



Jerarquía Digital Sincrónica (SDH)

Capítulo 9

EE 546 / IT 235
UNI – FIEE

Ing. Marcial Antonio López Tafur
mlopez@uni.edu.pe
2007

PDH

SDH

SONET

Sistemas de Microondas 2

¿Qué es Jerarquía Digital Plesiosíncrona ó PDH?

- Los sistemas digitales de MW están basados en la multiplexación por división de tiempo y el uso de la modulación por codificación de pulso (PCM) para formar la línea digital primaria (E1 o T1.)
- Para crear tasas de bits más grandes se usan multiplexaciones secundarias. Esto no se hace sincrónicamente,

Sistemas de Microondas 3

- Parece síncrono debido a una técnica llamada llenado (stuffing).
- “Plesio” quiere decir cercanamente, de ahí el término plesiochronous (casi síncrono) de la jerarquía digital (PDH.)
- Las multiplexaciones de orden más alto usan bits de intercalado para las cadenas de bits de entrada dentro de una cadena de orden mayor.

Sistemas de Microondas 4

- Los multiplexadores tienen que sincronizar los arreglos de cadenas de datos de entrada tal que ellos puedan ser multiplexados dentro de una cadena de bits de orden superior.
- Cada cadena E1 o T1 es esencialmente de libre recorrido porque no está enganchada a una señal de reloj central.
- La tasa nominal de bits E1 es 2048 Kbit/s +/- 50ppm.
- En una multiplexación de 2/8, cuatro cadenas de 2 Mbps son multiplexadas dentro de un flujo de 8 Mbps

Sistemas de Microondas 5

- El flujo de bits de entrada son leídos dentro de un almacenamiento temporal elástico usando un reloj que es extraído del flujo de bits.
- Los bits son copiados a cada buffer a razón de un bit a la vez y son intercalados y agregados dentro del flujo usando el reloj principal del multiplexor.

Sistemas de Microondas 6

- Para asegurarse que la rapidez del flujo de datos de entrada no causen sobre flujo en los buffers, el reloj del multiplexor corre en una tasa más alta que la más rápida del flujo de entrada, - en otras palabras 2048 Kbps + 50ppm (2048102 bps.)
- Se agregan bits extra al flujo secundario tal que la tasa del reloj necesita ser aún más rápida para permitir al reloj de línea detenerse mientras los bits extras en la cabecera son agregados.

- Las tasas más altas de 34 Mbps y 140 Mbps son creados en un modo similar multiplexando cuatro de las se ñales con más baja velocidad. La así llamada "muxmountain" es mostrada en la figura 9.1.

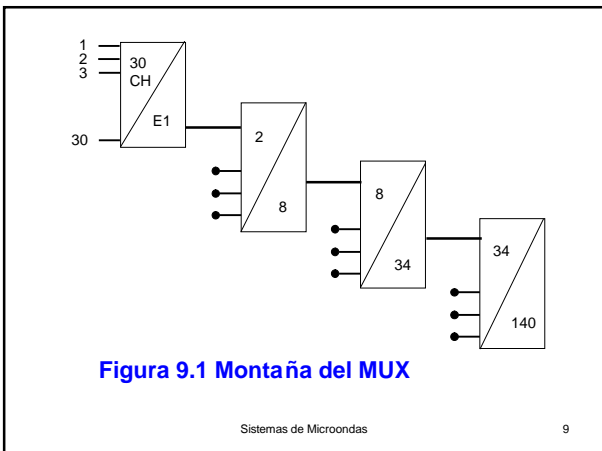


Figura 9.1 Montaña del MUX

Tabla 9.1 Varios Bit Rate para PDH standard

PDH (Norte América)	Bit Rate	PDH (ITU)	Bit Rate
T1 (DS 1)	1.544 Mbps	E1	2.048 Mbps
T2 (DS 2)	6.312 Mbps	E2	8.448 Mbps
T3 (DS 3)	44.736 Mbps	E3	36.368 Mbps
T4 (DS 4)	139.264 Mbps	E4	139.264 Mbps

- ### Redes Síncronas (SDH/SONET)
- Con la demanda de más ancho de banda y la necesidad de estandarización, manejabilidad y flexibilidad en las redes, un nuevo estándar fue desarrollado por el ITU.
 - Este trabajo comenzó alrededor de 1986 y en 1988 el primer estándar SDH fue aprobado.
 - El objetivo era tener un conjunto de estándares mundiales que pudieran permitir interoperabilidad de diferentes equipos dentro de la misma red.

- Los estándares fueron basados sobre el estándar óptico SONET y fueron diseñados para asegurar que la tasa de bits de Norte América 1 544kbps y Europa 2 048kbps pudieran ser acomodados.
- El estándar SDH usa una tasa de bits común de 155 Mbps. Una comparación entre las tasas SONET y SDH son mostrada en la tabla 9.2.

¿Qué es la jerarquía digital síncrona?

- En PDH las señales de tasas más bajas son intercalados dentro de la jerarquía, perdiendo así sus características originales de interfaz. Las técnicas de “stuffing” (relleno) son usadas para asegurar que las señal total pueda ser demultiplexada al final sin requerir un reloj común.
- En SDH el principio es sincronizar el mapa de las señales de tasas más bajas en un ...

... en un contenedor que luego que luego son insertadas en el cuadro total sin perder sus características de interfase originales.

