

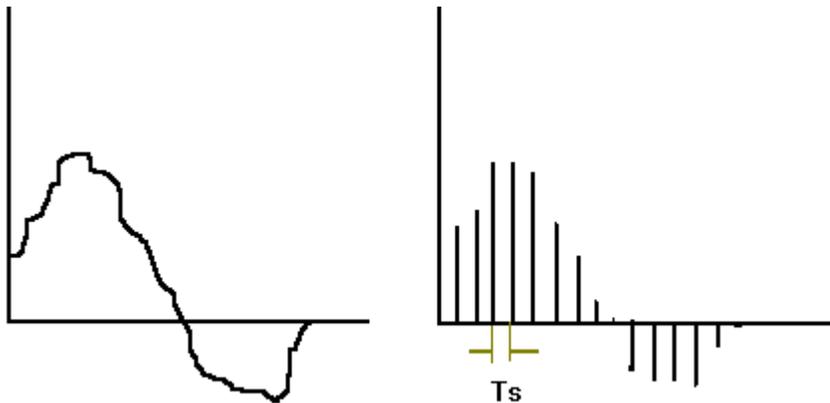
1 - INTRODUCCIÓN	2
1.1 Formación de la trama PCM30 (2Mb/s)	2
1.2 Estructura de la trama:	3
1.3 Señal de alineación de trama (F.A.S.):	3
2 - JERARQUIA DIGITAL PLESIOCRONA (PDH)	4
2.1 Definición	4
2.2 Conceptos básicos	4
2.3 Método de multiplexación	5
3 - JERARQUIA DIGITAL SINCRÓNICA (SDH)	6
3.1 Un poco de historia	6
3.2 - Definición de SDH:	6
3.3 - ¿Por qué SDH?	6
3.3.1-Altas velocidades de transmisión	7
3.3.2-Función simplificada de inserción/extracción.....	7
3.3.3-Alta disponibilidad y grandes posibilidades de ampliación	7
3.3.4-Fiabilidad.....	7
3.3.5-Plataforma a prueba de futuro	7
3.3.6-Interconexión.....	8
3.4-Componentes de una red síncrona	9
3.4.1-Regeneradores:	9
3.4.2-Multiplexores:	10
3.4.3-Multiplexores add/drop (ADM):	10
3.4.4-Transconectores digitales (DXC):	10
3.4.5-Gestión de los elementos de la red:	11
3.5-Característica principales de SDH	11
3.6-Trama STM-1	11
3.6-ANÁLISIS DE LOS OVERHEAD	13
Fig.5: Distintas secciones de la trama STM-1	13
3.6.1- Regenerator section overhead	14
3.6.2- Multiplexer section overhead	15
3.6.3 - Path overhead	16
3.7-Camino para formar una trama STM-1	17
3.7.1-Container C	18
3.7.2 Virtual Container	19
3.7.3-Unidad Administrativa	19
3.7.4-Grupo de Unidades Administrativas	20
3.7.5-Unidad Tributaria	20
3.7.6-Grupo de Unidades Tributarias	20
3.7.8-Punteros	20
3.8-Sincronización:	20
3.9-TMN en la red SDH:	21
3.10-Medidas en las redes SDH:.....	22
3.11-Recomendaciones de la ITU-T relativas a los sistemas SDH :	25

1 - INTRODUCCIÓN

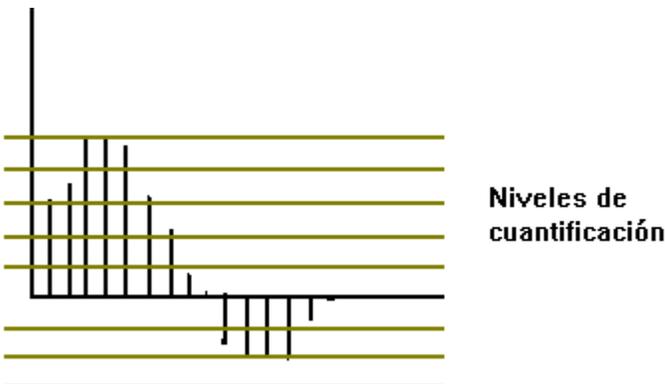
1.1 Formación de la trama PCM30 (2Mb/s)

El sistema de transmisión PCM30, permite transmitir simultaneamente 30 señales con distintas características, por medio de la transformación de cada una de ellas en un canal de 64 Kb/s cada uno, y luego combinar estos a partir de una multiplexión en tiempo, llegando así a 2048 Kb/s. A continuación se explica el procedimiento de formación de una PCM30.

La señal original luego de pasar por un filtro pasa bajos, se procede a muestrear. Debido a que el ancho de banda de una señal vocal no supera los 3,4 KHz, y ya que se debe cumplir el teorema de muestreo, es decir debe tomarse muestras a una frecuencia de el doble de la maxima presente, entonces se ha estipulado muestrear la sñal de voz a una frecuencia $f_s=8000$ Hz; es decir una muestra cada 125us. La grafica muestra la señal original y la señal muestreada.



Luego se procede a la cuantización de la señal muestreada la cual se efectua a partir de una ley de compansción conocida como ley μ . La misma consiste en dividir la señal en una cantidad de niveles fijos los cuales luego son codificados, cada uno con una palabra binaria de 8 bits como muestra la figura.



Cabe aclarar que el gráfico es meramente ilustrativo, ya que los niveles de cuantificación no siguen un espaciado lineal sino el correspondiente a la Ley μ . Estas palabras de 8bits (1 byte), luego cada byte correspondiente a una muestra de cada señal es codificada con NRZ, y luego las 30 señales son multiplexadas acomodando un byte por vez de cada una de las señales.

1.2 Estructura de la trama:

Por cada uno de los 30 circuitos telefónicos se transmiten en ambas direcciones 8.000 muestras por segundo en formas de palabras MIC (señales de carácter) de 8 bits. Es decir en un período de 125 us han de transmitirse 30 palabras MIC de 8 bits cada una. Además se transmiten otras dos señales de 8 bits: una para señalización y la otra, alternativamente para alineación de trama y señal de alarmas. Las 30 palabras MIC junto con las otras señales de 8 bits constituyen una trama. Las tramas se transmiten en sucesión directa.

La estructura de la trama, entonces, sería la siguiente:

F.A.	FK1	FK2	FK3		FK1	SK	FK1		FK3
S					5		6		1

El time slot 0 corresponde a la alineación de trama, y el time slot 16 (SK) corresponde a la señalización. El resto de los canales son canales de voz, en cada uno de estos time slot está contenida la palabra de 1byte, correspondiente a una muestra.

1.3 Señal de alineación de trama (F.A.S.):

Por el time slot 0, como se mencionó antes, viaja alternadamente la información que permite la alineación de la trama, y la que permite transmitir la información de las alarmas correspondientes a las posibles fallas existentes, estos bytes se muestran a continuación.

X	0	0	1	1	0	1	1
----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

BYTE DE ALINEACIÓN DE TRAMA

X: Reservado para uso internacional

X	1	D	N	Y	Y	Y	Y
----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

BYTE SEÑALIZADOR DE ALARMAS

X: Reservado para uso internacional

1 : Diferenciación de la señal de alineación de trama

D: Fijado internacionalmente para indicación de alarma urgente

N: Fijado para la transmisión de alarma no-urgente

2 - JERARQUIA DIGITAL PLESIOCRONA (PDH)

2.1 Definición

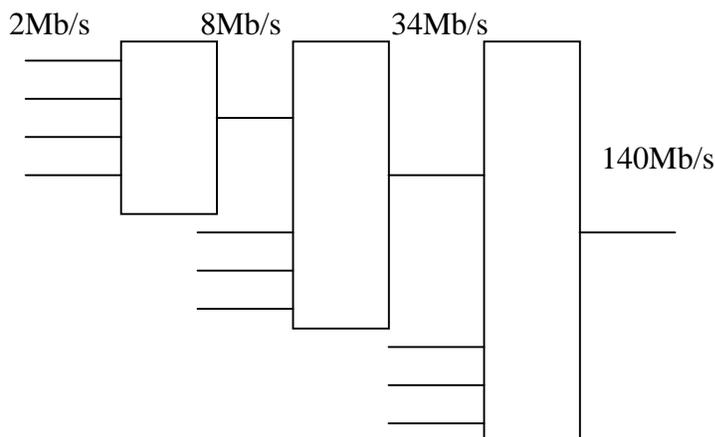
Las señales de datos que tienen el mismo rango de transmisión pero que son provenientes de diferentes fuentes, siempre tienen un desplazamiento mayor o menor del valor nominal de bit rate, estos tienen pequeñas variaciones entre ellos. Por otra parte, cada una de las señales es también sincrónica con las otras, es por ello que se ha llamado a este tipo de señales, señales plesio-crónicas.

