras ópticas propagan una única portadora, no existe la necesidad de una capa fotónica. La commutación puede ser solo electrónica y las dos capas electrónicas officeren en su granularidad de velocidad. La introducción del WDM en la red de transporte da la oportunidad de commutar a velocidades mucho más elevadas, y a operar directamente sobre las portadoras ópticas sin conversión optoelectrónica. Es un proceso puramente físico, al operar sobre "tuberías", sin sincronización o proceso de señal.

Una capa se cualifica totalmente por sus nodos y sólo el operador de la red puede decidir que tipo de nodos necesita, donde los instala, de que tamaño, et. Depende básicamente de la distribución geográfica de los usuarios y del tráfico que generan. Esto es especialmente verdad en los países grandes, y con el esperado crecimiento de tráfico y a nochura de

Figura 2 - Capas de red de banda ancha



banda de los servicios resultante en las super-autopistas de la información, la nueva capa fotónica probará ser rentable y económica.

La capa fotónica

La capa fotónica opera sobre conexiones físicas identificadas por su longitud de onda, preferiblemente elegida entre las de un plan de valgares normalizados. Estas conexiones se soportan por fibras ópticas y se utilizan para unir nodos de la red y conectar usuarios finales (p. ej, de redes privadas) a la red. Una conexión extreno a extremo cruza varios nodos donde hay commutación, basada en su longitud de onda.

Hay dos soluciones posibles. En la primera, la conexión mantiene la misma longítud de onda de extremo a extremo y los nodos se cruzan transparentemente. Esto se denomina enrutamiento de strayecto de longítud de ondas (WP) [5], que quiere decir que el trayecto de la conexión se define por la misma longítud de onda li que se asignó en el establecimiento para toda la duración de la conexión. Este esquema de enrutamiento se muestra en la Ficura 3.

En la segunda, la conexión puede cambiar su longitud de onda cuando cruza los nodos, nor lo que ahora se identifica por una concatenación de posibles diferentes longitudes de onda λι, λφ, λκ ... sobre los sucesivos enlaces que soportan el trayecto de la conexión. Se seleccionan en el establecimiento entre un conjunto de longitudes de onda disponibles en cada enlace. En este caso, la longitud de onda se convierte en un identificador con solo significado local. A este respecto, es análogo a los identificadores lógicos de una conexión ATM. Este esquema de enrutamiento, conocido como «travecto de longitud de onda virtual» (VWP) [5], se ilustra en la Figura 4. Aunque la longitud de onda puede cambiar a lo largo del trayecto, la información todavía se puede transferir transparente-

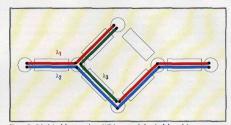


Figura 3 - Principio del enrutamiento WP (trayecto de longitud de onda)

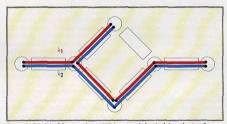


Figura 4 - Principio del enrutamiento VWP (trayecto de longitud de onda virtual)

mente usando la conversión directa de longitud de onda fotónica. Sin embargo, las señales ópticas podrían necesitar regeneración, lo que implica su demodulación a señales eléctricas y re-modulación. Así, la conversión de longitud de onda podría ser posible sin tener obviamente un coste adicional, pero se podría perder transparencia.

La conexiones WDM actualmente contempladas son las permanentes o semipermanentes. Las establecerá y liberará el operador desde un centro de gestión de red y no de forma dinámica, es decir, llamada a llamada, por los usuarios finales. En una red, se deben evaluar las implementaciones de enrutamiento WP y VWP según los requisitos de tráfico y su evolución temporal. Claramente, el enrutamiento VWP tiene menos limitaciones al establecer una nueva conexión sin adaptar las ya existentes; lo que reduce el bloqueo.

En todos los casos, la gestión de la capa WDM es más compleja que la simple gestión de enlaces WDM punto a punto con proceso electrónico en ambos extremos del enlace. El operador debe de hecho asegurar que todas las conexiones cumplan con un requisito de calidad especificado, independientemente del número de nodos y amplificadores ópticos a lo largo del travecto, y del número de conexiones establecidas. Obviamente, esto es también aplicable cuando hay reconfiguración de conexiones en fallo. En particular, la diafonía y la degradación

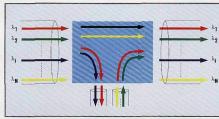


Figura 5 - Principios de un multiplexor óptico de inserción/extracción (OADM)

de SNR deberán ser cuidadosamente controladas. Además, habrá que realizarse el seguimiento de la longitud (WP) o longitudes de onda (WPP) por todo el trayecto para asegurar que no hay confusión entre las conexiones y que se mantiene la correspondencia entre flujos de información y longitudes de onda por toda la red. Diferentes técnicas especializadas están siendo investigadas [6].

Nodos de la capa fotónica

Los nodos de la capa óptica se unen mediante fibras ópticas para propagar señales WDM. La topología de la capa se basa en dos estructuras fundamentales va utilizadas en las capas electrónicas: las topologías en anillo y en malla. La primera está ampliamente implementada en la capa SDH/SONET de las redes regionales y metropolitanas. En la capa fotónica, se espera que se utilice en la WAN (red de área extensa). Esta topología es muy atractiva por su capacidad de recuperación y auto-reparación. La segunda, la topología mallada, se usa en principio en las redes de transmisión troncales existentes para conectar anillos. En la superposición fotónica, se pueden prever anillos muy grandes para realizar esta interconexión.

En esta capa se presentan dos tipos de nodos: OADM (ADM óptico) y OXCN (XCN óptico). Estos dos elementos de red solo se diferencian en su número de puertos de entrada/salida y, por ello, en su capacidad. Ambos realizan conmutación espacial sobre canales de longitud de onda, preservando o conservando su longitud de onda como se explicó anteriormente. Las conexiones son permanentes o semipermanentes. El tiempo de establecimiento no es crítico pero

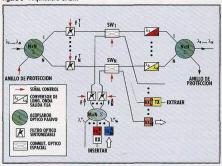
el tiempo de commutación de un trayecto en fallo a uno de reserva es aún un problema debido a la muy alta velocidad de la conexión. Debería ser menor que el tiempo de protección de 50 ms de la capa SDH/SONET.

Ejemplo de un OADM

El principio de un OADM de multilongitud de onda se muestra en la Figura 5. Los canales de longitud de onda se pueden extraer e insertar, transparentemente o no, entre los puertos de entrada y salida. La arquitectura del prototipo OADM investigada por Alcatel Telecom Research Division se ilustra en la Figura 6 [7]. Es un OADM de multilongitud de onda versátil y reconfigurable con una capacidad de N canales (N=4, 8 o 16). Su capacidad la da el número máximo de canales que se pueden multiplexar en el puerto de salida. Las señales transmitidas en dichos canales o van desde el puerto de entrada o se añaden localmente. El número de canales ocupados en los puertos de entrada y salida puede ser diferentes.

El múltiplex entrante de n-longitudes de onda $(n \le N)$ se difunde y divide pasivamente a N filtros ópti-

Figura 6 - Arquitectura OADM



cos dinámicamente sintonizables. Cada filtro puede seleccionar cualquier canal y está seguido por un commutador espacial óptico de cuatro estados 2x2 Junto a los estados de barra y cruz, son posibles dos estados de multidifusión. En uno de estos dos estados, cualquier canal seleccionado se extrae y transmite simultáneamente al siguiente nodo; es la llamada función de «extraer y continuar».

Cuando se extraen k señales entrantes $(k \le n)$, se pueden añadir localmente hasta $N \cdot (n \cdot k)$ señales, que se insertan a través de una matriz espacial $M \ge M N \le N$ de selección y difusión implementada con un acoplador en estrella pasivo y N filtros ópticos sintonizables. Cualquier señal tributaria entrante puede entonces encaminarse a cualquier canal de salida disponible. La asociación de un acoplador pasivo en estrella, de filtros ópticos y de conmutadores espaciales ópticos hacen muy flexible esta arouitectura.

La señales pasadas en tránsito y las añadidas se multiplexan pasivamente por un acoplador en estrella, si es posible tras las conversión de longitud de onda. Esta ditima función puede mejorar significativamente la flexibilidad de encaminamiento según el esquema de tráfico y la topología de la red. Ello permite que las longitudes de onda entrantes, añadidas y sulientes sean independientes y reutifizadas por toda la red.

Un OADM es, por principio, muy adaptable a la topología en anillo y a su capacidad de auto-reparación; por esto es que en la arquitectura de la Figura 7 se proporciona acceso a un anillo de protección en acopladores en estrella de entrada y salida. En el caso de un fallo en el anillo en funcionamiento, se pasa automáticamente el tráfico al anillo de protección mediante commutadores espaciales ópticos.

Ejemplo de un transconector óptico

La ampliación de esta arquitectura OADM lleva a un transconector

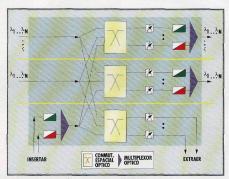


Figura 7 - Arquitectura del transconector óptico (OXCN)

óptico. Básicamente, un transconector óptico tiene M puertos de entrada v salida, cada uno de los cuales lleva hasta N canales de longitud de onda. v tiene aún la facilidad de inserción v extracción. La mayoría de las arquitecturas de transconectores ópticos que han sido propuestas utilizan matrices de conmutación espacial ópticas y deben ser, por razones prácticas, estrictamente no bloqueables. Un ejemplo de una arquitectura de transconector óptico se muestra en la Figura 7 [8]. Se basa en el mismo principio de arquitectura OADM de la Figura 6, con el añadido de MxN matrices espaciales para permitir que cualquier canal de entrada se conecte a cualquier canal de salida disponible, y utiliza los mismos elementos funcionales.

Tecnologías para la capa fotónica WDM La tecnología actual está lo bas-

tante madura como para proceder con significativas pruebas de campo, al utilizar dispositivos ópticos disponibles comercialmente. Sin embargo, se necesitarán posteriores desarrollos antes que se desplieguen redes operacionales reales a gran escala más allá de los ya instalados sistemas punto a punto.

En los siguientes apartados se indicarán brevemente las tecnologías desde un punto de vista de sistemas, distinguiendo entre los requisitos de los nodos y enlaces de transmisión.

Los componentes claves de un enlace WDM son las fuentes ópticas, los amplificadores ópticos y los dispositivos de longitud de onda selec-

Tabla 1 - Principales características de los láseres DBF de Alcatel

Hasta 32 longitudes de onda preseleccionadas en la ventana de 1530 a 1565 nm
Espaciado de longitud de onda debajo de 100 GHz (0,8 nm)
Estabilidad de longitud de onda mejor de 0,02 nm/año
Hasta 250 km (tolerancia de dispersión cromática de 4,500 ps/nm) a 2,5 Gbit/s

tiva. Una fuente tiene que generar una portadora óptica con una frecuencia lo bastante estable como para definir, sin ambigüedades, un canal de longitud de onda separado de los canales adyacentes por un espaciado normalizado, bien especificado y que tiene que ser capaz de ser modulado a 2,5 Gbi/s y, finalmente, a 10 Gbi/s. St el conjunto de longitudes de onda consta de N valores, se necesitarán N fuentes, activadas según los valores realmente utilizados.

Tecnologías para enlaces WDM punto a punto

Las principales características de los láseres DFB (Distributed Feedback) de longitud de onda especificada ofrecidos por Alcatel Optronics se dan en la **Tabla 1**.

The main characteristics of the wavelength specified Distributed Feedback (DFB) lasers offered by Alcatel Optronics are listed in Table 1.

La amplificación óptica de banda ancha juegan un papel clave para hacer al WDM rentable. Idealmente, la característica ganancia/longitud de onda debería ser plana en la anchura de banda utilizable v para un gran margen dinámico de potencia de entrada que asegure que la relación señal/ruido sea idéntica para todas las portadoras, independientemente de su número. La preénfasis avuda a alcanzar este obietivo con un amplificador de fibra dopada de erbio (EDFA) convencional, pero el amplificador de fibra de flúor dopada de erbio (EDFFA) promete una solución mejor [9]. Incluso cuando todas las portadoras tienen igual SNR, este valor decrece con el número de canales activos. La potencia total de salida del amplificador óptico debería ser entonces lo suficientemente alta como para mantener el SNR sobre el umbral de utilidad. Un valor típico de la potencia total de salida de los amplificadores ópticos comercialmente disponibles es +15 dBm.