- El contenedor se mantiene sincronizado al cuadro usando técnicas de apuntamiento. Información adicional es sumada al contenedor y al cuadro tal que permita un correcto manejo de la señal original a través de la red.
- Es en este aspecto que el SDH permite tener una poderosa capacidad de manejo de la red

Estructura del SDH (multiplexación)

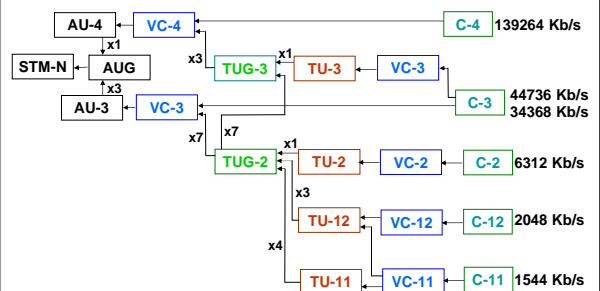
- Para tener un estándar internacional real y confiable todas las interfaces con tasas de bit PDH deben ser acomodadas en la estructuras del SDH.
- Esto se hace permitiendo a varias interfaces ser ubicadas dentro de la trama SDH, como se muestra en la figura 9.2.

Tabla 9.2 Comparación de las tasas entre SDH y SONET

SONET	Nivel de transporte	Bit Rate	SDH
OC-1	STS-1	51.84 Mbps	STM-0
OC-3	STS-3	155.52 Mbps	STM-1
OC-12	STS-12	622.08 Mbps	STM-4
OC-48	STS-48	2488.32 Mbps	STM-16

- Considerar el mapeado de una señal de 2Mbps dentro de una trama SDH.
- La señal original PDH será de 2 048kbps con una variación de 50 ppm.
- Esto es insertado dentro de un contenedor (C-12) donde la justificación toma lugar usando técnicas de relleno clásicas.
- Esto se hace para compensar por las variaciones de frecuencias permitidas en las tasas de bits de PDH y SDH.
- El relleno de bits asegura que las variaciones de 50 ppm en la señal PDH no resulten en errores cuando se desmapea (des-arregla) en el destino final.

Figura 9.2 Estructura de mapeo del SDH



- El contenedor es entonces colocado dentro de un contenedor virtual (VC-12) donde una cabecera extra es agregada.
- Esta cabecera extra es transportada con la señal a través de la red, incluso cuando están conectadas transversalmente dentro de una trama diferente SDH.
- Esto permite mantener y supervisar la señal a través de la red.
- Incluye detección de errores, indicaciones de alarma y una etiqueta de señal.

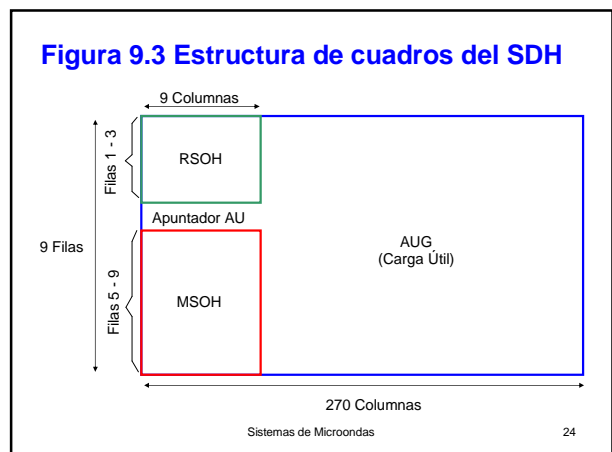
- Un puntero es entonces agregado al contenedor virtual para formar una unidad tributaria (ITU-12.)
- Esto permite al sistema SDH compensar las diferencias de fases a través de la red ó entre redes.
- Tres TU's son entonces multiplexados dentro de una unidad de grupo tributario (TUG-2.) Siete TUG-2s son multi-plexadas dentro de una TUG-3.

- Esta unidad es del mismo tamaño que las usadas dentro del mapa, por ejemplo una señal E3 dentro de la trama SDH.
- Tres TUG-3s son multiplexados vía el AU-4 y AUG dentro de la trama STM-1.
- La tasa de bits del tributario contenida dentro de cada contenedor virtual es mostrada en la tabla 9.3.

Tabla 9.3 Bit rate soportadas por cada contenedor virtual

Contenedor Virtual	Bit Rate tributario
VC-11	T1 (1.544 Mbps)
VC-12	E1 (2.048 Mbps)
VC-3	E3 (34.368 Mbps) ó T3 (44.736 Mbps)
VC-4	E4 (139.264 Mbps) ó ATM (149.76 Mbps)

- ### Estructura de la trama SDH
- La trama básica SDH consiste de una matriz de bytes de 8-bits organizados dentro de 270 columnas y 9 filas.
 - La duración de la trama es 125us.
 - Hay principalmente 3 áreas de interés:
 - Sección de la cabecera extra (SOH)
 - Puntero (Apuntador) AU
 - Carga útil (Payload)



Sección de cabecera extra

- El SOH es usado para el sistema de transporte individual para permitir el monitoreo de errores, la alarma de monitoreo y la administración de servicios y red.
- Esto contiene 2 partes:
 - 1 sección de regeneración de cabecera extra (RSOH) y
 - 1 sección de multiplexación de la cabecera extra (MSOH.)

