

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



**ESTRUCTURA, MAPEO Y MULTIPLEXACION DE LA
JERARQUIA DIGITAL SINCRONA SDH**

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRONICO

PRESENTADO POR:

JOSE CARLOS PERALTA ZEGARRA

**PROMOCIÓN
2003 - I**

**LIMA – PERÚ
2007**

ESTRUCTURA, MAPEO Y MULTIPLEXACION DE LA JERARQUIA DIGITAL SINCRONA SDH

Dedico este trabajo a:

***Mis padres, a quienes debo esta
carrera, y mi hermano, por su
constante apoyo.***

SUMARIO

El presente trabajo pretende desarrollar los conceptos generales de la estructura, mapeo y multiplexación de la tecnología SDH.

Exponer los principios y tecnologías de la estructura de las redes SDH. Primeramente se cubrirán los acápites correspondientes a la estructura de las diferentes tramas STM-n. Además, se explicara las diferentes formas de mapeo y multiplexación de señales de diferentes velocidades.

ÍNDICE

PRÓLOGO	1
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	2
1.1 Tecnología SDH	2
1.2 Recomendaciones sobre la SDH	6
1.3 Redes SDH	7
1.3.1 Estructuras de las Redes SDH	7
1.3.2 Redes mixtas SDH y PDH	8
1.3.3 Elementos de las Redes SDH	9
CAPÍTULO II	
LA ESTRUCTURA DEL SDH	11
2.1 Entidad del Encabezado	11
2.2 Estructura Básica de Multiplexacion	12
2.3 Multiplexación de altos Ordenes	14
2.4 Estructura de trama STM-1	15
2.5 Sección de Encabezamiento de STM-1 (SOH)	17
2.6 Sección de Encabezamiento de STM-n (SOH)	19
2.7 Encabezamiento de Trayectoria de Alto Orden (Path Overhead)	20
2.8 Encabezamiento de Trayectoria de Bajo Orden (Path Overhead)	22

2.9 Supervisión de la Calidad de Transmisión	23
2.10 Señales de Mantenimiento	24
2.11 Punteros	26
2.11.1 Punteros del AU-4	27
2.11.2 Punteros de Incremento y Decremento en el AU-4	28
2.11.3 Trazado de Punteros en AU-4	30
2.11.4 Otras aplicaciones del Puntero	32
CAPÍTULO III	
MAPEO Y MULTIPLEXACION	33
3.1 Multiplexacion TUG-3, TUG-2	33
3.2 Mapeo de señales de 140 Mbps	36
3.3 Mapeo de señales de 34 Mbps	37
3.4 Mapeo de señales de 2 Mbps	38
3.4.1 Mapeo de señales de 2 Mbps: Asincronos y Byte-sincrono, flotante	40
3.4.2 Mapeo de señales de 2 Mbps: Byte-sincrono, locked (enganchado)	42
3.5 Concatenacion	42
3.5.1 Estructura de Trama STM-4c	43
a) Concatenacion de las AU-4	43
b) Concatenacion de las AU-4 contiguas	43
CONCLUSIONES	45
ANEXO A	46
ANEXO B	51
ANEXO C	55
ANEXO D	57

ANEXO E	60
ANEXO F	63
BIBLIOGRAFÍA	67

PRÓLOGO

Desde su origen, el hombre es un ser sociable, que se relaciona con sus semejantes mediante mensajes, que le han permitido establecer y organizar sus entornos natural y social, así como su cultura. Los hombres aprendieron a valerse de los gestos y la palabra para comunicarse entre si.

Con la escritura, se posibilita la comunicación a distancia y por esta vía nos han llegado las informaciones cultural e histórica. A los largo de la historia de la humanidad se han ido perfeccionando los sistemas de comunicación, lo que ha permitido la integración de las personas en comunidades, de estas en naciones y de ellas, en ultimo termino, en la sociedad universal.

Estamos asistiendo a una aceleración marcada del proceso de cambio tecnológico, participación intensa en el ámbito de las tecnologías de la información y las comunicaciones.

El desarrollo que caracteriza al sector de las telecomunicaciones es fiel reflejo del gran adelanto que produce el progreso técnico. Este fuerte crecimiento se da en un sector complejo en el que se combinan aspectos diversos que ponen en relieve su carácter estratégico. Por una parte, los servicios de telecomunicaciones constituyen un punto crucial para el desarrollo de la actividad económica de un país en condiciones de competencia, por otra parte, las telecomunicaciones son una herramienta básica para conseguir el desarrollo social y territorial de un país, hoy en día, la equidad social pasa por asegurar la igualdad de oportunidades para todos los ciudadanos y no cabe duda de que las telecomunicaciones juegan en este sentido un papel clave.

CAPÍTULO I

INTRODUCCION

1.1 Tecnología SDH

La comunicación siempre ha sido una parte muy importante de la vida humana. A lo largo del tiempo, a medida que se ha desarrollado la tecnología, el hombre ha creado métodos de comunicación cada vez más sofisticados. Las Invenciones del teléfono y del telégrafo en el siglo antepasado fueron avances importantes ya que estas nuevas tecnologías permitieron la comunicación directa entre personas que se encontraban muy alejadas, lo que hizo de las telecomunicaciones una realidad.

En este siglo, las tecnologías de telecomunicación han mejorado de forma continuada, especialmente en el área de la transmisión de datos. Esta aplicación de la red de telecomunicaciones ha requerido un mayor ancho de banda a medida que las unidades de procesamiento de datos se han hecho cada vez más sofisticadas y potentes.

Los sistemas de transmisión digital han proporcionado un aumento sostenido del ancho de banda a lo largo de las dos últimas décadas. Cuando la tecnología permitió la transmisión a velocidades más altas, pudo disponerse de mayor ancho de banda.

Estos sistemas digitales estaban basados en la tecnología disponible en el momento en que comenzó este desarrollo y el resultado fue la jerarquía digital plesiócrona (PDH) [1].

Se definieron recomendaciones para velocidades más altas en el sistema PDH a medida que fue desarrollándose la tecnología de transmisión y se incorporaron velocidades más altas como puntos adicionales a las recomendaciones existentes para sistemas a velocidades más bajas. Esto resultó satisfactorio durante cierto tiempo, ya que estos tipos de sistemas eran adecuados para las aplicaciones, considerando el coste de los sistemas.

Sin embargo, se han producido varios desarrollos en los últimos años, han surgido nuevas demandas de características de transmisión, se ha hecho tecnológicamente posible conseguir un ancho de banda mayor, mientras que el coste, en relación con la capacidad de transmisión ha disminuído.

Como consecuencia de todo esto se ha definido un nuevo Sistema adecuado para las nuevas necesidades: La jerarquía digital síncrona (SDH). En comparación con los sistemas PDH, este sistema presenta una serie de ventajas:

La SDH es síncrona. Todos los elementos de una red SDH utilizan un solo reloj como referencia y las recomendaciones para la SDH están basadas en este principio.

La SDH proporciona una multiplexión más sencilla. La señal SDH tiene incorporadas señales de nivel más bajo (es decir, las velocidades de las señales son menores), como en los sistemas PDH actuales. No obstante el nivel SDH más bajo puede identificarse desde el nivel más alto. Esto hace que la inserción y extracción de canales incorporados de tráfico en el sistema SDH resulte mucho más sencilla que en los sistemas PDH.

La SDH proporciona una norma óptica que permite. La combinación de equipos de distintos proveedores en el mismo sistema de transmisión.

La SDH está preparada para la tecnología de transmisión del futuro Según se pondrá de manifiesto en esta nota técnica, la definición del sistema para sistemas de transmisión a velocidades mas altas es muy directa.

La SDH puede introducirse en redes existentes. Los Sistemas PDH existentes pueden incorporarse a los sistemas SDH y transportarse en forma transparente. a través de estos.

La SDH permite la combinación de los Sistemas PDH existentes europeos (ETSI) y norteamericanos (ANSI). Por ejemplo, el mismo sistema SDH puede transportar tanto señales PDH norteamericanas a 1,5 Mbt/sg, como señales PDH europeas a 2 Mbt/sg.

La SDH está preparada para las aplicaciones futuras. Las recomendaciones para la SDH se han centrado fundamentalmente en el transporte de señales PDH existentes y de señales del modo de transferencia asíncrono (ATM) futuras, pero las definiciones están abiertas para la inclusión de otras aplicaciones futuras como la televisión de alta definición (HDTV) y las redes de área metropolitana (MAN).

La SDH proporciona canales para gestión de Redes. Los canales de datos para el funcionamiento y mantenimiento de la red SDH están incorporados en la propia señal SDH y por tanto están disponibles en los elementos de la red SDH.

A La SDH permite el control centralizado de la red. Esto se consigue gracias a los canales de gestión de la señal SDH ya las recomendaciones establecidas para los elementos de la red SDH.

Una de las aplicaciones en las que la SDH representa una gran-ventaja sobre los sistemas PDH existentes, se encuentra en el área de la Interconexión (cross-Connection). La interconexión se utiliza cuando dos sistemas de transmisión se cruzan mutuamente y hay necesidad de transferir algunos canales incorporados a velocidades más bajas entre los dos sistemas. Si la interconexión se hace con la tecnología PDH una señal entrante tiene que demultiplexarse por completo hasta el nivel al que tiene lugar la transferencia de canales. Se demultiplexan todos los canales, incluso los que no se transfieren (véase la figura 1.1). En los sistemas SDH es posible identificar la fracción de la señal que tiene que interconectarse.

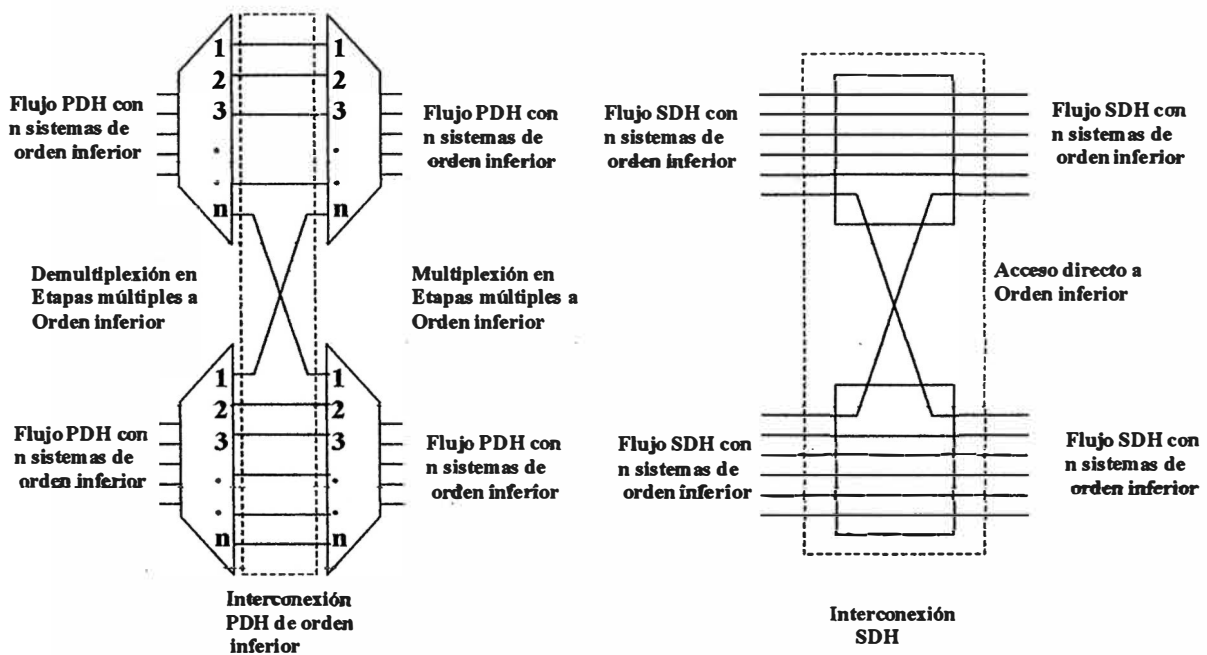


Figura 1.1 Interconexión en la PDH y SDH

La estructura de las señales PDH y SDH pueden representarse como una caja (véase la figura 1.2). En ambos casos, la caja consta de una cierta cabecera más un cierto número de ranuras cada una de las cuales contiene una señal de orden inferior. La señal de orden inferior tiene la misma estructura: Una caja con una cierta cabecera y un cierto número de ranuras para señales de orden inferior. Esta estructura puede repetirse hasta las señales de orden inferior contienen canales de tráfico de voz. La cabecera del orden más alto contendrá un patrón de alineamiento de tramas, tanto en la PDH como en la SDH. que

permitirá al receptor de la señal encontrar el comienzo la caja. Cuando se encuentre este comienzo, también se habrán encontrado las ranuras correspondientes a los órdenes inferiores.

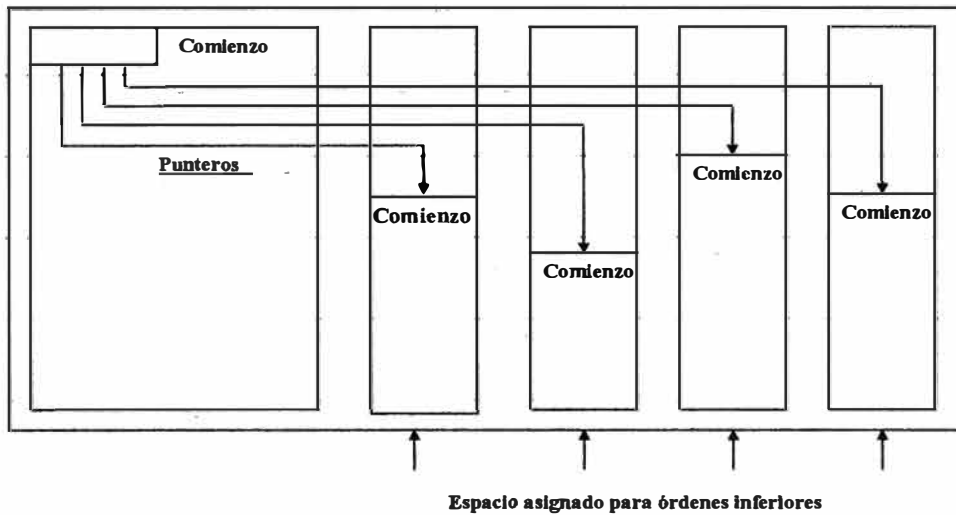
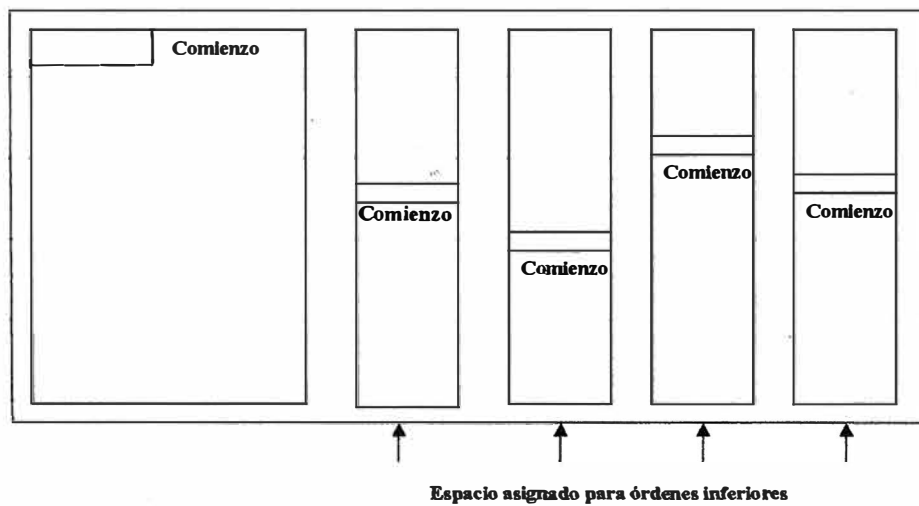


Figura 1.2 Acceso a órdenes inferiores en SDH



Palabra de alineamiento de trama

Figura 1.3 Acceso a órdenes inferiores en PDH

Los niveles de la señal PDH no están sincronizados. Por tanto, es necesario buscar en la señal de orden inferior para encontrar un patrón de bits que pueda identificar el comienzo de la caja de orden inferior. Los niveles de la señal SDH están sincronizados. Esto permite que la señal SDH de nivel más alto transporte información sobre el comienzo de las señales SDH de niveles inferiores. Por tanto una vez identificado comienzo de la caja de nivel más alto también queda identificado el comienzo de las cajas de niveles inferiores.

1.2 Recomendaciones sobre la SDH

El sistema SDH está definido por la ITU-T (anteriormente, el CCITT) en varias recomendaciones [2].

Recomendaciones sobre la estructura básica y las señales eléctricas:

G.702 Velocidades de transmisión de la jerarquía digital.

G.703 Características físicas y eléctricas de las interfaces digitales jerárquicas.

G.707 Velocidades de transmisión de la jerarquía digital síncrona.

G.708 Interfaces red-nodo para la jerarquía digital síncrona.

G.709 Estructura de multiplexión síncrona.

Recomendaciones para elementos de redes SDH

G.781 Estructura de las recomendaciones sobre equipos de multiplexión para la jerarquía digital síncrona (SDH).

G.782 Tipos y características generales de los equipos de multiplexión de la jerarquía digital síncrona (SDH)

G.783 Características de los bloques funcionales de los equipos de multiplexión de la jerarquía digital síncrona (SDH)

G.784 Gestión de la jerarquía digital síncrona (SDH)

Recomendaciones sobre las estructuras de redes SDH

G.803 Arquitecturas de redes de transporte basados en la jerarquía digital síncrona (SDH)

Recomendaciones sobre jitter y wander

G.823 -El control del jitter y del wander dentro de redes digitales que estén basadas en la jerarquía a-2048 kbít/s.

G.825 El control del jitter y del wander dentro de redes digitales que estén basadas en la jerarquía digital síncrona (SDH).

Recomendaciones sobre las estructuras de redes SDH

G.826 Parámetros de errores de funcionamiento y objetivos para rutas internacionales digitales a velocidades de transmisión constantes, a la velocidad primaria o por encima de la misma.

Recomendaciones sobre la red de gestión de telecomunicaciones (TMN)

M.30 Principios para una red de gestión de tele comunicaciones (TMN)

G.773 Secuencias de protocolos para interfaces Q para gestión de sistemas de transmisión.

Recomendaciones regionales

Las recomendaciones mencionadas en este capítulo son creadas por la ITU-T para que se utilicen en todo el mundo. Los organismos de normalización regionales han definido subconjuntos o variantes del sistema para que se utilicen en las regiones respectivas. En Europa, se ocupa de hacer esto el ETSI (Instituto de Estandarización de las telecomunicaciones Europeas), mientras que el ANSI (American National Standards Institute) define las normas SDH para Norteamérica.

La descripción detallada de los capítulos que siguen se ocupa fundamentalmente del subconjunto de recomendaciones sobre la SDH-definido por el ETSI.

1.3 Redes SDH

1.3.1 Estructuras de las redes SDH

Hasta hoy, se han definido tres niveles de señales SDH [3]. El nivel y la velocidad de transmisión de datos se indican en la tabla siguiente:

Tabla 1.1: Nivel SDH y Velocidad de Transmisión de Datos

Nivel SDH	Velocidad de Transmisión de Datos
STM 1	155520 kbit/sg
STM 4	622080 kbit/sg
STM 16	2488320 kbit/sg

STM-n significa módulo de transporte síncrono nivel n. Identifica el nivel de la señal SDH. En la red se utilizarán estas velocidades de transmisión dependiendo del ancho de banda requerido. Típicamente el núcleo (o columna vertebral) de una red tendrá enlaces punto a punto a la velocidad de transmisión más alta disponible (por ejemplo, STM-16). A nivel regional, líneas punto a punto o anillos SDH proporcionarán la distribución de las señales SDH dentro de una región. Al nivel mas bajo (el nivel local), pueden implantarse estructuras en anillo. En la red local en anillo multiplexores de inserción y extracción proporcionarán a los clientes las facilidades de transmisión requeridas.

