

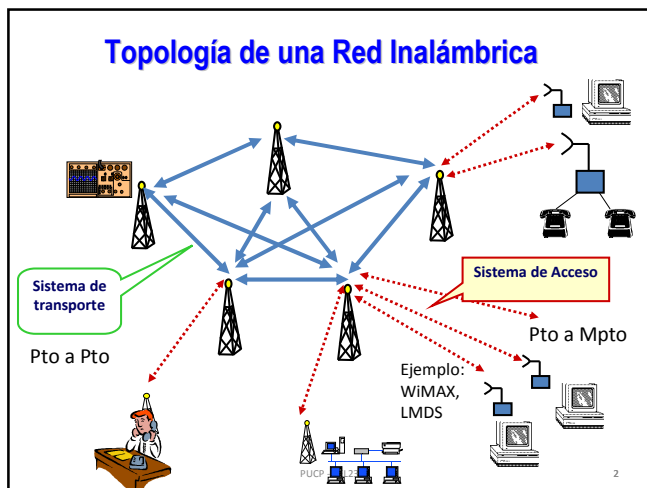


Redes de transporte

Capítulo 9

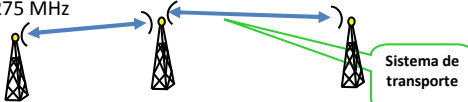
EE 546 / IT 235
UNI – FIEE

Ing. Marcial Antonio López Tafur
mlopez@uni.edu.pe
2010-2



Rangos de Frecuencias utilizados para el Transporte en las Redes de Servicios de Telecomunicaciones

a) 4 400 – 5 000 MHz	g) 10 700 – 11 700 MHz
b) 5 925 – 6 425 MHz	h) 14 400 – 15 350 MHz
c) 6 430 – 7 110 MHz	i) 17 700 – 19 700 MHz
d) 7 125 – 7 425 MHz	j) 21 200 – 23 600 MHz
e) 7 425 – 7 725 MHz	k) 37 000 – 38 600 MHz
f) 7 725 – 8 275 MHz	



La asignación de espectro en estas bandas es a solicitud de parte, sujeto a la disponibilidad en una misma área geográfica

Banda 7 125 - 7 425 MHz (Banda de 7 GHz)

Canal Nº	Frecuencia (MHz)	
	Ida	Retorno
1	7 128	7 289
2	7 135	7 296
3	7 142	7 303
4	7 149	7 310
⋮		
18	7 247	7 408
19	7 254	7 415
20	7 261	7 422

BW: 7 MHz

Banda 7 425 - 7 725 MHz 1 (Banda de 7 GHz)

Canal Nº	Frecuencia (MHz)	
	Ida	Retorno
1	7 428	7 589
2	7 435	7 596
3	7 442	7 603
⋮		
18	7 547	7 708
19	7 554	7 715
20	7 561	7 722

BW: 7 MHz

Banda 7 425 - 7 725 MHz 2 (Banda de 7 GHz)

Canal Nº	Frecuencia (MHz)	
	Ida	Retorno
1	7 442	7 596
2	7 470	7 624
3	7 498	7 652
4	7 526	7 680
5	7 554	7 708

BW: 28 MHz

Banda 14 400 - 15 350 MHz
1
(Banda de 15 GHz)

BW: 7 MHz

Canal Nº	Frecuencia (MHz)	
	Ida	Retorno
1	14 410	14 900
2	14 417	14 907
3	14 424	14 914
.		
62	14 837	15 327
63	14 844	15 334
64	14 851	15 341

7

Banda 14 400 - 15 350 MHz
2
(Banda de 15 GHz)

BW: 28 MHz

Canal Nº	Frecuencia (MHz)	
	Ida	Retorno
1	14 417	14 907
2	14 445	14 935
3	14 473	14 963
4	14 501	14 991
.		
14	14 781	15 271
15	14 809	15 299
16	14 837	15 327

