

Universidad de Chile

Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas

Departamento de Ingeniería Eléctrica

Sistemas de Telecomunicaciones EL55a.

Capítulo 5.

“ Capa de Enlace ” .

Profesor: Néstor Becerra Yoma

Temario del Capítulo.

5. Capa de Enlace .

5.1 Servicios.

5.2 Enmarcado.

5.3 Manejo de Errores.

5.4 Control de Flujo.

5.4.1 HDLC.

5.4.2 Ventana Deslizante.

5.4.3 ATM.

5.5 Subcapa de Acceso al Medio.

5.5.1 Aloha (Puro y Ranurado).

5.5.2 CSMA y sus variantes.

5. Capa de Enlace

- El la capa encargada de comunicar dos equipos por medio de un *canal de comunicación*.
- En esta capa se definen “*frames o marcos*”.
- Manejo de Errores.
- Control de Flujo.
- Definición de interfases específicas, ejemplo: Número MAC de las tarjetas de red de un computador.

5. Capa de Enlace

- El switch es un ejemplo de equipo que es comúnmente usado y trabaja en nivel de capa de enlace.
- Este equipo usa las direcciones MAC de las interfaces de los equipos conectados a él. Las almacena en una tabla donde determina a quien le pertenece la información.



*Cisco Catalyst 1912 Switch 12 switched 10BaseT
ports 1 switched AUI port 2 switched 100BaseTX
ports 9.00.06 Enterprise IOS.*

5.1 Servicios.

- Dependenden del tipo de sistema y red que se trabaje:
 - Servicio no confiable y no orientado a la conexión
 - Servicio confiable, pero no orientado a la conexión
 - Servicio confiable y orientado a la conexión.

5.2 Enmarcado.

- Surge de la necesidad de ordenar los bits que maneja la capa física.
- La capa de enlace divide los bits en frames o marcos y se les agrega un campo para identificación de errores. Este campo es conocido como “*Checksum*”. El método de cálculo de checksum más empleado es el *CRC* (*Cyclic Redundancy Code*).

5.2 Enmarcado.

- La idea de la división consiste en marcar los inicios y finales para que pueda ser perfectamente reconocido por el receptor.
- Las formas de solucionar el problema son:
 - Contador de caracteres.
 - Caracteres de comienzo.
 - Término con carácter de relleno.
 - Banderas de comienzo y fin con relleno, y violaciones de código de capa física.

5.2 Enmarcado.

- ***Banderas de comienzo y fin con relleno y violaciones de código de capa física.***

Este método es empleado por redes Ethernet IEEE 802.3.

“Para representar un 1 lógico se utiliza una transición desde nivel alto a bajo (5 a 0 Volt) y para el cero una transición de nivel bajo a alto (0 a 5 Volt) entonces en el momento que no exista señal, el canal sólo tendrá valores de 0 Volt, los cuales no representan ningún estado válido en particular, produciéndose una violación al código. Cuando se detecte transición se entenderá que puede ser el inicio de un nuevo frame (El código utilizado es el Manchester).”

5.2 Enmarcado.

- Ejemplo: Frame Ethernet 802.3, la estructura es similar para la mayoría de los protocolos de capa de enlace.



5.3 Manejo de errores

- Detección de errores: Dos enfoques
 - Corrección de uno o los errores
 - Petición de reenvío de la información.
- Para la detección de errores se incluye un campo dentro del *frame* (FCS) el cual contiene cierto tipo de información obtenida mediante algún método que permite en el lado del receptor realizar una serie de cálculos con el fin de comprobar la integridad del *frame* recibido.
- Corrección de errores:
 - Los métodos utilizados generalmente se basan en el cálculo de distancias y matrices de corrección. (por ejemplo distancia de Hamming). Mientras mayor capacidad de detección y de corrección, mayor es el número de información a enviar, lo cual hace a estos métodos poco viables en ciertos casos.

