



SISTEMAS DE COMUNICACIÓN UTILIZANDO SDH

Manuel Gerardo Raggi González
Laboratorio del Centro de Investigación, Universidad La Salle

RESUMEN

Los sistemas de comunicación en masas como el teléfono han tenido que sufrir diversos cambios, cambios que tienen por objeto el transmitir la mayor cantidad de información posible utilizando menor cantidad de equipo y ofreciendo cada vez más servicios. Uno de los sistemas que puede ofrecer todas estas ventajas es el conocido como SDH.

ABSTRACT

The actual communication systems as the telephone has suffer different changes, changes that have for objective transmit more information using less equipment and give more services. One system that brings all this features is the SDH.

INTRODUCCIÓN

Hoy día, los sistemas de comunicación se encuentran en medio de una guerra por las diferentes corrientes tecnológicas, tanto por ofrecer nuevos servicios como por volverse más flexibles; hasta ahora no se ha llegado a una conclusión.

Más aún, como se ha ido incrementando el tipo de información que se requiere transmitir, esto es, voz, datos y video, los sistemas de comunicación exigen un cambio, cambio que debe permitir seguir utilizando los sistemas ya existentes y al mismo tiempo debe ser capaz de proporcionar nuevos servicios y debe ser tan flexible a cambios como se requiera.

Una de los aspectos más importantes que debe tomarse en cuenta es la capacidad de transmitir grandes volúmenes de información a grandes distancias, sin perder por ello la calidad de la comunicación, como también debe pensarse en la facultad de ofrecer diferentes servicios a los diferentes usuarios. Es por ello que la adición de nuevas tecnologías se hacen tan indispensables.

Hasta ahora solo se ha hablado de información, pero también debemos de pensar que necesitamos un sistema que involucre la parte de operación, administración, mantenimiento y aprovisionamiento del

sistemas y que todos estos datos se transmitan para poder supervizar al sistema.

Una de estas nuevas tecnologías que ofrecen todas estas ventajas es la que se conoce como SDH o Jerarquía Digital Síncrona.

Pero, ¿Qué quiere decir esto? La palabra SDH es un acrónimo de Jerarquía Digital Síncrona (*"Synchronous Digital Hierarchy"*).

De la misma forma tenemos que,

Jerarquía: indica que existe una relación entre las velocidades de transmisión digital, las velocidades de transmisión bajas pueden ser contenidas en las más altas. Y puesto que las bajas velocidades de transmisión deben de adaptarse a las altas, se puede decir que el equipo se encuentra en un orden jerárquico.

Digital: es el proceso en el cual las señales eléctricas se cuantifican en cierto número de niveles, transportando el resultado a un lugar distante. La consecuencia de cuantificar en un pequeño número de niveles es el de evitar los efectos del ruido y con ello no afectar la calidad de la señal transportada.

Síncrona: el tiempo es cuantificado en unidades repetidas de 1/8000, las cuales



son llamadas "tramas". Utilizando buffers es posible mover información de una parte anterior de la trama a una parte posterior de la trama. La información parece moverse hacia adelante en una estructura SDH, el movimiento inverso también es posible. Es por eso que es posible localizar la información dentro de la red SDH en cualquier momento.

Más que un acrónimo, este es un nuevo concepto de crear redes de telecomunicaciones. Comparadas con la forma tradicional de redes, SDH ofrece tanto para la compañía de telecomunicaciones como para los suscriptores muchas ventajas.

La razón principal por introducir SDH es que la red provee un acceso rápido para cambios en los requerimientos de los servicios por los usuarios de la red. Adicionalmente con la red SDH se pueden obtener más variedad en los requerimientos de la red.

Las redes SDH tienen una restricción importante, no aceptan líneas ó teléfonos individuales. El servicio ofrecido por la red acepta capacidades mínimas de 1.5 ó 2 Mbits/s, así es que en términos tradicionales de telefonía, la cantidad mínima de teléfonos que podrá manejar la red es 24, 30 ó 31.

ANTECEDENTES

La primera aproximación de una interface digital síncrona fue propuesta en los Estados Unidos y es un concepto llamado SONET ("*Synchronous Optical Network*") y uno de sus objetivos era el de estandarizar las líneas transmisión ópticas. En el concepto de SDH, las interfaces metálicas y los sistemas de radio también tienen cabida, aunque las líneas ópticas son la principal propuesta.