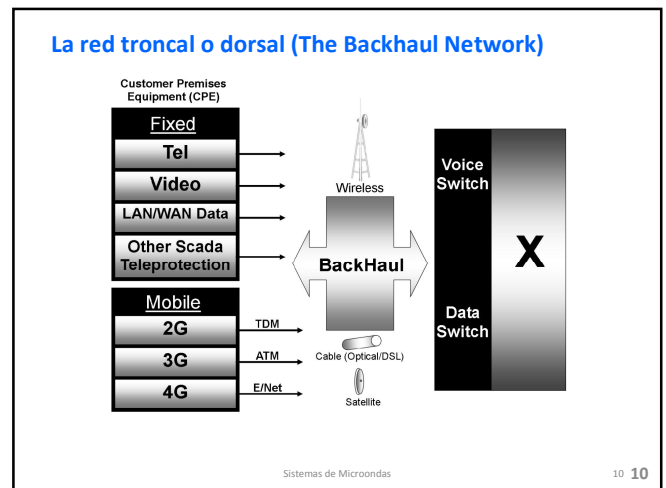
8

PDH

SDH

SONET

Sistemas de Microondas 9 9



¿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 11 11

- 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 12 12

- 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 mutiplexación de 2/8, cuatro cadenas de 2 Mbps son multiplexadas dentro de un flujo de 8 Mbps

- 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.

- 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 señales con más baja velocidad. La así llamada “muxmountain” es mostrada en la figura 9.1.

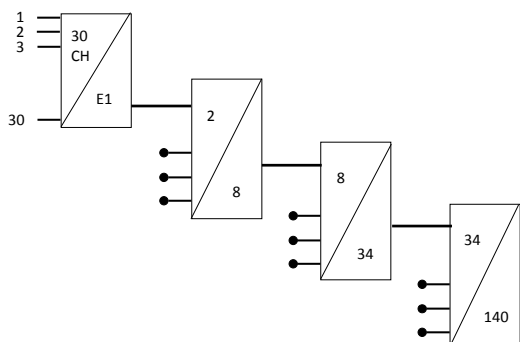
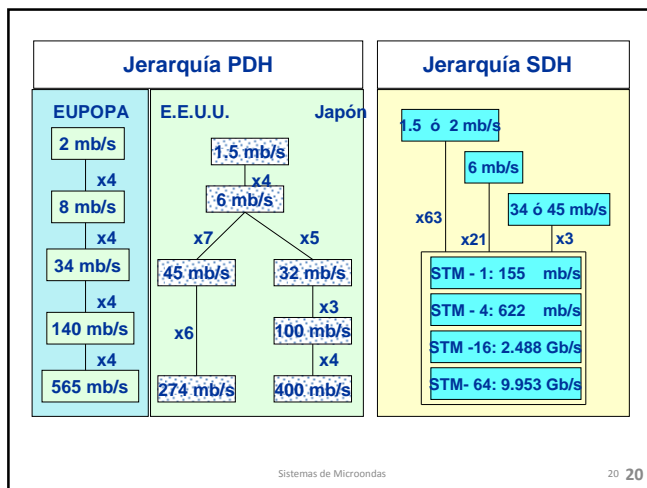
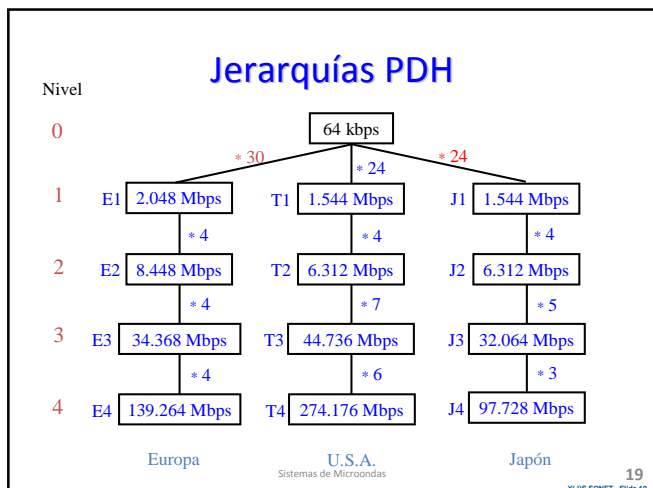