En los enlaces, los canales se deben multiplexar y demultiplexar. Para pocos canales, la multiplexación se realiza fácilmente con un combinador óptico pasivo, pero el SNR se deteriora cuando crece su número. Se prefiere entonces un multiplexador de retícula pasivo debido a su inherente selectividad, mejorando así el SNR de las señales lanzadas. Otra razones prácticas hacen preferible al multiplexor, por ejemplo, una calidad de transmisión del canal no sería afectada por una deriva de la longitud de onda de un canal adyacente.

La demultiplexación puede alcanzarse o con un demultiplexor de retícula pasivo o con un divisor pasivo seguido por un banco de filtros, sintonizable o fijo pero seleccionable.

Tecnologías para nodos WDM [10]

Desde el punto de vista del sistema, las principales características de un conmutador espacial son las pérdidas de inserción, la diafonía v el tiempo de conmutación. Se dispone de varias tecnologías pero se puede decir que sigue siendo difícil cumplir simultáneamente los distintos requisitos. Los conmutadores electromecánicos tienen excelentes características de pérdidas y diafonía pero su tiempo de conmutación (>10 ms) los hacen inaceptables. Un tiempo de conmutación de 1 ms se puede alcanzar con tecnologías integradas, pero la diafonía v las pérdidas siguen siendo un problema, en particular para grandes matrices (p. ei., de 16x16) como requieren los nodos de transconectores ópticos. La preferida solución al estado del arte debería usar puertas ópticas implementadas con amplificadores ópticos de semiconductores de ganancia fijada.

Los selectores de longitud de onda son dispositivos claves en las arquitecturas OADM y OXCN de las Figuras 6 y 7, respectivamente. Se dispone comercialmente de filtros Fabry-Pérot con tiempos de sintonía aceptables (≤1 ms) y buena selectividad. Incluso, los demultiplexores integrados con puertas ópticas de semiconductores rápidas serían una atractiva alternativa en el futuro.

La conversión de la longitud de onda es una importante característica de las redes WDM y la conversión directa ofrece una completa transferencia a la señal óptica. Por ello, se ha dedicado un gran esfuerzo, con resultados prometedores, a la conversión directa. Una solución prometedora se basa en la modulación de fase cruzada en amplificadores de semiconductores insertados en uno de las ramas de un interferómetro Mach-Zender Tal. dispositivo fue mostrado para preservar la polaridad del flujo binario modulado y, bastante interesante, para meiorar la relación de extinción unos pocos dB [11]. La solución actual, consistente en detectar la señal v re-modularla en la deseada longitud de onda, aunque no toda óptica, sigue siendo económicamente interesante.

Hay que hacer notar que todas las soluciones preferidas para implementar estos dispositivos fundamentales se basan en el mismo modulo: el amplificador óptico de semiconductores, el cual, cuando es de ganancia fijada, puede operar en un régimen de multi-longitud de onda.

Conclusiones

Una forma muy flexible y económica de incrementar la capacidad de transferencia de información de las modernas redes de telecomunicaciones es introducir el WDM en los enlaces ópticos y crear una nueva capa fotónica WDM, donde se encaminarán v conmutarán los canales de longitud de onda. La tecnología actualmente disponible permite realizar amplias pruebas de campo para validar los conceptos y evaluar los procedimientos de gestión de la capa fotónica, Mientras, se está trabajando en la normalización con el objetivo de asegurar la interoperatividad entre redes v sistemas de diferentes vendedores. Esto conducirá al desarrollo de productos industriales y al despliegue de la nueva capa en las redes operacionales.

Tanto la conmutación como el enrutamiento de la longitud de onda se aplican a las "tuberías" físicas indistintamente de la información que lleven. Sin embargo, va con ATM, la información de usuario final se transporta en paquetes de longitud fija (las así llamadas celdas) y puede suceder que en el futuro toda la información se encapsule en paquetes de acuerdo a protocolos dedicados. La pregunta así se relaciona con la posibilidad de una nueva capa fotónica que debería conmutar directamente los paquetes fotónicos para incrementar la eficacia del transporte fotónico. Esto aún se encuentra dentro del dominio de la investigación básica [12] va que la conmutación de paquetes ópticos necesita buffers v sincronización a nivel óptico. tecnologías que no existen en la actualidad

Referencias

- B. Jopson y A. Gnauck, "Dispersion compensation for optical fiber systems", IEEE Communications Magazine, Vol. 33, N°6, p. 96-102, 1995.
- 2 F. Kapron et al., «Polarization-Mode Dispersion: should you be concerned?»,12th National Fiber Optic Engineers Conf. (Denver, CO, EEUU; 8-12 septiembre, 1996), Conf. proceedings, Vol. 3, p. 757-768

- 3 H. Okamura, «Recent ITU-T standardization activities in long-distance optical communications», 1st Optoelectronics and Communications Conf. (Chiba, Japón; 16-19 julio, 1996), Technical Digest, paper 18A3-3, p. 308-309.
- 4 R.E. Tench, «International standards for optical amplifiers and multiwavelength optical line systems», Topical Meeting on Optical Amplifiers and their Applications (Monterey, CA, EEUU; 11-13 Julio, 1996), Technical Digest, paper ThA2-1, p. 3.
- 5 K. Sato et al., «Optical path layer technologies to enhance B-ISDN performance», IEEE Int. Conf. on Communications (Ginebra, Suiza; 23-26 mayo, 1993), Conf. Records, p. 1300-1307.
- 6 F. Heismann et al., «Signal tracking and performance monitoring in multi-wavelength optical networks», 22nd European Conf. on Optical Communication (Oslo, Noruega; 15-19 septiembre, 1996), Proceedings, Vol. 3, paper Web. 2.2, p. 347-3.50.
- 7 P.A. Perrier et al., «4-channel, 10-Gbit/s capacity self-healing WDM ring network with wavelength add/drop multiplexers», Conf. on Optical Fiber Communication (San Jose, CA, EEUU; 25 Febrero - 1 marzo, 1996), Technical Digest, Vol. 2, paper ThD3, p. 218-220.
- 8 A. Jourdan et al., «Design and implementation of a fully reconfigurable all-optical crossconnect for high capacity multiwavelength transport networks», Journal of Lightwave Technology, Vol. 14, n°6, p. 1198-1206.
- 9 B. Clesca et al., «1.5-mm fluoride-based fiber amplifiers for wideband multi-

- channel transport networks», Optical Fiber Technology, Vol.1, №2, p. 135-157, marzo 1995.
- 10 M. Erman, «What technology is required for the pan-european network, what is available and what is not», 22nd European Conf. on Optical Communication (Oslo, Noruega; 15-19 septiembre, 1996), Proceedings, Vol. 5, paper TuB.2.2, p. 587-594.
- 11 D. Chiaroni et al., «New regeneration functionalities of all-optical wavelength converters for packet switching applications», Int. Topical Meeting on Photonics in Switching (Sendal, Japón; 21-25 abril, 1996), Technical Digest, paper PMA 5, p. 10-11.
- 12 D. Chiaroni et al., «A novel photonic architecture for high-capacity ATM switching applications», Topical Meeting Photonics in Switching (Salt Lake City, UT, EEUU; 15-17 marzo,1995), Technical Digest, paper PThC3-1, p. 84-86.

Jacques Dupraz fue director de un departamento de desarrollo de banda en la Broadband Division de Alcatel Transmission Systems Division.

- F. X. Ollivier es manager de centro de diseño de tecnologías de plataformas de redes/núcleo ópticas de Alcatel Transmission Systems Division.
- Dr. Philippe Perrier trabaja en el departamento de comunicaciones ópticas de Alcatel Telecom Research Division, donde está a cargo de las actividades de predesarrollo relacionadas con sistemas de encaninamiento y transmisión óptica de alta capacidad.

150 años de sistemas de cables submarinos desde el código Morse a la ciber-conversación

S.R. Barnes, J. Devos, P.M. Gabla, B Le Mouël

Este artículo presenta una visión general de las tecnologías actualmente empleadas en los sistemas submarinos así como lo que se contempla para los futuros desarrollos. Da una perspectiva de la inmediata evolución de la industria de cables submarinos, enfatizando el paso de sistemas punto a punto a redes integradas.

Introducción

Desde que se instalaron los primeros cables telegráficos transoceánicos a mediados del siglo pasado, los sistemas de telecomunicaciones de cables submarinos han constituido una parte integral de la red de comunicaciones mundial.

La evolución de los sistemas de cables submarinos durante los ciento cincuenta años de su existencia ha estado marcada por una serie de excitantes mejoras, siempre dirigidas por importantes descubrimientos tecnológicos. Además, la capacidad y alcance de los sistemas de cables submarinos han aumentado considerablemente, desde la capacidad telegráfica (unos diez símbolos por segundo por cable) en varias decenas de kilómetros a los más de 100.000 circuitos telefónicos por cable sobre distancias transoceánicas de varios millares de kilómetros.

Sin embargo, la capacidad es sólo parte de la historia, y los sistemas submarinos están experimentando actualmente una importante evolución, al pasar de sistemas punto a punto a redes integradas. Estas redes serán una de las partes de la infraestructura, junto a los sistemas por satélite y a las redes terrestres, que contribuirán de manera creciente a la construcción de la infraestructura de información global del próximo siglo.

Este artículo describe la evolución del cable submarino desde sus primeras instalaciones y debate las tecnologías esenciales que se utilizan en la actualidad y las que se usarán en el futuro para desarrollar aún más sus capacidades.

Breve historia

La primera generación de cables telegráficos submarinos fue posible gracias al descubrimiento de un eficaz material de aislamiento eléctrico, la gutapercha. Este material tenía unas propiedades de aislamiento adecuadas, una excelente resistencia a la corrosión del agua de mar, lo que fue suficiente para usarlo como cubierta de los hilos de cobre eléctricos. Tan pronto como se demostró que los cables aislados con gutapercha funcionaban correctamente en un entorno marino real en 1850, se puso en marcha el desarrollo de los adecuados procedi-

mientos de tendido de cable, y los tendidos de los primeros cable entre Inglaterra y Francia, y más tarde entre Inglaterra y Estados Unidos. asombraron al mundo. Estos primeros trabajos sólo fueron el comienzo de unas largas v épicas campañas de tendidos de cable v significó el nacimiento de una nueva hermandad entre hombres y barcos cableadores. Esta hermandad de la comunidad de la industria del cable submarino sigue viva v muv activa, va que cualquier problema técnico u operacional específico requiere de ella, al necesitar un equipo bien entrenado, barcos especializados y aspectos de fiabilidad muy específicos, así como las soluciones correspondientes.

Los cables telegráficos eran la única forma eficaz de comunicarse a través del mar -hasta que se inventó la comunicación inalámbrica- y se emplearon de forma masiva durante casi un siglo. La transmisión telefónica -que utiliza más ancho de banda que la telegráfica- sobre varias decenas de kilómetros sólo fue posible antes de la segunda Guerra Mundial utilizando cables especiales. Sin embargo, para distancias transoceánicas no era aún posible, debido a las altas pérdidas originadas en la señal telefónica que iba a través de dichos cables.

La historia de la transmisión por cable submarino se puede resumir como una carrera sin fin entre los requisitos de la creciente anchura de banda y, como consecuencia, la creciente pérdida en la transmisión por el cable, que sólo se superó con el descubrimiento de nuevas técnicas o tecnologías.

El primer ejemplo fue el desarrollo de cables de cobre coaxiales y repetidores electrónicos apropiados para el funcionamiento submarino Estas tecnologías abrieron el camino para el primer cable telefónico transatlántico, el TAT-1 en 1956, que transportaba simultáneamente 36 canales telefónicos analógicos. La importancia de la implantación del TAT-1 fue considerable, y los cables submarinos se volvieron a convertir de nuevo en el medio preferido para la comunicación a larga distancia. El éxito llevó a requerir más canales telefónicos a través de los océanos, y para satisfacer la demanda de una mayor anchura de banda la única solución que preservaba una pérdida acentable en el cable fue incrementar el diámetro del cable coaxial. Al final. esto resultó impracticable, y una vez más la tecnología existente alcanzó sus límites. Al tiempo, un poderoso competidor estaba ganando terreno: la transmisión por satélite.