Para entender el concepto de SDH, hay que hacer notar que SDH, son varios conceptos al mismo tiempo:

- Estándares Internacionales
- Estructura de Redes
- Métodos de Multiplexaje

Para comenzar, el nombre de jerarquía es tomado del método de "multiplexión", el cual es

"síncrono" por naturaleza. Pero para poder explicar estos conceptos, es necesario hacer una corta descripción acerca de la historia y aspectos de los sistemas SDH.

En Febrero de 1988 se alcanzó un acuerdo en Seúl por el "Grupo XVIII" de la CCITT (Comisión Consultiva Internacional de Telefonía y Telegrafía) sobre las recomendaciones para la Jerarquía Digital Síncrona (SDH), representando un estándar internacional para el transporte de señales digitales. Estas recomendaciones (G.707, G.708 y G.709) cubren las características funcionales para las interfaces de red, como son las velocidades de transmisión y estructura de la señal a lo largo de la red.

Para permitir una rápida introducción de esta nueva jerarquía, lo primero que se realizó fue una descripción de los sistemas de transporte que se estaban utilizando basados en la Jerarquía Digital Plesiócrona (PDH) y se acomodaron en los tres diferentes estándares que se tenían en aquel tiempo. La Figura 1, ilustra las velocidades de transmisión de los diferentes sistemas PDH utilizados.

De la Figura 1, podemos describir que el primer estándar es el utilizado por los países europeos y todos aquellos que utilizan CCITT; en este estándar se toman señales individuales de 64 Kbits/s, a la cual se le denomina jerarquía de multiplexión 0, de estos 64 Kbits/s se multiplexan 30 ó 31 simultáneamente para formar una señal de 2048 Kbits/s, jerarquía de multiplexión 1, de la misma forma se toman cuatro señales de 2048 Kbits/s para formar una señal de 8448 Kbits/s, jerarquía digital 2, de la misma forma se toman cuatro de 8448 Kbits/s para formar una de 34368 Kbits/s y al final se toman 4 de 34368 Kbits/s para formar una de 139624 Kbits/s, jerarquía de multiplexión 4.

De la misma forma se tomaron las señales que se utilizan en los Estados Unidos y Japón y se colocaron en los siguientes bloques de la Figura 1. Debe notarse que a comparación de las recomendaciones de la CCITT, las normas americanas y japonesas multiplexan 24 canales o señales de 64 Kbits/s para formar tramas de 1544 Kbits/s.

En la parte inferior de la misma Figura 1 podemos notar que para SDH, se comienza con velocidades de transmisión de 155520