2.2 Conceptos básicos

Antes del surgimiento de la jerarquía digital sincrónica (SDH), las transmisiones se hacían básicamente utilizando la jerarquía digital plesio-crona (PDH), la idea básica es la de hacer una serie de multiplexaciones de señales provenientes de fuentes distintas, para así formar una señal común con un bit rate superior, haciendo determinada cantidad de multiplexiones se van logrando las diferentes jerarquías propias de PDH. Dichas jerarquías, están estandarizadas, pero estos estándares no son iguales en todo el mundo, a continuación se detallan los estándares que han asumido los distintos orígenes.

<u>Europa</u>	<u>USA</u>	<u>Japón</u>
- 2 Mb/s	- 1.5 Mb/s	- 6 Mb/s
- 8 Mb/s	- 6 Mb/s	- 32 Mb/s
- 34 Mb/s	- 45 Mb/s	- 97 Mb/s
- 140 Mb/s		

A estas velocidades, por ejemplo en el caso de las europeas, se llega haciendo una serie de multiplexiones, las cuales se realizan tomando cuatro líneas de la jerarquía inmediata inferior, y multiplexando las mismas en tiempo se llega a la siguiente jerarquía. El siguiente gráfico muestra cómo se realizan las sucesivas multiplexiones hasta llegar a la jerarquía más alta que se encuentra estandarizada.



En la siguiente tabla se indican las características típicas de cada jerarquía.

Jerarquía	FUENTES	2Mb/s	8Mb/s	34Mb/s	140Mb/s
Estado	0	1	2	3	4
Canales de 64Kb/s	1	30	120	480	1920
Código	Binario	HDB3	HDB3	HDB3	CMI
Bit rate[Kb/s]	64	2048	8448	34368	139264

La FUENTE, podría ser por ejemplo un sistema PCM30, una central de conmutación digital, o cualquier dispositivo que cumpla con la norma.

Notese que el factor multiplicador es mayor que cuatro para los distintos bit rates, esto se debe a que para cada nivel de jerarquía son insertados algunos bits adicionales, destinados a la generación de la trama y también para llevar información adicional dentro de la misma.

2.3 Método de multiplexación

La multiplexión, en la jerarquía PDH, se realiza utilizando el método de entrelazado bit a bit. Esto quiere decir que la señal de entrada de un dado multiplexor aparecerá solamente cada 4 bits de la señal de salida del mismo.

En la multiplexión, habría que diferenciar dos casos:

- a) Las señales originales son sincrónicas, por ej tienen exactamente el mismo reloj.

Esto es válido para un sistema PCM30, donde el reloj de cada señal de 64Kb/s y de 2Mb/s son derivadas a partir del mismo reloj central. En este caso el proceso de multiplexión se reduce a una simple conversión paralelo- serie de las palabras codificadas de 8 bits.

- b) Las señales originales no son sincrónicas, por ej sus relojes provienen de distintos lugares. Esto es válido para la multiplexión de señales de salida originadas por varios sistemas PCM30 cuyos relojes son generados en cada uno de los sistemas en una forma autónoma. Aquí es necesario tomar medidas apropiadas con el fin de compensar las diferencias de relojes.

3 - JERARQUIA DIGITAL SINCRÓNICA (SDH)

3.1 Un poco de historia

En el año 1985 la empresa Bell Core, le hace una propuesta al ANSI de estandarizar las velocidades mayores a 140Mb/s, que hasta el momento eran propietarias de cada empresa.

En 1986, la Bell Core, y La AT&T, proponen al CCITT, posibles velocidades de transmisión para que las mismas sean estandarizadas, cada una de estas empresas propone diferentes velocidades transmisión posibles.

Recién en el año 1988 se produce la primera regulación de la Jerarquía Digital Sincrónica (JDS), o más conocida por sus siglas en la lengua inglesa Synchronous Digital Hierarchy (SDH). La CCITT saca entonces, en su “Serie azul”, las recomendaciones G707,G708 y G709 que constituyen la primera regulación de esta forma de transmisión.

Desde 1988 al día de hoy, han habido 6 modificaciones de las recomendaciones, estando vigente hoy en día solamente la recomendación G707, que es la que se utiliza actualmente.

3.2 - Definición de SDH:

SDH es un estándar para redes de telecomunicaciones de “alta velocidad, y alta capacidad” ;más específicamente es una jerarquía digital sincrónica.

Este es un sistema de transporte digital realizado para proveer una infraestructura de redes de telecomunicaciones más simple, económica y flexible.

Las viejas redes fueron desarrolladas en el tiempo en que las transmisiones punto a punto eran la principal aplicación de la red. Hoy en día los operadores de redes requieren una flexibilidad mucho mayor. El siguiente gráfico muestra la distribución de trama de un nodo de cross-conexión plesioacrónico.

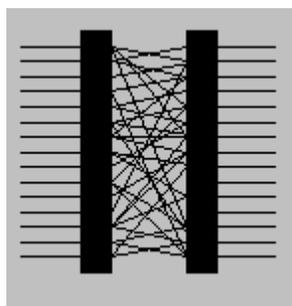


Fig.1: Estructura de una red PDH, punto a punto

3.3 - ¿Por qué SDH?

A partir de la introducción de la tecnología PCM hacia 1960, las redes de comunicaciones fueron pasando gradualmente a la tecnología digital en los años siguientes. Para poder soportar la demanda de mayores velocidades binarias surgió la jerarquía PDH. Pero como las velocidades de transmisión de esta jerarquía no son las mismas para EEUU y Japón que para Europa, las pasarelas entre redes de ambos tipos es compleja y costosa. Además si se tiene en cuenta que para poder llegar a un canal de 64Kb/s (canal de voz), habría que desarmar toda la

señal PDH, hasta llegar al mismo, es decir habría que poner una cadena de multiplexores y demultiplexores, con el incremento de costo que esto significa.

El objetivo de la jerarquía SDH, nacida en los años 80, era subsanar estas desventajas inherentes a los sistemas PDH, como así también normalizar las velocidades superiores a 140Mb/s que hasta el momento eran propietarias de cada compañía.

La tecnología SDH, ofrece a los proveedores de redes las siguientes ventajas:

3.3.1-Altas velocidades de transmisión

Los modernos sistemas SDH logran velocidades de 10 Gbit/s. SDH es la tecnología mas adecuada para los backbones, que son realmente las superautopistas de las redes de telecomunicaciones actuales.

3.3.2-Función simplificada de inserción/extracción

Comparado con los sistemas PDH tradicionales, ahora es mucho más fácil extraer o insertar canales de menor velocidad en las señales compuestas SDH de alta velocidad. Ya no hace falta demultiplexar y volver a multiplexar la estructura plesiócrona, procedimiento que en el mejor de los casos era complejo y costoso. Esto se debe a que en la jerarquía SDH todos los canales están perfectamente identificados por medio de una especie de “etiquetas” que hacen posible conocer exactamente la posición de los canales individuales.

3.3.3-Alta disponibilidad y grandes posibilidades de ampliación

La tecnología SDH permite a los proveedores de redes reaccionar rápida y fácilmente frente a las demandas de sus clientes. Por ejemplo, conmutar las líneas alquiladas es sólo cuestión de minutos. Empleando un sistema de gestión de redes de telecomunicaciones, el proveedor de la red puede usar elementos de redes estándar controlados y monitorizados desde un lugar centralizado.