En 1988, el sistema transatlántico TAT-8 marcó el comienzo de una nueva era. Fue el primer sistema transoceánico en implementar dos importantes tecnologías: la transmisión digital y las fibras ópticas. El mayor ancho de banda y las menores pérdidas de las fibras ópticas permitían la transmisión digital. ofreciendo una fiabilidad y calidad de la señal sin precedentes, y la señal se regeneraba periódicamente por repetidores electro-ópticos, o regenerativos, sumergidos, El TAT-8 transmitía sobre dos pares de fibra (uno constaba de una fibra en cada dirección del canal de comunicación) un total de 7680 canales telefónicos

A princípios de los noventa llegó otro importante cambio. En los así llamados sistemas amplificados ópticamente, la serial transmitida permanecería en forma óptica a lo largo de todo el sistema de transmisión, siendo sólo amplificada periódicamente por amplificadores ópticos sumergidos. Los amplificadores ópticos se usan ahora en casi todos los sistemas de transmisión óptica, submarinos o terrestres.

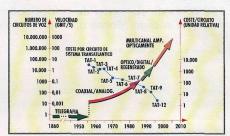


Figura 1 - Evolución del coste y capacidad de los sistemas de cables submarinos

Lo último es hoy la transmisión multicanal con amplificación óptica (conocida como WDM, multiplexación por distribución en longitud de onda). El WDM no sólo permitirá un importante crecimiento de la capacidad de los cables submarinos, por la transmisión de varios canales sobre una única fibra óptica, también permitirá mejorar significativamente la conectividad de la red por su capacidad para establecer múltiples conexiones independientes de alta capacidad sin aumentar el número de fibras ópticas o el equipo de transmisión.

Como resultado de las potentes características de estos nuevos desarrollos, los sistemas submarinos están evolucionando de sistemas punto a punto a redes integradas, cambiando significativamente la forma en que se planifican e implementan las infraestructuras globales. Sin embargo, la naturaleza "submarina" de los sistemas de cables submarinos sigue siendo una importante característica, requisitos de extrema fiabilidad de los sistemas y métodos específicos de mantenimiento e instalación. La mayor parte del coste de un sistema de cable submarino está en la obra civil, las operaciones marinas y el tratamiento v posicionado mecánico del equipo sumergido -costes

que no han variado mucho a lo largo de los últimos años. Por ello, el coste global de los sistemas de cable submarino ha permanecido casi estable y es, a simple vista, función de la longitud del sistema, independientemente de la capacidad del sistema. Teniendo en cuenta el sostenido ritmo del progreso de la tecnología de transmisión, el coste del circuito para comunicaciones telefónicas internacionales está decreciendo rápidamente, una gran ventaja para operadores y usuarios. La Figura 1 muestra el crecimiento de la capacidad frente al coste del circuito a lo largo del tiempo, desde los comienzos del cable submarino, junto a la introducción de cada nueva tecnología.

Tecnologías actuales y futuras

Amplificación óptica

Después de treinta años de cables submarinos coaxiales, los sistemas submarinos se han aprovechado de un salto tecnológico rápido e inesperado en la última década, con la sustitución de los diseños de sistemas regenerativos electroópticos por configuraciones de sistemas basados en amplificación óptica. La amplificación óptica ha sido además la tecnología focal de la que

puede ser llamada "revolución de la red". Debido a su transparencia al formato de la señal, la amplificación óptica ha permitido desarrollar soluciones de diseño de sistemas flexibles. Además, junto al potencial para capacidades muy elevadas, permite la multiplexación por distribución en longitud de onda, que a su vez mejora las opciones de encaminamiento y aumenta la flexibilidad de la red.

Aunque los principios físicos se conocían desde comienzo de los sesenta, la amplificación óptica ha sido realidad al inicio de los noventa, cuando se realizaron dispositivos prácticos basados en fibras dopadas con erbio y fuentes de bombeo de láser de semiconductores. Desde principios de los noventa los amplificadores de fibra dopadas con erbio (EDFA) se habían utilizado virtualmente en todo tipo de sistemas de comunicaciones por fibra óptica, fuesen digitales o analógicos, terrestres o submarinos.

El amplificador de fibra dopada con erbio es muy fácil de implementar, al ser el medio de amplificación una pieza de fibra óptica dopada con iones de erbio, y la fuente de bombeo un diodo láser semiconductor, que emite normalmente a 1480 nm. Además, el EDPA presenta excelentes características de transmisión, como alta ganancia, bajo ruido, elevada potencia de salúda, alta linealidad y baja sensibilidad de polarización, que hacen de él el módulo básico en los modernos sistemas de transmisión por fibra óptica.

Una de las más importantes limitaciones de los sistemas de transmisión por fibra óptica es la atenuación de la señal en la fibra de línea. Los amplificadores ópticos, que amplifican directamente la señal óptica débil siempre que sea necesario a lo largo del trayecto de la fibra, simplifican en gran medida el diseño de los sistemas de transmisión por fibra óptica, ya que mitigan la necesidad de proceso de señal electroóptico, como sucedía con los repetidores regenerativos.

Los repetidores regenerativos se llaman también repetidores "3R", va que realizan tres funciones: Re-sincronizar. Re-conformar v Re-amplificar una señal débil v distorsionada. Estas operaciones se realizan en el dominio eléctrico. por lo que se necesita que en cada repetidor havan conversiones ópticas a eléctricas (a la entrada, con un fotodetector) v eléctricas a ópticas (a la salida, con un láser). Estas no solo rompen la continuidad del travecto óptico, también hacen que el repetidor dependa de la capacidad. Para realizar un sistema de mayor velocidad, el repetidor 3R tiene que rediseñarse por completo.

Otra ventaja de la amplificación óptica es el vano que se puede alcanzar por los así llamados sistemas "sin repetidores", que tienen equipo electrónico no activo en el fondo marino. En estos sistemas, los amplificadores ópticos pueden elevar el nivel de la señal antes que entre en la línea de fibra óptica (post-amplificación), o pueden amplificar la señal antes de la detección v mejorar la sensibilidad del receptor (pre-amplificación). Al utilizarse amplificadores ópticos en estas configuraciones o en otras derivadas de ellas, el vano de los sistemas sin repetidores puede superar los 400 km [1].

La amplificación óptica es intrínsecamente independiente de la velocidad, incluso de la capacidad va que un amplificador óptico puede amplificar simultáneamente varios canales a diferentes longitudes de onda. De aquí que en los sistemas amplificados ópticamente se pueda aumentar su capacidad cambiando únicamente el equipo en las estaciones terminales, bien utilizando equipos de mayor velocidad, bien añadiendo canales a diferentes longitudes de onda. Sin embargo, hay que hacer notar que dichos cambios en la configuración del sistema deben ser conocidos y previstos en la etapa inicial de diseño.

Multiplexación por distribución en longitud de onda (WDM)

La posibilidad de transmisión WDM en los sistemas amplificados es una consecuencia directa de la transparencia de los amplificadores ópticos a la capacidad de la señal. El ancho de banda intrínseco de las líneas de fibra óptica es extremadamente grande: en la ventana de 1.55 mm el ancho de banda disponible va de 1500 a 1600 nm. Su dominio de ancho de banda de 100 nm se convierte en un dominio de frequencia de 12.5 THz Con una velocidad de transmisión de, por ejemplo, 10 Gbit/s solo se utiliza una fracción de este dominio. Los amplificadores de fibra dopada con erbio funciona en el margen de ancho de banda de 1530 a 1565 nm, que se corresponde a un dominio de frecuencia de 4,5 THz. La multiplexación por distribución en longitud de onda es una forma de explotar este amplio ancho de banda, enviando muchos canales a longitudes de onda por la ventana disponible.

Una ventaja obvia del WDM es que se pueden alcanzar capacidades adicionales muy elevadas varias decenas de Gbit/s- con una complejidad electrónica razonable, va que cada canal individual trabajará a 2,5 Gbit/s, o a 10 Gbit/s en un futuro cercano. Pero la ventaja más importante de la multiplexación por distribución en longitud de onda es su capacidad mejorada de conectividad, permitida por el encaminamiento v reparto de la longitud de onda [2]. Con componentes de ancho de banda selectivo en los nodos de red o en las unidades de reparto se alcanza un mayor grado de flexibilidad en la red. Consecuentemente, los principales componentes son los transmisores y receptores capaces de funcionar en diferente ancho de banda, y los filtros ópticos que pueden realizar selección de canales estática o dinámica.

Corrección de errores en recepción (FEC)

Otra tecnología destacada de los sistemas submarinos modernos es la corrección de errores en recepción. Consiste en el proceso matemático de la secuencia binaria lógica ("ceros" y "unos" de la señal digital) implantada en el transmisor y en el receptor. La prestación de los algoritmos FEC es tal que cuando el BER (tasa binaria de errores) antes de la corrección es menor de 104, el sistema funciona virtualmente sin errores (BER<<1014). Además, se conoce el número de errores, por lo que la evolución de las prestaciones del sistema se puede supervisar incluso si no hay errores, y se puede predecir cualquier degradación del BER después de la corrección antes de que ocurra.

Lo poco que hay que pagar es un incremento de la velocidad transmitida-normalmente el 7% para acomodar la redundancia requerida por
los algoritmos de codificación y
decodificación. Sin embargo, por
sus grandes ventajas operativas, la
corrección de errores ya es una
característica estándar en los sistemas de cables submarinos, tanto en
aplicaciones con repetidor como
sin repetidor, donde su utilización
aumenta el vano con o sin repetidores de 15 a 20 km.

Solitones

Si se considera que los sistemas amplificados ópticamente convencionales (utilizando el formato de modulación NRZ -sin retorno a cero) están limitados de 10 a 20 Gbit/s por canal en enlaces transoceánicos, la transmisión por solitones es una forma prometedora para superar una importante limitación de los sistemas de transmisión óptica no regenerada; la interacción de la no linealidad de la fibra v de la dispersión cromática. La transmisión por solitones se basa esencialmente en un formato de modulación de señal distinto junto a condiciones de propagación específicas.

Un impulso de solitones es una solución particular de la ecuación de propagación en la fibra óptica, Tiene la propiedad de propagarse sin distorsión, así como conservar una adecuada relación entre energía del impulso, anchura del impulso y velocidad de repetición, y la dispersión cromática de la fibra, Importantes fenómenos físicos limitativos son la degradación de la relación señal/ruido, el jitter de temporización de los solitones (inducido por el ruido del amplificador y por las interacciones entre impulsos de solitones contiguos) y los efectos de polarización.

En una situación donde se puede encontrar, para unas distancia y velocidad particular, una condición de operación no apropiada, se deben utilizar técnicas de "control de solitones", que introducen en el sistema pérdidas no lineales, lo cual ayuda a los impulsos de solitones a mantener su conformado y frecuencia, pero en detrimento del ruido del amplificador. Esta reducción del ruido meiora la relación señal-ruido y disminuye el jitter inducido por el ruido (jitter Gordon-Haus). El control de solitones se aplica periódicamente, en cada repetidor o menos frecuentemente [3].

La transmisión por solitones tiene potencial para una transmisión de muy alta de capacidad, de 20 a más de 160 Gbit/s, combinando atta velocidad de canal con WDM. Además, se espera que las técnicas de control de solitones permitirán vanos mucho mayores entre repetidores que los que se pueden alcanzar con los sistemas NFZ.

Se están explorando otras técnicas, como la conjugación de fase óptica y la multiplexación por división en el tiempo óptica, para aumentar la capacidad y llegar más adelante incluso a sistemas de larga distancia.

Evolución reciente del diseño de sistemas

La amplificación óptica ha introducido cambios radicales en los métodos de diseño de los sistemas submarinos con repetidores. La generación anterior a los amplificadores ópticos se basó en repetidores "3P" regenerativos (ver más arriba), donde el diseño de sistemas era esencialmente un diseño de vanos únicos. Además, un enlace completo se parecía a la concatenación de módulos elementales "transmisor óptico-fibra-receptor óptico"

Figura 2 - Comparación de los sistemas amplificados ópticamente y regenerativos (TX: transmisor, RX: receptor, E: eléctrica, O: óptica)

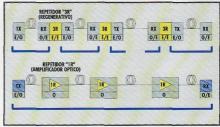




Figura 3 - Valoración de un modelo de repetidor en un banco de pruebas de transmísión submarina a larga distancia

(Figura 2). En los repetidores 3R, se cancelaban las distorsiones de señal y se restauraba la relación señal-ruido hasta una calidad casi perfecta. Así se diseñaba el sistema para una prestación de vano único a una velocidad dada, y el espaciamiento entre repetidores no dependía de la distancia total.