En el futuro, aparecerán velocidades de transmisión todavía más altas. El STM-64 a 9953280 está definido a este respecto.

1.3.2 Redes Mixtas SDH y PDH

Los sistemas SDH y PDH se utilizarán Conjuntamente durante mucho tiempo en las redes. Una combinación típica serán los sistemas SDH con STM-16 a alta velocidad transportando señales PDH a 140 Mbit/sg con la estructura múltiplex normal de la PDH. También se espera que se produzca la conexión de islas de SDH a través de una red PDH. Estas redes mixtas no proporcionarán todos los servicios de un "verdadero" sistema SDH pero, no obstante, proporcionarán mejoras en comparación con las redes PDH "puras" existentes.

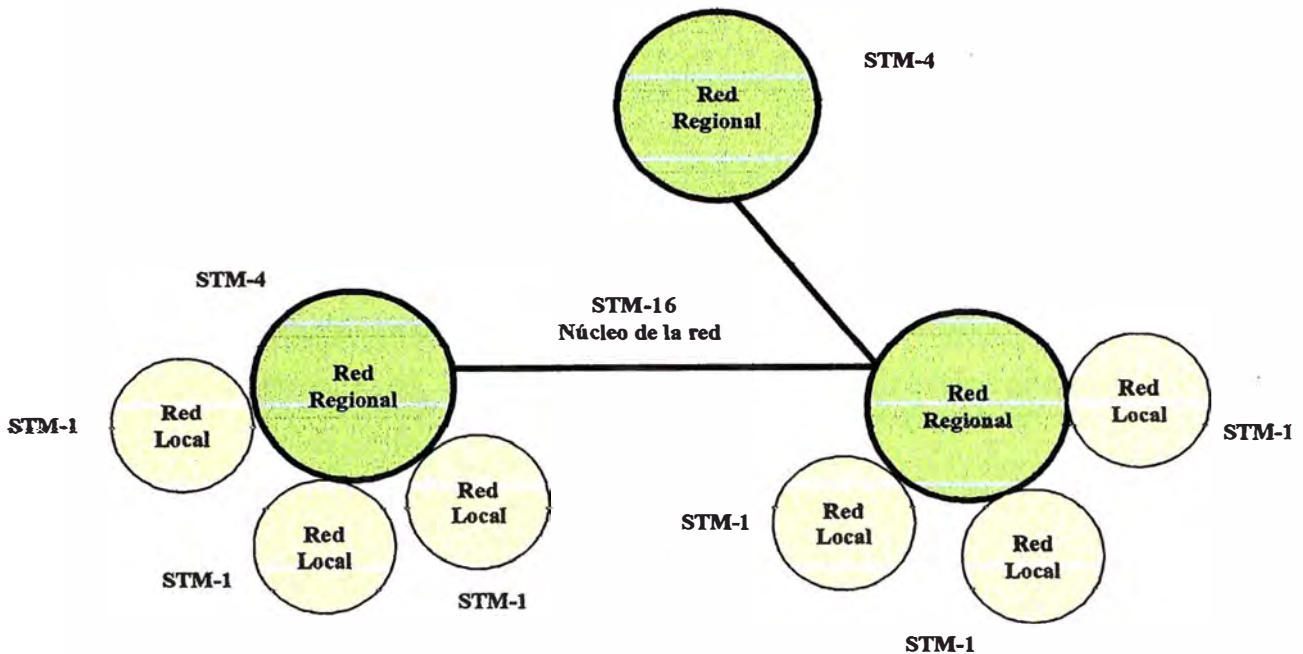


Figura 1.4 Uso típico de velocidades de transmisión en SDH

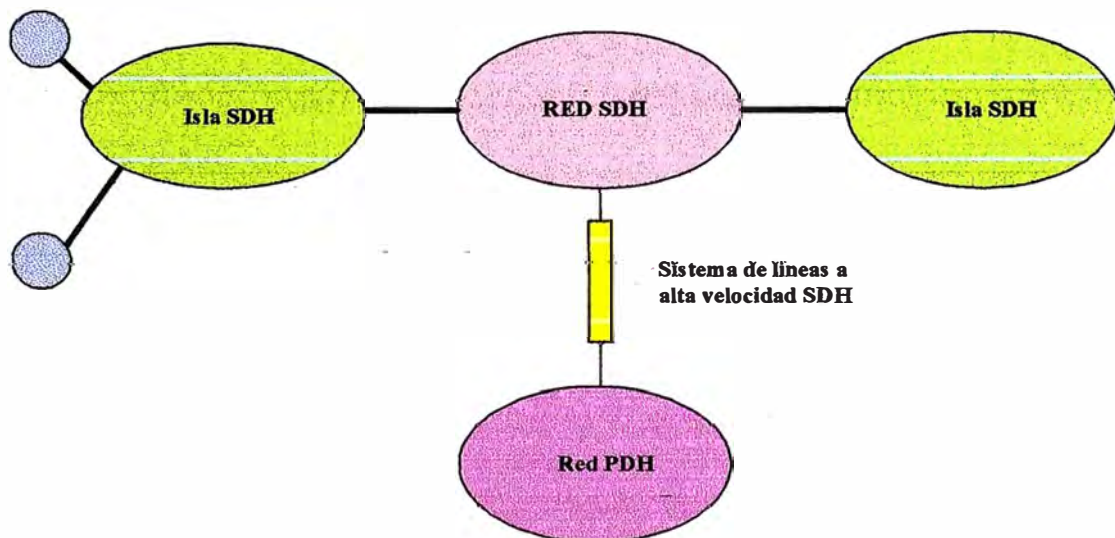


Figura 1.5 Redes Mixtas PDH y SDH

1.3.3 Elementos de la red SDH

Para la SDH se han identificado diversos elementos de red (NE) [4]:

- Cross-Connection digital síncrona (SDXC). La SDXC permite la conmutación de líneas de transmisión con distintas velocidades de transmisión. Una SDXC puede conectar y desconectar señales de orden inferior.

- Multiplexor de inserción y extracción (ADM). El ADM permite la inserción y extracción de señales de orden inferior, por ejemplo, una señal a 2 Mbit/sg.
- Multiplexores síncronos (MUX).

Los multiplexores síncronos pueden funcionar como interfaz entre señales PDH y señales SDH y entre señales SDH múltiplex de orden inferior y señales SDH de orden superior. Un MUX será una parte de las SDCX y de los ADM.

- Regeneradores síncronos (REG). Restablecen la señal de línea entrante. Además de los regeneradores PDH, los regeneradores síncronos supervisarán también la calidad de transmisión de la línea.

Todos los elementos de red (NE) anteriores son accesibles a través de la red de gestión de telecomunicaciones (TMN) para la operación y mantenimiento del propio NE y de la red completa. Los NE se ilustran en la figura 1.6.

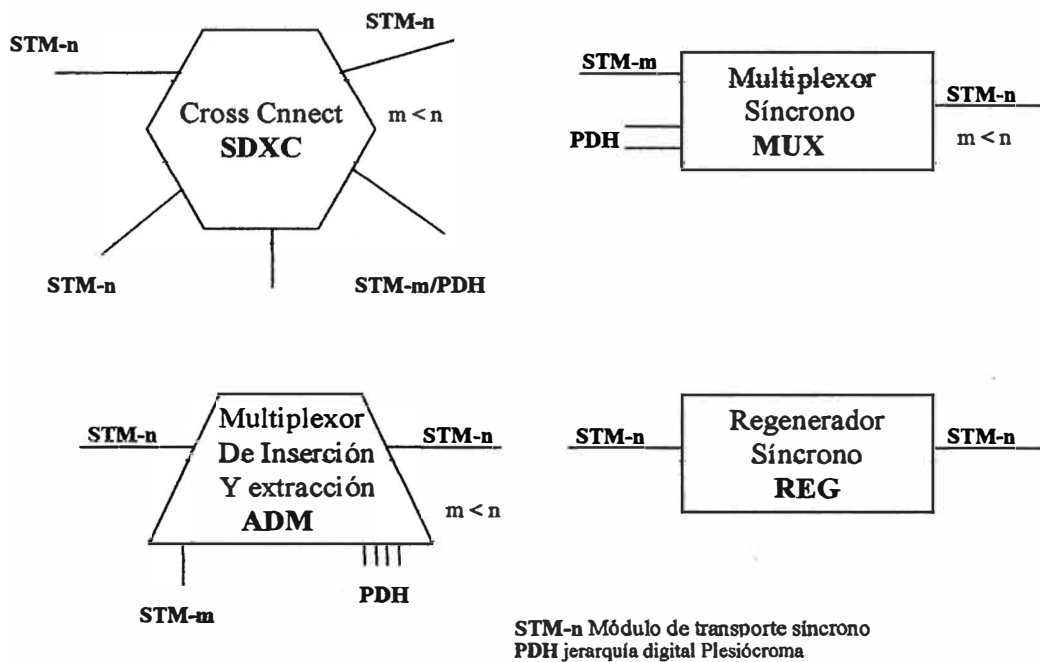


Figura 1.6 Elementos de la red SDH

CAPÍTULO II

ESTRUCTURA DEL SDH

El sistema SDH se compone de cierto número de secciones individuales. Cuando está conectado, proporciona una ruta para la transmisión. La información a la velocidad de transmisión de datos de 2048 kbit/sg se carga en el sistema y se saca del mismo en los puntos de acceso a la ruta de orden inferior. El punto de acceso a la ruta de orden inferior proporciona acceso a la ruta de orden inferior a través de la red SDH. Cierta número de rutas de orden inferior se multiplexan juntas para pasar a una ruta de orden superior y ambos niveles de rutas proporcionan una conexión de extremo a extremo entre los dos puntos de acceso a la ruta. Las líneas físicas terminan en los multiplexores, que pueden ser multiplexores autónomos o multiplexores que formen parte de sistemas de multiplexores de inserción y extracción, o de Sistemas de Cross-Connection digital síncrona. Entre los multiplexores pueden colocarse regeneradores para asegurar que el nivel de la señal no descenderá nunca por debajo de los límites definidos en las especificaciones. El sistema SDH define el tramo entre multiplexores como una sección múltiplex y el tramo entre regeneradores (o entre un multiplexor y un regenerador) como una sección de regenerador.

2.1 Entidad del encabezado

Para cada ruta y sección, el sistema SDH incluye también facilidades de supervisión y gestión. Esto se refleja en adiciones a la señal transportada. Cada ruta y sección llevan una cabecera que utiliza el sistema para las funciones de gestión y supervisión.

La figura 2.1 ilustra los elementos básicos funcionales utilizados por el sistema SDH para el transporte de información.

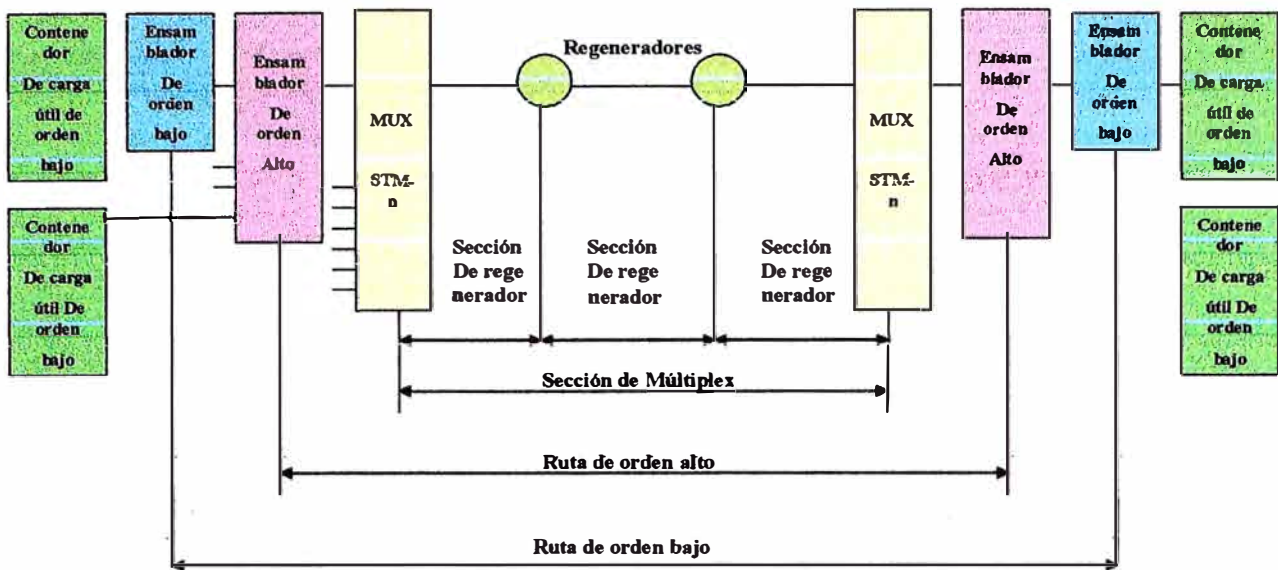


Figura 2.1 Entidades de cabecera SDH

El sistema proporciona cabecera para las funciones de supervisión y mantenimiento para:

1. Todas las secciones de regeneración
2. Todas las secciones de multiplex
3. La ruta de orden alto (extremo a extremo)
4. La ruta de orden bajo (extremo a extremo)

2.2 Estructura Basica de Multiplexación

La estructura básica de multiplexión en la tecnología SDH es la de empaquetar bits de distintas velocidades de transmisión de datos en bloques de bits de distinto tamaño para que puedan ser almacenados y transmitidos hacia el extremo final como se muestra en la figura 2.2.

Las velocidades de transmisión de datos para la entrada en el sistema de transporte SDH son:

- 1544 kbit/sg
- 2048 kbit/sg
- 34368 kbit/sg
- 44736 kbit/sg
- 139264 kbit/sg

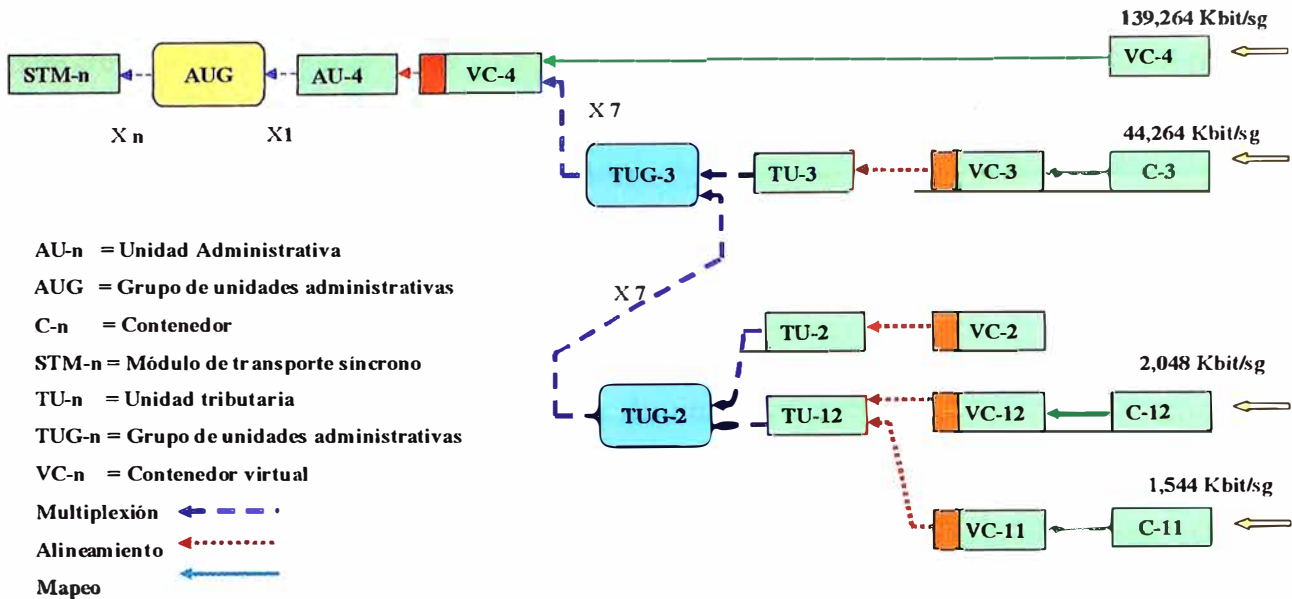


Figura 2.2 Estructura básica de multiplexión en la tecnología SDH

Donde el diagrama de bloques consta de los elementos siguientes:

C-n Los contenedores en los que se colocan las señales de entrada. Para unos contenedores dados, se definen reglas para la adaptación (mapeo) para las velocidades de transmisión de datos de entrada en la estructura SDH. En particular; los contenedores proporcionan justificación para las señales PDH (de forma similar a lo que se ha implantado en la PDH). La justificación compensa las desviaciones de frecuencia permitidas entre el sistema SDH y la señal PDH.

El dígito n define el nivel del contenedor y se refiere al nivel de la velocidad de la señal PDH que se adapta al contenedor. El nivel más bajo está subdividido en dos (C-11 y C-12), ya que se utilizan distintos contenedores y mapeos para los sistemas de primer orden norteamericanos (1544 kbit/sg) y europeos (2048 kbit/sg).

VC-n El contenedor virtual añade funciones para supervisión y mantenimiento (cabecera) de las rutas de extremo a extremo a un contenedor o grupos de unidades tributarias. Los contenedores virtuales transportan información de extremo a extremo entre dos puntos de acceso a ruta, a través del sistema SDH.

El dígito n se refiere al nivel del contenedor que se corresponde directamente con el contenedor virtual.

TU-n Las unidades tributarias añaden punteros a los contenedores virtuales. Un puntero permite que el sistema SDH compense diferencias de fase dentro de la red SDH. También es posible compensar las desviaciones de frecuencia entre redes SDH.

El dígito n se refiere al nivel del contenedor Virtual que corresponde directamente con la unidad tributaria.

TUG-n Un grupo de unidades tributarias define un grupo de unidades tributarias que se multiplexan conjuntamente. El dígito n se refiere al nivel de la unidad tributaria que se corresponde directamente con el grupo de unidades tributarias, es decir, cuando no se necesita multiplexión.

AU-n La unidad administrativa añade punteros a los contenedores virtuales (similar a lo que ocurre con las unidades tributarias).

AUG El grupo de unidades administrativas define un grupo de unidades administrativas que se multiplexan conjuntamente para formar un sistema SDH de primer orden. En la estructura de multiplexión del ETSI, el AUG es idéntico a la única unidad administrativa que está definida. Las recomendaciones originales de la ITU-T definen dos tipos de AU, uno de los cuales requiere su multiplexión en el AUG.

STM-n El módulo de transporte síncrono añade funciones para la supervisión y mantenimiento (cabecera de sección SOH) de las secciones de regeneradores y multiplexores a cierto número de grupos de unidades administrativas. El módulo de transporte síncrono es la señal que se transmite por la línea SDH.

El dígito n define el orden del módulo de transporte síncrono. En la estructura de multiplexión del ETSI, n es también el número de AUG que se transportan en el módulo.

La cabecera, los punteros y el mapeo se explican con mayor detalle mas adelante.

2.3 Multiplexacion de altos ordenes

Las velocidades de transmisión para los órdenes superiores de la SDH son múltiplos de la velocidad de transmisión del primer orden. Puesto que la velocidad de transmisión del primer orden es de 155520 kbit/sg, la velocidad de un STM-n será de $n * 155520$ kbit/sg. En principio, n puede ser cualquier valor entero, pero la ITU-T recomienda actualmente que se utilicen en las redes SDH los órdenes 1, 4 y 16. Las velocidades de transmisión de datos correspondientes son las que se muestran en la tabla siguiente:

Tabla 2.1 Nivel SDH Y Velocidad de Transmisión de Datos

Nivel SDH	Velocidad de Transmisión de Datos
STM 1	155520 kbit/sg
STM 4	622080 kbit/sg
STM 16	2488320 kbit/sg

La recomendación para la SDH define cómo una señal SDH de orden n (STM-n) se multiplexa a partir de n señales SDH de primer orden (STM-1). El método utilizado se denomina entrelazado por bytes. Define la estructura de orden enésimo por bytes, tomando como base la definición del primer orden. Esto se ilustra en la figura 2.3.