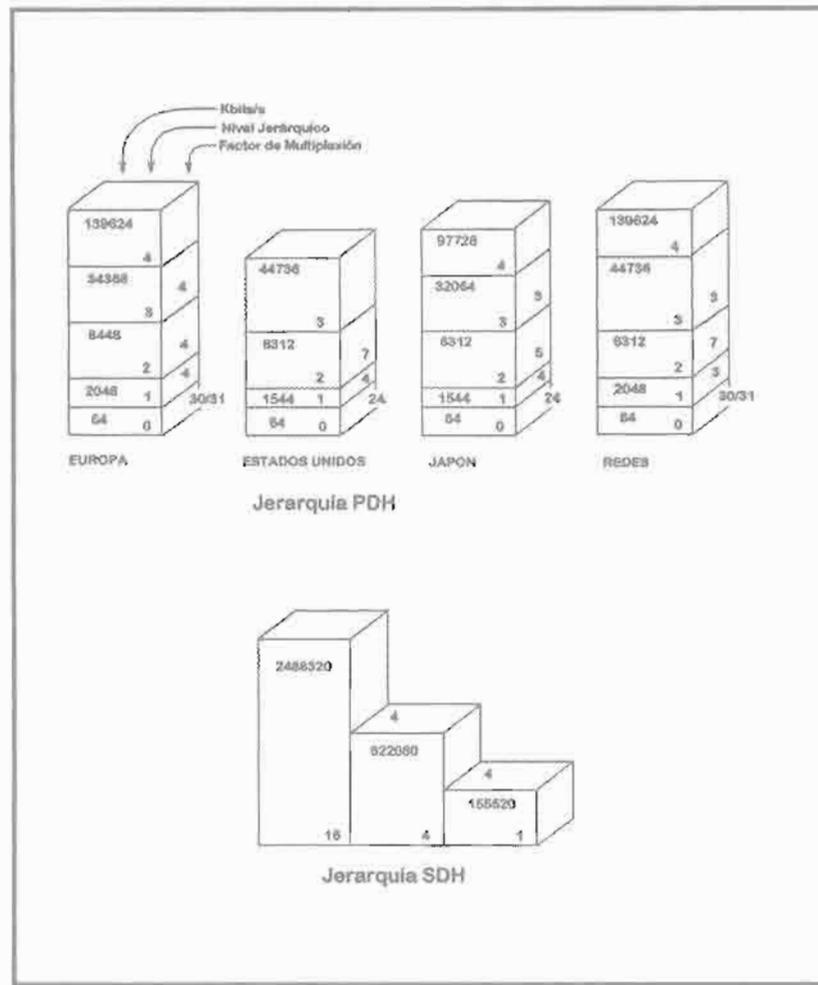


Figura 1. Jerarquías Digitales

Kbits/s, nivel jerárquico 1, de las cuales se multiplexan cuatro dando por resultado 622080 Kbits/s, con nivel jerárquico cuatro, para el siguiente nivel, se pueden tomar cuatro señales de 622080 Kbits/s o 16 señales de 155520 Kbits/s para formar una señal de 2488320 Kbits/s con un nivel jerárquico 16.

SDH contra PDH

La decisión de utilizar SDH en lugar de la tradicional PDH debe ser basada en los beneficios económicos obtenidos una vez que se instala una red SDH.

Las redes SDH tienen ventajas enormes sobre las PDH con respecto a la accesibilidad de la información.

En SDH, la información se ubica ordenadamente en contenedores bien definidos y se transporta mediante portadoras de contenedores, estos contenedores son accesibles de inmediato cuando se abre la portadora en las estaciones de carga.

En PDH, la información también se coloca en contenedores, pero estos se encuentran menos estandarizados, sin embargo el mayor inconveniente radica en el uso de portadoras de contenedores que sólo pueden ser cargadas y descargadas por completo. El acceso a un contenedor específico implica descargar por completo la portadora, este proceso consume mucho tiempo.

Otra ventaja de SDH es que la carga se administra cuidadosamente. Los datos de



gestión se distribuyen a todas las estaciones de carga relevantes.

En la Figura 2 se ilustra de forma gráfica la ventaja de SDH contra PDH.

Una analogía con la siguiente gráfica es por ejemplo, si uno se está mudando de casa y utilizando un medio de transporte PDH, uno incluye todas las cosas en diferentes cajas de diferentes tamaños, posteriormente las cajas pequeñas se anexan en cajas más grandes y estas a su vez en cajas todavía más grandes, las cuales al final son introducidas por la parte

posterior del camión.

En SDH, uno también incluye todas las cosas en cajas de diferentes tamaños, pero al momento de introducirlas al camión, uno puede abrir el camión por un costado y colocar las diferentes cajas en los espacios disponibles.

Si uno en un momento dado, requiere sacar del camión, por ejemplo un rollo de papel, en el sistemas de transporte PDH, primero se tendrán que extraer las cajas más grandes por la parte posterior del camión, posteriormente se tendrán que extraer cajas más pequeñas