Por otro lado, en los sistemas amplificados ópticamente -1R-(Figura 2), el repetidor es "universal" (es decir, apropiado en principio para cualquier velocidad o capacidad) va que la trata en su forma óptica, pero la distorsión aumenta y la relación señal-ruido decrece a lo largo de todo el sistema. Así, el diseño del sistema (incluvendo espaciado de repetidores) debe orientarse a la longitud total del sistema. Se necesitan herramientas específicas para asegurar la prestación de la transmisión sobre distancias mayores: realmente la unidad utilizada en los sistemas amplificados es hoy día el megametro (1 Mm=1000 km). Se han desarrollado ordenadores numéricos complejos para simular la propagación de la señal a lo largo de cascadas de secciones de fibra y amplificadores opticos. Además, se han ensamblado equipos de prueba de transmisión a tamáno real para evaluar la transmisión a través de más de 10.000 km de fibra y más de 250 repetidores, y para probar la funcionalidad de los modelos de equipo en unas condiciones más parecidas a la realidad (Figura 3).

Aspectos específicos del diseño de líneas vienen de la naturaleza no regenerativa de los sistemas amplificados ópticamente. Importantes limitaciones del sistema provienen de los efectos de aumento del ruido del amplificador, de la dispersión cromática de la fibra, de la polarización y no linealidad de la fibra. Limitaciones conflictivas, como la elevada energía de entrada del repetidor, para mantener una buena relación señal-ruido, v la moderada energía de salida del repetidor, para contener los efectos no lineales, llevan a un espaciamiento entre repetidores variable, según la velocidad y longitud del sistema.

Como se dijo anteriormente, el WDM, siguiente paso importante tras la amplificación óptica, permite un

gran incremento en la capacidad, con una dificultad tecnológica razonable, ya que cada canal unitario presenta una velocidad moderada, normalmente 2,5 Gbit/s, Sin embargo, en los sistemas WDM con repetidores aparecen aspectos específicos de diseño de sistemas, muchos de ellos relacionados con la interacción entre canales y con las características de transmisión espectralmente no uniformes. También se tienen que desarrollar tecnologías específicas de componentes, ya que un dispositivo clave de los sistemas WDM es la unidad de reparto de inserción/extracción de longitud de onda, que permite extraer un canal óptico de un múltiplex de canales ópticos. El siguiente artículo de este número proporciona más detalles sobre el diseño de sistemas WDM.

Un gran número de sistemas con repetidores que utilizan amplificadores que utilizan amplificadores que se sán instalados en todo el mundo, siendo los ejemplos más notables el TAT-12/13 (red en ani-llo trassatiántica), el TPC-5 (red en ani-llo transpacífica) y el APCN (red mallada del sudeste asiático). Todos estos sistemas constan de dos pares de fibra que operan a 5 Gbit/s, para una canacidad total de 10 Gbit/s.

En lo que se refiere a los sistemas WDM, están en marcha una serie de pruebas de campo para probar en condiciones reales las facilidades y fabilidad el las soluciones que se están desarrollando (4, 5). Nuevos e importantes sistemas, como el SEA-ME-WE 3 (de Europa a Asia por el Mediterráneo, Figura 4) o el Atlantis-tamben de la Sura Europa), utilizarán la tecnología WDM antes de finales de 1989.

Por el momento la transmisión por solitones está aún sujeta a muchas pruebas de laboratorio [6], y lo más probable es que no se utilice antes del próximo siglo.

Redes submarinas de óptica de fibra

La conjunción de todas las últimas tecnologías descritas en los anterio-

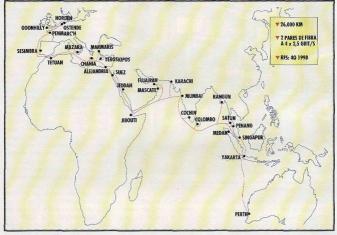


Figura 4 - Proyecto SEA-ME-WE 3

res apartados ha permitido la provisión de sistemas de muy alta capacidad, lo que ha llevado a densidades de tráfico muy altas por cable.

El tráfico continuará creciendo paso a paso en un futuro próximo. impulsado por dos importantes fuerzas. En primer lugar, el despegue de Internet y la emergencia de nuevos servicios de telecomunicación -tales como las aplicaciones ATM o la distribución de HDTVestimularán la utilización de las facilidades de comunicaciones. Y. en segundo lugar, la onda mundial de liberalizaciones y privatizaciones que promocionarán la aparición de muchos nuevos operadores y proveedores de servicios, todos ellos muy interesados en tener un acceso al ancho de banda e infraestructura de redes a demanda y equitativo. Estos dos aspectos implican

que la provisión económica de redes de alta fiabilidad y capacidad será un requisito esencial de los usuarios de telecomunicaciones en el futuro.

Una de las principales consecuencias es que la protección de la disponibilidad de tráfico sea un importante y creciente requisito, dedes de punto de vista del usuario. Además, si no se implementa una adecuada estrategia de redundancia, el impacto de los fallos en el sistema puede ser desastroso, y a quineficacia operativa de los usuarios de telecomunicaciones y a una significativa pérdida de beneficios de los operadores de telecomunicaciones.

El apoyo en satélites se está reduciendo progresivamente como una opción viable de re-encaminamiento, ya que aumenta el desfase de capacidad entre sistemas submarinos de fibra óptica y enlaces de satélite por microondas. Por ello, los sistemas submarinos deben ofrecer una solución integrada para los requisitos de seguridad y disponibilidad de tráfico. Son posibles varios métodos, dependiendo de los diferentes escenarios de fallo. Un método básico consiste en duplicar los elementos más débiles de la red.

Estos elementos pueden ser equipos de la estación terminal (multiplexores, transmisores y receptores óptico, etc.) a los que mecanismos de conmutación de protección automática del equipo les pueden proporcionar una corrección muy rápida de los fallos. Otro elemento vulnerable de una red submarina es el propio cable sumergido que, en aguas poco pro-

fundas, puede ser dañado por las artes de pesca o las propias anteidas de los barcos. Se toman medidas para asegurar la adecuada protección del cable, mediante sofisticados diseños de los cables y protección mecánica con armadura de acero, y a través del enterrado en el fondo del mar, por ejemplo mediante roturado (ver foto de la Figura 5).

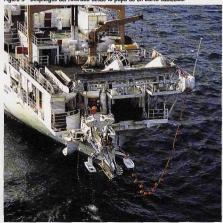
También se han desarrollado escenarios mejorados de redundancia de red como salvaguarda adicional. Una opción básica es duplicar las rutas de los cables, por ejemplo la configuración en anillo del TAT-12/13. Sin embargo, para garantizar suficientes valores de disponibilidad para el tráfico prioritario, se debe duplicar la capacidad del sistema para que la mitad de la capacidad se utilice en la protección de la tora mitad. Esta configuración se adapta bien a redes terrestres de pequeña escala al utilizar multiplexores de inserction/extracción (ADM) estándar. No vale para redes submarinas de larga distancia, ya que necesitan ADMs complejos para evitar una excesiva transmisión bidireccional a través de los océanos originada por los mecanismos de protección ADM estándar.

Se suelen preferir otros esquemas, basados en la protección de pequeñas unidades de tráfico mediante mecanismos de reconfiguración de matrices de transconexión digitales. Esto lleva al concepto de restauración de red donde, en el caso de un fallo en el equipo o en el cable, la elección de un trayecto alternativo para un canal de comunicación dado la determinan algoritmos "inteligentes" implantados en las facilidades es gestión de ed. Estas facilidades examinan toda la red y supervisan la configuración del equipo y de la red, y el estado de las alarmas y las prestaciones

Este método tiene la ventaja adicional de ser compatible con el despliegue global de redes terrestres SDH (Jerarquía Digital Síncrona). va que los conceptos de transmisión SDH se han desarrollado específicamente para proporcionar facilidades insertadas de control y supervisión de red. Todas las últimas redes submarinas cumplen con las normas relacionadas con el SDH y con el propio SDH, y la tendencia es proporcionar interfaces de gestión y transmisión normalizados, para que las redes submarinas se integren con facilidades de red globales. Además, la gestión de las redes submarinas se aprovecha de las tecnologías y normas que han sido desarrolladas para las redes terrestres. Para cumplir con los requisitos específicos de los operadores submarinos, se han incorporado nuevas facilidades en la nueva generación de sistemas de gestión de red.

Ampliar las anteriores consideraciones sobre protección de red, utilizando componentes de longitud de onda selectiva en la red, nodos o unidades de reparto proporciona un grado adicional de flexibilidad de red. Una ventaja esencial del WDM es que se puede ofrecer total conectividad incluso en redes con muchos nodos, debido a las unidades de reparto de inserción/extracción de longitud de onda. Este grado de conectividad se alcanza sin aumentar el número de pares de fibra, en contraposición a las unidades de reparto de encaminamiento de fibra antes usadas, donde cada travecto de transmisión requería de un par de fibras independiente. Se puede llegar a un buen acuerdo entre asignación de capacidad v requisitos locales de capacidad, debido a la fina granularidad ofrecida por la multiplexación por distribución en longitud de onda. Esta asignación más fina, y la ausencia

Figura 5 - Despliegue del roturado desde la popa de un barco cableador



de tráfico de tránsito, reduce el tamaño del equipo SDH (multiplexores y matriz de transconexión digital) en las estaciones de los nodos. Por ejemplo, para un sistema de 8x2,5 Gbiríx, la capacidad total de la línea es de 20 Gbirís pero la unidad de tráfico que se puede asignar a cada nodo es multiplo de 2,5 Gbirís. El hecho de que en un país solo se extraiga el tráfico específici implica un alto nivel de seguridad de tráfico y soberanía de acceso para cada país interconexionado.

Conclusiones

Los últimos avances tecnológicos, que incluyen amplificación óptica, multiplexación por distribución en longitud de onda y corrección de errores en recepción, han permitido el diseño e instalación de sistemas submarinos con mayores capacidades y prestaciones. Estas muevas técnicas implican que los operadores de redes submarinos puedan ofrecer mejores funcionalidades: excelente calidad de transmisión, muy alta disponibilidad, gran flexibilidad y soluciones económicas.

Así, los sistemas submarinos están evolucionando desde enlaces punto a punto a redes complejas y de alta capacidad, y la creciente integración de los sistemas submarinos en la red global abre el camino hacia servicios y comunicaciones globales en todo el mundo.

Reconocimientos

Los autores agradecen a sus colegas de Alcatel Telecom por sus valiosas y estimulantes contribuciones a los temas desarrollados en el artículo.

Referencias

- S.S. Sian et al., OFC'95, San Diego, EEUU, febrero 1995, Paper PD26.
- M. Wehr et al., EFOC&N'95, Brighton, Reino Unido, junio 1995, p. 93.
- 3 J.P. Hamaide et al., ECOC'95, Bruselas, Bélgica, septiembre 1995, Paper Th.A.3.7.
- 4 N.H. Taylor et al., OAA'95, Davos, Suiza, junio 1995, Paper PD7.

- O. Gautheron et al., Electron. Letters, Vol. 32, N° 11, 1996, p. 1019.
- E. Brun-Maumand et al., ECOC'96, Oslo, Noruega, septiembre 1996, Paper We.C.3.1.

Stuart R. Barnes es director técnico adjunto de Alcatel Submarine Networks.

Jean Devos es presidente de marketing y contracting de Alcatel Submarine Networks, y forma parte del Board de Alcatel Submarine Networks.

Paul M. Gabla es director general de marketing avanzado de Alcatel Submarine Networks.

Bernard Le Mouël es vicepresidente ejecutivo técnico de Alcatel Submarine Networks.

Conectividad WDM submarina

J. Chesnoy, O. Gautheron, A. Lécroart, L. Le Gourriérec, V. Lemaire

La tecnología de multiplexación por distribución en longitud de onda (WDM), junto a la amplificación óptica, está originando una nueva revolución en la conectividad transoceánica

- notable incremento de la capacidad total, de 2 a 4 veces respecto a los sistemas de 5 Gbit/s
- conectividad a las unidades de reparto WDM, que permiten la inserción/extracción de los canales requeridos, es decir la canacidad, en cada estación.