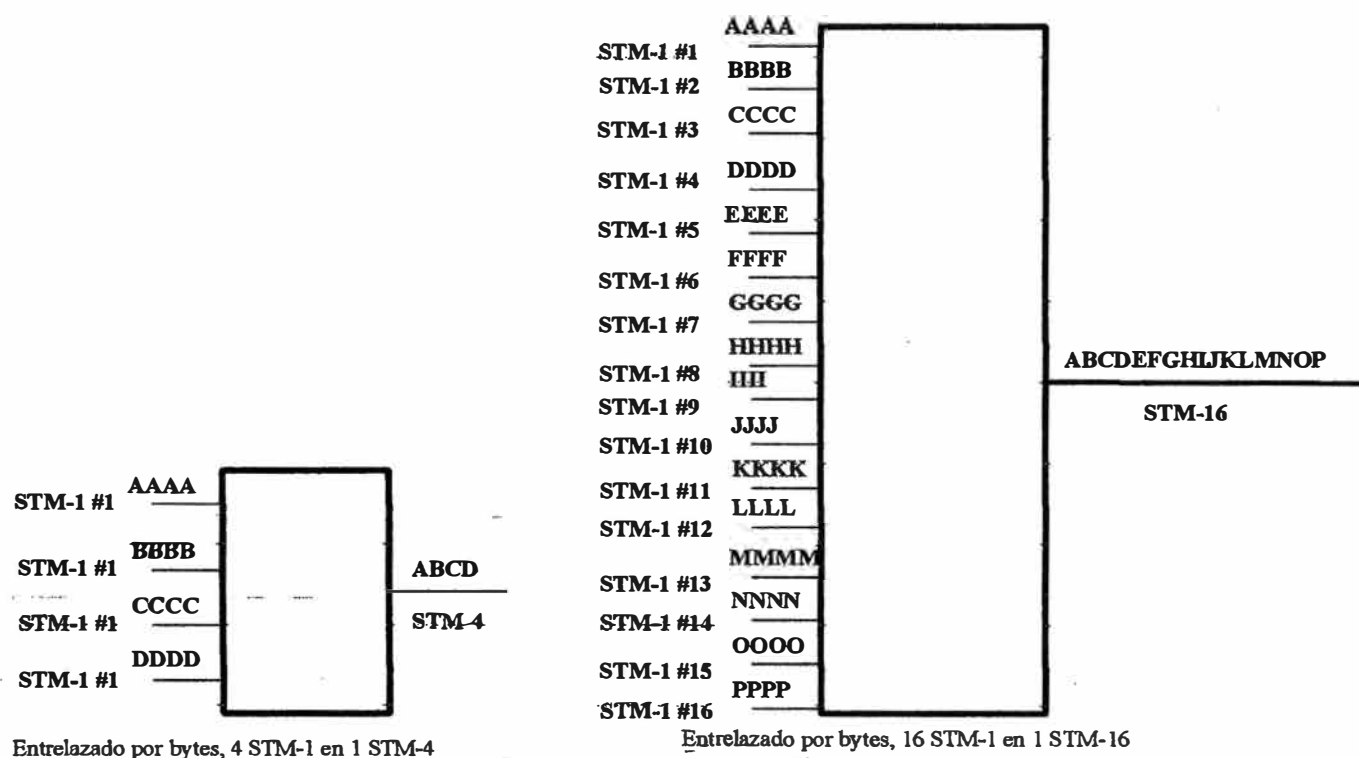


Figura 2.3 Estructura básica de multiplexión de ordenes superiores en la tecnología SDH

2.4 Estructura de trama STM-1

Una señal SDH (igual que muchas otras transmitidas en las redes de telecomunicaciones) consta básicamente de un flujo en serie de unos (1) y ceros (0) lógicos. Sin embargo en común con las señales PDH, las señales SDH están estructuradas de tal manera que el

flujo de bits transmitido puede subdividirse en cierto número de canales para las distintas aplicaciones.

La estructura básica de una señal SDH de primer, orden (un módulo de transporte síncrono de nivel 1, STM-1) se muestra en la figura 2.4.

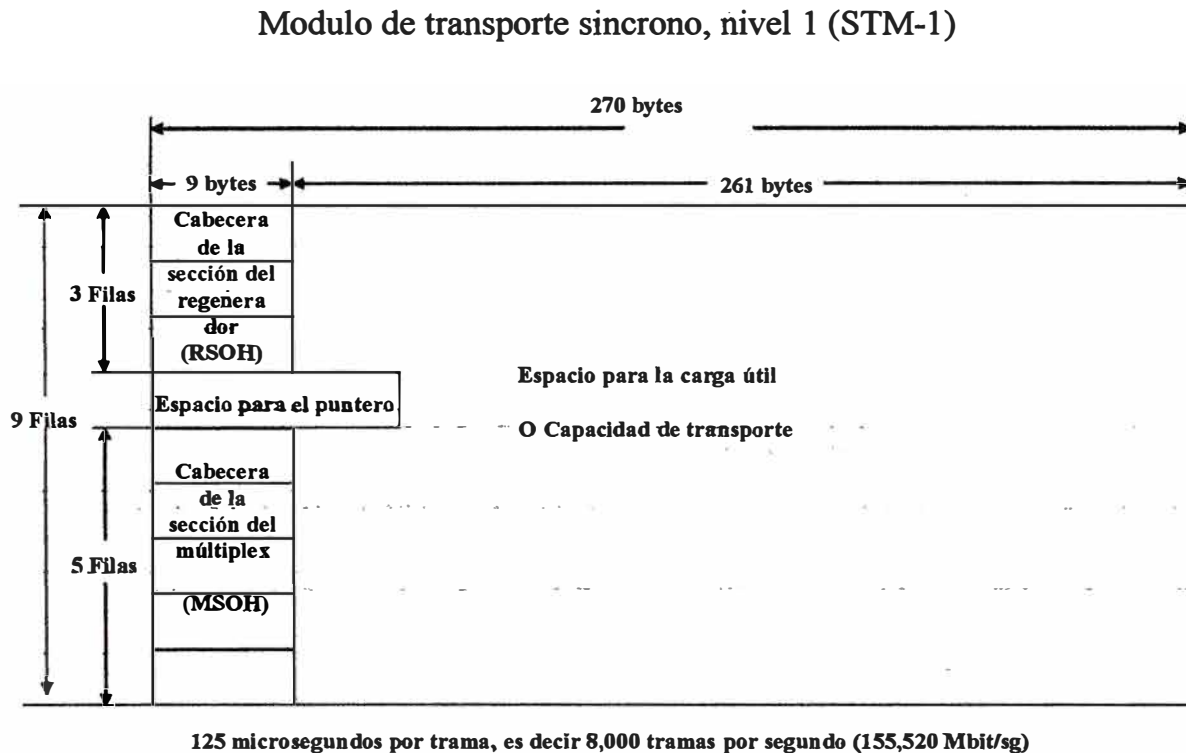


Figura 2.4 Trama de un módulo de transporte síncrono, nivel 1 (STM-1)

El flujo de bits de la señal SDH es una secuencia de bytes, cada uno de los cuales contiene 8 bits. Según se indica en la figura 2.4, la señal STM-1 puede representarse por una trama de 9 filas cada una de las cuales contiene 270 bytes. La secuencia de transmisión se hace fila a fila comenzando por la superior. Cada fila se transmite de izquierda a derecha y cada byte se transmite enviando primero el bit más significativo.

Los 9 primeros bytes de cada sistema SDH. Esta área está dividida en tres partes:

- Cabecera de la sección del regenerador (RSOH) (3 filas * 9 bytes).
- Cabecera de la sección multiplex (MSOH) (5 filas * 9 bytes).
- Espacio asignado para los punteros (1 fila * 9 bytes). En la estructura de multiplexión del ETSI, este espacio acepta un puntero. Conjuntamente, la RSOH y la MSOH forman la cabecera de sección (SOH).

Los 261 bytes restantes de cada fila proporcionan la capacidad de transporte del sistema SDH. Sin embargo, tal como se explica en los capítulos siguientes, parte de esa capacidad de transporte la utiliza el sistema SDH para cabeceras adicionales.

La trama STM-1 se transmite 8.000 veces por segundo, que es también la velocidad de transmisión utilizada para la voz codificada en MIC. Como consecuencia de esto, cada trama STM-1 dura 125 usg. La velocidad de transmisión de datos del STM-1 es:

$$\begin{array}{ccccccc} \text{tramas} & & \text{filas} & & \text{bytes} & & \text{bits} \\ 8000 & \text{-----} & * 9 & \text{-----} & * 270 & \text{-----} & * 8 & \text{-----} & = 155520 \text{ kbit/sg} \\ \text{segundo} & & \text{trama} & & \text{fila} & & \text{byte} & & \end{array}$$

2.5. Sección de Encabezamiento STM-1 (SOH)

La cabecera de sección (SOH) del STM-1 esta compuesta por los bytes:

A1,A2 Bytes de identificación de tramas. Los bytes de A1 tienen el valor hexadecimal F6, mientras que los bytes de A2 tienen el valor hexadecimal 28.

CI Identificador del STM-1. Identifica mediante un número los STM-1 individuales de un STM-n de orden superior.

J0 Seguimiento de la sección. Proporciona un canal de datos a 64 kbit/sg a través del cual se envía un flujo de datos que identifica la sección. Esto permite al receptor de la señal verificar continuamente que la señal procede de la misma fuente. El formato de este flujo de datos es idéntico al del flujo de datos J1. Véase la sección 2.7. La asignación del byte es provisional.

B1 Una Checksum de paridad entrelazada por bytes de 8 bits (BIP-8) que monitorean y calculan todos los regeneradores y multiplexores en una línea SDH. Esta Checksum se calcula en la trama completa del STM-1 después de la mezcla, se almacena y luego se carga en el byte B1 de la trama siguiente (antes de la mezcla). El algoritmo para calcular la Checksum y la función de mezcla se explican en los capítulos que siguen.

E1 Circuito de órdenes para la sección del repetidor. Este byte, repetido 8.000 veces por segundo igual que todos los demás bytes de la trama, proporciona un canal a 64 kbít/s. Está destinado a la transmisión de voz en aplicaciones de mantenimiento de regeneradores.

F1 Canal del usuario. Este byte está destinado a la transmisión de información digital en aplicaciones de mantenimiento de regeneradores.

El uso de este byte está todavía por definir. Una aplicación sugerida es la identificación de una sección que haya tallado en una cadena de secciones de regeneradores. Si un regenerador detecta un fallo en su sección, puede introducir un número 6 bits que identifique el regenerador y un código de 2 bits que especifique la naturaleza del fallo en el byte F1. En el sistema de radio SDH-NEC el byte F1 se utiliza como canal de comunicación entre el servidor y el remoto.

D1-D3 Estos tres bytes proporcionan un canal de comunicaciones de datos (DCC) a 192 kbit/sg para la operación y gestión de los regeneradores en una línea SDH.

B2 3 bytes que transportan una Checksum de paridad entrelazada por bytes de 24 bits (BIP-24) que el multiplexor que transmite una señal SDH calcula e introduce en los bytes B2. De forma análoga, el multiplexor que recibe una señal SDH calcula la Checksum y la compara con el contenido de los bytes B2. Esta Checksum se calcula antes de la mezcla en la trama completa del STM-1, para los bytes que contienen la cabecera de la sección del regenerador (RSOH). El valor se almacena y luego se carga en los bytes B2 de la trama siguiente (antes de la mezcla). El algoritmo para calcular la Checksum y la función de mezcla se explican en los capítulos que siguen.

K1, K2 2 bytes que se utilizan fundamentalmente para la señalización relacionada con la protección de la sección múltiplex (MSP). Esto se explica en los capítulos que siguen. Además, el byte K2 se utiliza para la transferencia de señales de mantenimiento.

D4-D12 Estos 9 bytes proporcionan un canal de comunicaciones de datos (DCC) a 576 kbit/sg para la operación y gestión de los multiplexores de una línea SDH.

E2 Circuito de órdenes para la sección múltiplex. Este byte cumple una función similar al byte E1

S1 Estado de sincronización. Este byte especifica el nivel de sincronización de la señal.

Z1, Z24 bytes reservados para uso en el futuro.

M1 Error de bloque en el extremo lejano (FEBE) de sección. Este byte indica el número de errores de bits B2 detectados por el "extremo lejano" en la última trama recibida.

La disposición de los bytes de la cabecera de sección (SOH) se puede apreciar en la fig. 2.5.

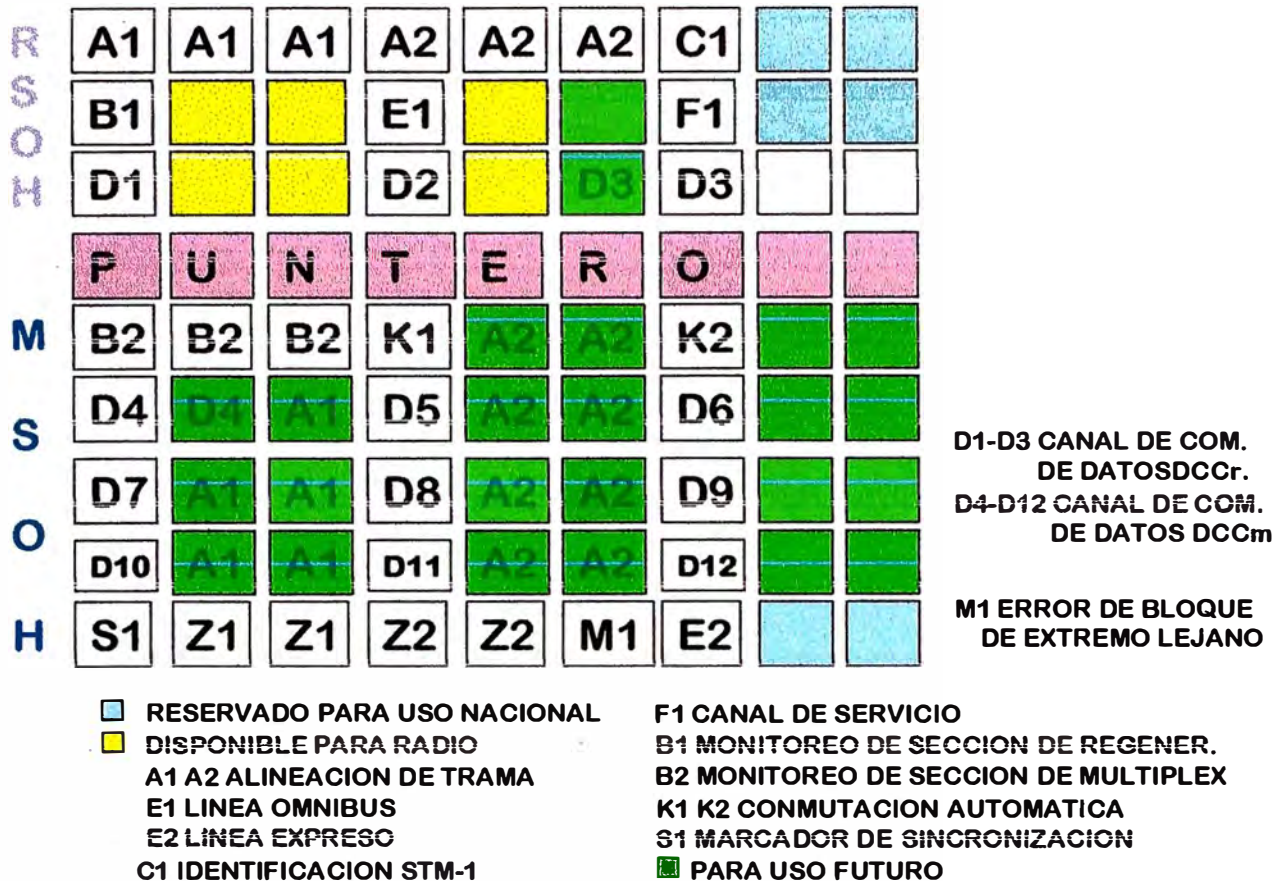


Figura 2.5 Cabecera de Sección (SOH) del STM-1

2.6 Sección de encabezamiento de STM-n (SOH)

La señal SDH de primer orden (STM-1) está estructurada en tramas. El entrelazado por bytes proporciona una estructura similar a la señal STM-n; la única excepción es que todos los bytes mencionados en la definición de la trama STM-1 se repiten n veces para STM-4. Obsérvese que algunos de los bytes (por ejemplo, el byte B1) sólo aparecen una vez. En este caso sólo se utiliza el byte del primer STM-1, es decir, los bytes similares de los otros STM-1 no se utilizan. En otros casos (por ejemplo, los bytes de identificación de tramas A1 y A2) se utilizan todos los bytes de los STM-1 de orden inferior.

En los sistemas SDH, la cabecera de sección (SOH) del STM-n se genera en los multiplexores terminando una sección de multiplexor. En principio, no habrá ninguna relación entre las SOH de dos secciones múltiplex distintas. Sin embargo, la carga útil se transporta de forma transparente de una sección múltiplex a otra.

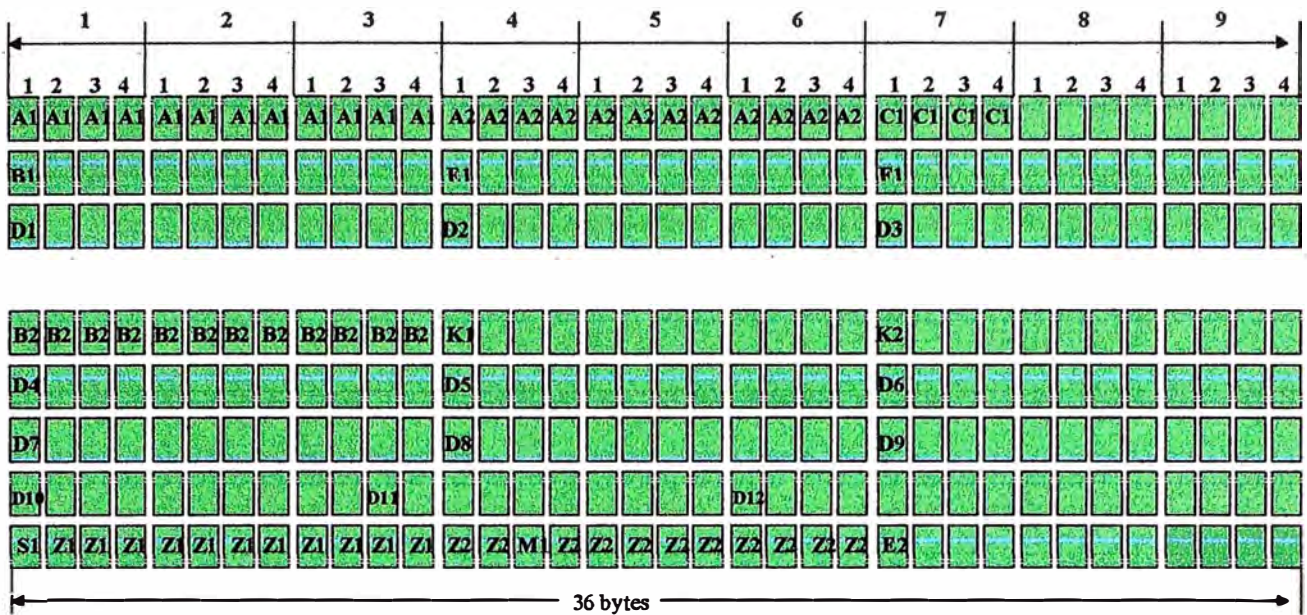


Figura 2.6 Cabecera de sección (SOH) del (STM-4)

En las recomendaciones, se hace referencia en ocasiones a los bytes de la SOH con una indicación de vector de 3 dígitos: S(a,b,c) según se muestra en la figura 2.6. Esto indica la posición del byte en la SOH del STM-n:

- S Indica que es una identificación de posición por vector.
 - a El número de fila (1-3 y 5-9) en la SOH del STM-n.
 - b El número de columna múltiple en la SOH del STM-n. Este es igual al número de columna para la SOH del STM-1.
 - C Identifica uno de los n bytes de la columna múltiple seleccionada.
- Por ejemplo, El tercer byte K1 de una señal STM-4, está situado en S (5, 4, 3).