Sistemas de Microondas

25

Trayecto de la Cabecera extra

- Cada contenedor virtual es ensamblado y desensamblado solamente una vez.
- El trayecto de la cabecera extra es llevado con el contenedor virtual entre los diferentes sistemas de transporte permitiendo el monitoreo del circuito de extremo a extremo.
- Dos son definidos:
 - Un trayecto de la cabecera extra de orden superior asociado con los niveles VC-3 y VC-4, y
 - Una cabecera de direcciones de orden inferior asociado con los niveles VC-2 y VC-12.

Sistemas de Microondas

26

- La dirección de la cabecera de orden superior incluye un byte del rastreo del trayecto (J1), un byte marcador de la señal (C2), un byte del estado de la dirección (G1) y un byte de monitoreo de error (B3).
- El estado del contenedor virtual del orden superior puede ser de esta manera monitoreado a través de la red.
- La dirección de cabecera de orden inferior es llamado el byte V5 e incluye un bit para el monitoreo del error (BIP-2), bits de alarma (FEBE y FERF) y un marcador de señal de 3 bits.

Sistemas de Microondas

27

Punteros

- Un sistema sincrónico se basa en el hecho de que cada reloj esta en sincronismo de fase y frecuencia con el siguiente.
- En la práctica eso es imposible de alcanzar; por lo tanto ocurrirán desviaciones de fase y frecuencia.
- En una red, la frecuencia del reloj es extra ída de la señal en línea, sin embargo las variaciones de fase pueden todavía ocurrir debido a vibraciones (jitter) acumuladas sobre la red.
- En la interfase de red, también pueden ocurrir variaciones de la frecuencia de interfase.

Sistemas de Microondas

28

- Lo que hace el SDH para vencer este problema es usar punteros para “apuntar” a las direcciones del inicio del contenedor virtual en la trama o cuadro.
- El puntero AU-4 muestra donde empieza el VC-4 en la trama.
- Dentro de los VC-4 están los punteros TU que muestran donde empiezan la VCs de orden inferior (tales como VC-12), relativas a la posición de VC-4.

Sistemas de Microondas

29

- El puntero AU-4 esta compuesto de 3 bytes de H1 a H3.
- El valor real del puntero esta contenido dentro de H1, H2 y H3 están reservados para la justificación negativa.
- El valor real del puntero esta contenida en 10 bits que tienen un valor máximo de 782.
- Cada incremento en el valor del puntero ajusta el direccionamiento en 3 bits en la trama.

Sistemas de Microondas

30

- El valor inicial del puntero corresponde a la diferencia de fase entre el arribo del final del tributario y la unidad tributaria vacía en la trama, al tiempo que la contribución es mapeada en el contenedor virtual.
- Si la fase varía entre los relojes de lectura y de escritura, tal que el flujo digital terminal a la entrada de los buffers muestren una tendencia a desbordarse o RUN EMPTY, ocurrirá un ajuste del puntero.

Sistemas de Microondas

31

Equipamiento SDH

- El equipo de SDH consiste en cuatro bloques constructivos básicos:
 - un multiplexor terminal,
 - un multiplexor add-drop (ADM),
 - un conmutador (switch) de conexión cruzada (crossconnect), y
 - un regenerador.
- Debido a que el regenerador es un dispositivo de fibra óptica no será tratado aquí.

Sistemas de Microondas

32

Multiplexor terminal

- Un multiplexor terminal es usado para terminar un enlace SDH punto a punto.
- Estos operan típicamente en STM-4 y superiores y pueden terminar ambos tráficos SDH o PDH.
- Las señales en conjunto son usualmente protegidas en un arreglo de equipos de 1:1 ó 1: n .

Sistemas de Microondas

33

Multiplexores suma/derivación

- El ADM es un bloque fundamental en una red SDH.
- Permite sumar y derivar tributarios sin demultiplexar la totalidad de la señal SDH.
- Esto no es tan simple como “arrancar” un flujo de 2Mb/s del flujo total porque un VC-4 necesita ser roto dentro de sus VC-12s antes de acceder a la señal de 2Mb/s y pueda ser obtenida.
- El principio es que los tributarios puedan ser extraídos y sumados usando software de control.

Sistemas de Microondas

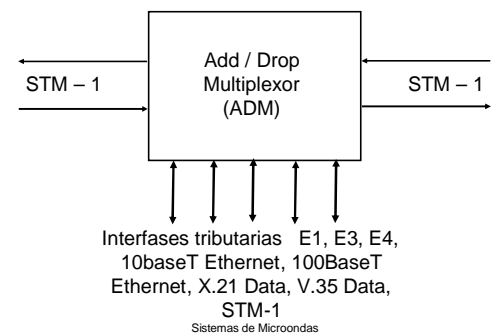
34

- Los ADMs son típicamente usados para capacidades SMT-1 y SMT-4 porque en los niveles SMT-16 y superior generalmente es requerido un conexión de cruce (cross-connect).
- Las sumas son usualmente denominados Este y Oeste.
- Los tributarios son transmitidos en ambas direcciones Este y Oeste, y en el lado de recepción estos pueden ser seleccionados tanto de las direcciones Este u Oeste mediante conmutación por software.
- Se muestra en la figura 9.4.