Introducción

Los sistemas de transmisión submarinos han evolucionado tradicionalmente con rápidos incrementos de la disponible capacidad de transmisión de los enlaces punto a punto. La reciente llegada de la amplificación óptica ha permitido en cuatro años un sensacional incremento de la velocidad de transmisión, pasando de los 560 Mbit/s de la última generación desplegada de sistemas regenerativos a los 5 Gbit/s de los sistemas amplificados con fibra dopada con erbio. Dichos sistemas va se están implementando no solo para enlaces transatlánticos (TAT-12/13) y sistemas transpacíficos (TPC-5), sino también para enlaces regionales en todo el mundo. La conectividad se adapta a estos sistemas desde conexión punto a punto con redes terrestres SDH, a protección de anillos (p. ej., TAT-12/13) o derivación limitada (como en APCN).

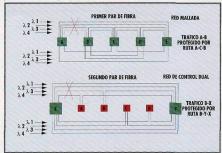
La continuación de esta tendencia podría haber sido lograda utilizando TDM (multiplexación por división en el tiempo). Sin embargo, por las numerosas ventajas disponibles en WDM (multiplexación por distribución en longitud de onda), se ha tomado la decisión de utilizar tecnología WDM con de 4 a 8 veces 2,5 Gbit/s [1] para productos de la próxima generación. Las ventajas del método WDM son:

- conexión directa a STM-16, 2,5 Gbit/s, acceso SDH que se está instalando en las redes terrestres
- tecnología electrónica relativamente madura a esta velocidad elemental

Esta evolución de la tecnología óptica la percibe el cliente como una gran ventaja, que se aprovecha al tiempo de un incremento de la capacidad y de la adaptación a la red terrestre SDH con enlaces STM-16.

La implementación de velocidades mayores será también posible en un futuro lejano [2, 3], lo que también significa que la evolución hacia el WDM es segura.

Figura 1 - Arquitecturas lógicas de sistemas derivadores WDM, en red mallada (arriba) y de control dual (abajo). Ejemplo de dos fibras con cuatro longitudes de onda cada una



Conectividad de red

En contraste con las aplicaciones terrestres, donde la creciente capacidad es la principal motivación para el WDM, en las aplicaciones submarinas es más importante mejorar la conectividad [1], como se ha demostrado en las primeras pruebas en enlaces desplegados [4]. Aunque en la transmisión transoceánica punto a punto es bastante satisfactorio un sistema de un canal a 5 Gbit/s, los sistemas submarinos WDM de nx2,5 Gbit/s abren nuevas y brillantes oportunidades de mercado para redes en malla regionales de gran escala altamente ramificadas con redes terrestres SDH [5].

Red mallada

La topología de malla se muestra en la Figura 1: no existen jerarquías entre las estaciones, las conexiones directas entre ellas las dirige la matriz de tráfico. Este principio garantiza la soberanía de las estaciones involucradas en el sistema, y evita las tensiones políticas ya que uningún país manda sobre la red. Además, la ausencia de nodos de tránsito disminuye los costes de transmisión, al no tener que pagar cuota alguna a los operadores de tránsito.

Por ello, las redes malladas son muy apropiadas para redes regionales donde las necesidades de tráfico y la demanda de independencia son elevadas.

Sin embargo, como el número de canales es limitado, las conexiones directas proporcionadas por esta topología solo se pueden hacer en redes con un número mediano de nodos.

Red de centro dual

Si el número de nodos involucrados en una red es demasiado grande para permitir las conexiones directas, o si los requisitos de tráfico son bajos, la topología de centro dual se convierte en más interesante. En este caso se

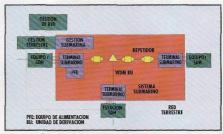


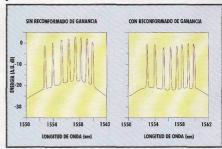
Figura 2 - Configuración de un sistema WDM submarino y su equipo asociado

introduce una jerarquía entre países. Dos de ellos, normalmente los situados en los extremos del cable submarino, se consideran como nodos primarios, mientras el resto de estaciones son los nodos secundarios. Estos nodos secundarios no se conectan unos con otros, solo lo hacen on los nodos primarios, que están a su vez conectados directamente. Esta red de centro dual se muestra en la Figura I.

Por lo tanto, el tráfico entre dos nodos secundarios pasa a través de los nodos primarios. Mientras los nodos secundarios se equipan con equipo muy simple, nornalmente un multiplexor SDH en modo terminal o inserción/extracción, los nodos primarios son transconectores digitales que permiten la interconexión de diferentes tipos de tráfico.

La red SEA-ME-WE 3, que se presenta en otro artículo de este número, propone ambas tecnologías: en la región del Pacífico asiático, por su requisitos tan elevados

Figura 3 - Espectro óptico tras 10 amplificadores sin y con filtros de reconformado de ganancia



de tráfico y por el deseo de tener conectividad directa se utiliza la arquitectura en malla, mientras que en el mar Mediterráneo, donde las necesidades de tráfico son bajas, la arquitectura de centro dual es una solución óptima.

Sistema WDM

La configuración de un sistema WDM submarino se muestra en la Figura 2, donde se identifican los diferentes elementos. Este sistema se conecta directamente al equipo SDH de las redes terrestres. Aunque la transmisión no es SDH sobre la propia fibra de linea, se transmiten canales limpios STM-16 de extremo a extremo entre los terminales submarinos.

El éxito de la transmisión WDM submarina se debe también a las funcionalidades, requeridas por los operadores, que ofrecen las tecnologías WDM: seguridad de red, disponibilidad e independencia de canales además de una fácil evolución añadiendo longitudes de onda (cuando se ha planificado desde el diseño inicial).

Diseño de líneas

La transmisión de alta calidad de muchos canales WDM sobre varios miles de kilómetros, compatible con varias derivaciones WDM, necesita que se tome especial cuidado en un diseño de sistemas que es muy específico de la transmisión submarina [1, 6]:

Se requiere una ganancia plana para permitir la amplificación de canales WDM. La función de autofiltrado de los amplificaciones de fibra dopados de erbio, que son de gran interés en la transmisión de señales en un solo canal en distancias transoceánicas, limita las posibilidades de transmisión de señales multicanal a unos 6.000 km con 4 longitudes de onda y a unos 3.000 km con 8 longitudes de onda, y ello

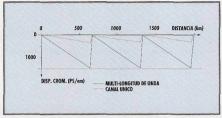


Figura 4 - Mapa de dispersión cromática para sistemas WDM submarinos

a pesar de la preenfásis en el transmisor. Se ofrecen diferentes posibilidades por la ganancia plana. En las aplicaciones submarinas, la apuesta de Alcatel es reutilizar la cualificada fibra de silice dopada de erbio y codopada de Ge-Al y aplanar la ganancia para aplicaciones de larga distancia mediante un filtrado de rejilla de fibra apropiadamente diseñado. La simplicidamente diseñado. La simplicidamente diseñado.

dad y fiabilidad de este sencillo dispositivo es un argumento anádido a la reproductividad del eficaz aplanamiento de la ganancia. La Figura 3 muestra el espectro óptico de 10 amplificadores en cascada con y sin dispositivo de aplanamiento de la ganancia.

 La supresión de la diafonía de canal por la interacción no lineal de cuatro ondas necesita un espe-

Fibras y amplificadores óptico del equipo de prueba de transmisión experimental sobre 600 km



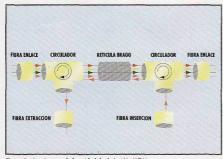


Figura 5 - Arquitectura de la unidad de derivación WDM

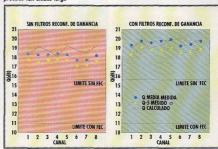
cial cuidado en la gestión de la dispersión cromática. Para evitar la adaptación de fases de los efectos no lineales por la transmisión en fibras de dispersión nula, la dispersión de la fibra se aleia del valor mínimo óptimo para un único canal, y la dispersión diferente de cero acumulada se compensa por la adición periódica de un enlace de fibra estándar. Además, la compensación de fibra no solo cancela la dispersión media a cero también elimina la periodicidad pura del enlace para eliminar las inestabilidades de modulación. La Figura 4 ilustra el mapa de dispersión utilizado en los sistemas WDM submarinos.

- Las necesidades de inserción/ extracción de longitudes de onda necesita una configuración optimizada saí como características optimizadas en los componentes para la alta calidad de la inserción y extracción de un canal. Para optimizar el trayecto de transmisión, la diafonía entre los canales de inserción y de extracción residuales en el trayecto de transmisión, y también entre el canal de extracción y las longitudes de onda de enlace residuales, el filtrado necesita ser altamente selectivo e insensible a las variaciones de temperatura y al envejecimiento. Estas limitaciones han Ilevado a la primera implementación de unidades de derivación fijas. La configuración seleccionada se basa en circuladores y retículas fotorefractivas de reflexión (Figura S. Finalmente, aunque el WDM

reduce el efecto de combustión de polarización en el amplificador de fibra dopada de erbio [7], se necesita aleatorizar la polarización en los sistemas WDM transoceánicos de larga distancia para evitar las fluctuaciones de la relación señal-ruido entre los canales con el tiempo. Otra limitación es la necesidad de adaptar la amplitud de los canales añadidos a los niveles de enlace v tener un sistema con total independencia de canales WDM (influencia de pérdidas dependientes de la polarización) y también resistente en caso de fallos del cable.

Debido al alto nivel de complejidad de los efectos de propagación en los sistemas WDM, se necesitan intensas simulaciones por ordenador para evaluar el espaciado entre repetidores y la prestación de la línea. Los diseños basados en simulación por ordenador se confirman y validan en un escenario de pruebas en el laboratorio y nos permiten demostrar a los clientes la realidad v validez de las soluciones que proponemos. En estos escenarios de prueba se ha evaluado la calidad de la transmisión con 8 canales a 2.5 Gbit/s sobre una configuración en línea recta [1, 6].

Figura 6 - Calidad de transmisión WDM de 8x2,5 Gbit/s medidas en un escenario de pruebas con enlace largo



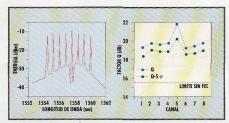


Figura 7 - Espectro óptico y factor Q tras una unidad de derivación WDM



Figura 8 - Espaciado de repetidores en función de la longitud del sistema

Los resultados de la Figura 6 se obtuvieron sobre 6.000 km con un trayecto de transmisión de 75 km entre amplificadores. Se aplicó pre-énfasis para lograr una relación señal/ruido uniforme en el espectro en recepción. Las variaciones del factor Q de canal a canal se originan por las diferencias entre las fuentes de modulador de láser integradas. La Figura 6 también flustra el interés que tiene el aplanamiento de la ganancia en el trayecto de transmisión.

En el resultado es evidente que la transmisión WDM submarina puede ser sin errores con una tecnología fiable. En estas pruebas, se utilizó un FEC -corrección de errores en recepción-de tara 7% (norma submarina de la UIT-T) para llegar a un margen adicional de 4,5 dB.

La Figura 7 muestra el espectro optico tras una unidad de ramificación de WDM, con la arquitectura descrita en la Figura 5, con el ante-tromente citado escenario de pruebas, y con el correspondiente factor Q. La transmisón no se ve afectada por la función de inserción/extracción. Se puede observar la limpisde ruido junto al canal 5 añadido y el

mejorado factor Q de este canal que se transmitió sobre un travecto corto.

El dominio de todos los parámetros anteriores, junto a los códigos de corrección de errores en recepción en los terminales submarinos, permite alcanzar el espaciado entre repetidores mostrado en la Figura 8.

Conclusiones

Con el actual estado tecnológico se implementarán sistemas WDM submarinos de 4 v 8x2.5 Gbit/s. Las importantes nuevas facilidades asociadas al WDM -posibilidad de encaminamiento de longitudes de onda, el continuo crecimiento en ancho de banda, v la fiabilidad asegurada del equipo sumergido- son la clave de la evolución de los sistemas submarinos. Ello ha llevado a la implementación de un equipo radicalmente nuevo, la unidad de derivación WDM para la multiplexación de fuerte derivación. El sistema WDM transoceánico OALW16 de Alcatel se ha diseñado para dar respuesta a la nueva demanda de intensa conectividad con acceso global a través del mundo SDH. Está claro que todas las futuras generaciones de sistemas de transmisiones transoceánicas se basarán en WDM.