2.7 Encabezamiento de la trayectoria de alto orden (Path Overhead of the high level in STM-1)

Para el mantenimiento y supervisión de rutas de orden alto, el VC-4 contiene 9 bytes de cabecera. Están dispuestos como una fila de bytes dentro de la carga útil del STM-1.

J1 Seguimiento de la ruta del VC-n. Proporciona un canal de datos a 64 kbit/sg a través del cual se envía un flujo de datos que identifica la ruta. Esto permite al receptor de una señal comprobar que la señal procede continuamente del mismo origen.

El byte J1 estaba destinado originalmente a una secuencia repetida de 64 bytes. Sin embargo, propuestas recientes para las recomendaciones para la SDH permiten utilizar el byte J1 para una secuencia de 16 bytes que transfiera un identificador del punto de acceso a la ruta. Cada Punto de acceso a la ruta tendrá asignado un número exclusivo. Este número

constará de 15 bytes ASCII que se transmitirán junto con un marcador de comienzo de trama de un byte en una trama repetida continuamente de 16 bytes, según se indica en la tabla siguiente:

B3 Una Checksum de paridad entrelazada por bytes (BIP-8) de 8 bits que se monitorea y calcula mediante los puntos de terminación de la ruta real. Esta Checksum se calcula en el VC-n completo almacenado y luego se carga en el byte B3 del VC-n siguiente:

C2 Etiqueta de la señal que especifica el tipo de mapeo utilizado en el VC-n. C2 puede tomar los valores siguientes:

G1 Estado de la ruta. Este byte transporta información sobre el estado actual de la ruta. El byte transporta dos tipos de información:

FEBE: (Error de bloque en el extremo lejano) 4 bits que indican el número de errores de bits detectados por el "extremo lejano" en el último VC-n recibido. FEBE puede tomar los valores de 0 (ausencia de errores) a 8.

FERF: (Fallo de recepción en el extremo lejano): un bit que indica que se ha detectado un problema severo en el "extremo lejano".

Los tres bits restantes del byte G1 no se utilizan. Véase la figura 2.8.

F2 Canal de usuario de la ruta del VC-n. Este byte se asigna para comunicación entre elementos de la ruta.

H4 Indicador de multitrama. La aplicación de este byte se explica en los capítulos que siguen.

Z3-5 Reserva (3 bytes).

El contenido de los bytes de cabecera puede verse en la figura 2.7

J1	Seguimiento de la ruta del VC-n
B3	Paridad entrelazada de bits (BIP-8) de la ruta
C2	Etiqueta de señal
G1	Estado de la ruta
F2	Canal de usuario de la ruta del VC-4
H4	Indicador de multitrama
Z3	Reserva
Z4	Reserva
Z5	Reserva

Figura 2.7 Cabecera de ruta de VC-4, VC-3

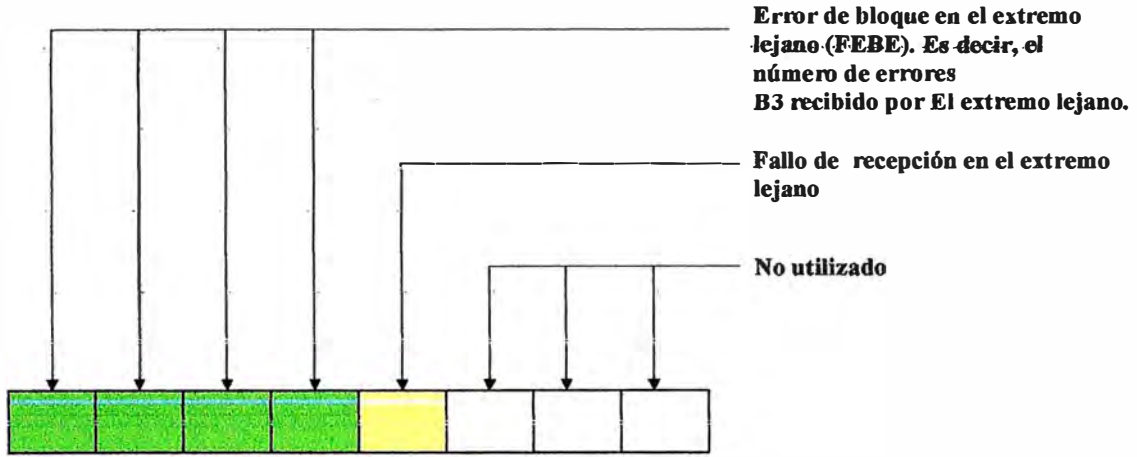
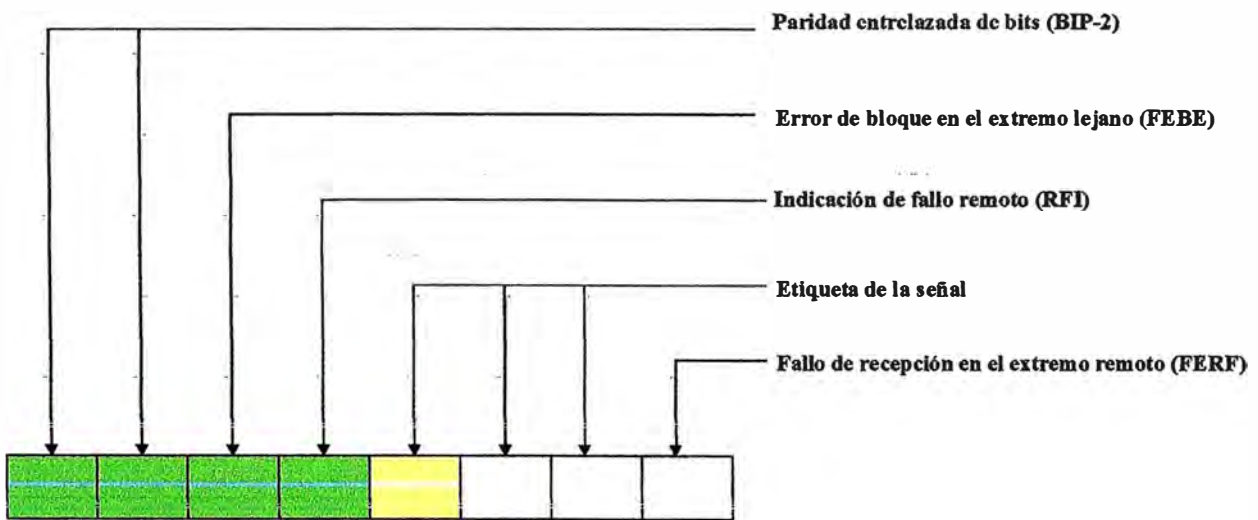


Figura 2.8 Byte G1 Estado de la Ruta

2.8 Encabezamiento de la trayectoria de bajo orden (Path overhead of the low level in the STM-1)

Los VC-1, VC-12, VC-2 y VC-3 pueden contener información de cabecera para el mantenimiento supervisión de rutas de orden bajo. La cabecera del VC-3 está formateada de forma idéntica a la cabecera del VC-4.

Los VC-11, VC-12 y VC-2 pueden contener cada uno 1 byte de cabecera. Este byte se designa como V5. El contenido del byte de cabecera es el siguiente:



V5 Byte de cabecera de ruta (POH) de VC-11, VC-12, VC-12

Figura 2.9 Cabecera de RUTA de VC-2, VC-12 y VC-11

BIP-2 Una Checksum de paridad entrelazada de 8 bits que se monitorea y calcula mediante los puntos de terminación de la ruta real. Esta Checksum se calcula en el VC-n completo almacenado y luego se carga en los bits BIP-2 del VC-n siguiente:

FEBE (Error de bloque en el extremo lejano) 1 bit que indica que el "extremo lejano" ha detectado errores de bits de paridad BIP-2 en el último VC-n recibido.

RFI (Indicación de fallo remoto). Este bit es 1 si se ha declarado un fallo y de lo contrario es 0. La asignación de este bit es provisional.

FERF (Fallo de recepción en el extremo lejano): un bit que indica que el "extremo lejano" ha detectado un fallo grave.

Además del byte V5, se utilizan 3 bytes más (J2, ZG y Z7) para la cabecera de ruta:

J2 Seguimiento de ruta de orden interior. Proporciona un canal de datos a 17 kbit/sg a través del cual se envía un flujo de datos que identifica la ruta de orden inferior. Esto permite al receptor de la señal comprobar que la señal procede continuamente del mismo origen. El formato de este flujo de datos es idéntico al el flujo de datos 11; la asignación de este byte es provisional.

Z6/Z7 Bytes reservados para utilizarlos en el futuro. La asignación de estos bytes es provisional.

2.9 Supervisión de la calidad de transmisión

Como se ha indicado en el capítulo anterior; el sistema SDH monitorea la calidad de transmisión utilizando un método llamado paridad entrelazada de bits (BIP). Un transmisor añade la información sobre paridad a la señal transmitida. Un receptor hace el mismo cálculo de paridad y compara ésta con la de la señal transmitida. La falta de coincidencia es una indicación de error o errores de transmisión.

En la SDH se utilizan diversos tipos de BIP: BIP-24, BIP-8 y BIP-2. Están basados en el mismo principio pero difieren en longitud. El dígito después de la sigla BIP indica el número de bits que hay en la BIP.

El procedimiento utilizado para calcular la BIP-n es:

- Se recibe un número de bits pertinente (por ejemplo, el número total de bits de una trama STM-1).
- Estos bits se agrupan en n columnas.

- Para cada columna, se calcula la paridad. La paridad es par (ó 0) si hay un número par de unos (1) en la columna y la paridad es impar (ó 1) si hay un número impar de unos (1) en la columna.
- El bit correspondiente de la BIP-n se define de acuerdo con la paridad de la columna. Esto se ilustra en la figura 2.10 en la que la paridad de la RIP-8 se calcula para el flujo de datos 1011001001001101 1011001111100101.

	1	0	1	1	0	0	1	0
	0	1	0	0	1	1	0	1
	1	0	1	1	0	0	1	1
	1	1	1	0	1	0	0	1
BIP-8	1	0	1	0	1	0	0	1

↑
Grupo de un bit

Figura 2.10 Calculo de la BIP-8

2.10 Señales de mantenimiento

La existencia de problemas graves en la transmisión de señales se indica mediante señales de mantenimiento, es decir, señales de alarma y estado. Las señales se dividen en los niveles de la señal SDH:

Nivel De Sección

LOS Pérdida de señal de entrada.

LOF Pérdida de trama, es decir, errores continuos en los bytes de creación de tramas A1-A2. Si transcurren 625 useg sin que aparezcan palabras de identificación de tramas correctas, se considera como un estado de falta de trama (OOF). Si persiste el estado OOF, se considera como una alarma por pérdida de trama (LOF).

AIS Señal de indicación de alarma. Esto se señala definiendo los tres bits menos significativos del byte K2 en la cabecera de sección múltiplex como el valor binario 111.

FERF Fallo de recepción en el extremo lejano. Esto se señala definiendo los tres bits menos significativos del byte K2 en la cabecera de sección múltiplex como el valor binario 110.

FEBE Error de bloque en el extremo lejano. Un byte indica el número de errores de bits B2 detectado por el "extremo lejano" en la última trama recibida.

Nivel de la Ruta de Orden Alto (VC-4, VC-3)

LOP Pérdida de puntero.

AIS Señal de indicación de alarma. Esto se señala definiendo los bytes del puntero y el contenido completo del contenedor como unos (1).

FERF Fallo de recepción en el extremo lejano. Esto se señala mediante un bit del byte G1 de la cabecera de ruta de orden alto.

FEBE Error de bloque en el extremo lejano. FEBE indica el número de errores de bits B3 detectado en la señal entrante. Esto se señala mediante 4 bits del byte G1 de la cabecera de ruta de orden alto.

Nivel de la Ruta de Orden Bajo (VC-2, VC-12, VC-11)

LOP Pérdida de puntero.

AIS Señal de indicación de alarma. Esto se señala definiendo los bytes del puntero y el contenido completo del contenedor como unos (1).

FERF Fallo de recepción en el extremo lejano. Esto se señala mediante un bit del byte V5 de la cabecera de ruta de orden bajo.

FEBE Error de bloque en el extremo lejano. FEBE indica el número de errores de bits de la BIP-2 detectado en la señal entrante. Esto se señala mediante un bit del byte V5 de la cabecera de ruta de orden bajo.

Las señales de mantenimiento son el resultado de un problema detectado en la señal SDH entrante. La figura 2.11 muestra cómo debe interpretar un demultiplexor las señales entrantes como señales de mantenimiento.

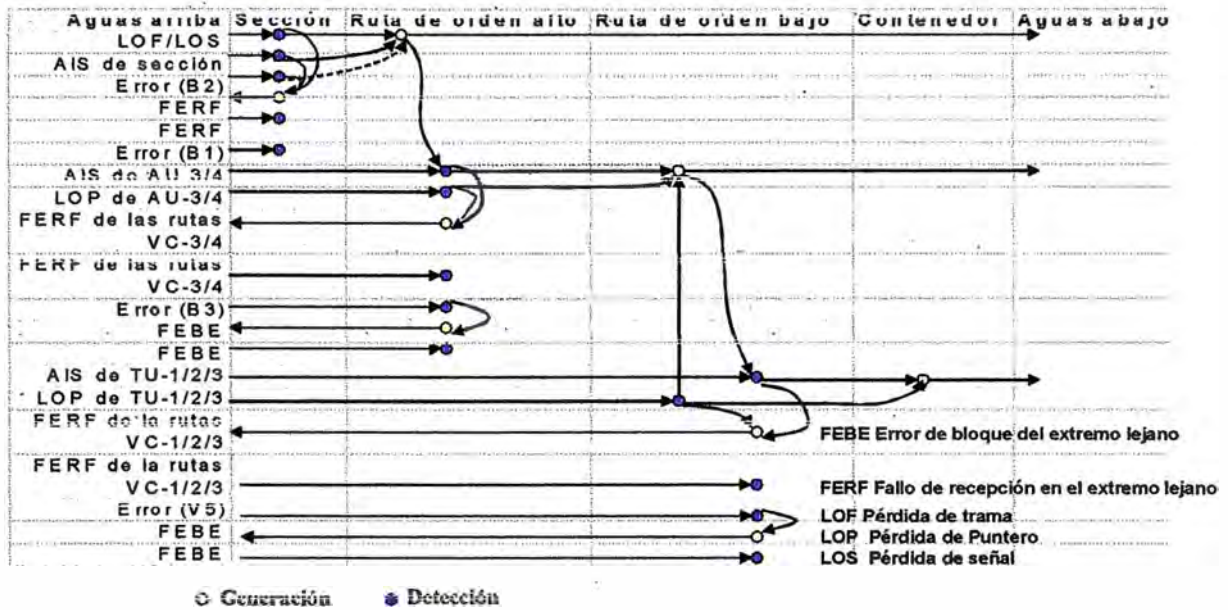


Figura 2.11 Interacción de señales de mantenimiento

2.11 Punteros

Aunque la SDH es la Jerarquía digital síncrona, pueden producirse desviaciones de fase dentro de una red SDH. Además, es probable que se produzcan desviaciones de frecuencia en los puntos de conexión entre dos redes SDH. Estas desviaciones se explican con mayor detalle en el anexo A. Para compensar estas desviaciones, el sistema SDH utiliza punteros[5].

Un puntero señala el comienzo de un contenedor virtual tal como se ve desde el orden superior del sistema. Para el mapeo de las señales a 2Mbit/s en la SDH se utilizan dos niveles de punteros. El primer nivel (el puntero AU-4) identifica el comienzo del VC-4 con relación a la trama básica del STM-1. El segundo nivel (los punteros TU-12) identifica el comienzo del VC-12 respecto al VC-4 de cada uno de los 63 VC-12 (véase la figura 2.12).

Los principios de funcionamiento de los punteros son los mismos en ambos niveles. El ejemplo siguiente se refiere al nivel más alto de punteros, es decir, al puntero AU-4.

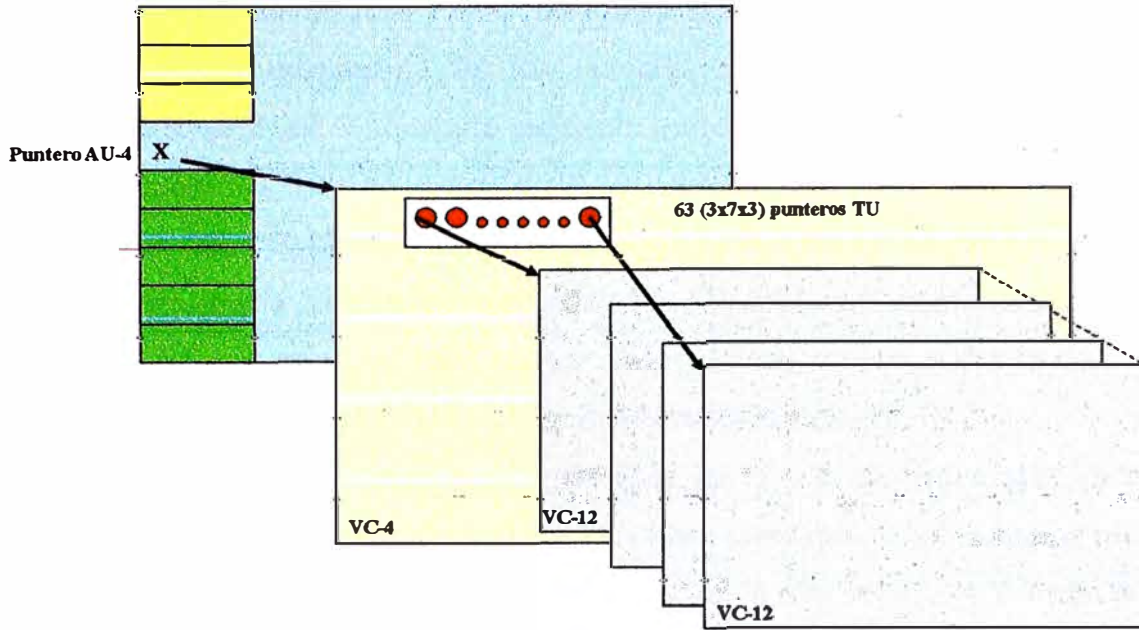


Figura 2.12 Múltiples de dos etapas

2.11.1. Punteros del AU-4

El comienzo de un VC-4 se identifica mediante un número de posición dentro de la parte con capacidad de transporte de la trama SDH. Cada posición tiene tres bytes. El número de posición 0 está situado inmediatamente detrás de los 9 bytes del puntero (H1-H3) en la parte de la cabecera de sección del STM-1. El número de posición más alto es 782 tal como se muestra en la figura 2.13.