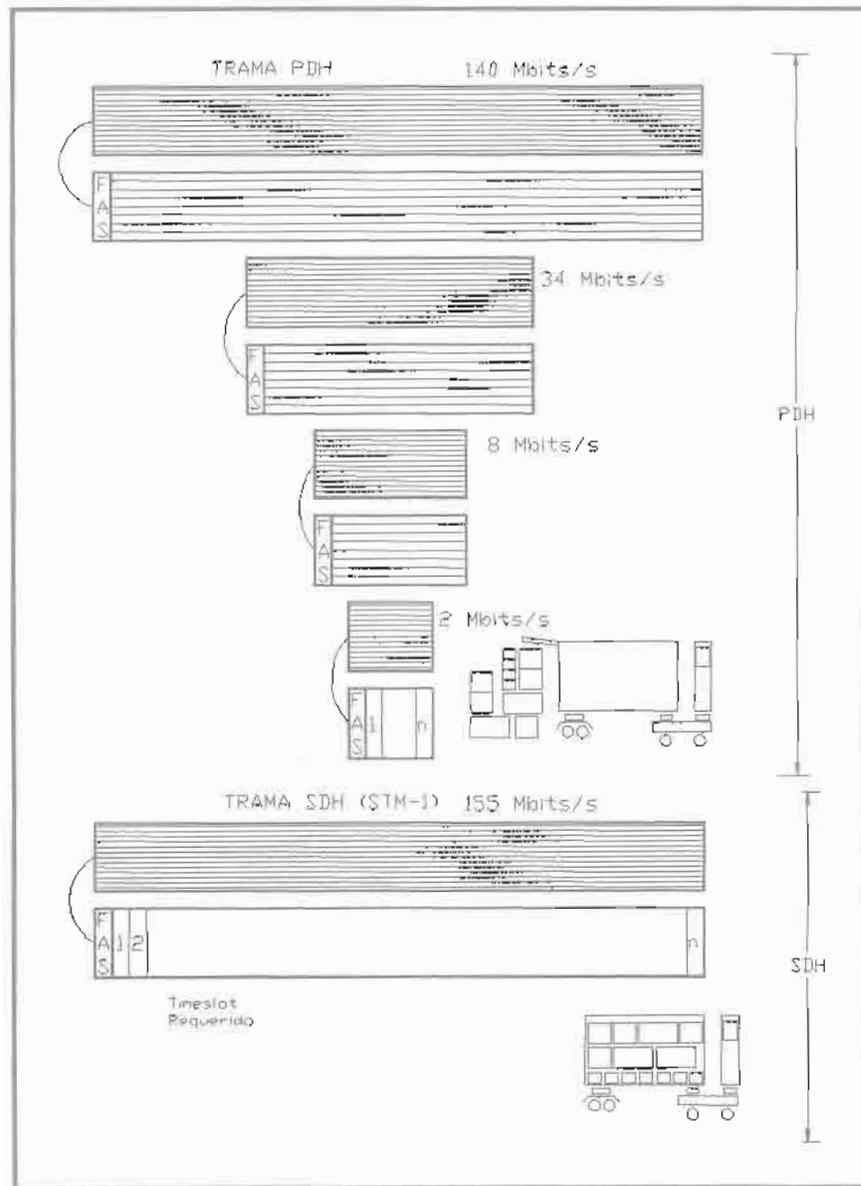


Figura 2. Medios de transporte SDH contra PDH

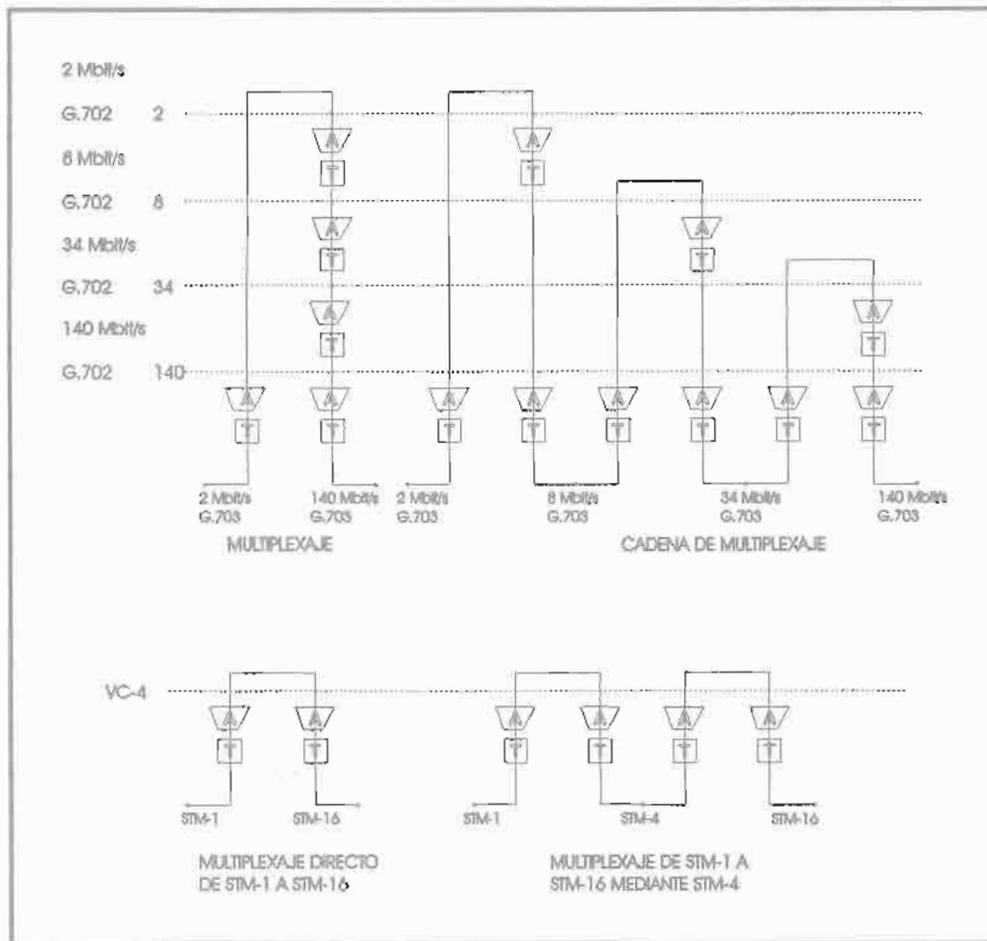


Figura 3. Comparación entre capas PDH y SDH

contenidas en estas cajas para el final llegar al rollo de papel. En SDH bastará con abrir el camión por un costado y buscar la caja pequeña que contiene el rollo de papel, esto evita tener que abrir todas las cajas y el tiempo que se consume es mucho menor.

En consecuencia, el sistema SDH tiene la característica de acceso directo, lo que permite establecer un camino directo entre clientes de cualquier jerarquía. La Figura 3 ilustra las diferencias entre capas de ruta SDH y PDH.

La parte superior de la Figura 3 ilustra como se debe realizar todo el multiplexaje en PDH, esto es, todas las señales deben pasar de un nivel inferior a uno superior consecutivo y deben de sufrir tanto una transformación como una adaptación para llegar al final del nivel jerárquico. En SDH se puede ir directamente de un nivel inferior a uno superior sin tener que pasar por todos los niveles intermedios.

De la Figura 3 debe quedar claro que el sistema SDH ofrece una infraestructura de acceso muy flexible para que los suscriptores se comuniquen más rápido, más económicamente y de forma más confiable.

Principios del SDH