5.3 Manejo de errores.

- Retransmisión del frame equivocado y acuses de recibos positivos o negativos dependiendo de la integridad de los datos recibidos.
 - Problemas:
 - Si el frame es enviado y por alguna razón desaparece sin nunca llegar a destino, el transmisor quedara esperando la confirmación. Solución: Temporaizaciones.
 - La confirmación desaparece, pudiendo llegar muchas veces el mismo frame debido a retransmisión o que los frames no lleguen en orden secuencial. Solución: Numero máximo de repeticiones y los frames son enumerados para que sean posibles de ordenar en el receptor.

5.4 Control de Flujo.

- **Problemática:** Transmisor de mayor velocidad satura buffer de recepción.
- Maquinas de distintas tecnologías y capacidades.
- El método de confirmación de envío: El receptor autoriza enviar una cantidad determinada de frames, pero una vez cumplida la cuota debe esperar hasta una nueva confirmación con la cantidad de marcos a enviar.
- Este problema también es tratado en la capa de transporte por el protocolo TCP/IP.
- Ejemplo: protocolo de control de flujo HDLC.

5.4.1 HDLC (High-Level Data Link Control)

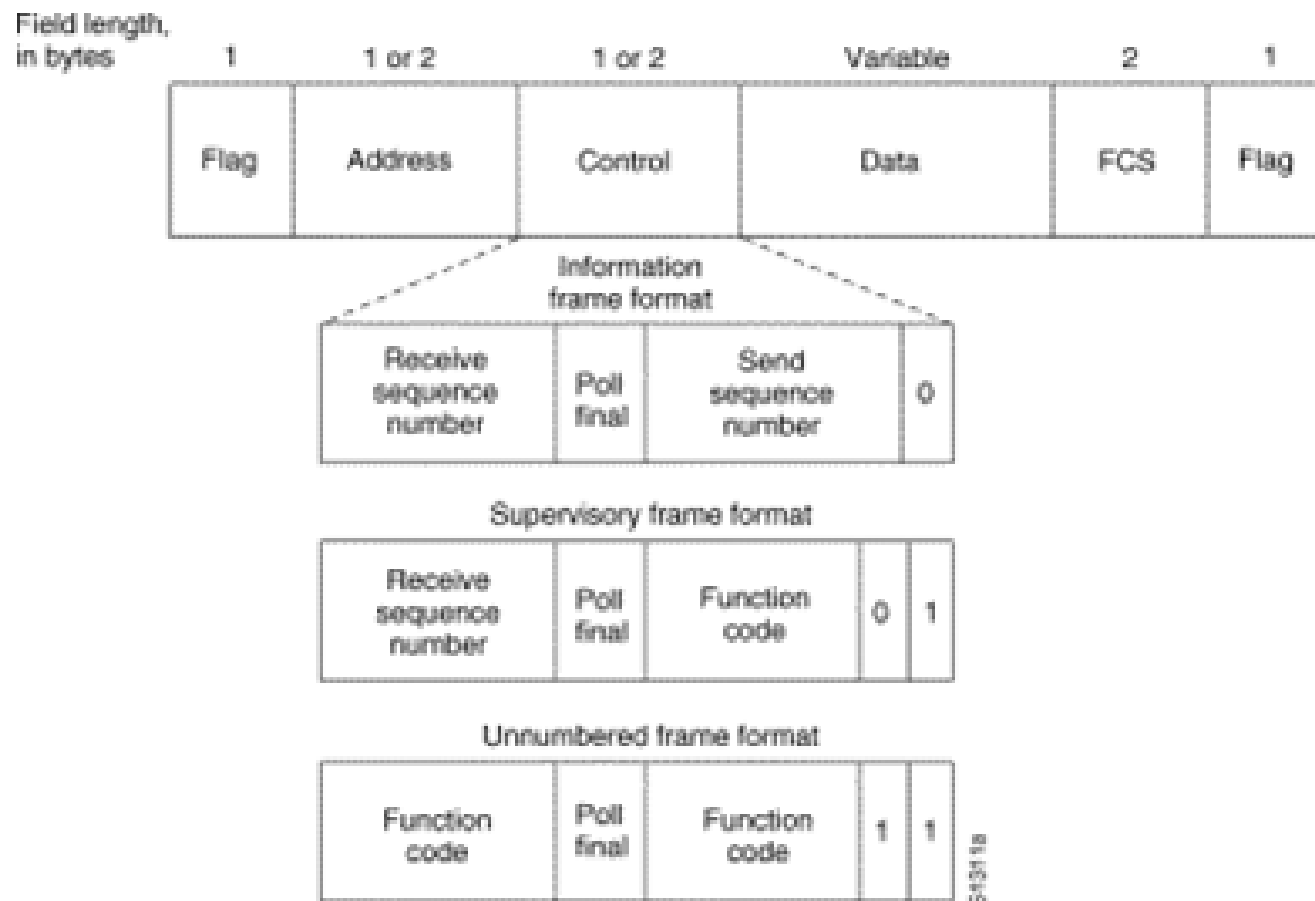
- Inicios:
 - Desarrollo decada 70
 - IBM
 - SDCL Control de Enlace de Datos Síncrono.
- High-Level Data Link Control
 - HDLC soporta una serie de tipos de enlace y topologías.
 - Con enlaces punto a punto, multipunto.
 - Medios de transmisión half y full-duplex
 - Redes de conmutación de paquetes y de circuitos