Reconocimientos

Los autores quieren agradecer a sus compañeros, en especial V. Letellier, G. Bourret, N.J. Hazell y G. Bassier, por los resultados experimentales y teóricos usados en este artículo.

Referencias

 O. Gautheron & al.: "8x2,5 Gbit/s WDM transmission over 6.000 km with wavelength add-and-drop multiplexing". Electronic Letters 32, n°11, p. 1019 (1996).

- N.S. Bergano & al.: "100 Gbit/s WDM transmission of twenty 5 Gbit/s chamnels over transoceanic distances using a gain flattened amplifier chain". Technical Digest of ECOC'95, Bruselas, PD Th A 3.1 (1985).
- 3 M. Suyama & al.: Improvement of WDM transmission by non-soliton WDM coding -a demonstration using 5 Gbit/s 8 channels 4.500 km straight line test bed*. Tech. digest OFC'96, San José, PD26 (1996).
- 4 N.H. Taylor & al.: "4x2,5 Gbit/s WDM transmission with add-and-drop multiplexing over 3.711 km on the installed Rioja submarine cable system". Technical digest of Opt. amplifiers and applications, Davos PD17 (1995).
- 5 M. Wehr & al.: "WDM applied to highlyflexible submarine cable networks". EFOC&N'95. Brighton (1995).
- 6 L.Prigent & al.: "8x2,5 Gbit/s WDM transmission in a transoceanic network". NOC'96, Heidelberg, (1996).
- 7 V. Letellier & al.; "Polarisation scrambling in 5 Gbit/s 8.100 km EDFA based system". Electronic Letters 30, n°7, p. 589 (1994).

José Chesnoy es manager de la división de sistemas y redes de la dirección técnica de Alcatel Submarine Networks.

Olivier Gautheron es jefe técnico, actualmente involucrado en el diseño enlaces WDM submarinos de fibra óptica, en Alcatel Submarine Networks.

Antoine Lécroart es manager de marketing de producto en Alcatel Submarine Networks.

Laurent Le Gourrieréc es ingeniero de diseño de sistemas en Alcatel Submarine Networks, donde trabaja en el diseño de facilidades de red para enlaces WDM submarinos de fibra óptica.

Vincent Lemaire es manager de desarrollo de proyecto del departamento de diseño de sistemas en Alcatel Submarine Networks.

Sistemas SDH/SONET de Alcatel: principales referencias y aplicaciones

J. Hartung and S. Lencioni

Este artículo describe algunos de casos importantes de aplicaciones que demuestran la presencia mundial de Alcatel Telecom en el mercado de las redes de transmisión síncronas.

Introducción: Alcatel en el mundo, presencia local en todo el mundo

El mercado de las redes de transmisión síncronas está claramente dividido en dos segmentos, Europa v América, cada uno con diferentes estándares y requiere de una gama de productos completamente distintos, aún existiendo un gran número de similitudes tecnológicas. Alcatel Telecom es una de las pocas compañías con una gran presencia en ambos mercados, conseguida gracias a su presencia a nivel local en un gran número de países y a la cuidadosa atención de las necesidades específicas de cada uno de sus clientes.

Unisource: información general y red de Telefónica

A finales de 1995 Alcatel Telecom firmó un acuerdo narco con un consorcio de cuatro operadores europeos (Telefónica de España, Telia de Suecia y los de Suiza y los Países Bajos), tres de ellos ya integrados en Unisource, más Telefónica en vías de integración y Unisource Carrier Service (UCS), para desarrollar redes nacionales SDH en los distintos países, así como enlaces internacionales gestionados por Unisource.

Entre los países anteriormente mencionados, la red de Telefónica es actualmente una de las más extensas. Telefónica está realizando un gran esfuerzo para establecer una infraestructura moderna, utilizando las tecnologías disponibles más avanzadas.

Alcatel Telecom es el principal suministrador de equipos SDH de Telefónica y el responsable de la



integración de la gestión de red. La red nacional se basa en diferentes niveles:

- troncal: 70 nodos tránsito interregional
- regional: 15 regiones tránsito regional
- local: 2 áreas urbanas muy grandes, 4 áreas urbanas grandes

equipadas de acuerdo con el volumen de circuitos, con nodos transconectores 4/3/1, anillos ADM y buses locales.

La red troncal utiliza una topología en malla con velocidad de transmisión de 2,5 Gbit/s. En los nodos se utilizan transconectores 4/4 para el reencaminamiento de los canales de 140 Mbit/s/VC-4.

Toda la red troncal está protegida por medio de un sistema de restablecimiento, NPOS, suministrado por Alcatel Telecom que proporciona reencaminamiento alternativo del tráfico en caso de cualquier fallo. El sistema está gestionado por un centro de restablecimiento duplicado situado en Madrid totalmente operativo. La red, llamada SAGF por Telefónica, está basada en 70 nodos y en un sistema de gestión de restablecimiento centralizado, es la mayor de este tipo en el mundo.

Las redes regionales interconectan los niveles locales al troncal. Estas redes regionales se basan en anillos STM16. Para la interconexión de los anillos con la red troncal se utilizan nodos transconectores 4/3/1.

Teniendo en cuenta las necesidades de las redes regionales y locales, el tamaño de la red de Telefónica podría llegar a unos 70 transconectores 4/3/1 y varios millares de anillos ADM.

La red SDH de Telecom Italia

Telecom Italia desplegará la red nacional SDH de acuerdo con un plan quinquenal, con el objetivo de soportar la introducción de los nuevos servicios requeridos por el mercado.

Las ventajas más importantes que espera Telecom Italia con el despliegue del SDH son:

- difusión de señales digitales de vídeo entre suministradores de servicios y nodos de distribución
- interconexión de nodos flexibles para la red de líneas alquiladas
 interconexión de redes privadas
- para clientes de negocios

 interconexión de los principales
 nodos de la red móvil.



El resto de servicios (incluyendo RTPC), soportados actualmente por la red pleosícrona existente, se convertirán gradualmente a la red SDH una vez que la PDH se quede desfasada.

La arquitectura de la red se basa en los niveles nacional, regional, local y de distribución, cada uno de ellos con mecanismos dedicados de configuración y protección.

El nivel nacional está constituido por una red en malla que utiliza nodos transconectores 4/4, interconectados por sistemas de lineas o ADMs de 2,5 Gbit/s. Los otros tres niveles están realizados con anillos ADM a 2,5 Gbit/s, 622 Mbit/s 155 Mbit/s, respectivamente. Entre los niveles nacional y regional se utilizan nodos 4/3/1 con el propósito de ordenación de circuitos, reencaminamiento y control de calidad.

Telecom Italia ha previsto más de 8.000 ADMs y 115 nodos transconectores. Alcatel Telecom contribuirá al desarrollo de la red SDH italiana suministrando equipo para todos los niveles de la red, así como la gestión de red, instalación, y mantenimiento durante todo el periodo del plan de despliegue.

Nuevos operadores: MFS

Metropolitan Fiber Systems (MFS) se creó en 1987 y ha crecido hasta legar a ser uno de los principales suministradores de los competitivos servicios de acceso local en los Estados Unidos y recientemente en Europa MFS ha desarrollado su red exclusivamente sobre transmisión de fibra óptica, con redes locales ya en servicio en unas 46 ciudades de Estados Unidos y en 7 de otras partes del mundo, suministrando servicios digitales de alta velocidad a importantes clientes de negocios.

Recientemente, Worldcom America (empresa americana de telecomunicaciones de larga distancia) y MFS Communications anunciaron su fusión, creando una nueva compañía llamada MFS Worldcom, con una sólida presencia en EEUU y Europa.

El anterior plan de MFS se ampliará durante los próximos tres años en EEUU, pasando de los 45 centros de negocios previstos a 85, e internacionalmente se incrementará de 7 a 45 ciudades de Europa Occidental. Asia y Pacífico.

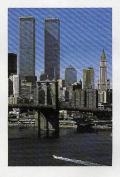
MFS suministra una oferta global de servicios integrados de voz y datos locales y de larga distancia, y ha incrementado su oferta de servicios después de su fusión con UUNET, el mayor suministrador de servicios Intenet. MFS sirve predominantemente a la comunidad financierra, que requiere la mejor calidad de servicio.

Para soportar la rápida expansión en el mercado internacional, Alcatel Telecom ha suministrado una red metropolitana en París, basada en equipo SDH con gestión de red centralizada, que proporciona elevada anchura de banda, recuperación de red y mejor supervisión de las prestaciones.

MFS ha anunciado que Alcatel Telecom suministrará su red de Amsterdam y se espera que también lo haga para nuevas ciudades próximamente.

els proximanieme.

El explosivo crecimiento de la demanda de anchura de banda y la cambiante situación de la liberalización en EEUU y Europa ha llevado a MFS, con C&W como socio, a construir y operar el más avanzado sistema trasatlántico de telecomunicaciones de fibra óptica



entre Londres y Nueva York, dos de los principales centros de comunicaciones de América y Europa. El contrato principal fue conce-

dido a Alcatel Telecom para construir las redes submarina y terrestre en EEUU y Reino Unido. Basadas en tecnología SDH, estas redes tendrán encaminamiento dual y estarán soportadas por un sistema integrado de gestión.

En lo relativo a la red MFS en EEUU, Alcatel Telecom ha puesto recientemente en servicio de con-



mutación un total de 124,000 líneas para dos centrales de MFS en Nueva York en cuestión de segundos, utilizando la facilidad exclusiva "Flashcut", disponible únicamente en los transconectores digitales de Alcatel Telecom. El Flashcut posibilita a los suministradores de servicios, como MFS,

de inserción/extracción, nodos transconectores, codificadores de vídeo y la gestión de red correspondiente. Estos sistemas de transmisión son elementos esenciales de la red de telecomunicaciones de banda ancha que ARCOR está desplegando para operaciones de la red pública

Redes de ferrocarriles: Hermes red de transporte paneuropea para la "sociedad de la información" europea

Hermes Europe Railtel B.V. es un joint-venture entre Hit Rail B.V., consorcio de once compañías ferroviarias europeas v Global TeleSvstem Group Inc.(GTS), diseñador v operador independiente americano de empresas de telecomunicaciones. El obietivo de Hermes es convertirse en el principal "transportista de transportistas" paneuropeo.

Mediante distintas fases, planificadas entre los años 1996 y 2000, la red Hermes interconectará 55 ciudades de Europa Occidental y Oriental con anillos de fibra óptica de alta capacidad equipados con sistemas

Redes ferroviarias: el ARCOR alemán

ARCOR, antes DBKom/CNI, es un nuevo operador de red alemán, subsidiario de Deutsche Bahn AG y Mannesmann AG.

garantizar en todo momento a sus clientes el cien por cien del servicio.

En marzo de 1996, Alcatel Telecom ha obtenido de ARCOR el contrato para establecer una red nacional de transmisión de alta velocidad basada en tecnología SDH.

Entre los diferentes tipos de aplicaciones que la nueva red proporciona a los pasajeros del Deutsche Bahn se ha encontrado la posibilidad de asistir en directo a eventos deportivos como los Juegos Olímpicos de Atlanta a través de monitores en 30 estaciones de las estaciones de ferrocarril alemanas.

La red está constituida por 4 anillos STM16 e incluye multiplexores



de transmisión SDH. La red de fibra óptica de alta velocidad y calidad será construida a lo largo de las líneas del tren europeas.

La red transnacional Hermes ofrecerá a los operadores de telefonán pública, al consorcio de transportistas y a otras compañías de servicios de comunicaciones una red transnacional paneuropea "bajo demanda" que mejorará sensiblemente la capacidad de servicio incluso para atender a los clientes más exigentes. En particular, la red Hermes proporcionará unos importantes beneficios a sus potenciales clientes, incluyendo:

- transmisión uniforme de alta calidad entre países y a través de múltiples países sin necesidad de invertir en infraestructura de red
 creciente disponibilidad de circuitos de alta calidad a través de
- cuitos de alta calidad a través de diferentes rutas redundantes - acceso a facilidades de red de alta capacidad fuera de los mercados de transportistas naciona-
- les mediante un único acuerdo
 servicios flexibles, tales como
 anchura de banda bajo demanda
 y subred virtual, para soportar
 sus crecientes necesidades.