En un sistema SDH, todas las señales se colocan en "Contenedores" de dimensión estándar. El tamaño del contenedor se denomina "Payload" o "Carga Útil", estas capacidades se denotan con una "C-n", en donde "C" es la abreviación de Contenedor y "n" es una indicación de la tasa de bits. La tasa de bits se denota en la Tabla 1:

Para cada tasa de bits definidos por la CCITT en su recomendación G.702, se define un "tamaño de Contenedor", tal como se ilustra en la Tabla 1. Se define un Contenedor Virtual



Tabla 1. Codificación Jerárquica de datos en SDH

Tasa de bits	Nivel Jerárquico	Código Índice	Tamaño del Contenedor	Contenido Virtual
Contenedores de Menor Orden				
1544 Kbits/s	1	11	C-11	VC-11
2048 Kbits/s	1	12	C-12	VC-12
6312 Kbits/s	2	2	C-2	VC-2
8448 Kbits/s	2	2	C-2	?
34368 Kbits/s	3	3	C-3	VC-3
Contenedores de Mayor Orden				
44736 Kbits/s	3	3	C-3	VC-3
139264 Kbits/s	4	4	C-4	VC-4

("Virtual Container" o VC) a un Contenedor más un encabezado de sección ("Path Overhead" o POH), la notación de los Contenedores Virtuales esta de acuerdo al tamaño del Contenedor, es decir un Contenedor 11 o C-11 dará al final un Contenedor Virtual 11 o VC-11.

Se espera en un futuro puedan adoptarse un Contenedor Virtual VC-0 para señales individuales de 64 Kbits/s. También de acuerdo con la CCITT, la tasa de bit de menor capacidad que puede ahora utilizarse es de 1544 Kbits/s.

La tasa más baja en la Jerarquía Digital Síncrona es de 155.52 Mbits/s. Para los niveles

Tabla 2. Jerarquías SDH

G.703

Nivel SDH	Tasa de bits Jerárquico Kbits/s
1	155520
2	311040
3	466560
4	622080
⋮	⋮
16	2488320