5.4.1 HDLC (High-Level Data Link Control)

- Nodos Primarios y secundarios.
- Control de los nodos primarios.
- Conexión de los nodos:
 - Punto a punto (sólo un primario con un secundario)
 - Multipunto (un primario con varios secundarios)
 - En lazo: los nodos forman un bucle donde el primario se encuentra en primera posición y le siguen los secundarios, los cuales se traspasan entre si la información proveniente del primario.

5.4.1 HDLC (High-Level Data Link Control)

- Formato del frame:



5.4.1 HDLC (High-Level Data Link Control)

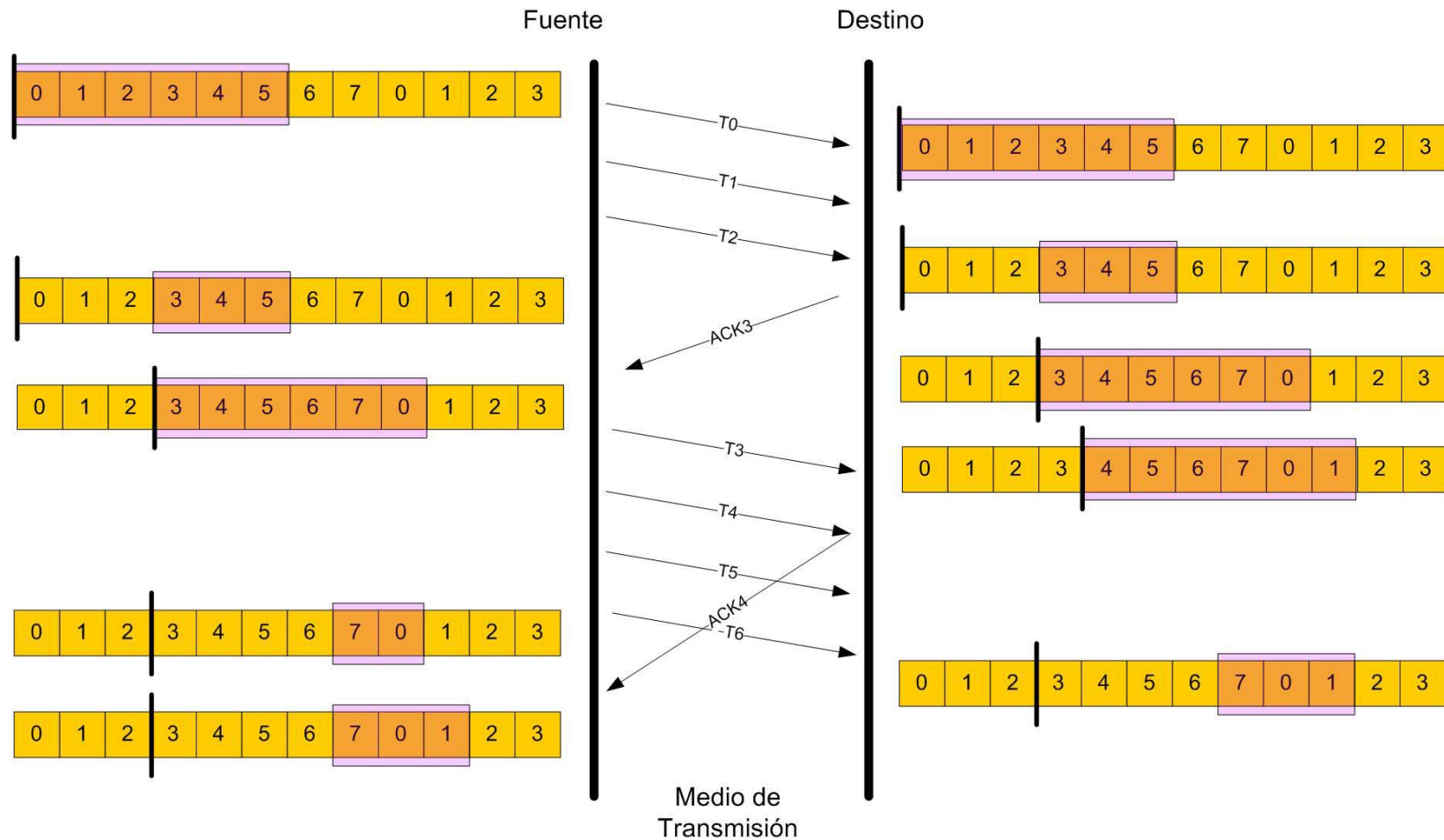
- Se distinguen tres tipos de *frame*: Información, Supervisión, y no numerado.
- La descripción de los campos son:
 - **Flag:** Delimitadores del Frame. (01111110)
 - **Address:** Identificador de terminal, utilizada para cuando existen múltiples terminales. Para comunicación punto a punto es a veces utilizada para distinguir comandos de respuestas.
 - **Control:** Se distinguen dependiendo del tipo de *frame*. Se usa para incluir números de secuenciamiento, y mensajes de control desde los nodos primarios a secundarios y viceversa.
 - **Datos:** Campo que contiene la información.
 - **FCS:** Frame Check Sequence. Es un código CRC para detección de error.