3.3.4-Fiabilidad

Las modernas redes SDH incluyen varios mecanismos automáticos de protección y recuperación ante posibles fallos del sistema. Un problema en un enlace o en un elemento de la red no provoca el colapso de toda la red, lo que podría ser un desastre financiero para el proveedor. Estos circuitos de protección también se controlan mediante un sistema de gestión.

3.3.5-Plataforma a prueba de futuro

Hoy día, SDH es la plataforma ideal para multitud de servicios, desde la telefonía tradicional, las redes RDSI o la telefonía móvil hasta las comunicaciones de datos (LAN, WAN, etc.) y es igualmente adecuada para los servicios más recientes, como el video bajo demanda (VOD) o la transmisión de video digital vía ATM.

3.3.6-Interconexión

Con SDH es mucho más fácil crear pasarelas entre los distintos proveedores de redes y hacia los sistemas SONET. Las interfaces SDH están normalizadas, lo que simplifica las combinaciones de elementos de redes de diferentes fabricantes. La consecuencia inmediata es que los gastos en equipamiento son menores en los sistemas SDH que en los sistemas PDH.

El motor que genera toda esta evolución es la creciente demanda de más ancho de banda, mejor calidad de servicio y mayor fiabilidad, junto a la necesidad de reducir costos manteniendo la competitividad.

¿Cuál es el futuro de las redes de transporte? Se tiende hacia velocidades mayores, tal como en el sistema STM-64 (multiplexado por división en el tiempo, TDM de 10 Gbps), pero los costos de los elementos de ese tipo son aún muy elevados, lo que está retrasando el proceso. La alternativa es una técnica llamada DWDM (multiplexación densa por división de longitud de onda) que mejora el aprovechamiento de las fibras ópticas monomodo, utilizando varias longitudes de onda como portadoras de las señales digitales y transmitiéndolas simultáneamente por la fibra. Los sistemas actuales permiten transmitir 16 longitudes de onda, entre 1520 nm y 1580 nm, a través de una sola fibra. Se transmite un canal STM-16 por cada longitud de onda, lo que da una capacidad de unos 40 Gbit/s por fibra. Ya se ha anunciado la ampliación a 32, 64 e incluso 128 longitudes de onda.

Conectada al empleo del multiplexado DWDM se observa una tendencia hacia las redes en las que todos los elementos son ópticos. Ya existen en el mercado multiplexores add/drop (inserción/extracción) ópticos y se están realizando pruebas de dispositivos ópticos de transconexión (cross-connects). En términos del modelo de capas ISO-OS, este desarrollo significa básicamente la aparición de una capa DWDM, adicional debajo de la capa SDH. Probablemente pronto veremos velocidades binarias aún más elevadas gracias a la tecnología DWDM.

3.4-Componentes de una red síncrona

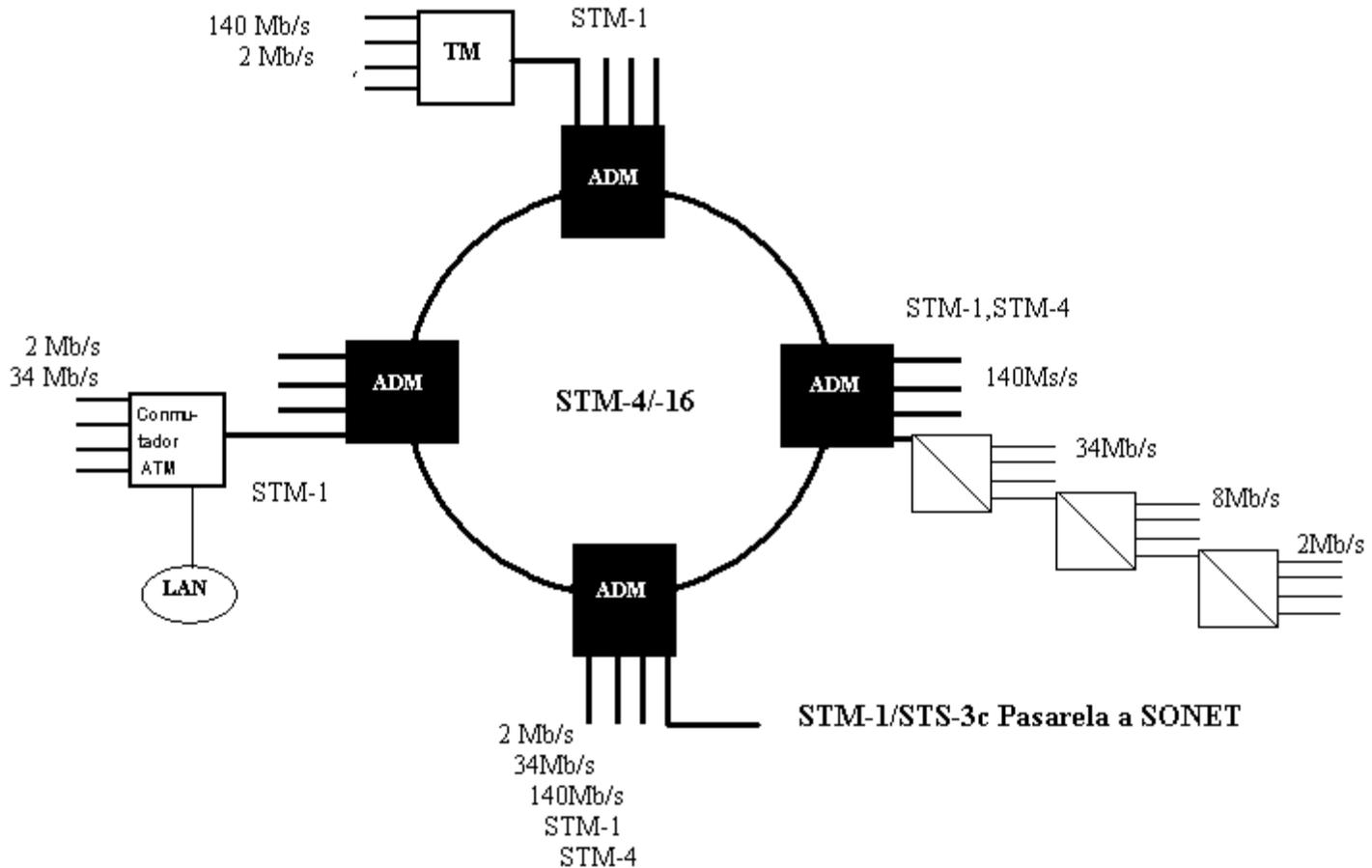


Figura 6. Diagrama esquemático de redes de comunicaciones híbridas

ADM: Multiplexor add/drop
 TM : Multiplexor terminal

La figura 6 es un diagrama esquemático de una estructura SDH en anillo con varias señales tributarias. La mezcla de varias aplicaciones diferentes es típica de los datos transportados por la red SDH. Las redes síncronas deben ser capaces de transmitir las señales plesiócronas y, al mismo tiempo, ser capaces de soportar servicios futuros como ATM. Todo ello requiere el empleo de distintos tipos de elementos de red. De ellos hablaremos en esta sección.

Las redes SDH actuales están formadas básicamente por cuatro tipos de elementos. La topología (estructura de malla o de anillo) depende de el proveedor de la red.

3.4.1-Regeneradores:

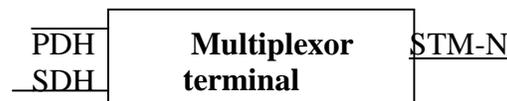
Como su nombre implica, los regeneradores se encargan de regenerar el reloj y la amplitud de las señales de datos entrantes que han sido atenuadas y distorsionadas por la dispersión y otros

factores. Obtienen sus señales de reloj del propio flujo de datos entrante. Los mensajes se reciben extrayendo varios canales de 64 kbit/s (por ejemplo, los canales de servicio E1, F1) de la cabecera RSOH. También es posible enviar mensajes utilizando esos canales.