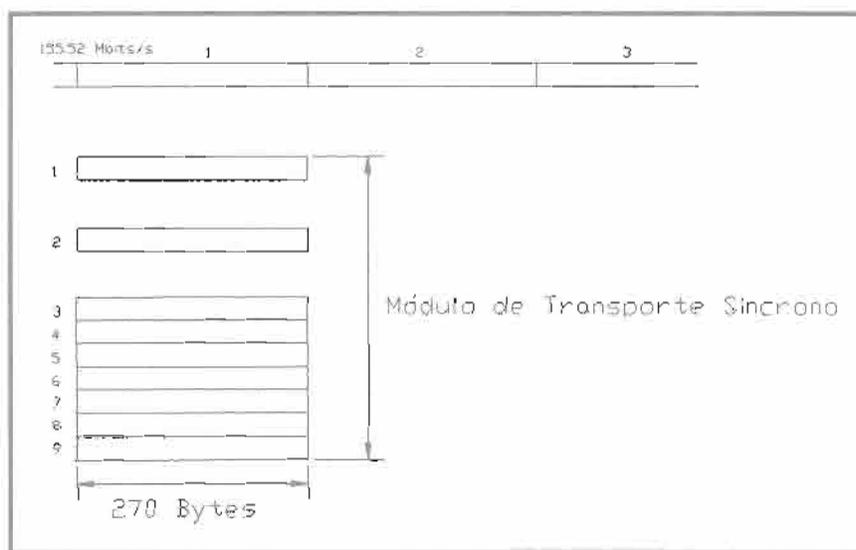


Figura 4. Módulo de Transporte Síncrono STM-1

superiores estos siempre serán múltiplos exactos del primer nivel. En la

Tabla 2 se muestran las tasas de bits que constituyen la Jerarquía Digital Síncrona, más sin embargo solo han sido definidos los niveles 1, 4 y 16.

El Módulo de Transporte Síncrono ("Synchronous Transport Module" o STM) es el módulo de construcción básico de la SDH, normalmente los niveles jerárquicos de la SDH se definen en términos del STM, por lo que el nivel básico es el 1, el cual corresponde a 155520 Kbits/s y se abrevia como STM-1.

Este STM define una cadena larga de bits, que normalmente se dibuja como una matriz, como se puede observar en la Figura 4.

De la Figura 4, la señal de 155.52 Mbits/s se divide en 9 secciones idénticas de 270 Bytes cada una. Posteriormente se ordenan estos Bytes colocándolos en una forma matricial, tal como se ilustra en la figura anterior.

El encabezamiento de sección (SOH) es utilizado básicamente para funciones de mantenimiento y gestión, estos se encuentran en una sección de 9 x 9 Bytes, como se ilustra en la Figura 5. Así mismo en la Figura 5 se ilustra en 261 x 9 Bytes la parte de la carga útil o "Payload", que es la información que realmente se puede transportar.

Una de las diferencias fundamentales contra los sistemas tradicionales PDH, es la estructura llamada Apuntador o "Pointer", que se encuentra al principio del cuarto renglón. Este apuntador tiene principalmente dos funciones; la primera es indicar donde comienza la información del STM, tal como se muestra en la Figura 6.

Y la segunda función es el proceso de justificación, este proceso se utiliza para compensar las diferencias de velocidades entre dos STMs, esto es, puesto que el sistema es un sistema síncrono, es importante que el sistema se mantenga sincronizado y para compensar las diferencias de velocidades entre dos STMs, el sistema a nivel del STM puede incluir tres bytes de información adicional, lo cual se conoce como Justificación Negativa; del mismo modo, el sistema puede no insertar tres bytes de información, a esto se le conoce como Justificación Positiva.

Estructura en SDH

Para recordar, en el sistema SDH se deben poder utilizar las estructuras que ya se conocen en PDH, para utilizar todas estas estructuras, el sistema SDH utiliza una nueva estructura estándar. Esta estructura se muestra en la Figura 7.

La Figura 7 también nos muestra que la estructura es totalmente flexible, puesto que