- Este protocolo emplea un método conocidos como **“Ventana Deslizante”**.

5.4.1 Ventana deslizante.

- *“La esencia de todos los protocolos de ventana deslizante es que, en cualquier instante, el transmisor mantiene un grupo de números en secuencia que corresponde a los frames que tienen permiso para ser enviados.”*
- De manera semejante, el receptor mantiene una ventana receptora correspondiente al grupo de marcos que tiene permitido aceptar.
- Se mantiene una ventana cuyo ancho es igual al tiempo de transmisión de un cuadro más el de transmisión del acuse de recibo.
- ¿Qué ocurre si un cuadro se daña y no es recibido? Se puede utilizar una de estas dos técnicas: Regresa-n; o, Repetición Selectiva. En Regresa-n, el receptor descarta todos los cuadros subsecuentes. En Repetición Selectiva solo se envía el *frame* con problema.

5.4.1 Ventana deslizante.

- Ejemplo:



5.5 Subcapa de Acceso al medio.

- Dos tipos de redes:
 - Punto a punto
 - Broadcast
- Redes de Broadcasting o Broadcast presentan un problema debido a que comparten el canal de transmisión.
- Para solucionar este problema se creo la subcapa de acceso al medio o Subcapa MAC(Media Access Control).
- En esta etapa veremos como ha funcionado.