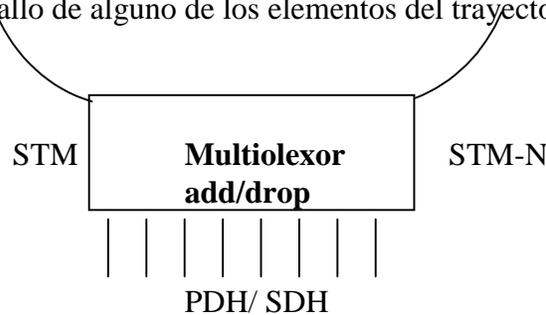
3.4.2-Multiplexores:

Se emplean para combinar las señales de entrada plesiócronas y terminales: síncronas en señales STM-N de mayor velocidad.



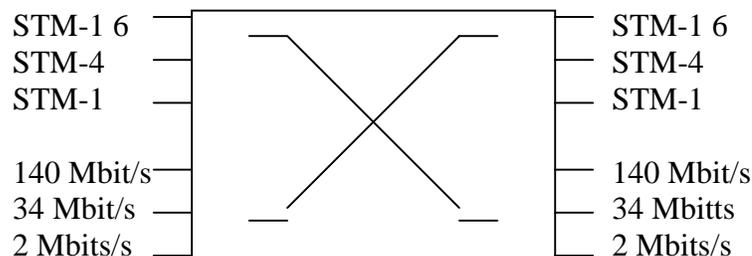
3.4.3-Multiplexores add/drop (ADM):

Permiten insertar (o extraer) señales plesiócronas y síncronas de menor velocidad binaria en el flujo de datos SDH de alta velocidad. Gracias a esta característica es posible configurar estructuras en anillo, que ofrecen la posibilidad de conmutar automáticamente a un trayecto de reserva en caso de fallo de alguno de los elementos del trayecto.



3.4.4-Transconectores digitales (DXC):

Este elemento de la red es el que más funciones tiene. Permite mapear las señales tributarias PDH en contenedores virtuales, así como conmutar múltiples contenedores, hasta VC-4 inclusive.



3.4.5-Gestión de los elementos de la red:

La red de gestión de las telecomunicaciones (TMN) se considera un elemento más de la red síncrona. Todos los elementos SDH mencionados hasta ahora se controlan por software, lo que significa que pueden monitorizarse y controlarse desde un lugar remoto, una de las ventajas más importantes de los sistemas SDH. La gestión de la red se describe con mayor detalle en el apartado "TMN en la red SDH".

La fibra óptica es el medio físico más habitual en las redes SDH. La ventaja de las fibras ópticas es que no son susceptibles a las interferencias y que pueden transportar las señales a velocidades muy elevadas (citadas anteriormente cuando hablamos del multiplexado DWDM). La desventaja es el costo relativamente alto de la fibra y su instalación. Las fibras monomodo son la opción preferida para la segunda y tercera ventana óptica (1310 y 1550 nm).

Otro método posible para transmitir las señales SDH es un radioenlace o un enlace por satélite, ambos particularmente adecuados para configurar rápidamente circuitos de transmisión, o para formar parte de redes de comunicaciones móviles o en terrenos difíciles. Las desventajas en este caso son el ancho de banda limitado (actualmente hasta STM-4) y la complejidad que plantea integrar esos trayectos en el sistema de gestión de la red.

3.5- Características principales de SDH

- Velocidad básica 155Mb/s (STM-1)
- Técnica de multiplexado a través de punteros
- Estructura modular: A partir de la velocidad básica se obtienen velocidades superiores multiplexando byte por byte varias señales STM-1. Las velocidades multiplexadas, a diferencia de PDH, son múltiplos enteros de la velocidad básica.
- A través del puntero, se puede acceder a cualquier canal de 2Mb/s.
- Posee gran cantidad de canales de overhead que son utilizados para supervisión, gestión, y control de la red.

3.6-Trama STM-1

La jerarquía STM-1 es la menor velocidad prevista para la transmisión a través de un enlace de SDH, es decir es la jerarquía básica.

La STM-1 tiene una estructura de trama que se conforma de 2430 bytes en serie, que por lo general se ilustra en forma de matriz para hacer más cómoda su representación, quedando entonces una estructura bidimensional de 9 reglones, con 270 bytes por reglón. Esta matriz debe ser recorrida en izquierda a derecha, y en sentido descendente, para así ir siguiendo la secuencia en serie.

Lo expuesto anteriormente se ilustra a través del siguiente gráfico.

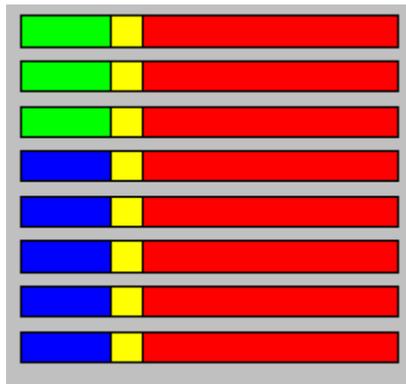


Fig.3: Representación matricial de la trama STM-1

La duración de transmisión de cada trama es de 125uS, la cual corresponde a una frecuencia de repetición de trama de 8000 Hz. La capacidad de transmisión de un byte individual es de 64Kb/s.

No hay que perder de vista que esta es solamente una representación, en realidad los bits van siguiendo una secuencia en serie, es decir cuando terminamos de recorrer una matriz, comenzaría la siguiente. La figura muestra esquemáticamente como se van transmitiendo las matrices.

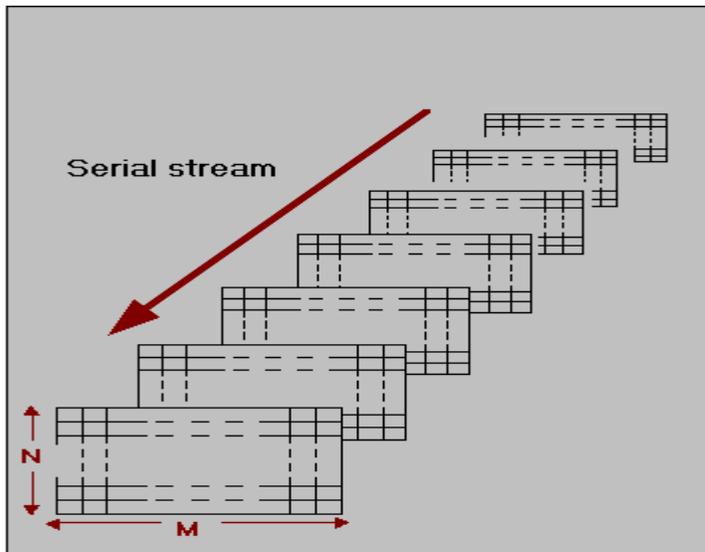


Fig.4: Transmisión de las sucesivas matrices

La STM-1 está conformada por tres bloques; La Section Over-Head (SOH), el puntero (PTR), y la señal útil o comúnmente llamada payload. Cada una de estas partes de la trama serán explicadas en la siguiente sección.

3.6-ANALISIS DE LOS OVERHEAD

Para los propósitos de la red de gestión y mantenimiento, la red de SDH puede ser descrita en función de tres diferentes sectores dentro de la red. Estas son la Multiplexer section overhead (MSOH), Regenerator section overhead (RSOH), y Path over head (POH). En el siguiente gráfico, se muestran las diferentes secciones dentro de la trama de SDH.