Seleccionada en la más cualificada competencia, Alcatel Telecom es el suministrador exclusivo para Hermes de equipo de transmisión SDH, instalaciones de cable de fibra óptica y gestión correspondiente. Por este contrato, Alcatel Telecom actuará igualmente como director del proyecto, siendo responsable de antrega de cada una de las fases de la red, así como de la instalación, pruebas y mantenimiento de equipos y sistemas.

Redes ferroviarias: la red francesa de ferrocarriles

En noviembre del año 1995, la dirección de SNCF decidió crear una empresa subsidiaria de telecomunicaciones, basada en la infraestructura de la SNCF. Con el nombre de Telecom Development (TD), la nueva compañía se puso en marcha oficialmente el 28 de octubre de 1996. TD tiene el derecho de utilizar la red existente de fibra óptica de la



SNCF, así como también el de poder extenderla a lo largo de la ret ferroviaria. Su objetivo estratégico es llegar a ser el segundo operador francés de larga distancia, gracias a sus 40.000 km de vía de ferrocarril (de los cuales 15.000 km están listos para ser instalados) y 8.600 km de cables de fibra ya desplegados



(en junio de 1996). Está previsto instalar 11.000 nuevos kilómetros de cable de fibra durante 1997.

En la primera fase (1996-97), se equiparán 13.000 km de sistemas ópticos con ADMs de hasta 2,5 Gbit/s, nodos transconectores y gestión de red.

Alcatel Telecom contribuirá al proyecto TD con el suministro, llave en mano, de todo el equipo SDH, instalación, puesta en servicio y mantenimiento.

El proyecto Alestra en Méjico

Alestra es un nuevo operador mejicano, propiedad de AT&T y de la compañía mejicana Alfa.

Alestra ha otorgado recientemente un contrato, llave en mano, a Alcatel Telecom para construir una red metropolitana de fibra óptica que incluye cable de fibra y equipo de transmisión. El provecto supone la construcción de 38 anillos ópticos que conectarán usuarios de grandes negocios a la red de larga distancia de Alestra, proporcionando acceso y transporte de servicios de voz, vídeo v datos. La red dará cobertura a 24 ciudades de todo Méjico: Méjico D.F., Guadalajara, v Monterrev, v otras 21 ciudades importantes de Méjico.

El proyecto requiere la tirada de 522 km de cable de fibra óptica, con construcciones subterráneas y aéreas en las áreas urbanas.

Alcatel Telecom suministrará un paquete totalmente llave en mano incluyendo: diseño de red, ingeniería de encaminamiento del cable, suministro del cable y del equipo, construcción, instalación, pruebas y entrenamiento, así como asistencia técnica y soporte para alcanzar la integración total del equipo SDH de Alcatel Telecom y el sistema de gestión de red en la infraestructura de alerga distancia de Alestra, contribuyendo así a la implantación final de una red uniforme de acuerdo con las mejores prácticas de cliente.

En paralelo con este proyecto, Alcatel Telecom también participa en la construcción del 70% de la red de larga distancia de Alestra, que cubrirá en su primera fase una infraestructura de 4.400 km de cable de fibra óptica.

La contribución de Alcatel Telecom al proyecto global de Alestra refuerza la ya larga experiencia en la construcción de la infraestructura de telecomunicaciones mejicana, recientemente confirmada por la obtención de un contrato para la segunda fase de la ya existente red SDH de larga distancia de Telmex.

Redes de transmisión SDH en Perú v Chile

Telefónica de Perú y CTC de Chile asignaron recientemente a Alcatel Telecom la realización de las redes metropolitanas de Lima y de Santiago.

La red metropolitana de transporte de Lima se basa en 3 anillos protegidos STM16, empleando multiplexores de inserción/extracción, nodos transconectores y terminales de línea.

La red de Santiago tiene seis anillos protegidos, seis buses, y un sistema troncal, usando ADMs de 155 Mbit/s, 622 Mbit/s y 2,5 Gbit/s.

Ambas redes están gestionadas por un potente sistema de gestión de red.

Aplicaciones en USA

NYNEX

NYNEX opera en el nordeste de los Estados Unidos, concretamente en los estados de Nueva York, New Hampshire, Vermont, Maine, Massachusetts, Rhode Island y parte de Connecticut. Sus operaciones telefónicas dan cobertura a 17 millones de líneas de acceso.

Alcatel Telecom recientemente completó la puesta en servicio de más de 130.000 líneas telefónicas en cuestión de milisegundos -utilizando la facilidad exclusiva "Flashcut" disponible tan solo en los transconectores digitales de Alcatel Telecorne una central de NYNEX en Cambridge, Massachusetts, en el área de Boston. Flashcut permite a los suministradores de servicios mantener el servicio normal a sus clientes mientras reemplaza el equipo y



se realizan otras tareas de mantenimiento.

El Alcatel 1631SX, sistema transconector digital de banda ancha, realizó el Flashcut haciendo, en primer lugar, corresponder electrónicamente el tráfico vivo de NYNEX del antiguo transconector. Seguidamente transfirió el tráfico al Alcatel 1631SX en cuestión de milisegundos sin ningún error de bits y sin pérdida de llamadas. A continuación, NYNEX puso el equipo viejo fuera de servicio. La puesta en servicio supone 133.872 canales productores de DS0s, o 5.578 "tuberías" operativas DS1 (cada DS1 transporta 24 canales DS0).

El fuerte crecimiento de DS3 en New England requirió una capacidad mucho mayor del sistema de transconectores digitales y capacidades de transporte SONET más modernas. Para utilizar de la mejor manera posible el potencial y las capacidades del Alcatel 1631SX, la superposición del nuevo sistema sobre el antiguo transconector permitió a NYNEX un mejor aprovechamiento del Alcatel 1631SX sin enlazar puertos entre dos conmutadores de transconectores digitales, perdiendo capacidad. El tráfico hecho corresponder electrónicamente con Flashcut minimiza v simplifica el trabajo manual necesario por los conmutadores de servicios, multiplexores eléctricos, u otros transconectores. NYNEX está usando los transconectores digitales Alcatel 1631SX como parte de su masiva meiora tecnológica para ofrecer completos servicios SONET (red óptica síncrona) y en previsión de un gran crecimiento del tráfico.

Alcatel 1631 SX





Sprint

Sprint es una compañía global de telecomunicaciones « la cabeza de la integración de servicios de comunicaciones de la gradistancia, locales y sin hilos, y el mayor transportista mundial de tráfico Internet. Sprint construyó y opera la única red de fibra óptica totalmente digital de los Estados Unidos y es el líder en servicios avanzados de comunicación de datos. Sprint tiene mos beneficios anuales de 12,8 millones de dólares y presta servicio a más de 15 millones de clientes residenciales y de negocios.

Call-Net es un grupo de companías de telecomunicaciones de Canadá. Su subsidiaria, Sprint Canada Inc., es una de las compañas líderes en comunicaciones de larga distancia ofreciendo una gama total de servicios de voz y atos en toda la nación. Con su sede central en Toronto, Sprint Canada opera 15 oficinas de ventas, incluyendo una en Calgary y otra en Edmonton, y emplea a más de 1200 canadienses.

Un importante porcentaje del tráfico de telecomunicaciones de Sprint entre Estados Unidos y Canadá se transporta a través de una red SONET de extremada fiabilidad que puede reencaminar el tráfico, si hay algún fallo de la red, en un abiri y cerrar de ojos. Esta consecución representa el primer anillo internacional SONET con una capacidad de restablecimiento del orden en milisegundos. El anillo SONET fue desplegado por Sprint y su socio canadiense, Call-Net Enterprises. Inc.

El anillo de fibra óptica de 1.174 millas, que recorre Springfield, Massachusetts, Buffalo, Nueva York, Montreal y Toronto, ofrece a los clientes de Sprint las



ventajas de la tecnología SONET. En el caso de un corte de la fibra o de un fallo electrónico, las llamadas sobre el anillo de Sprint de cuatro fibras SONET de línea commutada, bidireccional (4-fibras, BLSR) se reencaminan alrededor del punto de fallo en milisegundos, manteniendo las líneas de comunicación abiertas.

Este anillo SONET internacional es precisamente una continuación de la estrategia de la compañía para ofrecer a todos los clientes de Sprint una consistencia de servicio inigualable.

Sprint se ha diferenciado del resto de compañísa al ser la primera en desplegar y gestionar una tecnologia tan complicada a través de fronteras internacionales en sociedad con operadores extranjeros. Durante 1998, Sprint añadirá más electrónica SONET a sus redes, tanto nacionales como internacionales, construyendo nuevos anillos y utilizando equipo SONET en los anillos existentes, siendo Alcatel Telecom uno de los suministradores de equipos.

Nodos transconectores digitales en redes de operadores intercentrales

Un operador intercentrales de Estados Unidos pidió a Alcatel Telecom automatizar su red de transporte v mantener su competitividad en el mercado cada vez más competitivo de la larga distancia. Hasta ahora se utilizaban miles de multiplexores electrónicos digitales adosados para organizar el tráfico DS1 de líneas alquiladas en importantes centrales v centros urbanos. Este tráfico tenía que ser tratado en una central de conmutación tandem como servicio de conmutación tarificado, reenviado a través de los multiplexores adosados y enviado rápidamente a la red de transporte de larga distancia. Esta red, lenta v poco eficiente, fue fácilmente manejada por el transconector digital Alcatel 1631SX.

Esta aplicación es un ejemplo de la versatilidad v eficiencia operativa del Alcatel 1631SX. En este caso, la aplicación del transconector 3/1 es muy simple, pero descubre la esencia de la ineficacia de la red del operador, Esencialmente, los sistemas Alcatel 1631SX reemplazan a multitud de multiplexores. Actualmente realizan la ordenación y relleno de los DS1s dentro de los DS3s, de manera que se requieren menos DS3s en el lado de la red para ser tratados en un conmutador de banda ancha (tal como el Alcatel 1633SX); v/o los encamina para tratamiento especial a un conmutador Tandem, que a su vez enviará el tráfico hacia atrás para que sea ordenado, rellenado y transmitido a la red de larga distancia. Con los multiplexores adosados había un importante gasto en personal, en mantenimiento de las unidades incluvendo sustitución de placas. pruebas, instalación de sistemas, etc., Utilizando el Alcatel 1631SX, los multiplexores adosados se han eliminado prácticamente.

Conclusión: La experiencia de Alcatel en el área de la telecomunicaciones - un valor esencial para nuestros clientes

Este artículo ha presentado una serie de aplicaciones Europa, EEUU y América Latina que constituyen importantes referencias de Alcatel Telecom en el campo de los sistemas de transmisión SDH/ SONET.

La considerable experiencia alcanzada en este área garantiza a muestros clientes que Alcatel Telecom es un socio de confianza para todos sus provectos de telecomunicaciones.

Jean Hartung es director de inteligencia de mercado de Alcatel Networks Systems y actualmente supervisa las bases de datos de mercado, clientes y competencia de Norteamérica

Stefano Lencioni es director de marketing y ventas para Europa, Africa del Sur, y China de Alcatel Telecom - Transmission Systems Division

Abreviaturas de este número

A

AAL - capa de adaptación ATM

ABR - velocidad disponible

ABT- transferencia de bloques ATM

ADM - multiplexor de inserción/extracción

ADSL - bucle de abonado digital asimétrico

AIS - señal de indicación de alarmas

ANSI - American National Standards Institute

APCN - red Asia-Pacífico

APON - red óptica pasiva ATM

ATC - capacidad de transferencia de capa ATM

ATM - modo de transferencia asíncrono

B

BER - tasa de errores en los bits

BLSR - anillo conmutado de línea bidireccional

C

C&W - Cable and Wireless

CAC - control de admisión de conexión

CATV - televisión por cable

CMIP - protocolo común de información de gestión

CO - central telefónica (EEUU)

CPE - equipo de las instalaciones del cliente

CRC - código de redundancia cíclica

D

DBR - velocidad binaria determinística

DCN - red de comunicaciones de datos

DFB - realimentación distribuida (láser)

DHN - red digital casera

DNU - no usar

DR - Decision Review

DSF - fibra con dispersión desplazada

DXC - transconector digital

E

E/S - entrada/salida

EDFA - amplificador de fibra dopado de erbio

EDFFA - amplificador de fibra de fluor dopado de

erbio

EL - capa de elemento

EM - gestión de elemento

EML - capa de gestión de elemento

ETSI - Instituto Europeo de Normas

de Telecomunicación

F

FDM - multiplexión por división de frecuencia

FEC - corrección de errores en recepción

FWM - mezcla de cuatro ondas

G

GOM - Generic Object Model"

GPS - sistema de posición global

GTS - Global Tele System Group Inc.