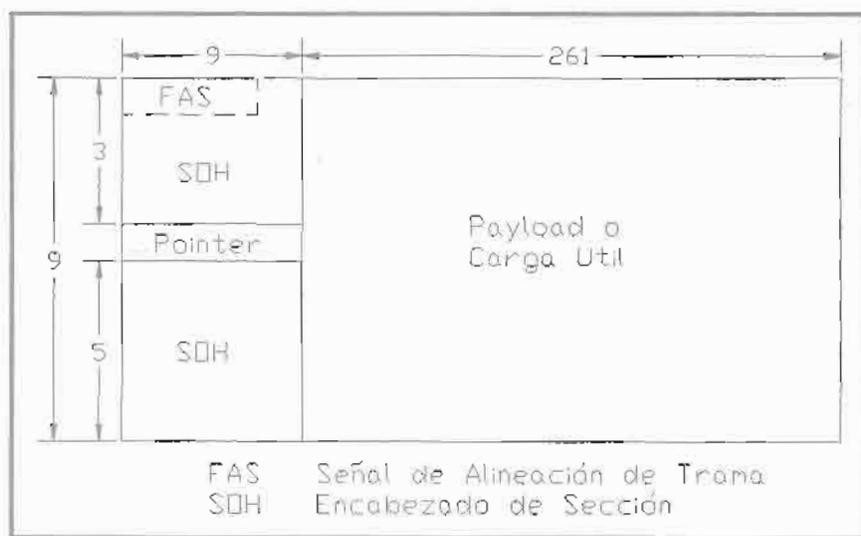


Figura 5. Dimensiones de un STM-1

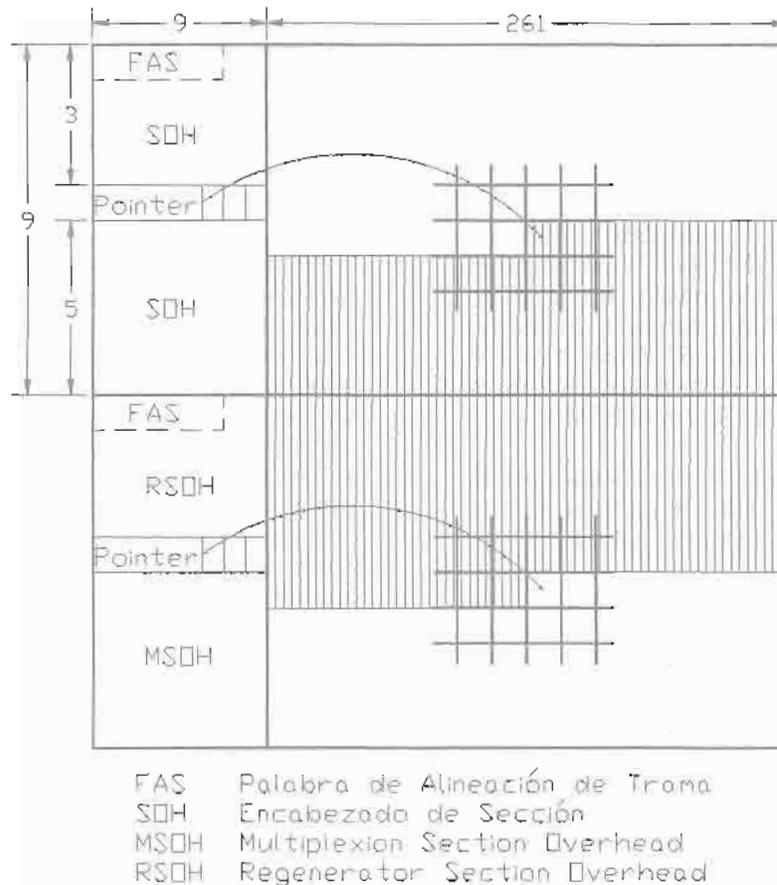


Figura 6. Proceso de apuntador dentro de un STM-1

uno puede ingresar al sistema con señales de 1544 Kbits/s al mismo tiempo con 2048 Kbits/s, esto nos da idea que uno puede combinar sistemas CCITT con sistemas americanos.

Si analizamos la estructura anterior, por ejemplo si empezamos con una señal de 2048 Kbits/s, estas señales se insertan en un C-12, a esta estructura se le añade un encabezado de sección y se forma un VC-12, para formar las estructuras TU (Unidades Tributarias o "Tributary Units") se formarán con la suma de un VC más un apuntador, el cual es el encargado de indicar donde comienza la verdadera información.

Posteriormente se multiplexan tres TU-12, para formar un TUG-2 (Grupo de Unidad Tributaria 2 o "Tributary Unit Group 2"), esto es, se dividen cada uno de los TUs en secciones iguales, posteriormente estos se integran en

una sola estructura (TUG-2) colocando de forma alternada cada uno de los tres TU-12.

Para realizar un TUG-3, se multiplexan siete TUG-2. Posteriormente para formar un VC-4, se multiplexan tres TUG-3 y se le suma un encabezado de sección. Para formar un AU-4 (Unidad Administrativa o "Administrative Unit"), a un VC-4 se le agrega un apuntador.