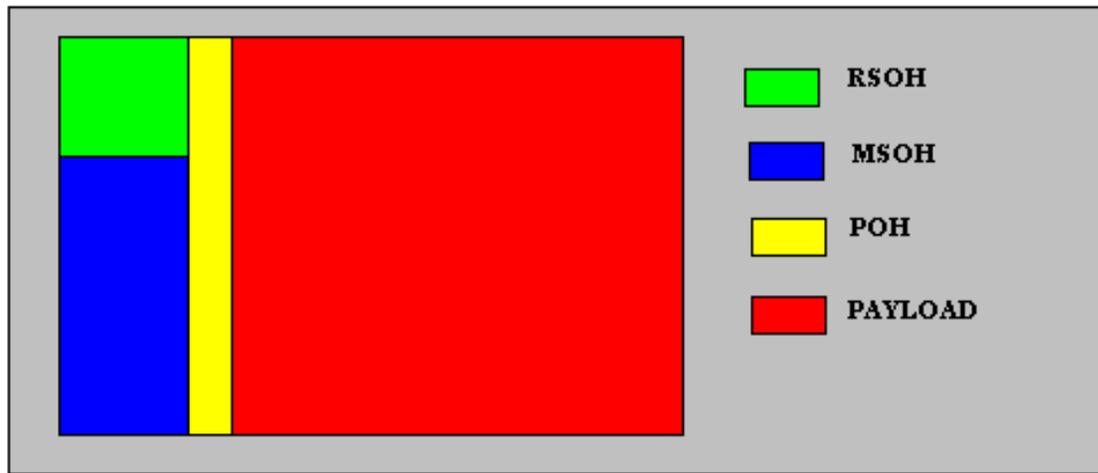


Fig.5: Distintas secciones de la trama STM-1

A continuación se explica en forma más detallada las funciones básicas, y se muestra en gráficos el mapa de bytes de cada una de la partes del SOH anteriormente mencionadas.

3.6.1-Regenerator section overhead

Esta sección está destinada a transferir información entre los elementos regeneradores. Es decir estos regeneradores tendrán acceso a la información que viene en los bytes del ROH, la sección regeneradora contiene una estructura de 12 bytes.

Las funciones básicas de esta sección son las siguientes:

- Chequeo de paridad
- Alineación de la trama
- Identificación de la STM-1
- Canales destinados a los usuarios (sin fines específicos)
- Canales de comunicación de datos
- Canales de comunicación de voz

El siguiente gráfico muestra con más claridad la correspondiente sección y su área de injerencia.

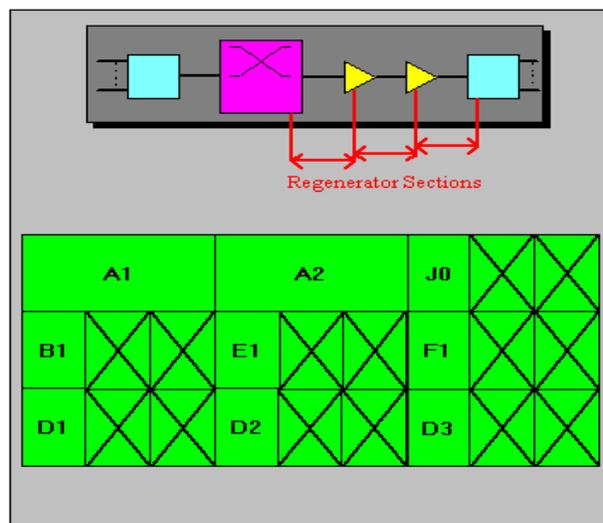


Fig.6:Regeneretor Section Over Head

3.6.2- Multiplexer section overhead

esta sección provee las funciones necesarias para monitorear y transmitir datos de la red de gestión entre elementos de red. Las funciones básicas de esta sección son las siguientes:

- Chequeo de paridad
- Punteros del payload
- Conmutación automática a la protección
- Canales de comunicación de datos
- Canales de comunicación de voz

La siguiente gráfica representa esta área del SOH.

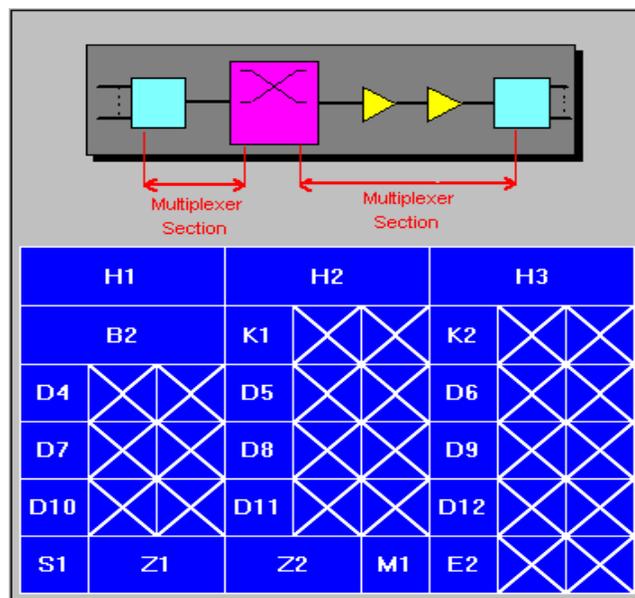


Fig.7: Multiplexer Section Over Head

3.6.3 - Path overhead

Esta sección esta construida por nueve bytes, los cuales ocupan la primer columna de la STM-1, los mismos están destinados a manejar toda la información concerniente al camino por el cuál circulará la comunicación. Las funciones básicas de esta sección son las siguientes:

- Mensajes de la trayectoria de camino
- Chequeo de paridad
- Estructura del virtual container
- Alarmas e información de performance
- Indicación de multitrama para las unidades tributarias
- Conmutación por protección de camino

La siguiente gráfica muestra lo antes expuesto.

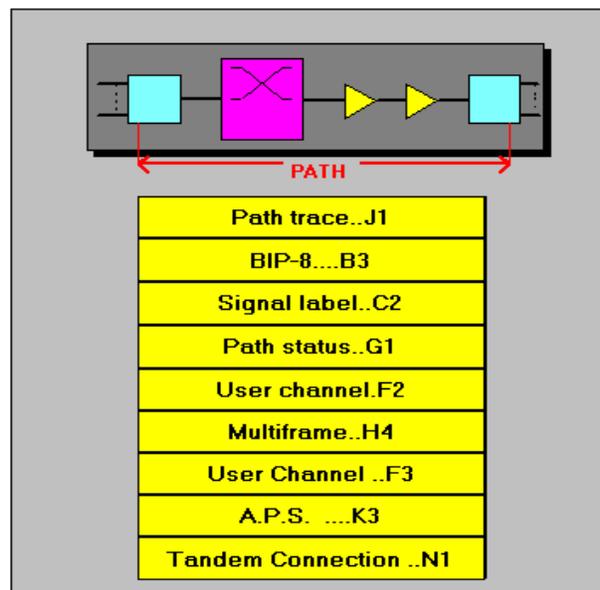


Fig.8: Path Over Head

3.7-Camino para formar una trama STM-1

Una señal STM-1 puede ser formada a partir de algunas de las jerarquías PDH solamente, se eligieron cuatro velocidades tratando así de que por lo menos alguna de las jerarquías que cada país tenía, tenga cabida dentro de la trama STM-1.