Figura 9.1 Montaña del MUX

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

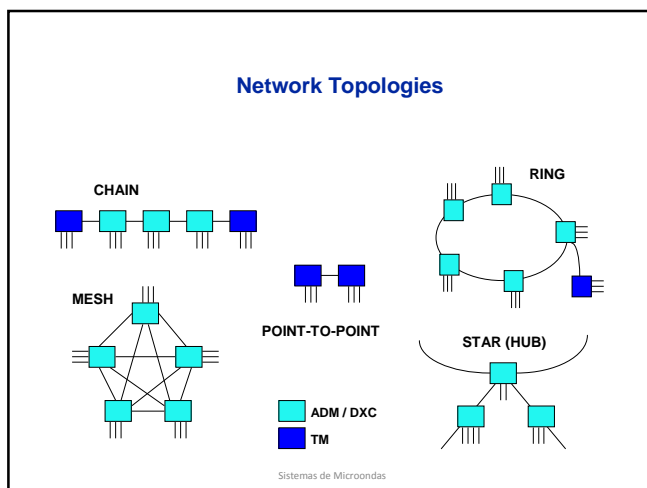
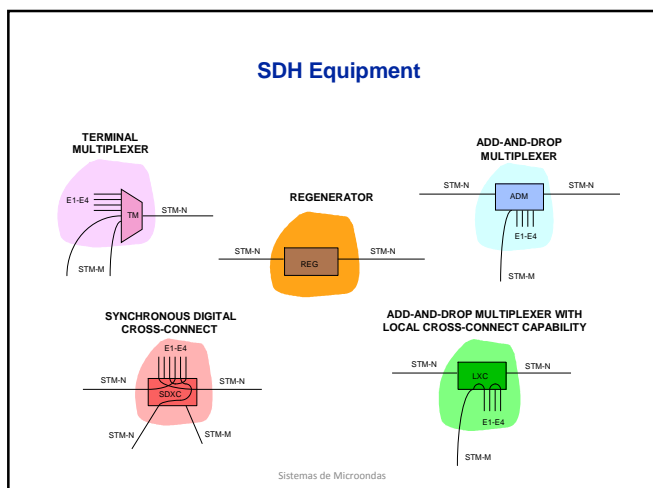
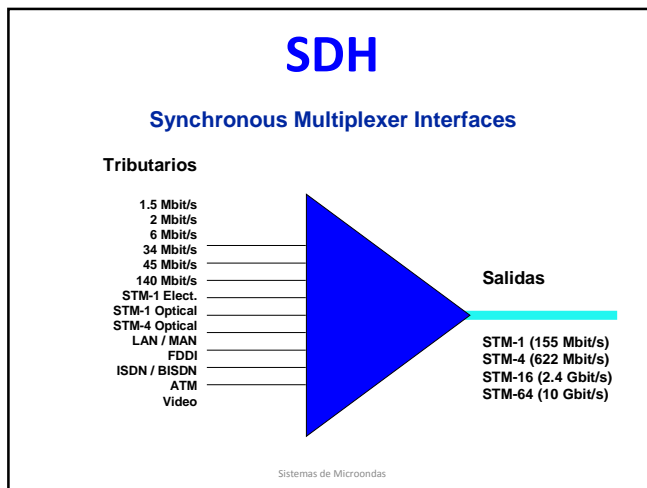