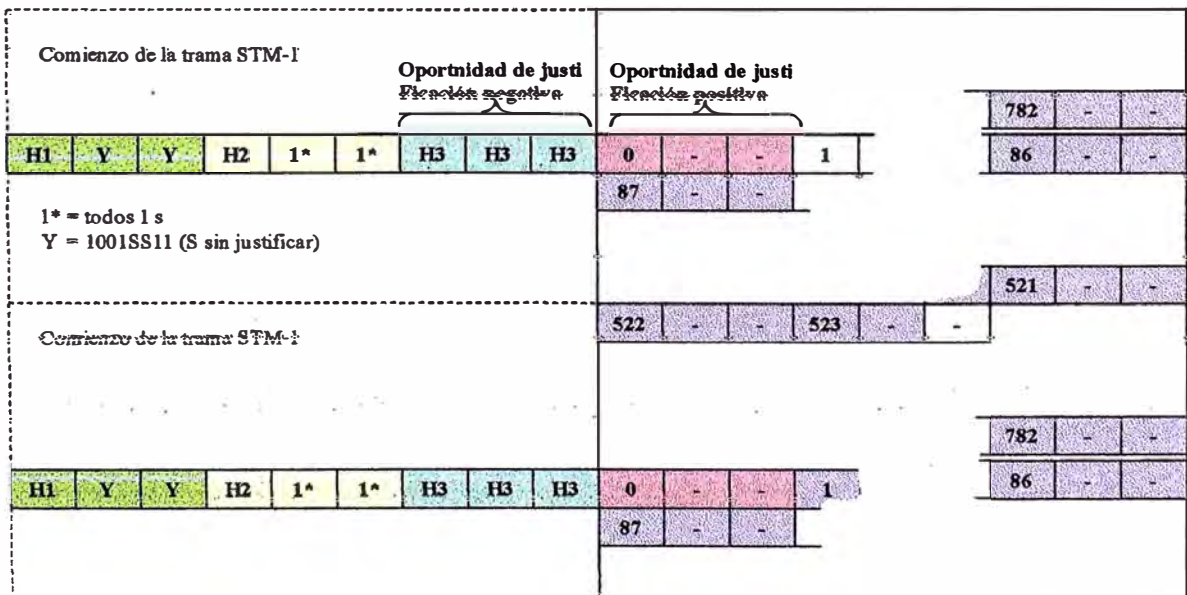


Figura 2.13 Puntero AU-4

2.11.2. Punteros de incremento y decremento en el AU-4

Para comprender el mecanismo de los punteros, resulta útil considerar cómo está construida una señal SDH. El ejemplo siguiente muestra cómo se introduce una señal a 2 Mbit/sg en la señal SDH.

El ensamblador del VC-12 configura el contenido de la ruta de orden bajo, es decir, la conexión de extremo a extremo al nivel del VC-12. Esta ruta puede pasar a través de cierto número de secciones y rutas de orden alto. Además, en una posición dada, pueden encontrarse VC-12 procedentes de distintos orígenes en la señal SDH.

El ensamblador del VC-4 configura el contenido de la ruta de orden alto, es decir, la conexión de extremo a extremo al nivel del VC-4. Sin embargo, el VC-4 puede transportar VC-12 que se conectan y se desconectan a lo largo de la ruta del VC-4. La ruta del VC-4 puede pasar a través de cierto número de secciones.

El multiplexor añade la cabecera de sección a la señal. La carga útil real la proporciona un ensamblador del VC-4.

La fase del reloj usado para la generación de las señales en los diversos emplazamientos de la red puede diferir ligeramente de forma temporal, dando como resultado que un nivel se ponga por detrás o por delante de otros niveles.

Supongamos que la señal de la ruta de orden alto (VC-4) se sitúa detrás de la parte del multiplexor del sistema. Si ocurre esto, la ruta de orden alto no podrá proporcionar un byte para transmisión cuando la parte del multiplexor del sistema esté preparada para enviarlo. Esto se soluciona ajustando el puntero AU-4. Este puntero identifica el comienzo del VC-4 en relación con la trama del STM-1. En este caso, el valor del puntero AU4 se incrementa en una unidad. Esto recibe el nombre de justificación positiva. El VC-4 comenzará ahora en una posición tres bytes más abajo en la trama es decir, ligeramente más tarde. Puesto que la transmisión de cada byte tarda 0,05144 usg, el sistema de orden inferior obtiene 0,20576 usg adicionales para proporcionar el byte para su transmisión.

La trama SDH tendrá ahora tres bytes no utilizados. Estos bytes estarán situados inmediatamente detrás de los bytes del puntero (H1-H3) en la cabecera de la sección. Al incrementar el puntero, el VC-4 se desplazará tres bytes respecto a la posición de los bytes del puntero.

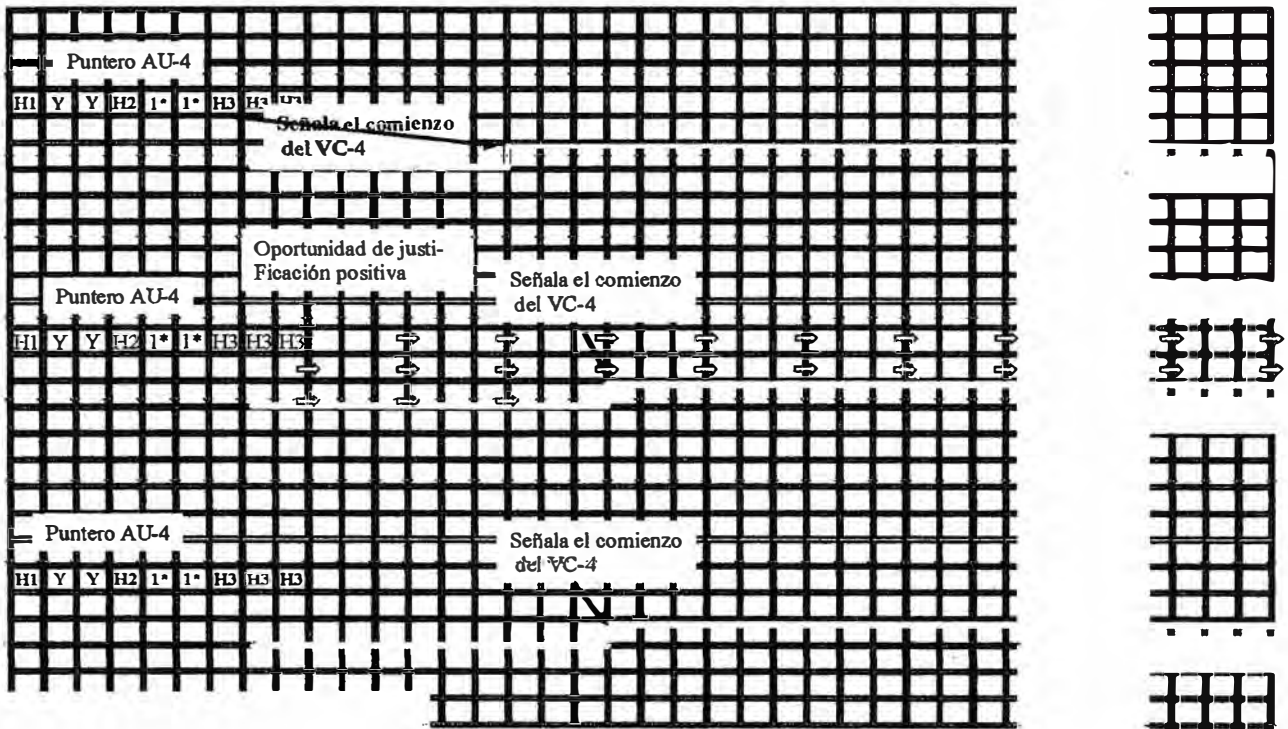


Figura 2.14 Puntero AU-4 Justificación Positiva

Si la señal de la ruta de orden alto (VC-4) está adelantada respecto a la parte del multiplexor del sistema, en lugar de lo anterior se utiliza la justificación negativa. En este caso, la ruta de orden alto tiene bytes para enviar antes de que la parte del multiplexor del sistema esté preparada para enviarlos. Para solucionar esto, el valor del puntero se disminuye en una unidad. El VC-4 comenzará ahora en una posición tres bytes antes en la trama, es decir. Puesto que la transmisión de cada byte tarda 0,05144 usg, el multiplexor obtendrá 0,20576 usg adicionales para proporcionar capacidad de transporte para los bytes que tienen que enviarse.

La trama SDH tendrá ahora que proporcionar espacio para tres bytes adicionales. El espacio para esta aplicación se asigna en el área del puntero de la cabecera de la sección, es decir, los tres bytes H3. Por tanto, al disminuir el puntero, el VC-4 se desplazará tres bytes desde la posición de los bytes del puntero.

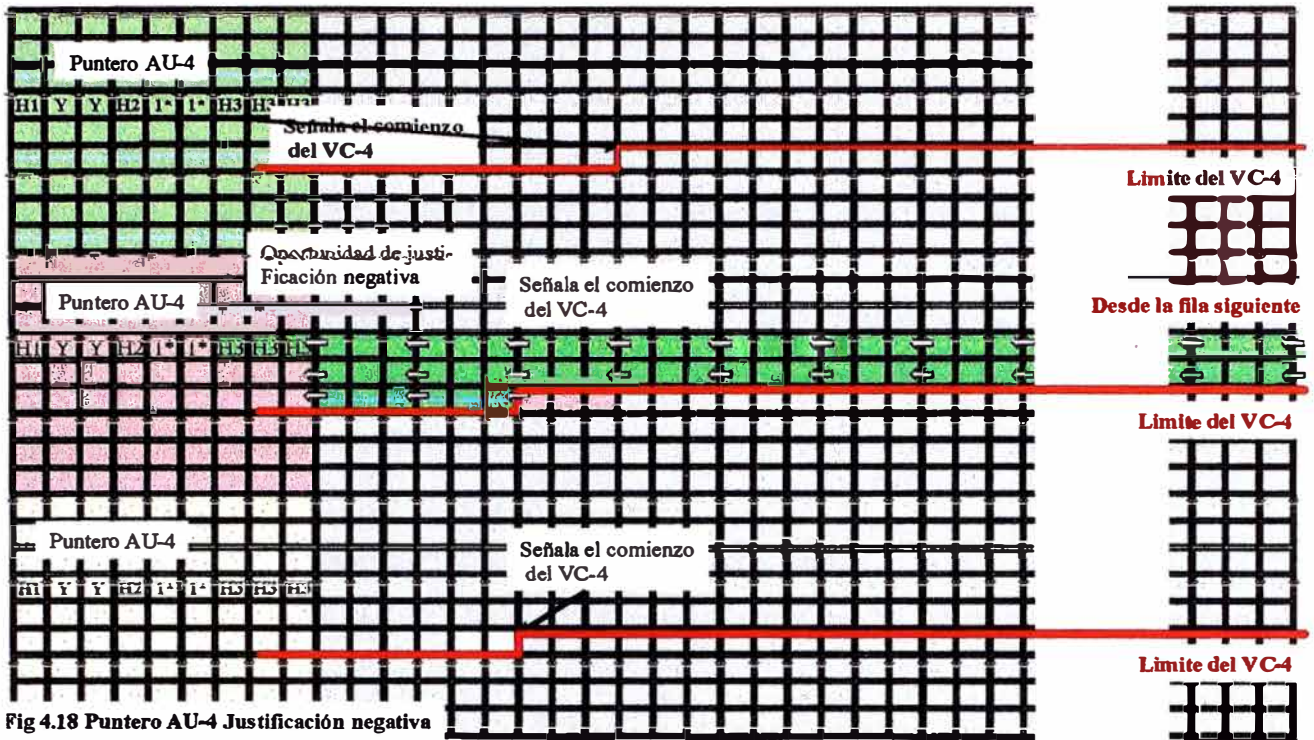


Fig 4.18 Puntero AU-4 Justificación negativa

Figura 2.15 Puntero AU-A Justificación negativa

2.11.3. Trazado de punteros en AU-4

La disposición del puntero se da en la figura 2.16.

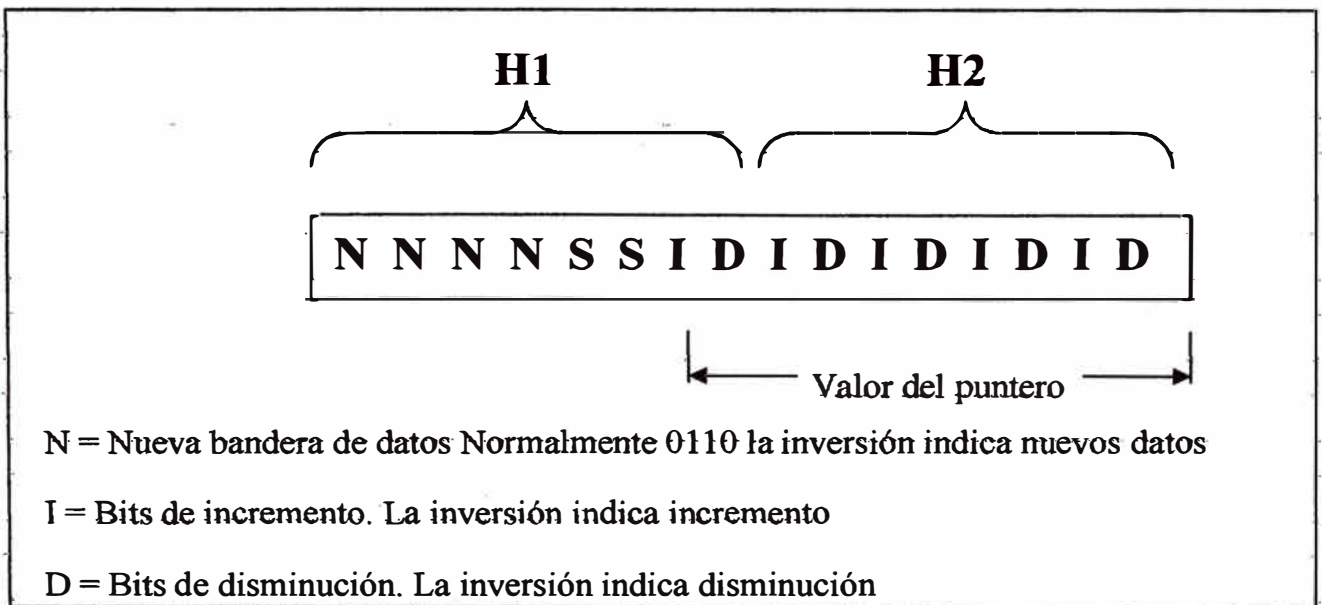


Fig. 2.16 Disposición del puntero AU-4

El puntero real asigna dos bytes, H1 y H2. Los bytes H3 se asignan para la justificación negativa como se ha indicado anteriormente. Los 4 bytes restantes tienen un contenido fijo como se mostró en la figura 2.16.

Los bytes H1 y H2 del puntero constan de los siguiente:

NNNN Nueva bandera de datos; estos 4 bits tienen normalmente el valor binario 0110. Para ajustes del puntero que sean algo más que simples incrementos o disminuciones, estos cuatro bytes se invierten al valor binario 1001. Esto indica que tiene que utilizarse un valor del puntero totalmente nuevo.

SS Dos bits que indican con el valor binario 10 que se utiliza AU para AU-4. El mismo valor indica también que la AU se utiliza también para AU-3 o TU-3. La AU-3 no está soportada por la estructura de multiplexión del ETSI. La AU-3 forma parte de la estructura de multiplexión completa de la ITU-T.

ID 10 bits que transportan el valor real del puntero. Nota:

El máximo valor válido es 782 (decimal), a pesar de que los 10 bits pueden dar un valor de 1023 (decimal).

I 5 bits en el valor del puntero. Si tiene que hacerse un incremento del puntero, estos 5 bits se invierten en los bytes del puntero de una trama STM-1. Para evitarlos efectos de los errores de bits se utiliza un voto de mayoría. El puntero señala una unidad de tres bytes una posición más abajo en la trama SDH. Los bytes de justificación positiva siguientes al puntero deben ignorarse. En la trama siguiente, el puntero tiene el nuevo valor incrementado.

D 5 bits en el valor del puntero. Si tiene que hacerse una disminución del puntero, estos 5 bits se invierten en los bytes del puntero de una trama STM-1. Para evitar los efectos de los errores de bits se utiliza un voto de mayoría. El puntero señala una unidad de tres bytes una posición más arriba en la trama SDH. Se utilizan los bytes de justificación negativa (3 veces H3) siguientes al puntero. En la trama siguiente, el puntero tiene el nuevo valor disminuido.

Valor del puntero		H1 Binaria		H2 Binaria		H1	H2
DECI MAL	HEX	NNNN	SSID	IDID	IDID	HEX	HEX
522	20A	0110	1010	000 0	1010	6A	6B
Incremento		0110	10 0	0 0	0 0	68	A0
523	20B	0110	1010	000 0	1011	6A	0B

Figura 2.17 Incremento del puntero AU-A

La figura 2.17 indica los valores de los bytes H1 y H2 en tres tramas consecutivas si el puntero se incrementa del valor 522 (decimal) al valor 523. Como se ha indicado en la descripción de la disposición del puntero, el valor de éste puede cambiarse por otro valor totalmente nuevo. Esto puede hacerse cuando se reanuda el funcionamiento normal después de una interrupción de la conexión. En este caso, el puntero recibe un nuevo valor. Para indicar esto, los bits NNNN se invierten (de 0110 a 1001) en la primera trama con el nuevo valor.

En cualquier caso, un nuevo valor del puntero tiene que permanecer estable durante tres tramas consecutivas.

2.11.4. Otras aplicaciones del puntero

En la SDH, los punteros pueden utilizarse para otras aplicaciones, por ejemplo como Indicación de concatenación e Indicación de puntero nulo (NPI).

Si se necesitan más unidades (unidades administrativas, AU, o unidades tributarias, TU) a un nivel dado para proporcionar el ancho de banda requerido, las necesarias acciones del puntero se manipulan utilizando el puntero de la primera unidad. A los punteros de las demás unidades se les asignan valores binarios: H1 = 1001 0110; H2 = 11111 111. Esto constituye la Indicación de concatenación.

En determinados casos, la estructura de las tramas SDH asigna 3 bytes para un puntero que pueden o no utilizarse, dependiendo de la estructura múltiplex. Si el espacio asignado no se utiliza para un puntero, los dos primeros bytes contienen la Indicación de puntero nulo (NPI) cuyos valores binarios son 10011011 y 1110 0000. El contenido del tercer byte no está definido.

CAPITULO III

MAPEO Y MULTIPLEXACION DEL SDH

El sistema SDH permite el transporte de diversos tipos de señales y en particular las señales PDH existentes a 140, 34 y 2 Mbit/sg. Para cada tipo de señal se define un mapeo. El mapeo especifica cómo se llena el espacio asignado a una señal. Además, puede compensar desviaciones de frecuencia entre la señal PDH y el sistema SDH. Esto se consigue mediante la justificación que es muy similar al mecanismo de justificación empleado en los sistemas PDH existentes.

En la estructura de multiplexión del ETSI, el sistema SDH utilizará siempre un VC-4 (contenedor virtual, nivel 4) para el transporte de las señales PDH. En este capítulo se explica cómo se ponen las señales PDH en el VC-4.

3.1 Multiplexación TUG-3, TUG-2

Si el sistema SDH transporta una señal PDH a 140 Mbit/sg, esa señal se mapea directamente en el VC-4. El VC-4 se llenará totalmente con una señal a 140 Mbit/sg y su cabecera. Por tanto, no se producirá Multiplexión en la SDH.

Si el sistema SDH transporta señales PDH a 34 ó 2 Mbit/sg, varias de estas señales se multiplexarán juntas en un VC-4. La unidad básica que tendrá que multiplexarse (es decir, la señal PDH y algo de cabecera) se denomina una Unidad tributaria (TU). Las señales multiplexadas se denominan Grupos de señales tributarias (TUG).

Los TUG se definen a dos niveles. El nivel más alto lo forman los TUG-3. Un VC-4 puede transportar tres de estos TUG. La forma de multiplexar los tres TUG en un VC-4 se ilustra en la figura 3.1.