5.5.1 Aloha

- Fue creado por Norman Abramson y sus colegas de la Universidad de Hawai .
- La idea es aplicable a cualquier sistema que utilice “***un medio de transmisión compartido***”.
- Dos enfoques:
 - ALOHA puro.
 - ALOHA ranurado

5.5.1 Aloha

- Aloha Puro:
 - Transmisión de datos independiente de lo que suceda.
 - Dos transmisiones simultaneas = Colisión.
 - Realimentación de colisiones, es decir en algún momento el *frame* destruido llegará hasta el emisor el cual entenderá que debe retransmitirlo
 - La retransmisión no se hace de forma inmediata o en un tiempo fijo.
 - Esperar un tiempo aleatorio, reduciendo así la probabilidad de colisiones.

5.5.1 Aloha

- **Eficiencia ALOHA Puro.**

Supuestos:

1. Conjunto infinito de usuarios.
2. Cada usuario pone un *frame* en el canal
3. Verificación de llegada.
4. Se entiende por tiempo de *frame* el tiempo necesario para transmitir un cuadro de longitud fija.
5. La población de usuarios genera *frames* nuevos según una distribución de Poisson con una media de N *frames* por tiempo de *frame*.
6. Para un rendimiento razonable se espera $0 < N < 1$.
7. la distribución de probabilidad de k intentos de transmisión por tiempo de *frame*, viejos y nuevos combinados, también es Poisson, con una media de G por tiempo de *frame*. ($G \geq N$)

Llegada con éxito, continúa enviando.

Si no, el cuadro se retransmite una y otra vez hasta que ocurre un éxito.

5.5.1 Aloha

- **Eficiencia ALOHA Puro.**

Funcionamiento:

1. Llegada con éxito, continúa enviando.
2. Si no, el cuadro se retransmite una y otra vez hasta que ocurre un éxito.
3. Las estaciones también generarán retransmisiones de *frames* debido a colisiones.

“ ***El rendimiento S correspondiente a los paquetes transmitidos con éxito es la carga generada, G , veces la probabilidad de que una transmisión tenga éxito***”.

$$S = G P_o$$

Donde P_o es la probabilidad de que un marco no sufra una colisión

5.5.1 Aloha

- **Eficiencia ALOHA Puro.**

- *NO hay colisión si no hay transmisión durante un intervalo de tiempo de frame desde su inicio hasta su fin.*
- *La probabilidad de que k frames sean generados durante un tiempo de frame.*

$$P_r [k] = \frac{G^k e^{-G}}{k!}$$

- *En una ranura de dos tiempos de frame de longitud, el número medio de cuadros es de $2G$. La probabilidad de que no se inicie otro tráfico durante todo el período vulnerable está dada entonces por . Si $S=GPo$ se obtiene:*

$$S = Ge^{-2G}$$

- *El rendimiento máximo ocurre a $G=0.5$, con $S=1/2e$, que es aproximadamente 18,4%.*

5.5.1 Aloha

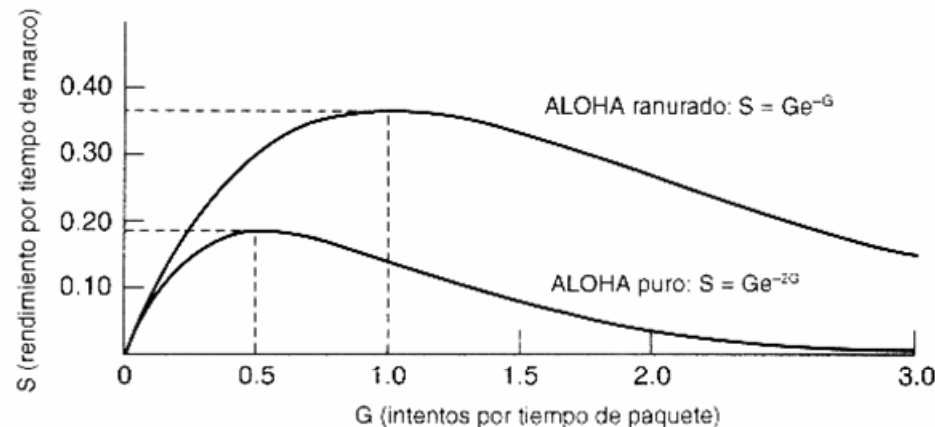
- **Aloha Ranurado.**

- Sigue la misma base de lo anterior sin embargo en este caso se divide el tiempo en intervalos discretos.
- La probabilidad de que un *frame* no sufra una colisión es ahora igual a con lo que se tiene:

$$S = Ge^{-G}$$

Luego el máximo uso de canal aumenta a un $\sim 37\%$.