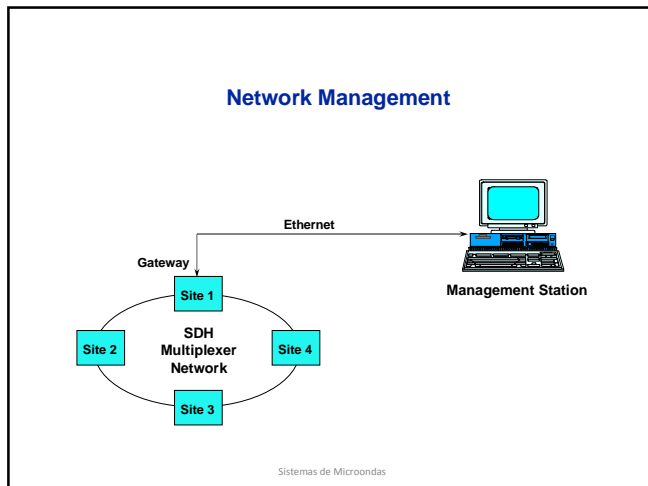
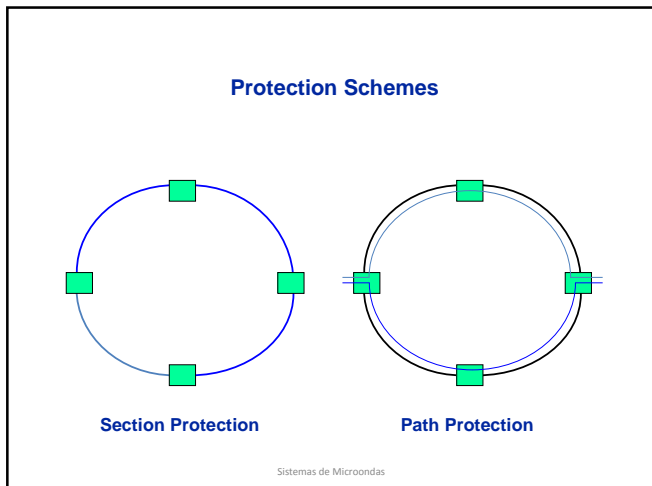
Definition of SDH

SDH es el acrónimo para:
Synchronous Digital Hierarchy

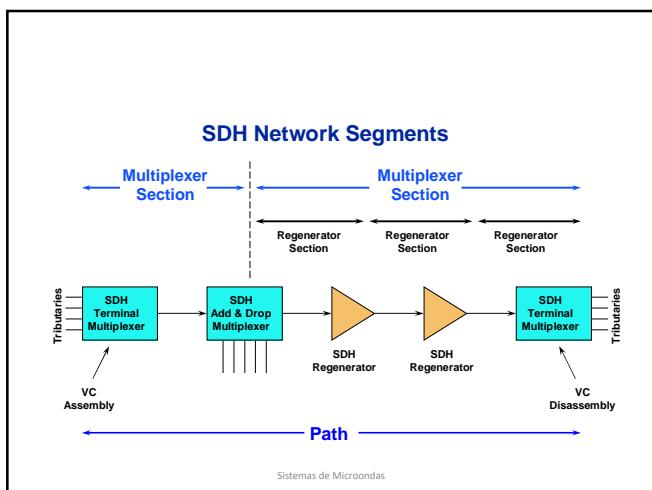
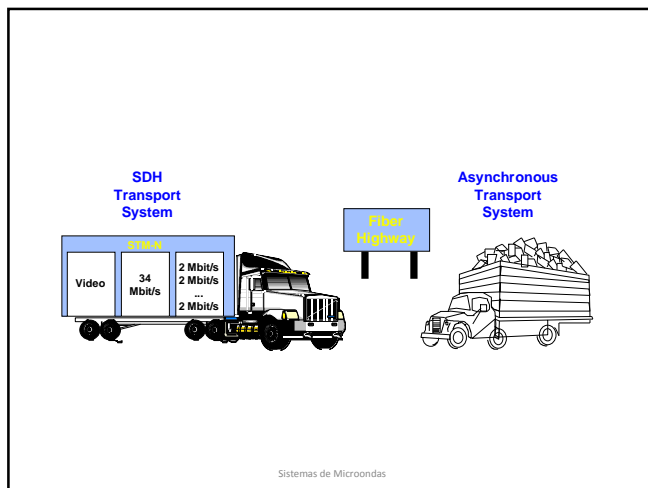
- An international standard for high-speed optical/electrical telecommunications networks
- A synchronous digital transport system with a built-in management channel for remote management of complex topologies

Sistemas de Microondas





- ### Management Functions
- Alarm/Event Management
 - Configuration Management
 - Performance Management
 - Access and Security Management
- Sistemas de Microondas



- ### 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.
- 30 30

- Los estándares fueron basados sobre el estándar óptico SONET y fueron diseñados para asegurar que la tasa de bits de Norte América 1,544 kbps y Europa 2,048 kbps 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.