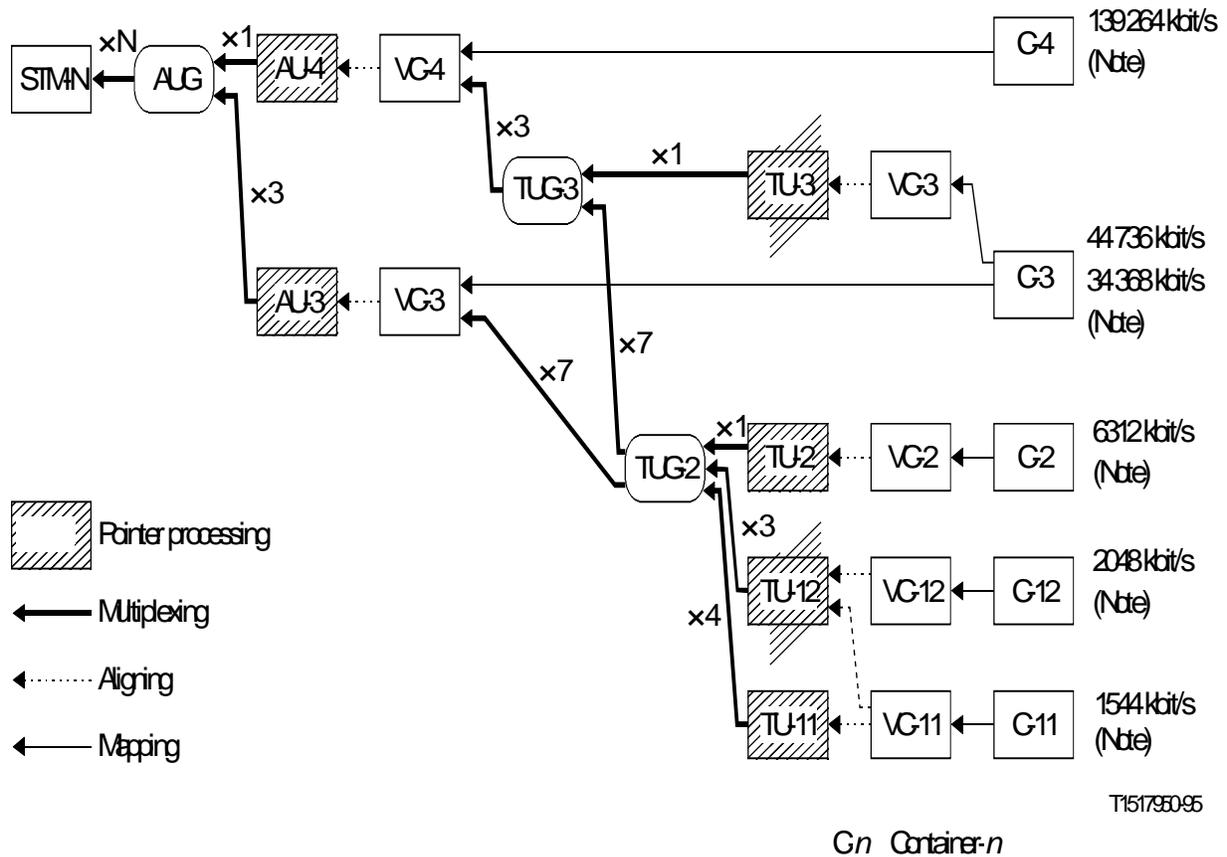


Fig.9: Mapeo de las distintas jerarquías PDH

El gráfico anterior muestra el mapeo que se hace para llegar de una señal PDH tradicional a una señal básica de SDH, es decir a una trama STM-1.

Tomando como ejemplo la velocidad de 2Mb/s se ve que tomando 3 TU (Unidades Tributarias), se forma un TUG2 (Grupo de Unidades Tributarias de orden 2), agrupando 7 TUG, se forma una AU3 (Unidad Administrativa de orden 3), y por ultimo agrupando 3 AU3, se forma una AUG (Grupo de Unidades Tributarias), a la cuál agregándole el SOH, forma la trama STM-1.

A medida que se va armando la trama se van agregando al payload, los diferentes identificadores y canales de overhead. Se podría pensar la trama como si tuviera una estructura de cascarón, es decir que cada etapa va sumando una capa a este cascarón imaginativo.

El siguiente gráfico muestra como se llega a una STM-1 desde una señal PDH de 140Mb/s.

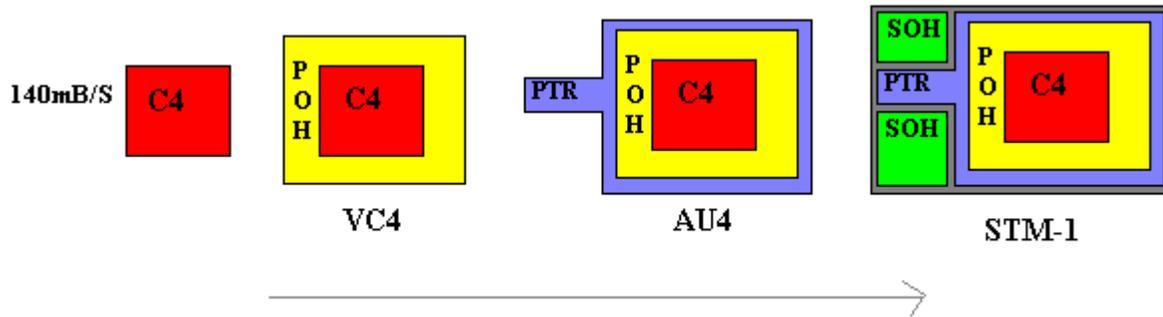


Fig.10: Formación de la trama STM-1, a partir de la señal PDH de jerarquía E4

Hay que tener tres ecuaciones básicas que ayudan a recordar en que pasos se van agregando los sucesivos encabezados de trama, a continuación se expresan las mismas.

- $C + POH = VC$
- $VC + PTR = TU$
- $AU + SOH = STM-1$

A continuación se explica con más detalle cada una de estas etapas.

3.7.1-Container C

Toda información útil, ya sea plesiócrona o síncrona, se coloca en containers antes de ser transmitida en una STM-1.

Por container C se entiende una capacidad de transmisión definida y síncrona a la red. El tamaño de los containers se indica en Bytes, esta cantidad de bytes se pone a disposición como capacidad de transmisión en containers cada 125 us. Los tamaños de los containers establecidos corresponden a las señales plesiócronas actuales. En la siguiente tabla se distinguen los siguientes tamaños de containers.

DENOMINACIÓN	Señal_a Transmitir
C-11	1544Kb/s
C-12	2048Kb/s
C-2	6312Kb/s
C-3	44736Kb/s
ó	34368Kb/s
C-4	139364Kb/s

La información útil debe caber en estos containers, por lo tanto en las señales, esto se logra mediante un relleno de bits y bytes, para el cual se emplea tanto el procedimiento de relleno puramente positivo como el de relleno negativo-cero-positivo.

El container contiene:

- a) Información útil (por ej la señal PDH)
- b) Bytes y bits de relleno fijos (fixed stuffing) para la adaptación del reloj. Estos rellenos, son siempre Bytes (bits) sin información para adaptar la velocidad PDH aproximadamente a la velocidad del container, que suele ser mayor. La adaptación mas precisa se efectúa por medio de bits rellenables individuales.
- c) Bits rellenables para la adaptación precisa del reloj. Según sea necesario, estos bits pueden usarse como bits de información útil o bien como bits de relleno.
- d) Bits de relleno para comunicar al destinatario si el bit rellenable tiene información útil o es simplemente de relleno, permitiendo así al destinatario saber si debe tener en cuenta los bits de relleno o debe descartarlos.

3.7.2 Virtual Container

A cada container C se le agrega un Encabezado de camino (POH), luego el container junto con el POH correspondiente forman lo que se denomina Virtual Container (VC), y se transporta como unidad inalterada a través de una ruta interconectada en la red.

El POH consiste en informaciones que sirven para transportar de manera confiable el container desde el origen hasta el destino. El POH se agrega al formar el VC al principio de la ruta y se evalúa solo al final de ésta, en el momento que se descompone el container, entonces el POH contiene información para supervisión y mantenimiento de una ruta interconectada en la red.

Un VC puede (según el tamaño) transmitirse en una trama STM-1 o bien, depositarse en un VC mayor, el cuál se transporta luego directamente en la STM-1.

Se hace una distinción entre VC de orden superior (HO Higher Order), y VC de orden inferior (Lower Order). Se conocen como LO aquellos que se transmiten en containers “más grandes”. Los VC11, VC12, VC 2, son del tipo LOVC. El VC 3 es un LOVC cuando es transmitido en un VC4. Los HO son aquellos que se transmiten directamente en la trama STM-1, por ej el VC4 e un HOVC, esto es valido también para el VC3 que se transmite directamente en la trama STM-1.

3.7.3-Unidad Administrativa

Los virtual containers VC4 y VC3, son transmitidos directamente en la trama STM-1, en este caso los pointers bloque PTR AU) incorporados en la trama STM-1 contiene la relación de fase entre la trama y el virtual container respectivo. La parte de la trama dentro de la cuál puede deslizarse el VC se denomina “Unidad Administrativa”, también el puntero denominado PTR AU, forma parte de la AU. En los primero 9 bytes del cuarto renglón de la trama STM-1 están contenidos 3 punteros de 3 bytes cada uno.