H

HDTV - televisión de alta definición

HOVC - contenedor de orden superior

L

LAN - red de área local

LEX - central local

LO - orden inferior

LOP - pérdida de trayecto

LTE - equipo de terminación de línea

M

MFS - Metropolitan Fiber Systems

MPEG - grupo de expertos en imágenes animadas

MS-SPRING - anillo con protección compartida de sección múltiplex

section multiplex

MS - sección múltiplex

MTBF - tiempo medio entre fallos

MTIE - Mean Time Interval Error

MTTR - tiempo medio de reparación

N

NE - elemento de red

NM - gestión de red

NML - capa de gestión de red

NN - red nacional

NP - protección de red

NR - liberación de red - Network Release

NRZ - no-retorno a cero

0

OADM - multiplexor de inserción/extracción óptico OS - sistema de operación

OSI - interconexión de sistemas abiertos

OXCN - transconector óptico

P

PBX - centralita privada

PC - ordenador personal

PCS - supervisión conexión pleosícrona

PDH - jerarquía digital plesiócrona

PFE - equipo de alimentación de potencia

PMD - dispersión de modo de polarización

POM - supervisión de saturación de trayecto

POTS - servicio telefónico tradicional PRC - reloi de referencia primario

PTT - correos, teléfonos y telégrafos

Q

QoS - calidad de servicio

R

RDSI - red digital de servicios integrados

RDSI-BA - red digital de servicios integrados de banda

ancha

RM - gestor regional

RTPC - red telefónica pública conmutada

RX - receptor

5

BR - velocidad estadística

SDH - jerarquía digital síncrona

SEC - reloj de equipo síncrono

SES - segundo con muchos errores

SML - capa de gestión de servicio

SNCP - protección de conexión de subred

SNCP/I - protección de conexión de subred

con supervisión inherente

SNCP/N - protección de conexión de subred con

supervisión no-intrusiva

SNR - relación señal/ruido

SOH - sección de carga útil

SONET - red óptica síncrona (ANSI)

SPRING - anillo con protección compartida

SSM - mensaje de estado de sincronización

SSU - unidad de suministro de sincronización

STM - modo de transferencia síncrono

T

TAT - teléfono trasatlántico

TCM - supervisiód de conexión tándem

TD - Telecom Development

TDEV - Time Deviation

TDM - multiplexión por división en el tiempo

TMN - red de gestión de telecomunicaciones

TPC - transpacífico

TSD - Transmission Systems Division de Alcatel

TX - transmisor

U

UBR - velocidad no especificada

UIT - Unión Internacional de las Telecomunicaciones

UNI - interfaz de red de usuario

UPSR - aniilo conmutado de protección de camino unidireccional

V

VC - contenedor virtual

VCI - identificador de canal virtual

VDSL - bucle de abonado digital de alta velocidad

VoD - vídeo a demanda VP - travecto virtual

VPI - identificador de trayecto virtual

VWP - trayecto virtual de longitud de onda



WAN - red de área extensa

WDM - multiplexación por distribución de longitud de onda

WP - trayecto de longitud de onda



XCN - transconector

Oficinas editoriales

Cualquier asunto relativo a las distintas ediciones de la Revista de telecommunicationes de Alcatel se debe dirigir al editor adecuado (las peticiones de suscripciones se deben enviar por fax o por correo) :

Edición inalesa:

Mike Deason

Alcatel Telecommunications Review

Alcatel

54 rue La Boétie 75382 Paris Cedex 08

Francia

Tel.: (33-11 40.76.13.48 Fax: (33-1) 40.76.14.26

E-mail: (ver Edición francesa)

Edición alemana:

Andreas Ortelt

Alcatel Telecom Rundschau

Alcatel SELAG Department ZOE/FP

70430 Stuttgart

Alemania

Tel.: (49) 711.821.446.90 Fax: (49) 711.821.460.55

E-mail: A.Ortelt@stal.sel.alcatel.de

Edición francesa:

Catherine Camus

Revue des Télécommunications d'Alcatel

Alcatel

54, rue La Boétie 75382 Paris Cédex 08

Francia

Tel.: (33-1) 40.76.13.48 Fax: (33-1) 40.76.14.26

E-mail: catherine.camus@ahaps.alcatel.fr

Edición española:

Gustavo Arrovo

Revista de Telecomunicaciones de Alcatel

Alcatel España Ramirez de Prado 5 28045 Madrid

España

Tel.: (34-1) 330.49.06 Fax: (34-1) 330.50.41 E-mail: austavo@alcatel.es

Edición italiana:

Egisto Corradini

Rivista di Telecomunicazioni Alcatel

Alcatel Italia Via Trento, 30 20059 Vimercate (MI)

Tel.: (39-39) 686.3072 Fax: (39-39) 608.1483

Sandro Frigerio

Tel.: (39) 2.80.52.434 Fax: (39) 2.72.01.08.62

E-mail: afriafmc@galactica.it

Edición chino:

Ming-Chi Kuo Alcatel Telecom

4 Ming Shen Street, Tu-Chen Ind.Distr.

Taipei Hsien, Taiwan Tel.:(886-2) 268.61.41

Fax: (886-2) 268.60.01

Despedida a Rod Hazell

Rod Hazell nos ha dejado tras 14 años de trabajo en la Revista de Telecomunicaciones de Alcatel. Durante este tiempo, primero como Editor Adjunto y después como Editor de la revista, ha sido fundamental para mantener su alta calidad. Tuvo una importante contribución a la calidad de los gráficos, a los que les dedicó un interés particular.

Le damos las gracias por todo el trabajo realizado y le deseamos mucha suerte en el futuro.

El próximo número tratará sobre Espacio



La Revista de Telecomunicaciones de Alcatel se distribuye GRATUITAMENTE a aquellos que cumplen los requisitos de nuestros criterios de control de difusión. Si desea recibir nuestra cristra, devuévanos el cuestionario (incluso la parte esparable) a la dirección indicada en la parte de atrás, o por fax a (34.1)330.40.00 Si ya ha retibido este cuestionario, por favor de terror de la control de co

no lo ten	ga en cuenta, gracias.			(, , , , , , , , , , , , , , , , , , ,			
-				DEVISTA DE TELEC	OMUNICACIONE	S DE ALCAT	EI
	SERVICIO DEL LECTOR			ALVISIA DE ILLEO	VISTA DE TELECOMUNICACIONES DE ALCATEL		
	SERVICIO DEL LECTOR			Apellido	Nombre		
	Para una información sobre	nación sobre los productos y servicios					
	aparacen en este número, envie por favor			Titulo			
	por fax a la persona cuyo n			0 -1			
, , , , , , , , , , , , , , , , , , , ,				Compañía			
	Mario PAGANI .			Dirección			
		686.4849		Direction			
		ISD					
	Vimero	ate. Italie					
				Código postal/Ciudad			
-				País			
				7 0.10			
				Firma	Fecha		
				Timid	recita		
-							-
	Alternative Management						
	Datos de su empresa						
	¿Cuales de las siguientes actividades describen mejor la principal actividad de su empresa en		23 🗆 Organismo regulador		26 🗆 Sanidad [002]		
	mejor la principal actividad de su puesto de trabajo?	su empresa en	Usuario final		27 🗆 Enseñanza / Educ	ación	
	Ponga una X en UNA sola casilla de cada uno de		10 ☐ Banca / Finanzas / Seguros		28 🗆 Ingenieria	ros / Vandadoros d	lo "
	los tres apartados siguientes.		11 Transporte	,	Fabricantes / Proveedor equipos de telecomunic	ciones	
	Operador de red		12 🗅 Sector de distribución / Minorista		06 ☐ Fabricante de equ	ipos	
	01 ☐ Organismo de correos, telégrafos y comunicaciones		13 U Viajes / Hosteleria / Catering		07 □ Vendedor de equipos 08 □ Proveedor de servicios de telecomunicacione		
	02 Operador de red internacional, larga distancia		14 □ Fabricación ajena a las comunicaciones 15 □ Servicios públicos (Gas / Agua /		09 Consultor de comunicaciones		caciones
	03 □ Otro operador de red 04 □ Proveedor de servicios de valor añadido		Electricidad)		24 Distribuidor de cableado / conexiones		
	05 □ Radiodifusión (TV / radio	/ satélite)	16 Administraci	ón central / local	29 🗅 Integrador de red		
	20 Compañía de teléfonos inc	dependiente	17 Servicios de p	rotección civil (Bamberos/Policía.)	30 🗆 Empresa de softw		
	21 Operador de red de cable		18 🗆 Defensa / Ejército		31 Otros datos comerciales		
	22 Degrador de red móvil cel	ular / satélite	25 🗆 Empresa / P	rotesional			
	¿Cuantos empleados hay en su l	waar da trabaja?	01 1 a 49		04 🗆 500 a 999		
	Ponga una X en UNA sola casilla		02 3 50 a 99		05 ☐ Más de 1000		[003]
	Tonga and X an or VA sola Cashia		03 100 a 499				
	¿Cuales de los siguientes equipo comunicaciones, hardware, soft usan en su empresa u organizac	s de vare v servicios se		itemas de conmutación itemas de redes de datos	09 ☐ Ordenadores pers sistemas ofimático		y [006]
	usan en su empresa u organizac	ión?		rvicios de radio móvil	10 Puentes de alimen		
	Ponga una X en todas las casillas o	ue sean aplicables	06 Servicios de	telecomunicaciones	11 Servicios de red d	e valor añadido	
	 O1 Equipo de transmisión de l O2 Equipo de transmisión rad 			nedidas y de prueba	12 🗆 Sistemas de comu		
	oz a Equipo de indistrisión (da	10	08 🗆 Equipos de o	comunicaciones vía satélite	13 ☐ Servicios de consu	ltoria	
	S						
	Datos personales						
	¿Cual es la descripción de su pu	esto de trabajo?		diseño / ingenierla	13 Dirección Técnica		[001]
	Ponga una X en UNA sola casilla	i i	06 Consultor		14 Dirección Financia	ra	
	01 Dirección de la empresa		10 D Administraci	ón de redes / sistemas ón de proceso de datos	15 ☐ Marketing 16 ☐ Servicios regulado	res / cubernament	nles
	 02 Dirección de comunicacion 03 Dirección de sistemas infor 	ies	12 Administraci		To a servicios regulado	res / gobernamen	ules
	04 Dirección general de opera		11 Administraci	ón de software			
			comendación / espe	scificación / autorización de ec	uinos o remisios relacion	ados con	[005]
	¿Es Vd. responsable directo de comunicaciones, o influye en l	a compra de tales	equipos o servicios	Ponga una X en UNA sola casil			[cool
	Adqu	visición	Recomendación	Especificación	Autorización	Influencia	
	Si 01 🗆 No 02 🗆		04 🗆	05 □ 06 □	07 to 08 to	10 🗆	
							[004]
	¿Cual es el nivel aproximado de gastos del que es Vd. responsable directo en la adquisición, recomendación, especificación o autorización de equipos de comunicaciones?		01 □ No es responsable de gastos 02 □ de 1000 a 10.000 dólares USA		06 ☐ de 100.001 a 250.000 dólares USA [00 07 ☐ de 250.001 a 500.000 dólares USA		[004]
	recomendación, especificación o autorización		03 🖬 de 10.001 a 20.000 dólares USA		08 🗆 de 500.001 a un millón de dólares USA		
	Ponga una X en UNA sola casilla		04 □ de 20.001 a 50.000 dólares USA 09 □ de más de un millón de dól		ón de dólares USA	ago all	
			05 🗆 de 50.001 a	100.000 dólares USA			
	¿En cuales de los siguientes idio	mas desea recibir	01 🗆 Alemán		04 🗆 Inglés		[007]
	la Revista de telecomunicacion	es de Alcatel?	02 Español		05 ⊒ Italiano		[1
	Ponga una X en UNA sola casilla		03 🗆 Francés				

Plegar y cerrar

Sello

ALCATEL STANDARD ELÉCTRICA REVISTA DE TELECOMUNICACIONES DE ALCATEL Ramirez de Prado 5 28045 MADRID ESPAÑA