

5. JERARQUÍA DE TRANSMISIÓN SÍNCRONA

5.1 Synchronous Digital Hierarchy (SDH)

SDH y el equivalente norteamericano *Synchronous Optical Network (SONET)* son las tecnologías dominantes en la capa física de transporte de las actuales redes de fibra óptica de banda ancha. Su misión es transportar y gestionar gran cantidad de tipos de tráfico diferentes sobre la infraestructura física.

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

Usando como referencia el modelo OSI, SDH es comúnmente visto como un protocolo de nivel uno, es decir, un protocolo de la capa física de transporte. En este papel, actúa como el portador físico de aplicaciones de nivel 2 a 4, esto es, es el camino en el cual tráfico de superiores niveles tales como IP o ATM es transportado. Simplificando, se puede considerar a las transmisiones SDH como tuberías las cuales portan tráfico en forma de paquetes de información. Estos paquetes son de aplicaciones tales como PDH, ATM o IP.

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

Las principales características que aparecen en cualquier sistema de red de transporte SDH implementado a día de hoy son las siguientes:

- Multiplexión digital: Éste término fue introducido hace 20 años y permitió que las señales de comunicaciones analógicas sean portadas en formato digital sobre la red. El tráfico digital puede ser portado mucho más

eficientemente y permite monitorización de errores, para propósitos de calidad.

- Fibra óptica: Éste es el medio físico comúnmente desplegado en las redes de transporte actuales. Tiene una mayor capacidad de portar tráfico que los coaxiales o los pares de cobre lo que conduce a una disminución de los costes asociados al transporte de tráfico.

- Esquemas de protección: Éstos han sido estandarizados para asegurar la disponibilidad del tráfico. Si ocurriera un fallo o una rotura de fibra, el tráfico podría ser conmutado a una ruta alternativa, de modo que el usuario final no sufriera interrupción alguna en el servicio.

- Topologías en anillo: Éstas están siendo desplegadas cada vez en mayor número. Esto es porque, si un enlace se perdiera, hay un camino de tráfico alternativo por el otro lado del anillo. Los operadores pueden minimizar el número de enlaces y fibra óptica desplegada en la red. Esto es muy importante ya que el coste de colocar nuevos cables de fibra óptica sobre el terreno es muy caro.

- Gestión de red: La gestión de estas redes desde un único lugar remoto es una prestación importante para los operadores. Se ha desarrollado software que permite gestionar todos los nodos y caminos de tráfico desde un único computador. Un operador puede ahora gestionar una variedad grande de funciones tales como el provisionamiento de capacidad en respuesta a la demanda de clientes y la monitorización de la calidad de una red.

- Sincronización: Operadores de red deben proporcionar temporización sincronizada a todos los elementos de la red para asegurarse que la información que pasa de un nodo a otro no se pierda. La sincronización es cada vez más acordada entre los operadores, con avances tecnológicos cada vez más sensibles al tiempo. La sincronización se está convirtiendo en un punto crítico, que puede proveer a SDH un camino ideal de filosofía de red.

5.2 El estándar americano Synchronous Optical Network (SONET)

SONET define una tecnología para transportar muchas señales de diferentes capacidades a través de una jerarquía óptica síncrona y flexible. Esto se logra por medio de un esquema de multiplexado por interpolación de bytes. La interpolación de bytes simplifica la multiplexación y ofrece una administración de la red extremo a extremo.

El primer paso en el proceso de la multiplexación de SONET implica la generación de las señales del nivel inferior de la estructura de multiplexación. En SONET la señal básica la conocemos como señal de nivel 1 o también STS-1 (Synchronous Transport Signal level 1). Está formada por un conjunto de 810 bytes distribuidos en 9 filas de 90 bytes. Este conjunto es transmitido cada 125 microsegundos, correspondientes a la velocidad del canal telefónico básico de 64 Kbps, por lo que la velocidad binaria de la señal STS-1 es 51,84 Mb/s.

5.3 Jerarquía de señales

La especificación de SONET define una jerarquía de tasas estandarizadas de transmisión datos. El nivel más bajo, que se conoce como STS-1 es de 51.84 Mb/s. Esta tasa puede ser utilizada para transportar un único DS-3, o un conjunto de señales de tasa menor, como DS1, DS2... además de las tasas definidas por la ITU-T para PDH (por ejemplo 2048 Mb/s).

Para SDH, la tasa de transmisión más baja es de 155.52 Mb/s y se designa con las siglas STM-1. Esta tasa se corresponde con lo que en el estándar americano sería un STS-3. La razón de ésta discrepancia entre estándares es que el STM-1 es la tasa de transmisión más baja, que sin dejar de ser compatible con el estándar americano, puede acomodar una señal del nivel cuatro del estándar de ITU-T (139.264 Mb/s).