El VC-4 puede considerarse como un bloque de datos con 261 columnas y 9 bytes en cada columna. La primera columna se asigna a la cabecera de ruta del VC-4 y las dos columnas siguientes se llenan con bytes de relleno. A continuación sigue el contenido de los TUG-3.

Un TUG-3 es un bloque de datos con 83 columnas y 9 bytes en cada columna. En el VC-4 se entrelazan tres TUG-3 según se muestra en la figura 3.1.

Para la descripción del llenado del TUG-3 con datos de la señal, el TUG-3 debe considerarse como un bloque de datos con 86 columnas y 9 bytes en cada columna. El contenido de un TUG-3 puede ser una TU-3 (que transporte una señal PDH a 34 Mbit/sg en un VC-3) o siete TUG-2.

Si el TUG-3 transporta una TU-3, las dos primeras columnas se asignan a un puntero de TU-3 y a bytes de relleno. El puntero de TU-3 señala al comienzo de un VC-3.

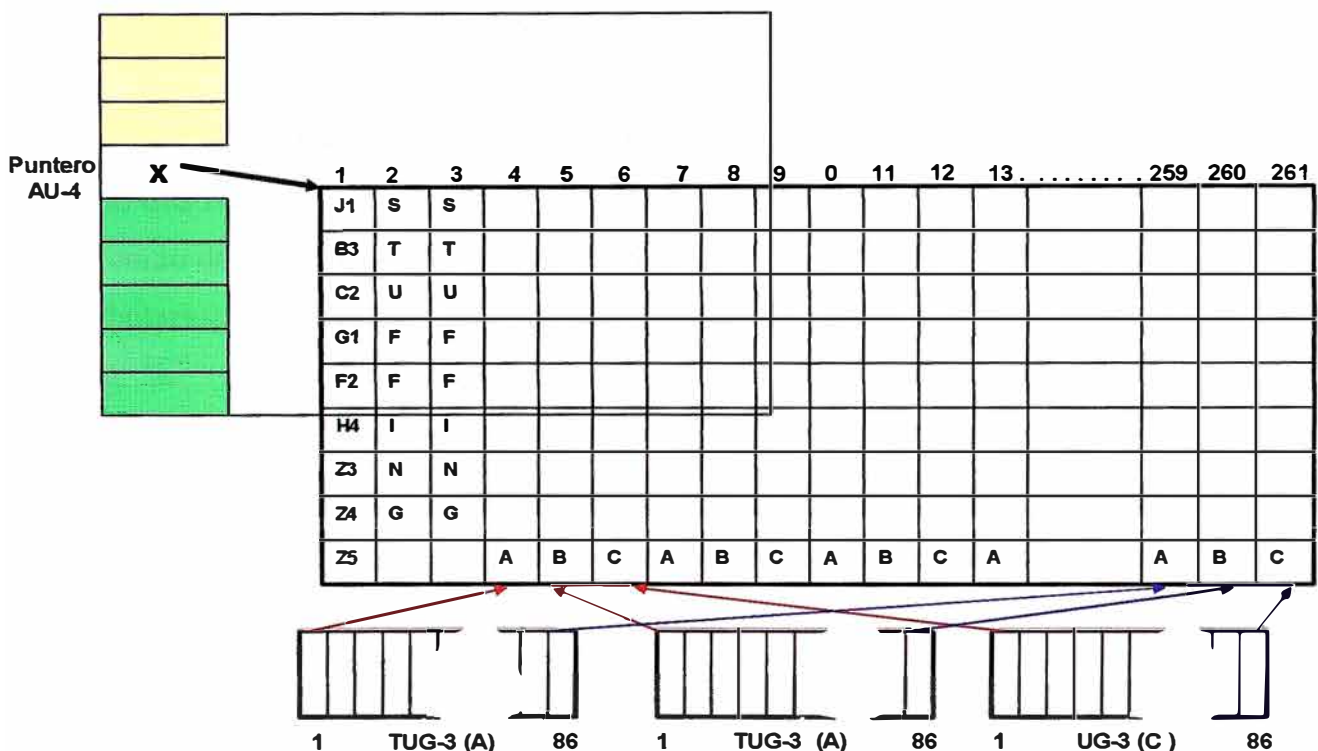


Figura 3.1 Multiplex de 3TUG-3 en un VC-4

Para la descripción del llenado del TUG-3 con datos de la señal, el TUG-3 debe considerarse como un bloque de datos con 86 columnas y 9 bytes en cada columna. El contenido de un TUG-3 puede ser una TU-3 (la cual lleva una señal PDH de 34 Mbps en un VC-3) o 7 TUG-2s.

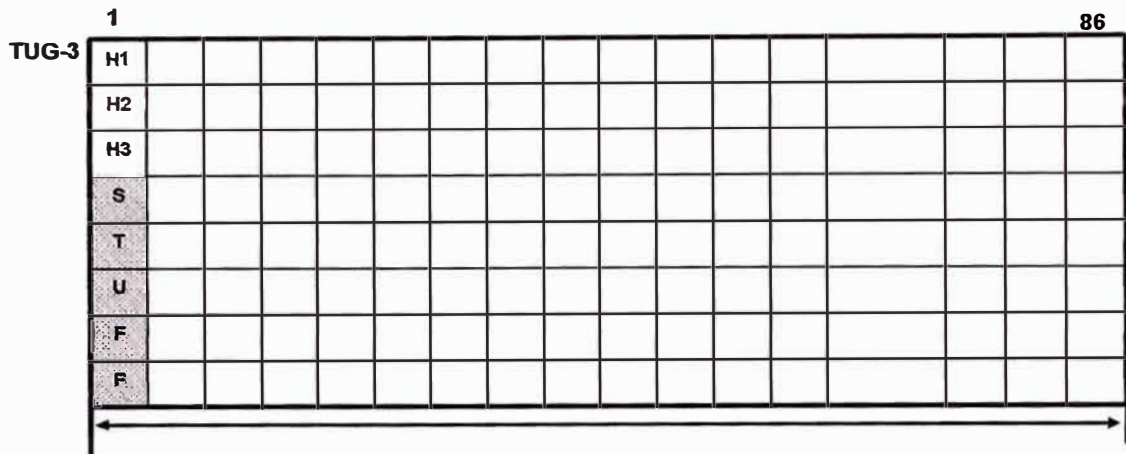


Figura 3.2 Espacio de una VC-3

Cuando el TUG-3 transporta varias TUG-2, el espacio asignado al puntero de la TU-3 contiene una Indicación de puntero nulo (NPI). La parte restante del TUG-3 está llena con el contenido de los TUG-2 y de las TU-12 según se muestra en la figura 3.3.

Los tributarios individuales se indican en ocasiones en las recomendaciones utilizando un número "K" (l-m). El número "k" (1-3) es el número del TUG-3 que transporta el tributario. El número "l" (1-7) es el número del TUG-2 que transporta el tributario. El número m es el número del tributario dentro del TUG-2.

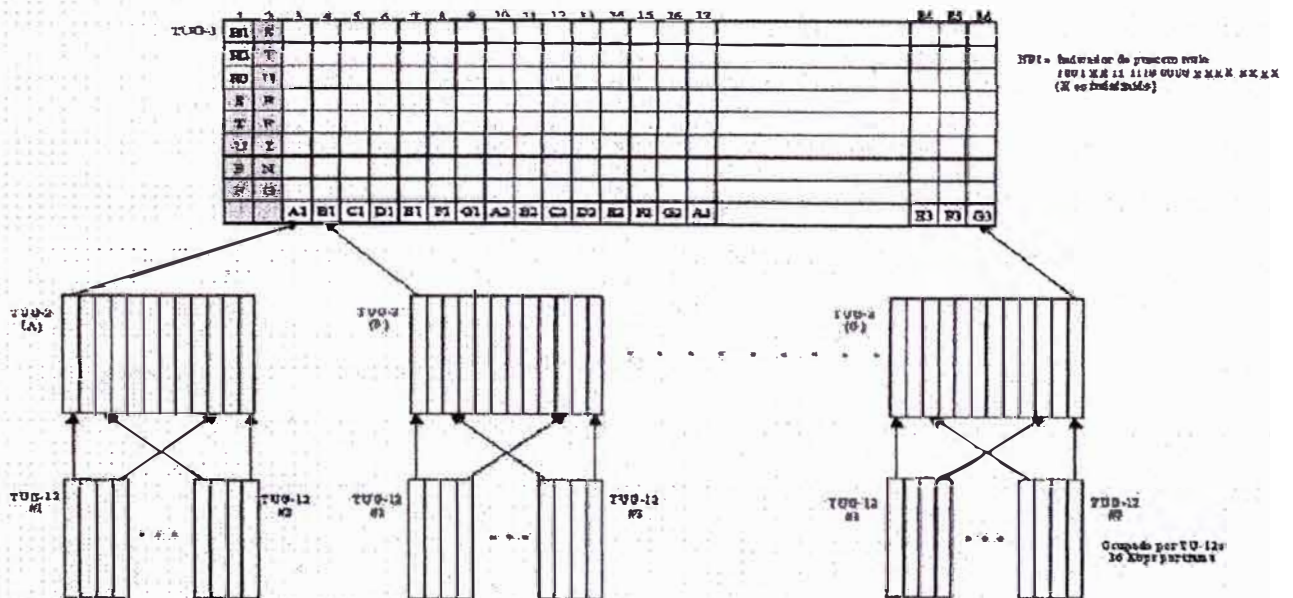


Figura 3.3 Multiplexación del TUG-2 dentro del TUG-3

3.2. Mapeo de señales a 140 Mbps

Una señal PDH a 140 Mbit/sg puede mapearse en un VC-4. La disposición del mapeo es la que se muestra en la figura 3.4.

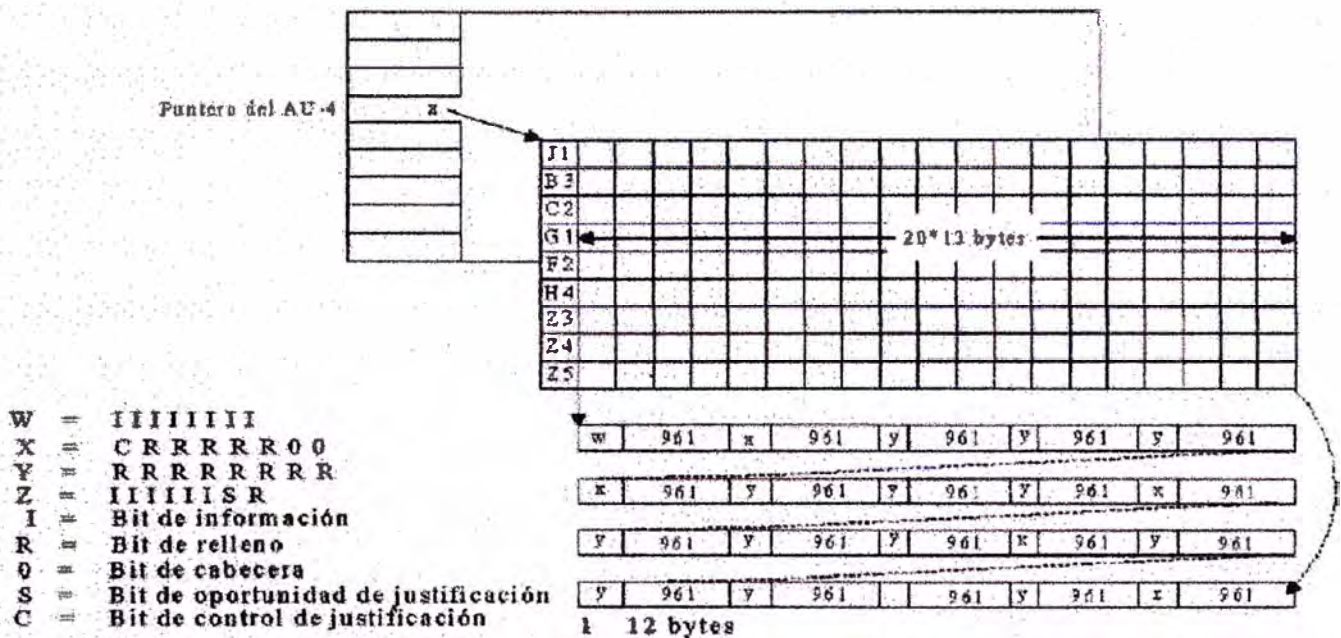


Figura 3.4 Mapeo y Entramado de la señal de 140 Mbps

El VC-4 consta de 261 columnas cada una de las cuales tiene 9 bytes. El comienzo real del VC-4 se define mediante el puntero AU-4. Como se muestra en la figura, la primera columna del VC-4 contiene la cabecera de la ruta del VC-4. El resto del VC4 se utiliza para el contenedor C-4. El contenedor C-4 puede considerarse como un bloque de 9×260 bytes. Cada fila está dividida en 20 grupos de 13 bytes y 12 de estos bytes transportan bits de información (por ejemplo, bits de la señal a 140 Mbit/sg. El byte décimo tercero se usa para distintos fines.

I Transporte de bits de información.

R Relleno en este caso el byte contiene "relleno fijo", es decir, bits que se utilizan para "rellenar" la señal a 140 Mbit/sg en la trama SDH. Los bits R llenan el espacio adicional del contenedor C-4, que no son necesarios para la señal a 140 Mbit/sg. El contenido de estos bits no está definido y los receptores deben ignorarlos.

O Cabecera unos pocos bits están asignados a información de cabecera adicional. Su uso no está definido en la actualidad.

S, C Justificación: en cada fila, hay disponible 1 bit (S) para justificación (bit de oportunidad de justificación). Esto significa que las desviaciones de frecuencia entre el sistema PDH y el sistema SDH se absorben utilizando o no este bit como bit de información. Los otros 5 bits (C) de la fila (bits de control de justificación) determinan si el bit de oportunidad de justificación se utiliza realmente o no se utiliza como bit de información. El receptor de la señal utilizará una decisión de mayoría basada en los valores de los bits de control de justificación para determinar si se utiliza el bit de justificación. Esto minimiza el riesgo de que un error de transmisión Corrompa la señal transportada a 140 Mbit/sg.

La justificación permite obtener velocidades de transmisión de bits comprendidas entre 13925 kbit/sg y 139320 kbit/sg a través del sistema SDH.

3.3. Mapeo de señales a 34 Mbps

Si el sistema SDH tiene que transportar señales PDH a 34 Mbit/sg, éstas se mapean en un C-3 (contenedor-3). Al C-3 se le añade una cabecera de ruta de 9 bytes y el conjunto constituye el VC-3 (contenedor virtual-3). El VC-3 se transporta en el TUG-3 (grupo de unidades tributarias-3) que puede considerarse como un bloque de datos de 86 columnas, cada una de las cuales contiene 9 bytes. La primera columna del TUG-3 contiene el puntero para la TU-3 (unidad tributaria 3). El puntero de la TU-3 identifica el comienzo del VC-3 dentro de las 85 columnas restantes del TUG-3. El puntero de la TU-3 consta de tres bytes, H1-H3, que se utilizan de la misma manera que se ha descrito anteriormente para el puntero AU-4. Los valores válidos del puntero de la TU-3 se encuentran comprendidos entre 0 y 764. La TU-3 es el VC-3 y su puntero asociado El método de mapeo de la señal a 34 Mbit/sg en el C-3 se ilustra en la figura 5.5. En este caso, se considera que el C3 tiene 9 tilas cada una de las cuales transporta 84 bytes. Tres de estas filas forman un grupo en el cual tres de cada cuatro bytes se utilizan para transportar bits de información (por ejemplo, la señal a 34 Mbit/sg). El resto de los bytes se utiliza para las aplicaciones siguientes:

I Transporte de bits de información.

R Relleno en este caso el byte contiene "relleno fijo", es decir, bits que se usan para rellenar la señal a 34 Mbit/sg en la trama SDH.

S1, S2 Justificación: en cada grupo de tilas, hay dos bits disponibles para justificación (bits de oportunidad de justificación). Esto significa que las desviaciones de frecuencia entre el

sistema PDH y el sistema SDH se absorben utilizando o no estos bits como bits de información.

C1, C2 Para cada uno de los bits de justificación, otros 5 bits (C1 respectivamente C2 - bits de control de justificación) del grupo de tres filas determinan si el bit de oportunidad de justificación se utiliza realmente o no se utiliza como bit de información. El receptor de la señal utilizará una decisión de mayoría basada en los valores de los bits de control de justificación para determinar si se utiliza el bit de justificación correspondiente, lo que minimiza el riesgo de que un error de transmisión corrompa la señal transportada a 34 Mbit/sg.

La justificación permite obtener velocidades de transporte comprendidas entre 34344 kbit/sg y 34392 kbit/sg.

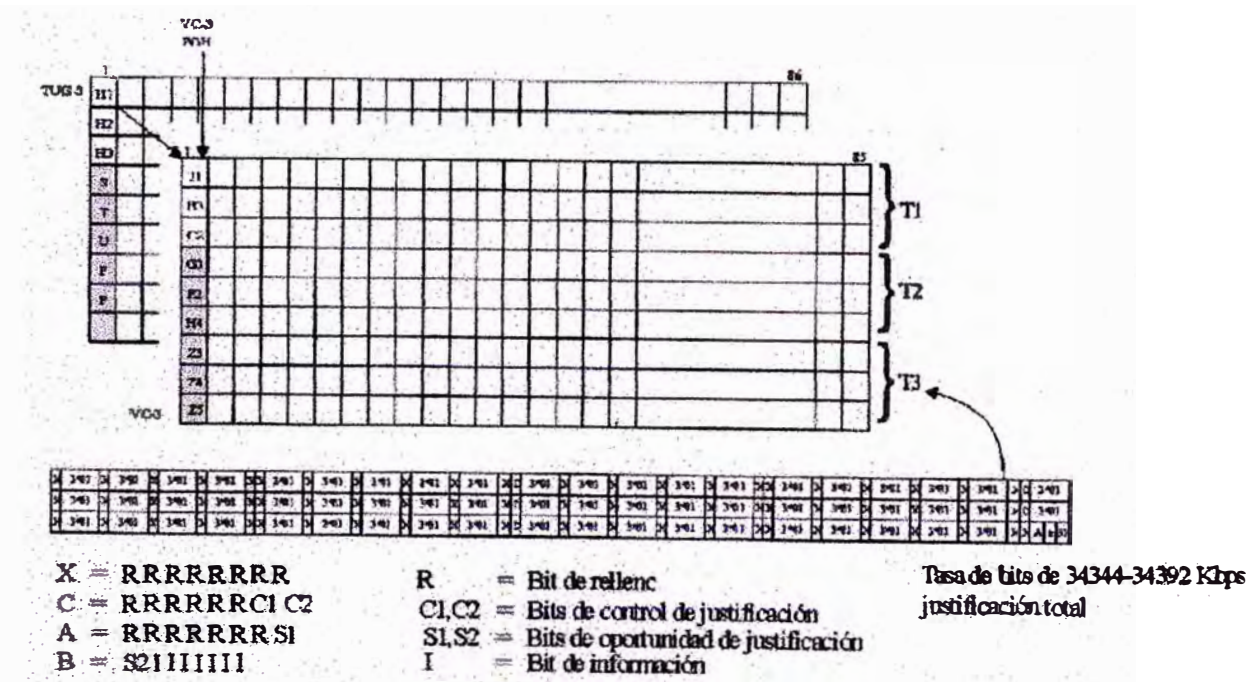


Figura 3.5 Mapeo o Entramado de la señal de 34 Mbps

3.4 Mapeo de señales a 2 Mbps

El sistema SDH puede transportar señales a 2 Mbit/sg mapeadas en un C-12 (contenedor-12). Para el mapeo pueden utilizarse tres métodos:

Asíncrono

La señal a 2 Mbit/sg no se sincroniza con la señal SDH.

Síncrono por bits

La velocidad de la señal a 2 Mbit/sg se sincroniza con la señal SDH. La identificación de tramas (si existe) de la señal a 2 Mbit/sg no se sincroniza con la señal SDH.