Sistemas de Microondas

35

Figura 9.4 Multiplexor Add/Drop



Sistemas de Microondas

36

- Cuando los ADMs son configurados en anillo su habilidad para conmutación automática entre direcciones Este ú Oeste provee la capacidad de recuperación y de auto-restitución a las fallas

Sistemas de Microondas

37

Conmutadores de conexión cruzada

- Los conmutadores digitales de conexión cruzada (DXC) son usados para conexión cruzada de tráfico de entre los flujos conjuntos.
- Esto permite la limpieza del tráfico SDH y potenciar la capacidad de redireccionamiento.
- Las conexiones cruzadas en alto nivel permiten la protección ante la falla de los circuitos usando un Sistema Automático de Protección de Redes (ANPS: Automatic Network Protection System).

Sistemas de Microondas

38

Redes SDH

- El núcleo de las redes SDH es casi exclusivamente construida por fibra óptica debido al gran ancho de banda requerido.
- Enlaces de Microondas (RADIOS) son usados en las redes de acceso y en algunas rutas largas que usan sistemas $n \times \text{STM-1}$.
- Estas redes son construidas en configuraciones lineales y en anillo.

Sistemas de Microondas

39

Configuración anillo para la auto-corrección

- La topología en anillo permite ruteo alternativo de circuitos.
- Una topología de anillo muy flexible es cuando los ADMs son configurados en anillos de auto-corrección (self-healing rings).
- Este concepto significa proveer un par de fibras ópticas entre cada ADM.
- El tráfico en cada fibra esta configurada para que viajar en direcciones opuestas alrededor del anillo.

Sistemas de Microondas

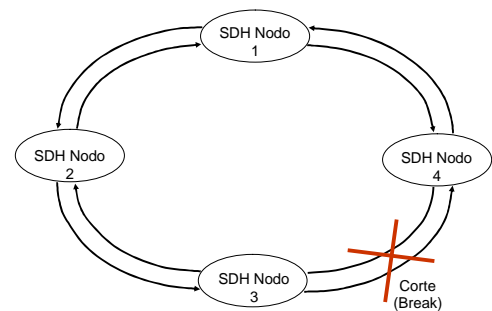
40

- El tráfico principal es alimentado, por ejemplo a la fibra en sentido horario [La fibra de servicio (S)]; y el mismo tráfico es alimentado a la fibra que va en sentido opuesto a las manecillas del reloj [fibra de protección (P)].
- El ADM generalmente conmuta el VC de la fibra P a la salida del tributario; sin embargo, sí una falla en el trayecto ocurre, este automáticamente conmutara al camino de la fibra P en 50ms, esto restablece el tráfico.
- Un anillo de auto-corrección SDH se muestra en la figura 9.5.

Sistemas de Microondas

41

Anillo SDH con corte de fibra



Sistemas de Microondas

42

- Los enlaces de MW se pueden usar fácilmente para reemplazar estas redes SDH de fibra con un enlace punto-a-punto.
- Ya que la configuración anillo proporciona protección al equipo y al trayecto, los radios pueden ser configurados sin protección (1+0).
- Si la trayectoria del radio requiere diversidad de espacio debido a problemas de desvanecimiento por multitrayecto, esto será requerido por la configuración anillo de auto-corrección ya que la conmutación ADM no está libre de fallos.

Sistemas de Microondas

43

Rutas lineales

- En muchas redes no es posible crear un anillo de auto-corrección, por consiguiente, la topología SDH debe de soportar ruteo de troncales y redes tipo estrella.
- En este caso como no hay protección anillo, Los radios con protección (hot-standby ó 1+1) y tarjetas ADM duplicadas acopladas deben ser usadas.

Sistemas de Microondas

44

- El ruteo de troncales SDH generalmente requiere capacidades en exceso de STM-1, los cuales no presentan problemas con la gran capacidad de la fibra óptica (especialmente con la multiplexación por división de onda).
- Pero presenta problemas en los sistemas de radio principalmente con el espaciamiento limitado entre canales disponible sobre los planes de frecuencias existentes.

Sistemas de Microondas

45

- Los sistemas de radio usan sistemas de conmutación n+1 para proveer n x STM-1 canales con un solo canal de standby que es compartido para la protección.
- A menudo se incrementa la capacidad usando la misma frecuencia con una antena de polarización dual.
- Efectos de desvanecimiento debido a la lluvia pueden rotar la señal, reduciendo la discriminación de polarización cruzada (cross-polar).

Sistemas de Microondas

46

- Dispositivos llamados canceladores de interferencia por polarización cruzada (XPICs ó Cross-Polar Interference Cancelers) son usados para que dinámicamente mantenga a las dos señales con polarización ortogonales una a la otra.
- El uso de XPIC puede evitarse en algunos casos moviendo la señal con polarización cruzada a un canal adyacente.

Sistemas de Microondas

47

Sincronización

- Los sistemas SDH pueden requerir equipos de sincronización externa pero deben mantener los estándares establecidos por la ITU.
- La ITU fija los límites para el jitter (variación de la señal) y el wander (Variaciones aleatorias de larga duración) en una red

Sistemas de Microondas

48

¿Por qué se requiere la sincronización?

- Esto a menudo parece ser una contradicción de que se requiera sincronización externa en redes SDH.
- Es importante darse cuenta que el sincronismo en este contexto no significa que los tributarios entrantes estén sincronizados.