- **Grafico comparativo de los rendimientos.**



5.5.2 CSMA (Carrier Sense Multiple Access)

Este protocolo se encuentra basado en el anterior, pero a diferencia de este, la idea detrás de CSMA es escuchar el medio, y si este se encuentra disponible, transmitir.

Existen varias variantes:

1. CSMA persistente-1
2. CSMA no persistente
3. CSMA persistente-p
4. CSMA/CD (CSMA con detección de colisión)

5.5.2 CSMA (Carrier Sense Multiple Access)

- **CSMA persistente-1:**
 - Si al momento de escuchar el canal se encuentra ocupado, el transmisor espera hasta que se desocupe.
 - Si logra transmitir y ocurre una colisión, se espera un tiempo aleatorio y se vuelve al inicio.
 - Al momento de transmitir no considera el tiempo que demora la señal en propagarse por el canal de un extremo a otro.

5.5.2 CSMA (Carrier Sense Multiple Access)

- **CSMA no persistente:**
 - Antes de enviar se escucha el canal.
 - Si esta desocupado pone los datos en él.
 - Si esta ocupado no se queda esperando que el canal se desocupe: vuelve a censar el medio después de un tiempo aleatorio.

5.5.2 CSMA (Carrier Sense Multiple Access)

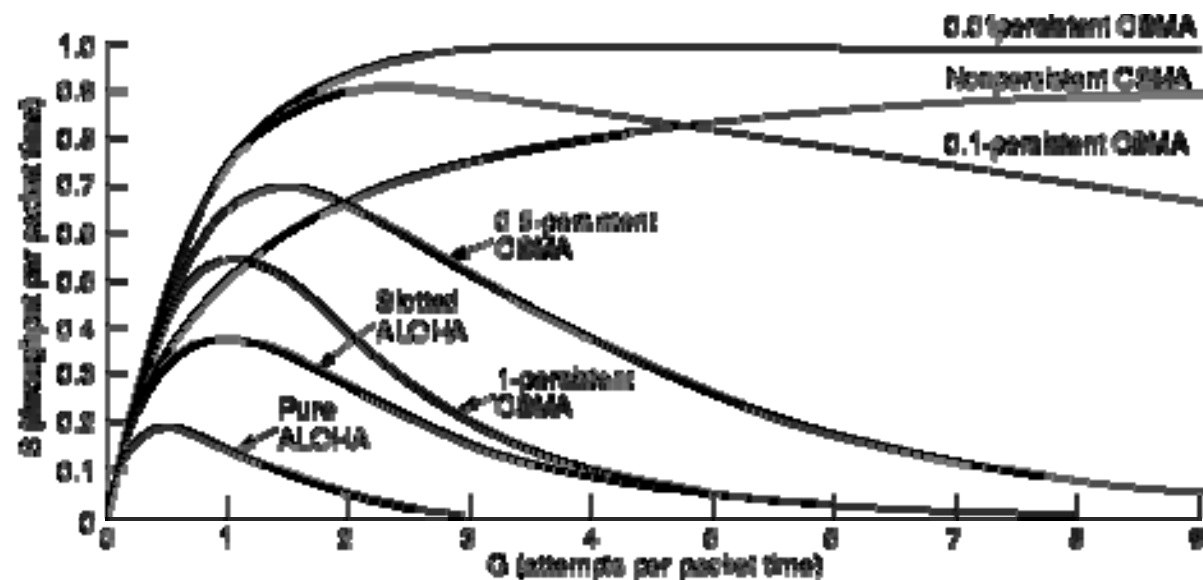
- **CSMA persistente-p:**
 - Utiliza canales ranurados.
 - Escucha el canal y si este esta desocupado transmite con una probabilidad p .
 - Con probabilidad $q = 1 - p$ no transmite y espera la siguiente ranura de tiempo.