Se le llama AUG (Grupo de Unidad Administrativa o "Administrative Unit Group") al formado por un solo AU-4. Para formar el STM de orden "n" se multiplexan "n" AUGs.

CONCLUSIONES

Las redes SDH ofrecen más servicios a los usuarios que las redes tradicionales, también ofrecen "Servicio bajo Pedido", instantáneo y

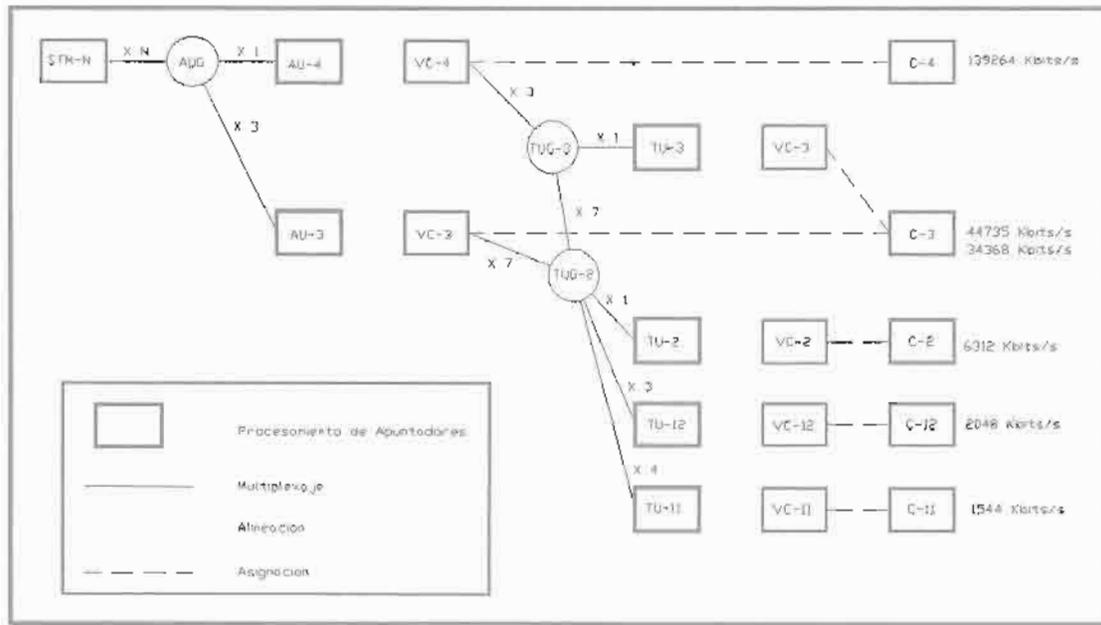


Figura 7. Estructura de Multiplexión SDH

confiable, al mismo tiempo ofrecen un "Grado de Servicio" garantizado desde su instalación debido a su capacidad de "autorrecuperación". El sistema es capaz de hacer óptima la eficiencia de la red bajo condiciones cambiantes de tráfico.

En resumen, las ventajas de la red SDH son:

- Más servicios para los subscriptores.
- Mayor rendimiento.
- Mayor confiabilidad.
- Rápidos cambios en los servicios por demanda.
- Reducción de costos al integrar funciones de red.
- Uso más económico de los equipos de transmisión
- Capacidad para garantizar un mejor rendimiento de la red.
- Mayor capacidad para localización de fallas y rápida restauración del tráfico.
- Facilidad para el manejo estadístico de la red.
- Rápidos cambios en requerimientos de servicio.

El concepto de redes SDH es el resultado lógico de la necesidad de transferir información sofisticada que aumenta tanto en volumen

como en complejidad, así como de las nuevas revoluciones en tecnología aplicadas a las telecomunicaciones como a la introducción de una infraestructura para la gestión y las opiniones compartidas mundialmente para la estandarización del flujo del tráfico y del control de la red.

En principio es posible mezclar las diferentes jerarquías digitales CCITT con las normas americanas y japonesas, puesto que se define una interfaz estándar y es posible controlar el tráfico que pasa por todos los nodos.

Gracias a una estructura estándar que involucre sistemas CCITT tanto como sistemas americanos es posible la utilización de equipos de diferentes marcas y al mismo tiempo supervisar en cada instante por qué puntos va nuestra comunicación y en qué estado se encuentra.

REFERENCIAS

Recomendaciones G.703, G.707, G.708, G.709 de la CCITT

8TR701 Introduction to SDH, AT&T, 1992.