Sistemas de Microondas

49

- Se refiere a la posición de los contenedores virtuales dentro de la trama que esta siendo localizada en posiciones conocidas para propósitos de multiplexación.
- El ajuste del puntero que soluciona el problema de sincronización interna del multiplexor causa una gran cantidad de jitter sobre los tributarios.
- Cada ajuste del puntero desplaza la posición del tributario por tres bytes, causando un salto de fase por pasos de intervalos de 24 unidades (UI) en un tiempo.

Sistemas de Microondas

50

- Sí la diferencia entre los relojes en el perímetro de la red es significativo, grandes cantidades de ajustes del puntero podrían ocurrir y se excederían los objetivos respecto del jitter.
- Algunos equipos no pueden tolerar la naturaleza por pasos del phase jitter a medida que ocurren los ajustes del puntero.

Sistemas de Microondas

51

- Para evitar movimientos del puntero uno necesita asegurar que los relojes de la red no vayan a la deriva tan distantes uno de cada otro.
- Para hacer esto se han definido relojes jerárquicos.
- La jerarquía es definida por la UIT.

Sistemas de Microondas

52

Fuentes de Timing

- Un reloj puede ser caracterizado por su inherente estabilidad y su habilidad para recordar su exactitud si previamente esta trabajando como esclavo a la orden de otro clock.
- Este último modo es llamado **holdover** (vestigio).
- Un clock sincronizado es uno que deriva su exactitud de una fuente de más alto nivel.

Sistemas de Microondas

53

- Un reloj de carrera libre es uno que corre su propio oscilador interno.
- Tres niveles de reloj han sido definidos para redes de transmisión:
 - Un clock de referencia primario(PRC),
 - una unidad de suministro de sincronización (SSU), un reloj de referencia secundario,
 - y un equipo de reloj síncronos (SEC).

Sistemas de Microondas

54

Reloj de referencia primario

- La ITU especifica que un reloj de referencia primario (PRC) debería tener una precisión excedente de una parte en 10^{11} comparado con el Tiempo Universal Coordinado (UTC).
- Alternativamente, una fuente de GPS puede ser usado para sincronizar un reloj.
- En una red GSM un reloj G.811 debería ser usado en el MSC.

Sistemas de Microondas

55

Reloj de referencia secundario

- La fuente de tiempo derivado de G.811 es transferido al otro lado de la red, extraído para ser agregado al flujo SDH.
- Después de un número de elementos de red, esta señal llegará a ser deteriorada y el jitter acumulado deberá ser filtrado usando una banda angosta SSU usando Rubidium para lograr un Holdover de mas alta calidad.
- Un transitorio y Clock local de referencia es definido por la ITU G.812

Sistemas de Microondas

56

Reloj del equipamiento sincrónico

- Cada elemento de red SDH tiene una construcción con equipos de reloj en términos de osciladores de cristal interno.
- Este reloj es usualmente cerrado a la señal de llegada agregada pero debería tener un vestigio razonable.
- Los requerimientos de este reloj son especificados por la ITU

Sistemas de Microondas

57

Recomendaciones Prácticas

- Pequeñas redes SDH usualmente no requieren ningún equipo de sincronización externa.
- Aunque un reloj de referencia G.811 sea requerido en el centro de conmutación principal,
- Donde se hace la conexión de la conmutación de la PSTN esto es igual a las redes PDH.

Sistemas de Microondas

58

- Un nuevo reloj de referencia estándar G.811 es requerida después de 60 elementos de red, y después de cada 20 elementos de red un SSU debería ser usado para filtrar el jitter a límites tolerables.
- Uno debería tener cuidado en no crear lazos de tiempo donde elementos de una red prueben el tiempo en si mismo en un elemento que es asimismo medido.

Sistemas de Microondas

59

- Los estatus de los mensajes de sincronización dentro del Byte S1 es usado para asegurar que esto no pase definiendo cuales entradas son usadas para sincronización y cuales no.

Sistemas de Microondas

60

Beneficios del SDH

- Estándares internacionales comunes.
- Multiplexación simple (no montañas de MUX),
- Administración de redes enclavadas (embedded),
- El estándar SONET esta coexistiendo en vez de ser reemplazado por el SDH estos cambios no se darán en un futuro cercano debido al crecimiento explosivo de las redes SONET en Norte América

Sistemas de Microondas

61

- Existen estándares para las tasas de transporte básicas especialmente en STM-1 y superiores.
- La estandarización es lenta para sub STM-1 y sub-sub STM-1, las cuales son de interés para el funcionamiento las redes de radio en la porción de acceso de las redes de telecomunicaciones.
- Interoperabilidad de redes de elementos síncronos han sido probadas en América en varios foros de interoperabilidad de SONET, pero hay un largo camino perdido en SDH.

Sistemas de Microondas

62

SONET/SDH

- Synchronous Optical Network y Synchronous Digital Hierarchy.
- Objetivos del SONET
 - Diferentes portadores (compañías) necesitan trabajar juntas.
 - Unificar modelos US, Japonés y Europeos
 - Multiplexar muchos canales digital juntos (p.e., la jerarquía T - T1, T2 etc. a líneas Gigabit/s)
 - Proveer soporte para operaciones, admin. & mantenimiento.