31 31

¿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 la señal total pueda ser demultiplexada al final sin requerir un reloj común.

32 32

En SDH el principio es sincronizar el mapa de las señales de tasas más bajas 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

33 33

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.

34 34

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

35 35

SONET/SDH tributaries

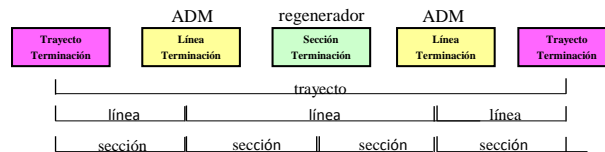
SONET	SDH	T1	T3	E1	E3	E4
STS-1		28	1	21	1	
STS-3	STM-1	84	3	63	3	1
STS-12	STM-4	336	12	252	12	4
STS-48	STM-16	1344	48	1008	48	16
STS-192	STM-64	5376	192	4032	192	64

E3 and T3 are carried as Higher Order Paths (HOPs)
 E1 and T1 are carried as Lower Order Paths (LOPs)
 (the numbers are for direct mapping)

36
YUJIS SONET Slide 25

- 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.

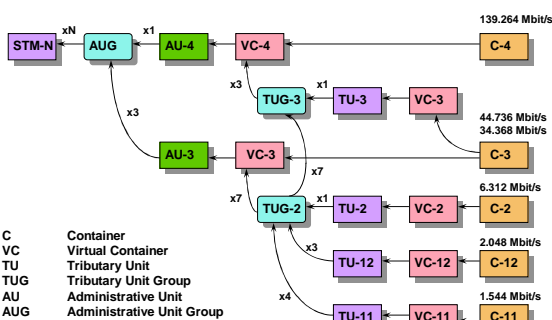
Arquitectura del SDH/SONET



SONET (SDH) tiene 3 capas:

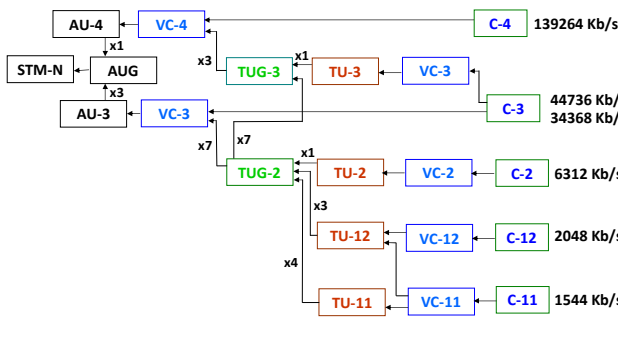
- Trayecto:
 - end-to-end data connection, muxes tributary signals **path section**
 - there are STS paths + Virtual Tributary (VT) paths
- línea - protected multiplexed SONET payload **multiplex section**
- sección - physical link between adjacent elements **regenerator section**

Multiplexing Structure



C Container
 VC Virtual Container
 TU Tributary Unit
 TUG Tributary Unit Group
 AU Administrative Unit
 AUG Administrative Unit Group

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.

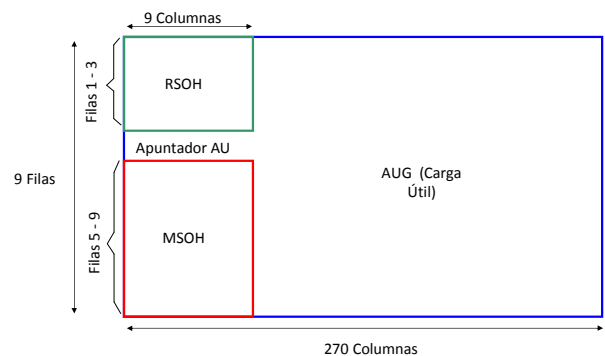
Tabla 9.3 Bit rate soportadas por cada contenedor virtual

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)

Figura 9.3 Estructura de cuadros del SDH



Punteros

- Un sistema sincrónico se basa en el hecho de que cada reloj está 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 extraída 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.