La gran aportación de este estándar es la creación de una red de transporte compatible con las actuales redes plesiócronicas y con las futuras arquitecturas de red como la RDSI-BA. En la Tabla 1
La autoreferencia al marcador no es válida. La autoreferencia al marcador no es válida. Tabla se puede apreciar la jerarquía de señales y sus niveles de equivalencia:

Tabla 1: **¡Error! La autoreferencia al marcador no es válida.¡Error! La autoreferencia al marcador no es válida.**Tabla de la jerarquía de señales SDH/SONET

Estándar SONET	Estándar SDH	Tasa de línea (Mbps)
STS-1		51.84
STS-3	STM-1	155.52
STS-9	STM-3	466.56
STS-12	STM-4	622.08
STS-18	STM-6	933.12
STS-24	STM-8	1244.16
STS-36	STM-12	186.24
STS-48	STM-16	2488.32

5.4 Jerarquía del sistema

El sistema responde a una estructura de cuatro capas: la capa de trayecto, la capa de línea, la capa de sección y la capa fotónica. Véase la Tabla 2:

Tabla 2: Tabla representativa de las distintas capas del sistema

Descripción /Capas	Descripción general
Capa fotónica	Es la capa física. Incluye especificaciones sobre el tipo de fibra que debe ser utilizada, y detalles sobre los emisores ópticos como la potencia mínima requerida y la característica de dispersión, así como la sensibilidad necesaria en el receptor.
Capa de sección	En esta capa se crean las tramas

Descripción /Capas	Descripción general
	básicas SDH. Se convierten las señales eléctricas en fotónicas. También se tienen funciones de monitorización.
Capa de línea	Es la responsable de la sincronización, de la multiplexación de datos en las tramas SDH, así como de la protección y de las funciones de mantenimiento y de la conmutación
Capa de camino	Es la capa responsable del transporte extremo a extremo de los datos a la velocidad apropiada.

No todos los equipos necesitan implementar las cuatro capas. En un repetidor sólo son necesarias la capa de sección y la fotónica, y en los terminales que no extraen o insertan señales no es necesaria la capa de trayecto. Esto se aprecia en la Figura 1:

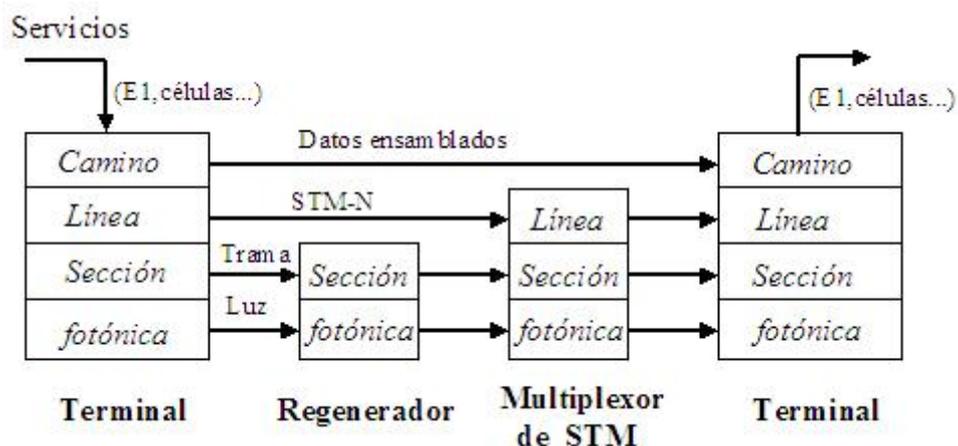


Figura 1: Jerarquía SDH

Para distancias cortas, el cable puede conectarse directamente entre dos unidades terminales, pero en el caso de distancias más largas hacen falta unidades de regeneración. Los regeneradores o repetidores aceptarán la señal digital de datos que le llega por la entrada, la regenera y repite uno a uno los bits regenerados por la salida. Los multiplexores y conmutadores pueden añadir y sacar canales de la línea. Por último el terminal receptor

recoge la señal cerrando así el circuito. Los datos que se envían se ensamblan en la capa de camino y no se desensamblan hasta que llegan a la capa de transporte del destino.

El SDH o SONET se ha introducido muy rápidamente debido a la agilidad en los procesos de estandarización. Existen tres tendencias de introducción de SDH/SONET, como aparecen en la Tabla 3:

Tabla 3: Representación de las tendencias de introducción de SDH/SONET

SDH/SONET / Tendencias	Descripción general
De abajo a arriba	Influida por la demanda de nuevos servicios en la zona del bucle del abonado
De arriba a abajo	Cubre la demanda de mayor capacidad de transmisión, conmutación de protección y flexibilidad.
Mixta	Es la tendencia que actúa a varios niveles simultáneamente. La ejercen los operadores que no tienen infraestructura previa y pretenden ofrecer servicios en competencia