Sistemas de Microondas

SONET/SDH 63

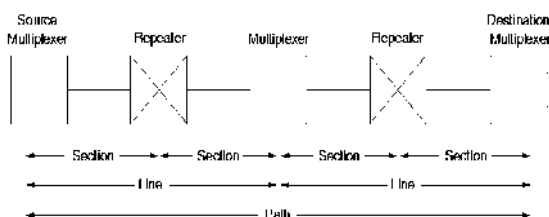
SONET/SDH

- SONET es tradicionalmente un sistema TDM.
- Todo es controlado por un clock de elevada exactitud (de 1×10^{-9}) los bits son enviados bajo el clock de control.
- SONET consiste de conmutadores (switches), multiplexores y repetidores.
 - Fibra de un dispositivo a otro es una **sección**.
 - Entre dos multiplexores es una **línea**.
 - Entre fuente y destino es un **trayecto**.

Sistemas de Microondas

SONET/SDH 64

SONET/SDH



Sistemas de Microondas

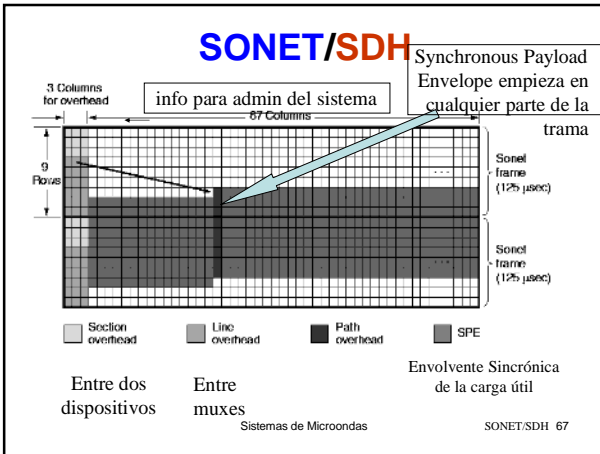
SONET/SDH 65

SONET/SDH

- SONET coloca una trama de 810 bytes cada 125microseg. Las 8 tramas/sec empareja los canales de PCM usados en todos los sistemas digitales de telefonía.
- Cada trama está descrita como un rectángulo de bytes de 90 columnas de ancho y 9 filas de alto.
- SONET esta sincronizado desde que las tramas son emitidas haya o no data que enviar.

Sistemas de Microondas

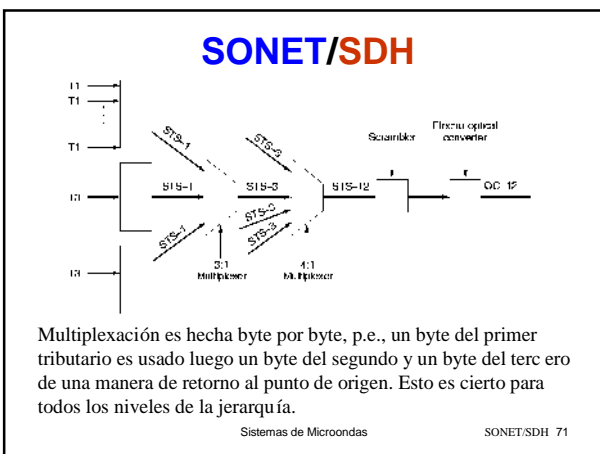
SONET/SDH 66



- ### SONET/SDH
- Primeras 3 columnas son para la información de administración del sistema.
 - Primeras 3 filas (de los primeros 3 pasos) contienen secciones adicionales
 - Los 6 siguientes contienen líneas adicionales
 - Synchronous Payload Envelope (**SPE**) - la data usaria puede empezar en cualquier lugar en la trama del SONET.
- Sistemas de Microondas SONET/SDH 68

- ### SONET/SDH
- Útil cuando:
 - 1) una trama vacía está siendo construida.
 - 2) la carga útil no se ajusta a la trama (se estudia en ATM)
 - Secciones, Líneas y trayectos adicionales contienen bytes para operaciones, admin. y manten. Los campos están descritos en:
 - Bellamy, J. *Digital Telephony*, NY, JohnWiley
- Sistemas de Microondas 69

- ### SONET/SDH
- Multiplexación de flujos de SONET son llamados **tributarios**.
 - Flujos de entrada de baja velocidad son convertidos a STS-1 (Synchronous Transport Signal-1)
 - El SONET hace más que multiplexar líneas T1 .
- Sistemas de Microondas SONET/SDH 70



- ### Circuitos Portadores - T
- T-1 Circuitos
 - data rate sincrónica de 1.544Mbps
 - Velocidades de transmisión de 56 Kbps a 1.544 Mbps
 - voz digitalizada usando PCM 64 Kbps
 - Time Division Multiplexing (TDM)
 - 24 canales de voz simultáneos
 - Requiere una unidad de canal de servicio (CSU)
 - Unidad de servicio de datos (DSU)
 - T-1 Fraccional
 - porciones de circuitos T-1 son alquilados a bajo costo
 - puede alquilarse hasta 64Kbps del circuito
- Sistemas de Microondas 72

Circuitos Portadores - T

Designación Portadores -T	Designación DS	Velocidad
	DS-0	64 Kbps
T-1	DS-1	1.544 Mbps
T-2	DS-2	6.312 Mbps
T-3	DS-3	33.375 Mbps
T-4	DS-4	274.176 Mbps

Sistemas de Microondas 73

SONET

- **Synchronous Optical Network (SONET)**
 - Estándar para transmisiones ópticas a tasas de giga bits por segundo
 - synchronous digital hierarchy (SDH)
 - requiere CSU/DSU
 - cada nivel arriba de OC-1 es creado por multiplexación