5.5.2 CSMA (Carrier Sense Multiple Access)

- **CSMA / CD (CSMA con detección de colisión):**
 - Si al momento de transmitirse un *frame* por el medio se detecta una colisión, inmediatamente se termina la transmisión, cortando el marco afectado.
 - Esto mejora el ancho de banda al ahorrar el tiempo empleado en la propagación por el medio de todo el cuadro defectuoso.
 - Este protocolo es ampliamente utilizado por redes ***LAN Ethernet (IEEE 802.3)***.

5.5.2 CSMA (Carrier Sense Multiple Access)

- Grafico comparativo de eficiencias



5.6 SONET y SDH

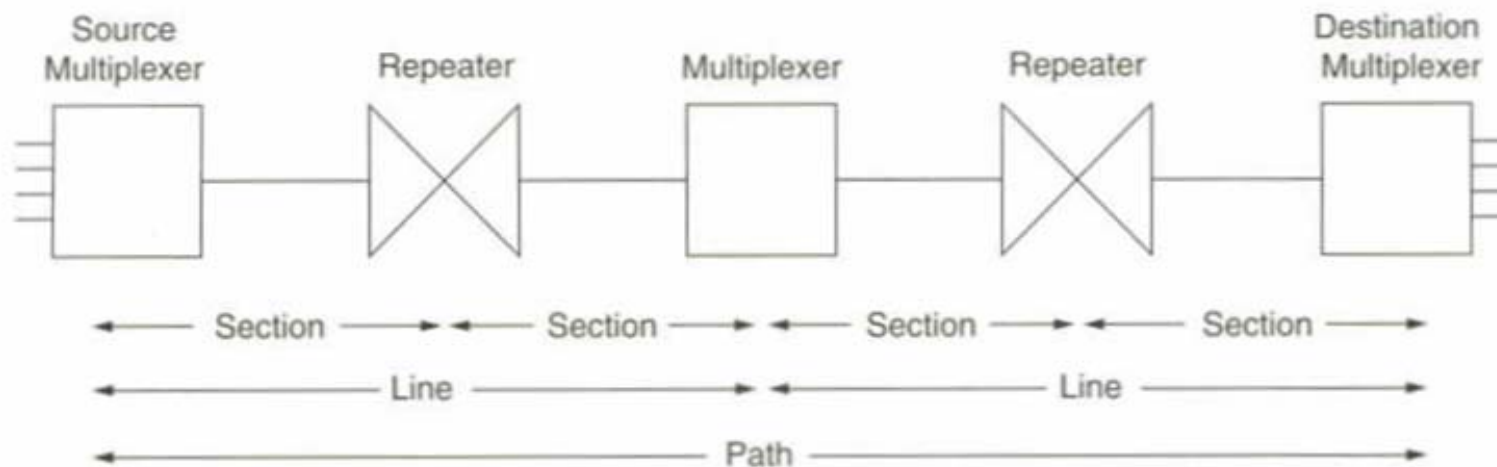


Fig. 2-29. A SONET path.