Se debe hacer una distinción entre las AU4 y AU3. En la trama STM-1 pueden transmitirse, 1 x AU4, o bien 3 x AU3. Vale la pena aclarar que la transmisión del VC3 puede efectuarse directamente (AU3), en la STM-1 o indirectamente, en un AU4, por lo cual se depositan 3 VC dentro de un VC4.

3.7.4-Grupo de Unidades Administrativas

Varias AU pueden agruparse, o sea multiplexarse, por bytes para formar el llamado grupo AU (AUG). El grupo AUG es una unidad con sincronía de trama que corresponde al STM-1 sin la SOH. Agregando la SOH –STM1 al AUG se obtiene un STM-1. Un grupo AUG puede constar entonces, de 1 x AU4 ó de 3 x AU3.

3.7.5-Unidad Tributaria

Todos los VC's, excepto el VC4, pueden transmitirse dentro de la STM-1, depositados dentro de un VC más grande. El VC "menor" puede, por regla general, tener deslizamientos de fase dentro del VC "mayor" (de orden superior), a tal efecto el VC de orden superior debe tener incorporado un puntero que reduzca la relación de fase entre ambos VC's. Por Unidad Tributaria TU, se entiende la parte del container de orden superior dentro del cual puede deslizarse el LOVC incorporado, más el puntero correspondiente (PTR-TU). Se pueden distinguir las siguientes TU: TU11, TU12, TU2, y TU3.

3.7.6-Grupo de Unidades Tributarias

Antes de ser depositadas en un container de orden superior, las TU se agrupan, es decir, se concatenan por bytes, y los grupos resultantes se denominan TUG (Grupo de Unidades Tributarias). Se han definido los siguientes TUG: TUG2 y TUG3.

3.7.8-Punteros

Es oportuno hacer un comentario especial a cerca de los punteros. En las señales SDH es condición fundamental que antes de proceder a la multiplexación se efectúe la alineación de los punteros. Esto no significa que la señal sea retrasada ya que esto no es posible, hay que tener en cuenta que la información contenida en el payload es información que debe ser transmitida en tiempo real, lo que se hace entonces, es cambiar el contenido del puntero reacomodando la posición a la cual debe apuntar (posición donde empieza el payload). Es decir que el payload tiene cierta libertad para deslizarse dentro del VC, siempre siendo apuntado por el puntero correspondiente.

3.8-Sincronización:

Como ya sabemos, SDH significa jerarquía digital síncrona y es muy importante que sea realmente síncrona. Si no se garantiza la sincronización puede producirse una degradación considerable en las funciones de la red e incluso el fallo total de la red. Para evitarlo todos los elementos de la red están sincronizados respecto a un reloj central, generado mediante un reloj de referencia primario (PRC) de alta precisión conforme a la Recomendación G.811 de la UIT-T, que especifica una precisión de 1×10^{-11} . Esta señal de reloj debe distribuirse por toda la red. Para ello se recurre a una estructura jerárquica, siendo las unidades de sincronización (SSU) y los relojes de equipos síncronos (SEC) quienes transfieren la señal. Las señales de sincronización circulan por los mismos circuitos que las comunicaciones SDH.

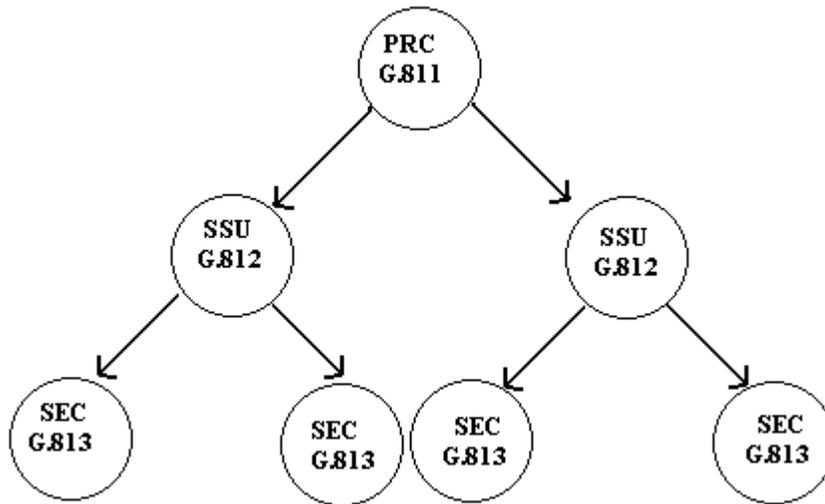


Figura.11: Estructura jerárquica de la distribución de la señal de reloj

La señal de reloj se regenera en las SSU y en los SEC con la ayuda de bucles enganchados en fase (PLL). Si falla la fuente de reloj, el elemento afectado conmuta a otra fuente de reloj de igual o menor calidad o, si esto no fuera posible, pasa al modo de "holdover". En esta situación, la señal de reloj se mantiene relativamente precisa controlando el oscilador aplicando valores de corrección de frecuencia almacenados durante las últimas horas y teniendo en cuenta la temperatura del oscilador. Deben evitarse a toda costa las "islas de reloj" ya que, con el transcurso del tiempo, podrían llevar a la pérdida del sincronismo y al fallo total de la red. Tales islas se evitan comunicando los elementos de la red con la ayuda de mensajes de estado de sincronización (SSM, parte del byte S1). El SSM informa al elemento vecino sobre el estado de la fuente de reloj utilizada para generar la señal por este recibido y es parte de la cabecera de sección de multiplexación.

Las pasarelas entre redes con fuentes de reloj independientes plantean algunos problemas especiales. Los elementos de redes SDH pueden compensar desplazamientos de reloj hasta ciertos límites mediante operaciones con punteros. La actividad de los punteros es un buen indicador de los problemas con la fuente de reloj.

3.9-TMN en la red SDH:

El principio de la tecnología TMN (red de gestión de telecomunicaciones) se estableció en 1989 con la publicación de la Recomendación M.3010 del CCITT (ahora UIT-T). Sus funciones se resumen en la expresión "operaciones, administración, mantenimiento y aprovisionamiento" (OAM&P), lo que incluye entre otras cosas monitorizar las prestaciones de la red y comprobar los mensajes de error. Para ofrecer esas funciones, el modelo TMN utiliza técnicas orientadas a objetos basados en el modelo de referencia OSI. El modelo TMN incluye un gestor y varios agentes que a su vez controlan

varios objetos gestionados (MO). El gestor está incluido en el sistema operativo (OS) que forma el "centro de control" total o parcial de la red. En las redes SDH, los agentes está situados en elementos de la red (NE) tales como conmutadores, etc. Un objeto gestionado puede ser una unidad física (una tarjeta modular, una sección de multiplexación, etc.) o un elemento lógico (por ejemplo, una conexión virtual).

El modelo TMN también distingue entre unidades de gestión lógicas. Por ejemplo, una unidad de gestión opera a nivel de red, controlando los elementos individuales. Otra opera a nivel de servicio, para monitorizar los cargos facturados.

En las redes de telecomunicaciones modernas para todas estas tareas se utiliza el protocolo CMIP (protocolo común de información de gestión). Otro protocolo mencionado a menudo en este contexto es el SNMP (protocolo simple de gestión de red) que es básicamente una forma simplificada del CMIP. El SNMP se emplea principalmente en las comunicaciones de datos no siendo adecuado para las exigencias de las grandes redes de telecomunicaciones. La interfaz Q3, que es donde se produce el intercambio de datos entre el gestor y el agente, es el punto de referencia para el protocolo CMIP. El CMIP también se usa en aquellas situaciones en las que se conectan varias TMN o sus gestores vía la interfaz X.

Dado que el intercambio de información TMN no suele requerir grandes cantidades de datos, la capacidad de los canales de control insertados (ECC) o la de los canales de comunicación de datos (DCC) es suficiente para la gestión de redes SDH. Para la gestión de elementos específicos de las redes SDH se aprovechan los canales D1 a D3 con una capacidad de 192 kbit/s (DCCp). Los canales D4 a D1 2 con una capacidad de 576 kbit/s (DCCM) pueden utilizarse para propósitos no específicos de las redes SDH.