Sistemas de Microondas 74

SONET

Designación SONET	Designación SDH	Velocidad
OC-1		51.84 Mbps
OC-3	STM-1	155.52 Mbps
OC-9	STM-3	466.56 Mbps
OC-12	STM-4	622.08 Mbps
OC-18	STM-6	933.12 Mbps
OC24	STM-8	1.244 Gbps
OC-36	STM-12	1.866 Gbps
OC-48	STM-16	2.488 Gbps
OC-192		9.952 Gbps

Sistemas de Microondas 75

Redes Telefónicas

- **Radio Digital :**
 - Usa portadora sinusoidal de alta-frecuencia y un flujo de datos digital.
 - Crea una onda modulada con un limitado número de estados
 - Las frecuencias portadoras de radio conmutan entre fases discretas, frecuencias y amplitudes (o combinaciones) BASK, BPSK, BFSK etc.
 - Esto es **escritura binaria** : acción modulante que crea (2) valores de amplitud, fase o frecuencia o refleja el valor de la información digital.

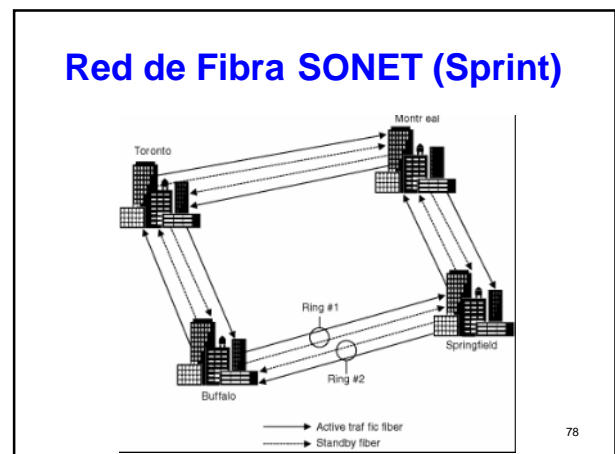
Sistemas de Microondas 76

Redes Telefónicas

– SONET transmission systems:

- Punto-a-punto
- Anillo (Digital Cross-Connect) y hub central (multiplexores add/drop)
- Aplicación Típica : SONET DLC operando en OC-3
- MCI backbone corre con Quad-WDM para suministrar 129,000 conexiones DS-0 simultáneamente sobre un simple fibra delgada

Sistemas de Microondas 77



Especificaciones del SONET

Optical Carrier Level	ata rate (Mbits/sec)	Number of DS0s	Number of DS1s	Number of DS3s
OC-1	51.84	672	28	1
OC-3	155.52	2,016	84	3
OC-6	311.04	4,032	168	6
OC-9	466.56	6,048	252	9
OC-12	622.08	8,064	336	12
OC-18	933.12	12,096	504	18
OC-24	1,244.16	16,128	672	24
OC-36	1,866.24	24,192	1,008	36
OC-48	2,488.32	32,256	1,344	48
OC-96	4,976.64	64,512	2,688	96
OC-192	9,953.28	129,024	5,376	192

Sistemas de Microondas

79

Revisión del SONET

– SONET:

- Subgrupo del SDH usado en Norte América
- estándar de redes basado en fibra
- Sistemas de portadora digital usados por ATM, SMDS y FDDI
- Usados para conectar las telco's del mundo.
- OC-1 a OC-192
- La trama STS-1 es el bloque básico de construcción: 810 octetos a 51.84 Mbps

Sistemas de Microondas

80

Redes Telefónicas

SONET:

- Multiplexación sincrónica
- Digital Cross-Connects actúa como centro (hub)
- Anillos redundantes son automáticamente conmutados.
- Multiplexores Add/drop (ADM) permiten la adición o sustracción del tráfico del SONET a varias velocidades sin entera demultiplexación del flujo.
- Digital cross-connect: Add/drops, pueden también interfasear con otras tecnologías: OC-n a DS-3's.

Sistemas de Microondas

81

Revisión SONET

– WDM (Wavelength Division Multiplexing)

- Como FDM, pero en fibra
- Fibra tiene un gran ancho de banda (25Gbps, pero no es usable por la latencia óptica/eléctrica)
- Son asignados canales en varias longitudes de onda (hasta 32, o 64 para DWDM -Dense Wave Division Multiplexing)
- MCI usa en su backbone: Quad WDM (fue 2.5 Gbps, ahora 10 Gbps por hilo o pelo)
- Usado en ambos backbones y tecnología WAN (FDDI, Fibre Channel)

Sistemas de Microondas

82

Revisión SONET

– WDM and DWDM (cont.)