Sincrono por bytes

Tanto la identificación de tramas como la velocidad de la señal a 2 Mbit/sg se sincronizan con la señal SDH.

Además, están definidos dos modos de funcionamiento:

Modo flotante

La señal a 2 Mbit/sg “flota” con respecto al VC-4. El comienzo de la señal se identifica mediante un puntero.

Modo bloqueado

La señal a 2 Mbit/sg está bloqueada en el VC-4. El comienzo de la señal es fijo y está situado en el comienzo del VC-4. No se utilizan punteros.

El mapeo y modo que interesa utilizar dependen de la aplicación y de la naturaleza de la señal a 2 Mbit/sg.

Tabla 3.1 Modo Flotante

Modo Flotante Asíncrono	Modo Flotante Síncrono Por Bits	Modo Flotante Síncrono Por Bytes	Modo Bloqueado Síncrono Por Bytes
Independiente de la secuencia de bits	Independiente de la secuencia de bits	Requiere trama G.704	Requiere trama G.704
No hay requisitos para la estructura de la señal	No hay requisitos para la estructura de la señal.	Acceso directo a la señal a 64 kbit/sg.	Acceso directo a la señal a 64 kbit/sg.
No hay acceso directo a la señal a 64 kbit/sg	No hay acceso directo a la señal a 64 kbit/sg	No hay justificación; la señal tiene que sincronizarse con la SDH	No hay justificación, la señal tiene que sincronizarse con la SDH
Incluye justificación	No hay justificación; la señal tiene que sincronizarse con la SDH	VC-12s flotantes a los que se accede mediante punteros.	Los VC-12 están bloqueados en frecuencia y en fase
Interfaz sencilla con sistemas PDH existentes		Los VC-12 pueden conmutarse independientemente en ADM /DCC	No se utilizan punteros de TU La conmutación de VC-12 en ADM /DCC puede causar retrasos importantes
Sólo para señales asíncronas /PDH	No se ha planificado el uso en redes internacionales; puede usarse en redes nacionales	Debe usarse normalmente para señales a (n*) 64 kbit/sg y 2 Mbit/sg en la red SDH.	Puede usarse en lugar del modo flotante en casos especiales ya que este mapeo es más sencillo

La tabla anterior contempla el funcionamiento en modo flotante del mapeo síncrono por bits y asíncrono. Para el mapeo asíncrono, sólo está definido el funcionamiento en modo flotante.

Para el mapeo síncrono por bits, también está definido el funcionamiento síncrono por bits. El mapeo asíncrono y el mapeo síncrono por bytes se explican a continuación.

3.4.1. Mapeo de 2 Mbps: Asíncronos y byte-síncrono, flotante

En el mapeo asíncrono y en el mapeo síncrono por bytes en modo flotante de una señal a 2 Mbit/sg, el C-12 que contiene la señal a 2 Mbit/sg se sitúa en el VC-12 (contenedor virtual-12). Se añade al C-12 un byte de cabecera de ruta en el VC-12.

Cada VC-12 se señala mediante un puntero. Conjuntamente, el VC-12 y el puntero forman una TU-12 (unidad tributaria-12) y el puntero se llama el puntero TU-12.

Como se indica en la figura 3.3, se asignan cuatro columnas con 9 bytes cada una a las TU-12 por cada trama SDH. Esto da 36 bytes por trama SDH, es decir, 8.000 veces por segundo. Los requisitos inmediatos para una señal PDH a 2 Mbit/sg son 32 bytes (o intervalos de tiempo) 8.000 veces por segundo. Esto puede indicar que la señal a 2 Mbit/sg podría caber directamente en la TU-12. Sin embargo, para los tipos de mapeo explicados en este capítulo, los requisitos para la cabecera y la justificación hacen necesario asignar más espacio por VC-12 que los cuatro bytes adicionales por trama SDH. Esto se logra concatenando los 36 bytes asignados a una TU-12 en cuatro VC-4 consecutivos.

V1-3 El primer byte de cada grupo de 36 bytes se asigna al puntero TU-12. V1, V2 y V3 se usan de forma muy similar a como se usan los bytes H1, H2 y H3, por ejemplo, para el puntero AU-4 (véase el capítulo 2.11). En cuanto a los bytes H1 y H2 del puntero AU-4, V1 y V2 tienen que verse como 16 bits; NNNN SSID IDID IDID El significado de los bits NNNN, I y D se explica para el puntero AU-4. El significado de los bits SS se define en la tabla 3.2.

V4 Reservado para uso en el futuro.

Si se examina cómo las TU-12 se multiplexan a través de los TUG-2 y TUG-3 en el C-4 y el VC-4, se observará que puede transportarse un total de 63 TU-12 en el VC-4. Además, los bytes números 10 a 72 de la primera fila del VC-4 contendrán el primer byte de cada TU-12. Cuando se usan TU-12 de multitrama, el primer byte de una TU-12 es un byte V1, V2, V3 ó V4. Naturalmente, es necesario identificar lo que es cada uno. Esto se logra mediante los dos bits menos significativos del byte H4 de la cabecera de ruta del VC-4. El

valor del byte H4 de un VC-4 dado, especifica el significado de los bytes números 10 a 62 de la fila 1 del VC-4 siguiente.

Tabla 3.2: Significado de los bits SS

V1,V2 NNNN SSID IDID IDID		
SS	Identifica el tamaño de la TU	Rango del puntero
00	TU-2	0-427
10	TU-12 (para señales a 2 bit/sg>	0-139
11	<u>TU-11 (para señales a 1,5 bit/sg</u>	0-103

Los bits del byte H4 pueden asignarse también para la sincronización de las multitramas para la señalización asociada de canales. Esto se indica en la tabla siguiente:

Tabla 3.3 : Asignación de H4

Asignación de H4							
Bits							
1	2	3	4	5	6	7	8
				√	√		
				√	√	√	√
√	√	√	√	√	√	√	√

Los valores del byte H4 tienen que incluir información para la señalización CAS para los sistemas a 2 Mbit/sg y a 1,5 Mbit/sg. El resultado es una secuencia de 6 msg con 48 valores distintos.

Si el elemento de red SDH sólo se utiliza para funcionamiento en modo flotante, puede utilizarse un byte H4 simplificado. En este caso, los bits 1 al 6 son todos unos (1) y el byte H4 sólo señala la multitrama TU de 0,5 msg.

Los primeros bytes de 4 TU concatenadas contienen el puntero TU-12 (V1-V4). Los 4 x 35 bytes restantes deberán entonces considerarse como un bloque con capacidad para datos en el que puede colocarse el VC-12. El comienzo real del VC-12 se señala mediante el

puntero TU-12. El primer byte del VC-12 transporta un byte de cabecera de ruta, que es la cabecera de ruta de orden bajo V5. La parte restante del VC-12 es el C-12. Un C-12 transporta nominalmente cuatro tramas PDH a 2 Mbit/sg (cada una con 32 intervalos de tiempo).

3.4.2. Mapeo de 2 Mbps: Byte-síncrono, locked (Enganchado)

El mapeo síncrono por bytes en modo bloqueado de la señal a 2 Mbit/sg es más sencillo que los mapeos en modo flotante descritos en el capítulo anterior. En el mapeo síncrono por bytes en modo bloqueado no se utilizan ni punteros TU-12 ni TU-12 multitrama. En este caso también queda fuera el byte (V5) de cabecera de ruta. Sin embargo, para este mapeo tiene que aplicarse la secuencia completa de H4 de 6 msg.

La figura 3.3 indica que se asignan 4 columnas de 9 bytes cada una a las TU-12 por cada trama SDH. Esto da 36 bytes por trama SDH, es decir 8.000 veces por segundo. En el mapeo síncrono por bytes en modo bloqueado, una trama de la señal PDH a 2 Mbit/sg (que es igual a 32 bytes de intervalos de tiempo) se sitúa en el espacio asignado para la TU-12.

3.5. Concatenación

Una señal de transporte STM-4 se ensambla normalmente multiplexando mediante intercalación de bytes cuatro señales de transporte STM-1.

En el caso de un STM-4 concatenado (identificado como STM-4c), el área del contenedor virtual se llena completamente mediante un único VC-4-4c.

Las señales más avanzadas de los servicios prestados a los clientes, tales como ATM de 622,08 Mbps, precisan una capacidad de transporte superior a los 149,76 Mbps aportados por el VC-4 de la STM-1. Esto se consigue en SDH mediante un contenedor virtual “concatenado” de mayor velocidad.

Una señal de transporte STM-4 se ensambla normalmente multiplexando mediante intercalación de bytes cuatro señales de transporte STM-1. Como resultado de este proceso de multiplexación, el área del VC se ve ocupada por cuanto VC-4s distintos.

Cada VC-4 consta de una cabecera de ruta y un “contenedor” capaz de transportar las señales tributarias encuadradas a una velocidad hasta 149,76 Mbps.

En el caso de un STM-4 concatenado (identificado como STM-4c), el área del contenedor virtual se llena completamente mediante un único VC-4-4c, que consta de una cabecera de

ruta y un único contenedor capaz de transportar una señal tributaria a una velocidad de aproximadamente 600 Mbps.

Una vez ensamblado, un VC-4-4c (o cualquier otra estructura VC concatenada) se multiplexa, se comuta y se transporta a través de la red como una única entidad.

3.5.1. Estructura de trama STM-4c

La trama de la señal STM-4c dispone de las mismas dimensiones globales que una STM-4 (9 filas por 1080 columnas), la misma tasa de repetición de trama de 8000 tramas por segundo) y, por tanto la misma velocidad de señal (622,08 Mbps). El área de SOH de una STM-4c tiene una estructura idéntica a la de la trama STM-4 (las primeras columnas se designan a la cabecera).[6]

El contenedor de la STM-4c consta de 1043 columnas de 9 bytes, es decir, un total de 9387 bytes. Estos bytes aportan una capacidad de transporte de 600,77 Mbps a una tasa de repetición de trama de 8000 Hz.

3.5.1.1. Concatenación de las AU-4

Las AU-4 pueden concatenarse para formar una AU-4-4c concatenadas que puede transportar cabinas útiles que requieren una capacidad superior a un contenedor 4.

3.5.1.2. Concatenación de las AU-4 contiguas

El puntero de la AU-4 contiene una indicación de concatenación a fin de mostrar que cabina útil de múltiples contenedor-4, que es transportada en un solo VC-4Xc, debe mantenerse agrupada. La capacidad disponible para el establecimiento de la correspondencia, el contenedor-4 múltiple, es X veces la capacidad del contenedor-4 (por ejemplo, 599 040 Mbit/s para X = 4 y 2 396 160 Kbit/s para X = 16). Las columnas 2 a X del VC-4-Xc se especifican como relleno fijo. La primera columna del VC-4-Xc se utiliza para la POH. La POH se asigna al VC-4-Xc (por ejemplo, la BIP-8 abarca 261 columnas X del VC-4-Xc). La Fig. 3.6 ilustra el VC-4-Xc.

La primera AU-4 de una AU-4-Xc tendrá un margen normal de valores del puntero.

Todas las AU-4 siguientes de la AU-4-Xc tendrán sus punteros puestos a indicación de concatenación "1001" en los bits 1 a 4, los bits 5 y 6 estarán sin especificar y habrá diez UNOS en los bits 7 a 16. La indicación de concatenación señala que los procesadores de

puntero realizarán las mismas operaciones que las realizadas en la primera AU-4 de la AU-4-Xc.

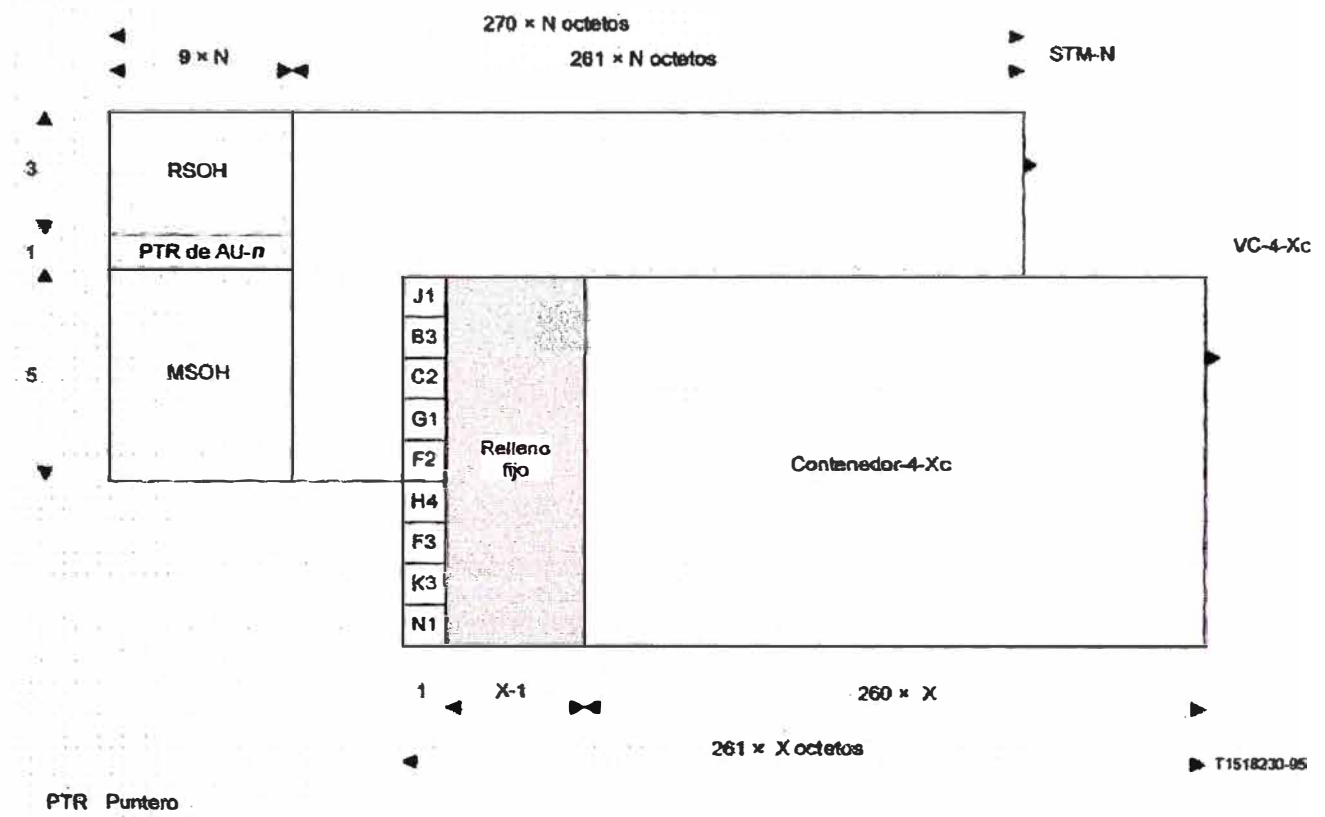


Figura 3.6 Concatenación de las AU's contiguas

CONCLUSIONES

1. SDH ofrece gran flexibilidad de configuración en los nodos de la red.
2. SDH aumenta las posibilidades de administración tanto del tráfico como de los elementos de la red.
3. SDH hace posible que una red pueda ser llevada desde su estructura de transporte PDH pasiva a una que activamente transporte y administre información.
4. SDH permite el reenrutamiento automático del tráfico sin interrupción del servicio.
5. SDH permite la rápida provisión de servicios punto a punto bajo demanda.
6. SDH permite la administración flexible de una gran variedad de servicios de ancho de banda fijo.
7. El estandar SDH también favorece la creación de estructuras de redes abiertas, incrementando la competencia en la provisión de servicios.

ANEXO A

SINCRONIZACION

A.1. Reloj

El reloj de los nodos en redes SDH es normalmente sincronizada por los otros nodos.

Básicamente, la sincronización es basada en una relación enviada esclavo-maestro, como en el siguiente arreglo jerárquico:

Tipos de Reloj:

Referencia de Reloj Primario	G.811
Reloj Esclavo (transit node)	G.812-T
Reloj esclavo (local node)	G.812-L
Reloj de elemento de red SDH	Bajo definición (G.81s)

La distribución de la sincronización es dividida dentro de dos niveles:

Distribución ínter estaciones con una topología de forma de árbol.

Distribución intra-estaciones con una topología en forma de estrella. Solamente el reloj de más alto nivel de jerarquía será sincronizado una fuente exterior de la estación. Como un resultado de esta topología, todos los relojes en una red SDH son trazados por la misma referencia del reloj primario PRC.

La sincronización de un reloj esclavo esta basado sobre una o mas señales de sincronización desde el nivel mas alto de jerarquía. El reloj esclavo determina cual señal usara como su referencia. Esta es llamada rastreo de sincronización. Si este rastreo falla el reloj esclavo cambiara a una alternativa. Cuatro modos de sincronización son identificados como se explica a continuación.

Modo de sincronización:

Síncrono

Es un modo normal de operación para una red SDH. Todos los relojes dentro de una red son trazados por el mismo PRC. El ajuste del puntero solamente ocurrirá aleatoriamente, causados por cambios en la fase. Cambios en la fase pueden levantarse desde cambios en las condiciones ambientales.

Pseudo-síncrono

En un modo pseudo-síncrono más de un reloj PRC existirá. Sin embargo ningún reloj en la red es trazado por solamente uno de estos. Este será el modo normal de operación para redes que consisten de sub-redes como por ejemplo la red internacional y redes inter-

operadores porque los relojes PRC no serán exactamente iguales, las operaciones de los punteros ocurrirá en los límites de las sub-redes.

Plesiocrono

En el modo Plesiocrono, el rastreo de sincronización y alternativas ambas son deshabilitadas por uno o más de los relojes dentro de la red. Estos relojes serán llamados modo Hold-over (o Free-running). En este modo, el reloj usará una referencia interna. En este caso, las operaciones del puntero ocurrirán. Sin embargo, si solamente los relojes de los elementos de red intermedios son afectados, no habrá movimiento del puntero para una conexión a través de la red. Las operaciones del puntero en el elemento de red intermedio serán canceladas por operaciones opuestas del puntero en el elemento de red siguiente, todo dentro de la conexión sincronizada por el PRC.

Asíncrono

En el modo Asíncrono ocurren desviaciones de frecuencia grandes, la red SDH no es requerida para llevar tráfico en esta situación. Sin embargo, sin embargo la transmisión de una señal de indicación de alarma (AIS) debe ser posible.

Típicamente la sincronización en redes SDH será integrada con las ya existentes redes de arquitectura con sincronización PDH. En la actualidad los relojes en los nodos son también unidades separadas o integradas en el intercambio. En el futuro los relojes en los nodos podrían ser integrados en algunos de SDH, por ejemplo un gran sistema de cross-conexiones digitales de una red SDH (SDXC). El reloj de un elemento de red SDH puede ser sincronizado en una de dos maneras. Una manera es sincronizar el reloj del elemento de red (Fuente de temporización maestra MIS) para una línea de señal entrante STM-n.

Los elementos de red SDH que son parte de un nodo usarán el segundo método para la sincronización. El reloj del nodo es sincronizado a la señal PRC a través de la señal de sincronización externa. Tenemos ejemplos de tales señales: una señal una señal de línea de STM-n, una señal de 2048Kbps (esta señal es típicamente usada en redes PDH).

El reloj del nodo usará una de las señales de sincronización como su señal de referencia primaria. Si esta señal falla, el reloj será sincronizado con una de las alternativas. La distribución del reloj dentro de un nodo SDH puede usar también la señal de línea STM-n o una señal de reloj separado.

Si el elemento de red SDH pierde su sincronización este usara en vez una señal de reloj generada internamente, llamada Holdover. La red SDH será capaz de llevar tráfico normal pero la operación del puntero será usada muy frecuentemente.