5.6 SONET y SDH

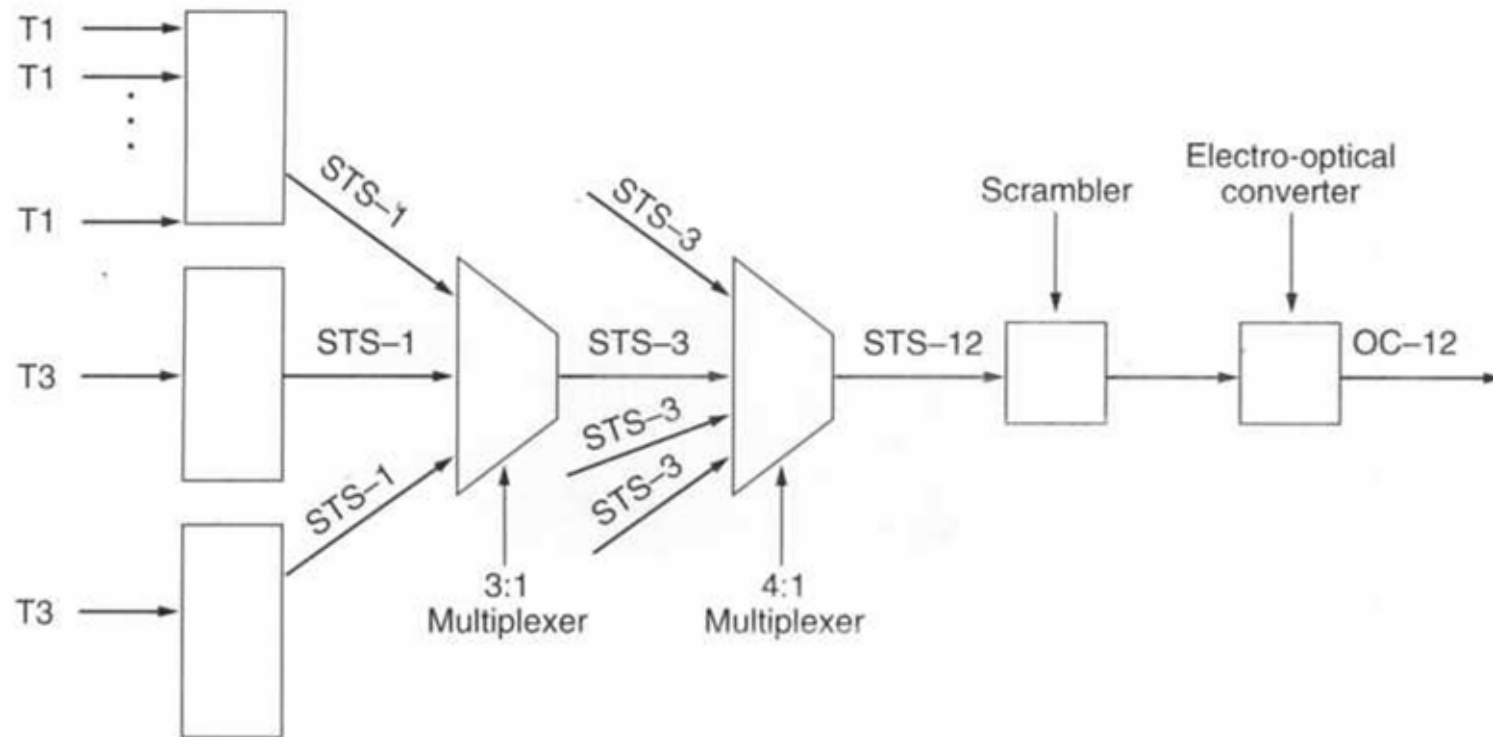


Fig. 2-31. Multiplexing in SONET.

5.6 SONET y SDH

SONET		SDH	Data rate (Mbps)		
Electrical	Optical	Optical	Gross	SPE	User
STS-1	OC-1		51.84	50.112	49.536
STS-3	OC-3	STM-1	155.52	150.336	148.608
STS-9	OC-9	STM-3	466.56	451.008	445.824
STS-12	OC-12	STM-4	622.08	601.344	594.432
STS-18	OC-18	STM-6	933.12	902.016	891.648
STS-24	OC-24	STM-8	1244.16	1202.688	1188.864
STS-36	OC-36	STM-12	1866.24	1804.032	1783.296
STS-48	OC-48	STM-16	2488.32	2405.376	2377.728

Fig. 2-32. SONET and SDH multiplex rates.

5.6 SONET y SDH