- Cada longitud de onda transporta tanto como un fibra de SONET
- En el futuro puede alcanzar terabits/seg.
- Nuevas tecnologías DWDM como Redes ópticas e "saltos de lambda" Lambda significa: longitud de onda
 - Lambda hopping usa conmutadores ópticos muy baratos
 - Conmutadores y hardware económicos para terabit
 - Pueden crear circuitos ópticos virtuales

Sistemas de Microondas

83

Revisión SONET

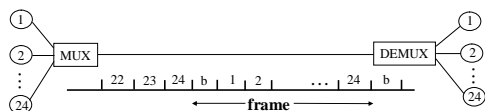
• Sumario SONET :

- Tecnología de anillo redundante
- Rango de Gbps
- Moviéndose de WDM a DWDM
- Flujos múltiples de bajas velocidades de data (tributarios) pueden ser multiplexados en un flujo simple de alta velocidad (niveles OC)

Sistemas de Microondas

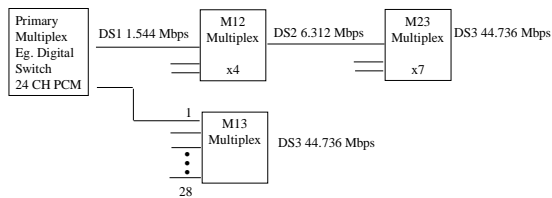
84

Sistema de portador T-1



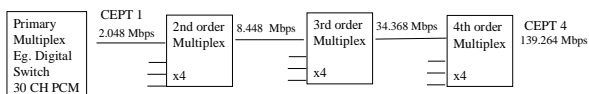
$(1+24 \times 8) \text{ bits/frame} \times 8000 \text{ frames/seg} = 1.544 \text{ Mbps}$

Jerarquía digital Norteamericana

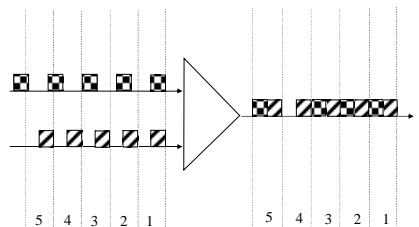


DS 1, el cual corresponde a la salida de un multiplexor T-1, se convierte en el bloque de construcción básico.

Jerarquía Digital Europea



Timing en un multiplexor TDM



Bit slip

- Bit slip: la entrada lenta fracasará en producir su bit de entrada.
- El bit atrasado será visto como una llegada temprana en el siguiente intervalo.
- El flujo lento alternará entre siendo atrasado, sufriendo un bit atrasado, y luego apareciendo adelantado.
- Bits que están arribando más rápido que lo que ellos pueden ser enviados, se acumularán en el multiplexor y eventualmente serán desechados.

Multiplexor Asíncrono

- Los multiplexores por división de tiempo tradicionalmente han sido diseñados para operar a velocidades mayores que la velocidad combinada de las entradas.
 - La estructura de la trama de la señal de salida del multiplexor contiene bits que son usados para indicar al multiplexor receptor que un desplazamiento ha ocurrido.
 - La introducción de estos bits extra implica que la estructura de la trama del flujo de salida no está exactamente sincronizada a la estructura de trama de todos los flujos de entrada.
- Antes extraeremos el flujo de entrada individual, necesitamos demultiplexar la señal combinada entera y hacer los ajuste para los desplazamientos (slips).

Sistemas de Transmisión y las redes de Telefonía

SONET

SONET/SDH

- Dada la necesidad de estándares de interconexión en los sistemas de transmisión ópticos, el estándar Synchronous Optical Network (SONET) fue desarrollado en Norte América.
- La UIT-T ha desarrollado un grupo de estándares llamados Synchronous Digital Hierarchy (SDH).
- SONET y SDH forman la base para las redes troncales de alta-velocidad.

Sistemas de Microondas

92

SONET

- El bloque básico de construcción de la jerarquía del SONET es el Synchronous Transport Signal nivel-1 (**STS-1**) y tiene un bit rate de 51.84 Mbps.
- Cada señal eléctrica STS-*n* tiene su correspondiente señal de portador óptico de nivel-*n* (OC-*n*).
 - El formato de bits de señales STS-*n* y OC-*n* es el mismo excepto para el uso de scrambling en la señal óptica.
- Señales de alto-nivel son obtenidas a través de interlivar los bytes de los componentes de la señales de bajo nivel.

Sistemas de Microondas

93

SDH

- El estándar SDH se refiere a módulos-*n* de transferencia de señales sincrónica (**STM-*n***) y empieza con un bit rate de 155.52 Mbps.
- La señal SDH STM-1 es equivalente a la señal SONET STS-3.
- La señal STM-1 acomoda la señal CEPT-4 en la jerarquía digital de la UIT.

Sistemas de Microondas

94

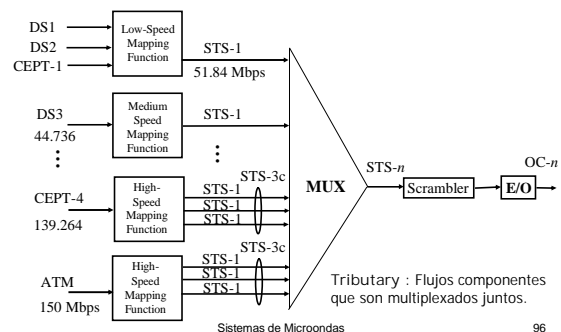
SONET jerarquía digital

SONET señal eléctrica	Señal Óptica	Bit rate (Mbps)	SDH señal eléctrica
STS-1	OC-1	51.84	
STS-3	OC-3	155.52	STM-1
STS-9	OC-9	466.56	STM-3
STS-12	OC-12	622.08	STM-4
STS-18	OC-28	933.12	STM-6
STS-24	OC-24	1244.16	STM-8
STS-36	OC-36	1866.24	STM-12
STS-48	OC-48	2488.32	STM-16
STS-192	OC-192	9953.28	STM-64

Sistemas de Microondas

95

Multiplexación SONET



Sistemas de Microondas

96