En las recientes propuestas para las recomendaciones SDH se ubica en la parte de encabezamiento un byte S 1 para mensajes del estado de sincronización. Este mensaje especifica los niveles de la señal de sincronización. Como mostramos en la siguiente tabla, con patrones de bits que son asignados para los 4 niveles de sincronización. En adición un patrón es asignado para indicar que la calidad de sincronización es desconocida. Otro es asignado para indicar que la sección podría no ser usada para sincronización.

A.2. Aleatorización

La señal de datos misma no lleva información de reloj directamente - diferente a la código CMI para señales eléctricas donde la información del reloj es encasillada dentro de la señal.

La recuperación del reloj, basado en la recepción de la señal es necesaria en los elementos de red SDH. Si los datos transmitidos llevan largas secuencias de 1's o 0's continuos, los circuitos de recepción pueden ser incapacitados para recuperar el reloj desde la señal recibida. Porque es bastante similar que el flujo de datos contendrá tales secuencias continuas, un mecanismo para manejo manual de esta situación puede ser definida: aleatorización de los datos transmitidos.

El mecanismo de aleatorización define que alguno de los bits en la trama SDH son invertidos de acuerdo a un esquema predefinido, formando grandes secuencias de 0's y 1's consecutivos muy diferentes.

La aleatorización es aplicada a todos los bytes de la trama SDH excepto para la primera fila de la sección de encabezado (SOH). Estos bytes no son aleatorizados porque ellos llevan la información de sincronización de trama.

A.3. Jitter

Jitter es descrito como variaciones cortas de la señal digital desde su posición ideal en el tiempo. Dependiendo sobre la magnitud de la variación, este puede causar una recepción incorrecta de la señal.

Siempre que la justificación es usada en un sistema de transmisión digital, el jitter es introducido a la señal transportada. El mecanismo de justificación usado en PDH y para el mapeo de PDH dentro de SDH algunas veces usara un bit extra para la transmisión de la señal dada. Los demultiplexores en el sistema suavizaran el efecto de la adición del bit extra, pero el jitter en algún grado permanecerá. Los límites para el jitter en un sistema de transmisión SDH son especificados dentro de las recomendaciones ITU-T G.985 y G.825, mientras que los límites para el jitter en una PDH están especificadas en las recomendaciones ITU-T G.823.

ANEXO B

SEÑALES DE LINEA

La señal SDH es un flujo serial de señales digitales, normalmente transmitidos en enlaces ópticos. Las señales SDH pueden también aparecer en otro tipo de enlace, por ejemplo enlaces eléctricos y enlaces satelitales.

B.1. Señales ópticas

Las especificaciones de SDH incluyen para líneas ópticas que llevan señales SDH.

Las especificaciones definen un número de sistemas diferentes que pueden ser usados, dependiendo en la aplicación con respecto al tramo de repetidor realizable:

Intra-office para distancias hasta aproximadamente 2 km.

Inter-office de corto alcance para distancias de aproximadamente 15 km.

Inter-office de largo alcance para distancias de aproximadamente 40 km. o más.

Diferentes especificaciones son realizadas para cada una de las tres categorías, dependiendo de la tasa de bits (STM-1, STM-4 y STM-16), tipo de fibra óptica y longitud de onda (1310nm o 1550nm). El resultado de cada tasa de bits es una especificación intra-office, dos especificaciones inter-office de corto alcance y tres especificaciones inter-office de largo alcance. Es decir 18 especificaciones en total.

Las señales digitales binarias son transmitidas sobre la línea óptica como indica la siguiente tabla:

Tabla B.1 Señales Digitales Binarias

0 Lógico	Sin emisión de Luz
1 Lógico	Emisión de Luz

Sus interfaces ópticas tienen sus especificaciones definidas para tres supuestos de aplicaciones distintos:

Local (indicaciones mediante I-n, donde n = nivel jerárquico STM). Abarca aplicaciones que requieren un transmisión a una distancia máxima de unos 2km, con estimaciones de perdida del sistema entre 0 y 7 dB con fibra monomodo. Los transmisores ópticos I-n

pueden ser diodos fotoluminiscentes (LED's) o transmisores láser de modo multilongitudinal (MLM) de baja potencia con una longitud de onda de 1310 nm.

Corto Alcance (indicados mediante S-n 10 2, donde n = nivel STM 1 = Longitud de Onda de 1310 nm sobre fibra G.652 2 = Longitud de onda de 1550nm sobre fibra G.652). Abarca aplicaciones a distancias de hasta unos 15km, con estimaciones de pérdida del sistema entre 0 y 12 dB, con fibra monomodo. Se utilizan transmisores de láser de modo multilongitudinal (MLM) de baja potencia (50 W o 13dBm) con longitudes de onda de 1310 o 1550 nm.

Largo Alcance (indicados mediante L-n 1,2 o 3, donde n = nivel STM; 1 = longitud de onda de 1310 nm sobre fibra G.652; 2 = Longitud de onda de 1550 nm sobre fibra G.652 o G.654; 3 = Longitud de onda de 1550 nm sobre fibra G.653). Abarca aplicaciones a distancias de hasta de hasta 40 km, con estimaciones de pérdida del sistema entre 10 y 28 dB, con fibra monomodo. Se utilizan transmisores láser de modo mono longitud (SLM) o modo multilongitudinal (MLM) de alta potencia (500wo -3dB) con longitudes de onda de 1310 o1550 nm.

B.2. Señales eléctricas

La señal STM-1 a 155 Mbps puede aparecer en interfaces eléctricas. Si este es el caso el código de línea CMI podría ser usado por la señal. El CMI es conocido como inversión de marca codificada. El CMI es un código sin retorno a cero en el cual un cero binario es codificado tal que ambos niveles son logrados consecutivos en cada mitad de un intervalo de unidad. Un 1 binario es codificado según uno u otro de los niveles de amplitud para un intervalo de tiempo completo.

Reglas de conversión del código:

Para un 0 binario siempre hay una transición en el punto medio de la unidad de intervalo de tiempo binario.

Para un 1 binario, una de las dos reglas siguientes podría ser usada:

Hay una transición positiva al inicio del intervalo de la unidad de tiempo binario si el nivel precedente fue negativo.

Hay una transición negativa en el inicio de la unidad de tiempo en el intervalo binario si el último 1 binario fue positivo.

Para aplicaciones inter-oficinas se define una interfase eléctrica en el nivel STM-1. Las características de esta interfase eléctrica codificada por CM se definen en las recomendaciones G.703 del CCITT.

ANEXO C

PROTECCION DE LA SECCION DE MULTIPLEXACION

Para asegurar que la red continuara operando si una sola línea SDH se deteriora, una línea extra (sección de peritaje) puede ser preparada para llevar el tráfico de la línea deteriorada. Esta ubicación esta hecha para secciones de multiplexación, y es llamada Protección de la Sección de Multiplexación (MSP). La red monitoreara la calidad de transmisión de las áreas de trabajo. Basados en este monitoreo, el trafico será conmutado a la sección de protección. Esta función esta referida conmutación automática de protección (APS)[7].

La protección de la sección de multiplexación puede ser implementada de varias maneras:

MSP arquitectura de conmutación 1+1

En esta arquitectura, una sección de protección esta disponible para cada sección de trabajo.

MSP arquitectura de conmutación 1:n

En esta arquitectura, una sección de protección esta disponible para n secciones de trabajo ($n < 14$).

En adición a las dos arquitecturas de protección mencionadas las redes de protección de anillo están actualmente bajo definición.

Para transferir el trafico de las secciones de trabajo hacia as secciones de protección se utiliza una serie de interruptores. El sistema usa los bytes K1 y K2 del encabezado de la sección de multiplexación para controlar esta transferencia. El Byte K1 envía peticiones e información del estado hacia el otro terminal de la sección de multiplexación. El byte K2 envía información de la configuración actual del puente, la arquitectura MSP y alarmas.

ANEXO D

ADMINISTRACION DE SDH

Uno de los avances de SDH comparado con los sistemas PDH es que las redes SDH funcionaran con sistemas estandarizados con operación y mantenimiento centralizado.

Esto significa que una red de administración de telecomunicaciones centralizada (TMN) puede ser usada para operación y mantenimiento de elementos de red SDH de diferentes proveedores.

Información entre la administración de red SDH (SMN), y la TMN es transferida a través de las interfases Q. La SMN puede ser acezada o por la TMN en los puertos del elemento de Red (GNE). La SMN sola puede consistir de un número de sub-redes de administración SDH (SMS). La comunicación entre las SMS's es llevada en canales de control colocados dentro (ECC) que usa los canales de comunicación de datos (DCC) es decir los bytes DI-D12 de la sección de encabezado como capa física.

Las funciones que son cubiertas por la administración SDH son:

Administración ECC

Administración de fallas

Vigilancia de alarmas

Pruebas

Monitoreo de desempeño de red

Administración de configuración

Administración de seguridad

Una enorme cantidad de trabajo esta siendo actualmente llevada a cabo en los grupos de estandarización para crear las recomendaciones para la administración de SDH.

D.1. Error-performance G.826

Un tema importante en el mantenimiento SDH es el monitoreo de desempeño. La recomendación G.826 del plan ITU-T define los parámetros del error-performance y los objetivos para la tasa de bit constante (CBR) de sistema de transmisión digital o por encima de la tasa primaria (es decir 2 Mbps en términos ETSI). Además G.826 es aplicable a redes SDH.

Los eventos y parámetros especificados en G.826 están basados en bloques. Los siguientes eventos están definidos:

Errored Block (EB Bloque errado): un bloque en el cual uno o más bits están en error.

Errored Second (ES segundo errado): un periodo de un segundo con uno o más bloques errados (EB).

Severely errored seconds (SES segundo severamente errados): un periodo de un segundo el cual contiene mayor o igual del 30% de bloques errados o al menos un periodo con disturbio severo (SDP un periodo con las ocurrencias de alarmas tales como pérdida de señal, pérdida de trama o AIS) SES es un sub-nivel de ES.

Background Block error (BBE) es un bloque errado que no ocurre como parte de un SES.

Los siguientes parámetros son definidos:

Errored second ratio (ESR): es la tasa de ES para el total de segundos en un tiempo habilitado durante un intervalo de medida.

Several error second ratio (SESR): La tasa de SES's para un total de segundos en un tiempo habilitado durante un intervalo de medida. La cantidad total de bloques excluye todos los bloques durante los SES's.

En adición a los parámetros y eventos básicos, G.826 también define los objetivos para los parámetros en varias tasas de bit.

ANEXO E

MEDICIONES EN REDES SDH

La gama de innovaciones que ofrece SDH representa un nuevo e importante reto en el área de la comprobación de telecomunicaciones. Este reto se ve agravado por el hecho de que es necesario comprobar el interfaz de nodos de la red para sustentar la visión de una interfase abierta a equipos de distintos fabricantes que contempla la futura red SDH. En este apartado se aborda la comprobación SDH mediante el examen de los siguientes temas:

Introducción a la medida de SDH

Requisitos para pruebas en SDH

E.1 Introducción a la medida en SDH

En la actualidad, los sistemas de líneas de telecomunicaciones de alta capacidad suministrado por los distintos fabricantes son diseños patentados propios. Puesto que no existe una norma para las interfases de línea de los equipos de red, la comprobación se efectúa de extremo a extremo en un sistema de línea completo, probablemente en un interfaz de señales tributarias G.703. Cada canal tributario del sistema de línea se excita en un extremo mediante en una señal de prueba que incorpora una secuencia binaria pseudoaleatoria (PRBS). En el extremo opuesto se detecta los errores en la configuración de bits y se realiza una medida de la tasa de errores de bit (BER) para cuantificar el rendimiento.

Ahora, SDH normaliza la señal de línea de gran capacidad y las señales asociadas. Esta normalización permite interconectar directamente equipos de red SDH de distintos fabricantes.

Esto añade una nueva dimensión a los requisitos de prueba de telecomunicaciones. El punto de enlace entre equipos, denominados interfaz de nodos de red, debe someterse ahora a exhaustivas pruebas. Ello implica aportar una nueva capacidad de prueba que pueda utilizarse en la interfaz de línea de gran capacidad de los equipos de la red.

Desde una perspectiva de medida, conviene observar que las interfases de entrada y salida existentes en un segmento de la red SDH son las mismas interfases utilizadas en un elemento individual de la red SDH.

Además pueden utilizarse los mismos tipos de configuraciones de prueba (entrada SDH a salida SDH, entrada SDH a salida en señal tributaria, entrada en señal tributaria a salida SDH y entrada en señal tributaria a salida de señal tributaria) en aplicaciones tanto de

fabricación como de campo: esto significa que puede usarse la misma gama de pruebas para verificar el rendimiento de los equipos de la red SDH durante su fabricación, así como segmentos de la red SDH durante su instalación y durante la resolución de anomalías.

E.2. Requisitos para pruebas en SDH

La gama de pruebas SDH pueden dividirse en 4 categorías, cada una de las cuales contienen pruebas asociadas a un aspecto concreto de la señal SDH.

-Pruebas de capacidad de transporte. Esta categoría incluye pruebas como BER y ensamble y desensamble, que verifican las posibilidades de transporte que aporta SDH. Mas concretamente, estas pruebas son necesarias para asegurar que una señal tributaria (2, 34, o 140 Mbps por ejemplo) sea transportada por la red SDH y entregada intacta a su destino.

-Pruebas de puntero. Esta categoría incluye pruebas tales como el desplazamiento de la temporización y las fluctuaciones en la salida, que comprueban las posibilidades que ofrece SDH para permitir el funcionamiento asíncrono de la red. Más concretamente, estas pruebas son necesarias para asegurar que el rendimiento de los equipos de la red SDH no afecte el funcionamiento de otros equipos ajenos a la red SDH que hayan sido instalados.

ANEXO F

GLOSARIO

Se aplican las siguientes definiciones para los términos utilizados en estas hojas[8]

Jerarquía Digital Sincronía (SDH): como un conjunto de estructuras de transporte digitales ordenadas por una jerarquía.

Modulo de Transporte Síncrono (STM): Es la estructura de información utilizada para soportar conexiones al nivel de sección en la SDH. Consta de una sección de encabezamiento llamada "Section Overhead" y de campos de información de carga útil llamada "Payload" organizados en una estructura de trama de bloque que se repite cada 125 microsegundos. Los STM de mayor capacidad se constituyen a capacidades equivalentes a N veces la velocidad básica, siendo la velocidad básica N=1. Se han definido capacidades de STM para N=4, N=16 Y N=64; están en estudio valores superiores.

Contenedor Virtual-n (VC-n): Es la estructura de información utilizada para soportar conexiones al nivel de trayecto en la SDH. Consta de un encabezamiento de trayecto (POH) llamada "Path Overhead" y campos de información de carga útil de información organizados en una estructura de trama de bloque que se repite cada 125 o 500 microsegundos.

Contenedor Virtual-n de orden inferior VC-n (n=1, 2,3): Este elemento comprende un solo contenedor-n (n=1, 2,3) mas la POH de contenedor virtual de orden inferior adecuada a ese nivel.

Contener Virtual-n de orden Superior VC-n (n=3,4) Este elemento comprende un solo contenedor n (n=3,4) o un conjunto de grupos de unidades tributarias (TUG-2 o TUG-3), junto con la POH de contenedor virtual adecuada a ese nivel.

Unidad Administrativa-n (AU-n): Es la estructura de información que proporciona la adaptación entre la capa de trayecto de orden superior y el nivel de sección de multiplexación. Consta de una carga útil de información (el contenedor virtual de orden superior) y un puntero de unidad administrativa que señala el desplazamiento del comienzo de la trama de cabida útil con relación al comienzo de la trama de la sección de

multiplexación. Se definen dos unidades administrativas: la AU-4 y la AU-3. La primera consta de un VC-4 más un punterote unidad administrativa que indica la alineación de fase del VC-4 con respecto a la trama del módulo de transporte síncrono N (STM-N). La segunda consta de un VC-3 más un puntero de unidad administrativa que indica la alineación de fase del VC-3 con respecto a la trama STM-N. En cada caso, la ubicación del puntero de unidad administrativa es fija con respecto a la trama STM-N.

Grupo de Unidades Administrativas-n (AUG-n): Se denomina así a una o más unidades administrativas que ocupan posiciones fijas y definidas en una cabida útil de STM. Un AUG consta de un conjunto homogéneo de varias AU-3's o de una AU-4.

Unidad Administrativa-n (AU-n): Es una estructura de información que proporciona la adaptación entre el nivel de trayecto de orden inferior y el nivel de trayecto de orden superior. Consta de una cabida útil de información (el contenedor virtual de orden inferior) y un puntero de unidad afluente que señala el desplazamiento del comienzo de la trama de carga útil con respecto con relación al comienzote la trama del contenedor virtual de orden superior. La TU -n ($n=1, 2,3$) consta de un VC-n junto con un puntero de unidad tributaria.

Grupo de Unidades Tributarias-n (TUG-n): Se denomina así a una o más unidades tributarias que ocupan posiciones fijas y definidas en una cabida útil de VC-n de orden superior. Las TUG se definen de manera que pueden construirse cabidas útiles de capacidad mixta formadas por unidades afluentes de tamaños diferentes para aumentar la flexibilidad de la red de transporte. Un TUG-2 consta de un conjunto homogéneo de TU-1 idénticas o de una TU-2. Un TUG-3 consta de un conjunto homogéneo de TUG-2 o de una TU-3.

Contenedor-n ($n=1-4$): Un contenedor es la estructura de información que forma la cabida útil de información sincronía de red para un contenedor virtual. Para cada uno de los contenedores virtuales definidos existe su correspondiente contenedor. Se han definido funciones de adaptación de muchas velocidades binarias de red comunes en un número limitado de contenedores normalizados.

Interfaz de de Nodo de red (NNI) Interfaz situada en un nodo de red que se utiliza para la interconexión con otro nodo de red.

Puntero: Indicador cuyo valor define el desplazamiento de la trama de un contenedor virtual con respecto a la referencia de la trama de la entidad de transporte sobre lo que es soportado.

Multiplexación: Procedimiento por el que varias señales de niveles del trayecto de orden inferior se adaptan a un trayecto de orden superior, o por la que múltiples señales de niveles del trayecto de orden superior se adaptan a una sección de Multiplexación.

Concatenación: Procedimiento en una multiplicidad de contenedores virtuales que se asocian unos a otros de modo que su capacidad combinada pueda utilizarse como un contenedor sencillo para que mantenga la integridad de ciertas secuencias de bits.

Correspondencia: Procedimiento por el que se adaptan tributarias a contenedores virtuales en los límites de un red SDH.

Alineación: Procedimiento por el que la información de desplazamiento de trama se incorpora a la unidad tributaria o a la unidad administrativa cuando esta se adapta a la referencia de trama de cada soporte.

BIBLIOGRAFIA

1. *IEE Electronics & Communication Engineering Journal, June 1994:*
Synchronous Digital Hierarchy (SDH)
www.iec.org/online/tutorials/sdh/
2. *TechFest.com :*
SONET / SDH Technical Summary
<http://www.techfest.com/networking/wan/sonet.htm>
3. *Jose Maria Domínguez Picazo:*
Jerarquía Digital Síncrona (SDH)
<http://www.mailxmail.com/curso/informatica/sdh/capitulo7.htm>
4. *The Queen's University of Belfast:*
SDH/SONET
<http://www.pcc.qub.ac.uk/tec/courses/network/SDH-SONET/SDH-SONET.html>
5. *Mercury Communications Ltd - August 1992:*
Synchronous Digital Hierarchy (SDH)
www.gare.co.uk/technology_watch/sdh.htm
6. *Saleem Bhatti:*
Physical Layer; SONET and SDH
www.cs.ucl.ac.uk/staff/S.Bhatti/D51-notes/node43.html
7. *Tektronix:*
SDH Pointers

http://www.tektronix.com/Measurement/App_Notes/sdhprimer/pointers.pdf

8. *Tektronix:*

Automatic Protection Switching

http://www.tektronix.com/Measurement/App_Notes/sdhprimer/switching.pdf