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.

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

49 49

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

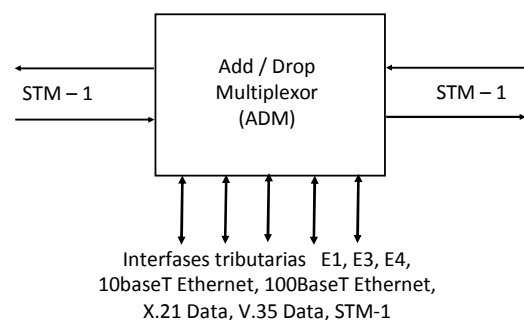
50 50

- 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 ú Oeste mediante conmutación por software.
- Se muestra en la figura 9.4.

Sistemas de Microondas

51 51

Figura 9.4 Multiplexor Add/Drop



Sistemas de Microondas

52 52

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

Sistemas de Microondas

53 53

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

54 54

Redes SDH

- El núcleo de las redes SDH es casi exclusivamente construido por fibra óptica debido al gran ancho de banda requerido.
- Enlaces de Microondas (RADIO) 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

55 55

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 trafico en cada fibra esta configurada para que viajar en direcciones opuestas alrededor del anillo.

Sistemas de Microondas

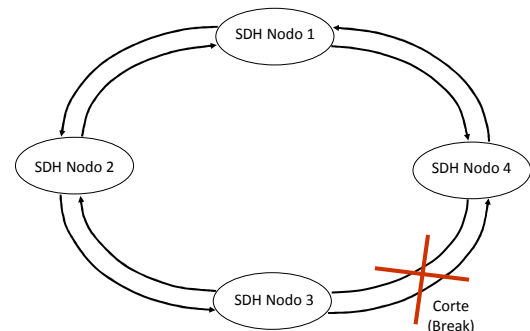
56 56

- El trafico principal es alimentado, por ejemplo a la fibra en sentido horario [La fibra de servicio (S)]; y el mismo trafico 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 trafico.
- Un anillo de auto-corrección SDH se muestra en la figura 9.5.

Sistemas de Microondas

57 57

Anillo SDH con corte de fibra



Sistemas de Microondas

58 58

- 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 esta libre de fallos.

Sistemas de Microondas

59 59

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

60 60

- 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

61 61

- Los sistemas de radio usan sistemas de conmutación $n+1$ para proveer $n \times$ 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

62 62

- 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

63 63

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

64 64

¿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

65 65

- 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 cantidades 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

66 66

- 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

67 67

- 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

68 68

Fuentes de Timing

- Un reloj puede ser caracterizados por su inherente estabilidad y su habilidad para recordar su exactitud sí 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

69 69

- 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 subministro de sincronización (SSU), un reloj de referencia secundario,
 - y un equipo de reloj síncronos (SEC).