Para distinguir la implementación en los canales de datos de la cabecera de sección (SOH) de la interfaz Q, se emplea el término "protocolo QECC". Las redes de ese tipo se denominan SMN (redes de gestión SDH) y se encargan de la gestión de los elementos de la red. Las SMN pueden a su vez dividirse en subredes (SMS).

3.10-Medidas en las redes SDH:

¿Por qué hacen falta procedimientos de medida independiente para las redes SDH controladas por TMN? ¿Es posible hacerlo incluso sin equipos de medida? Aunque la normalización efectuada por distintos organismos (UIT, ETSI, ANSI, Bellcore) debiera garantizar el funcionamiento sin errores de todos los elementos de la red, siguen surgiendo problemas sobre todo cuando se combinan elementos de redes de distintos fabricantes. Tampoco son infrecuentes los problemas de transmisión en las pasarelas que conectan redes de operadores diferentes. Las funciones de medida integradas en el sistema proporcionan una idea vaga sobre el origen del problema. Es mucho más aconsejable emplear equipos de medida independientes, y más aún cuando se trata de monitorizar canales individuales, ya que proporcionan mucha más información de interés para solucionar el problema. Las únicas áreas que están cubiertas tanto por los procedimientos de gestión de red como por los procedimientos de medida son los análisis a largo plazo y la monitorización del sistema.

Los equipos de medida independientes tienen muchas aplicaciones más en investigación y desarrollo, producción e instalación. Estas áreas requieren instrumentos de medida con especificaciones muy diversas.

Por ejemplo, fijémonos en la producción y en la instalación. Los fabricantes de sistemas configuran sus elementos de red (o redes enteras) en función de las necesidades de sus clientes y utilizan técnicas de medida específicas para comprobar que todo funciona como debiera. A continuación, instalan los equipos al cliente y los ponen en servicio. En esta etapa es imprescindible utilizar instrumentación de medida adecuada para eliminar los fallos que pudieran haber surgido durante la producción e instalación, y para verificar el funcionamiento de la red. Tales equipos de medida han de ser portátiles, robustos y capaces de efectuar secuencias de medidas que permitan reproducir de forma fiable y rápida los resultados obtenidos y llevar a cabo análisis a largo plazo.

Otro ejemplo, los proveedores de redes. Las principales aplicaciones de los instrumentos de medida en este caso son el mantenimiento y la reparación de averías. El proceso continuo de optimización de la red también tiene mucha importancia. De nuevo, los equipos de medida han de ser portátiles, tener un precio razonable, ser adecuados para las medidas en servicio y fuera de servicio, y ser capaces de presentar los resultados de forma clara y comprensible. En términos generales, los equipos de medida SDH deben ofrecer las funciones siguientes:

- Análisis de mapeado
- Alineamiento de interfaces de puertos
- Medidas con señales de prueba estructuradas
- Medidas en multiplexores add/drop
- Medidas de retardo
- Prueba de los dispositivos de conmutación automática de protección (APS)
- Simulación de la actividad de los punteros
- Medidas SDH durante, el servicio
 - Análisis de alarmas
 - Monitorización de identificadores de tramas
 - Análisis de punteros
 - Comprobación de los sensores integrados en el sistema
 - Inserción y extracción de canales
 - Comprobación de la sincronización de la red
 - Medidas en la interfaz TMN M.21 00
- Control de calidad según G.821, G.826 y
- Análisis de jitter y wander

En los párrafos siguientes comentamos con más detalle algunas de estas medidas.

Pruebas de sensores:

Estas medidas se realizan para comprobar la reacción de los componentes del sistema frente a defectos y anomalías. Las anomalías son fallos como los errores de paridad. Los defectos causan la interrupción del servicio. Por ejemplo, ante una alarma LOS (pérdida de señal)

el elemento de la red debe reaccionar enviando una señal AIS (señal de indicación de alarma) a los elementos siguientes de la red y devolviendo una señal RDI (indicación de defecto remoto).

Medida del tiempo de respuesta APS:

Cuando se produce un fallo en las redes SDH se activa un mecanismo especial de protección. El enlace defectuoso se reencamina automáticamente a través de un circuito de reserva. Esta función por ejemplo, se controla mediante los bytes K1 y K2 de la cabecera. La conmutación a la línea de protección debe efectuarse en menos de 50 ms. Para comprobar que la conmutación se efectúa correctamente y no tarda más de lo debido hay que emplear equipos de medida externos. Estos equipos miden el tiempo de respuesta (es decir, la pérdida de un patrón de test específico o el disparo de una alarma preestablecida) cuando se interrumpe intencionadamente la conexión. La medida es muy importante, ya que un excesivo retardo en la respuesta puede ocasionar una considerable degradación de las prestaciones de la red e incluso el fallo total de ésta con grandes perjuicios económicos para el proveedor de la red.

3.11-Recomendaciones de la ITU-T relativas a los sistemas SDH :

- G.703: Características físicas/eléctricas de las interfaces digitales jerárquicas
- G.707: Interfaz de nodo de red para la jerarquía digital síncrona (SDH)
- G.772: Puntos de supervisión protegidos de los sistemas de transmisión digital
- G.774: Modelo de información de gestión de la jerarquía digital síncrona desde el punto de vista de los elementos de red
 - G.774.01: Supervisión de la calidad de funcionamiento de la jerarquía digital síncrona desde el punto de vista de los elementos de red
 - G.774.02: Configuración de la estructura de cabida útil de la jerarquía digital síncrona desde el punto de vista de los elementos de red
 - G.774.03: Gestión de la protección de secciones de multiplexión de la jerarquía digital síncrona desde el punto de vista de los elementos de red
 - G.774.04: Gestión de la protección de conexiones de subred de la jerarquía digital síncrona desde el punto de vista de los elementos de red
 - G.774.05: Gestión en la jerarquía digital síncrona de la funcionalidad de supervisión de la conexión de orden superior e inferior desde el punto de vista de los elementos de red
- G.780: Vocabulario de términos para redes y equipos de la jerarquía digital síncrona
- G.783: Características de los bloques funcionales de los equipos de la jerarquía digital síncrona (sustituye a la versión 01/94 de G.781, G-782 y G.783)
- G.784: Gestión de la jerarquía digital síncrona
- G.803: Arquitectura de redes de transporte basadas en la jerarquía digital síncrona
- G.810: Definiciones y terminología para las redes de sincronización
- G.81 1: Requisitos de temporización en las salidas de relojes de referencia primarios adecuados para la explotación plesiócrona de enlaces digitales internacionales
- G.813: Características de temporización de los relojes subordinados de los equipos de la jerarquía digital síncrona (SEC)
- G.825: Control de la fluctuación de fase y de la fluctuación lenta de fase en las redes digitales basadas en la jerarquía digital síncrona

- G.826: Parámetros y objetivos de características de error para trayectos digitales internacionales de velocidad binaria constante que funcionen a la velocidad primaria o a velocidades superiores
- G.831: Capacidades de gestión de las redes de transporte basadas en la jerarquía digital síncrona
- G.832: Transporte de elementos SDH en redes PDH
- G.841: Tipos y características de las arquitecturas de protección de las redes SDH
- G.842: Interfuncionamiento de las arquitecturas de protección de las redes SDH
- G.957: Interfaces ópticas para equipos y sistemas relacionados con la jerarquía digital síncrona
- G.958: Sistemas de líneas digitales basados en la jerarquía digital síncrona para su uso en cables de fibra óptica
- M.21 01: Límites de calidad de funcionamiento para la puesta en servicio y el mantenimiento de trayectos y secciones multiplex de la jerarquía digital síncrona
- M.21 1 0: Puesta en servicio de trayectos, secciones y sistemas internacionales de transmisión
- M.2120: Detección y localización de fallos en trayectos, secciones y sistemas de transmisión digital
- 0.150: Requisitos generales para la instrumentación de mediciones de la calidad de funcionamiento de equipos de transmisión digital
- 0.17s: Equipos de medida de la fluctuación de fase y de la fluctuación lenta de fase para sistemas digitales basados en la jerarquía digital síncrona
- 0.181: Equipo de medición para determinar la característica de error en las interfaces de módulo de transporte síncrono de nivel N