Sistemas de Microondas

70 70

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

71 71

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

72 72

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

73 73

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

74 74

- 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

75 75

- 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

76 76

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

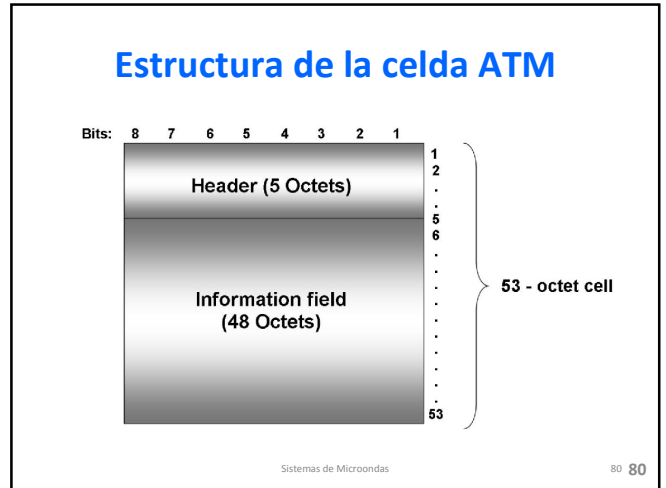
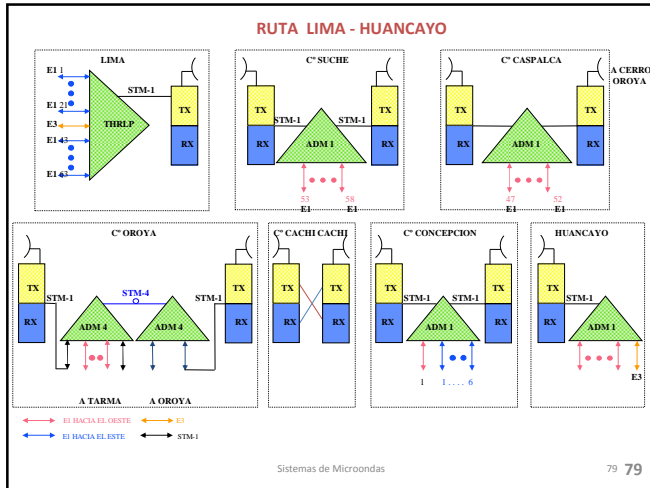
Sistemas de Microondas

77 77



- 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

78 78

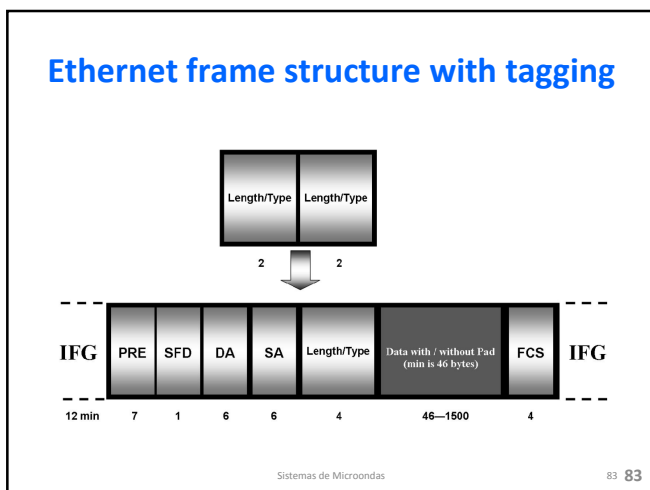
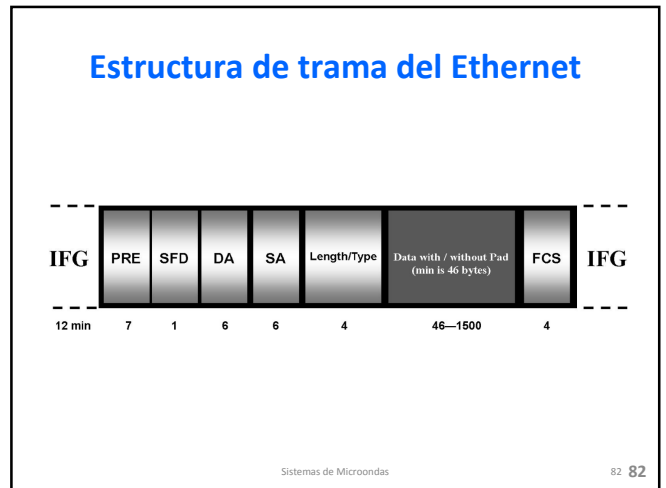


Antenas para el GPS

GPS Antenna to adjust frequency of Rb oscillator system

Sistemas de Microondas 81 81





Muchas gracias por su atención



UNI FIEE
Lima Perú

Sistemas de Microondas 84