

Modelo OSI; Capa enlace

Hay 3 secciones principales

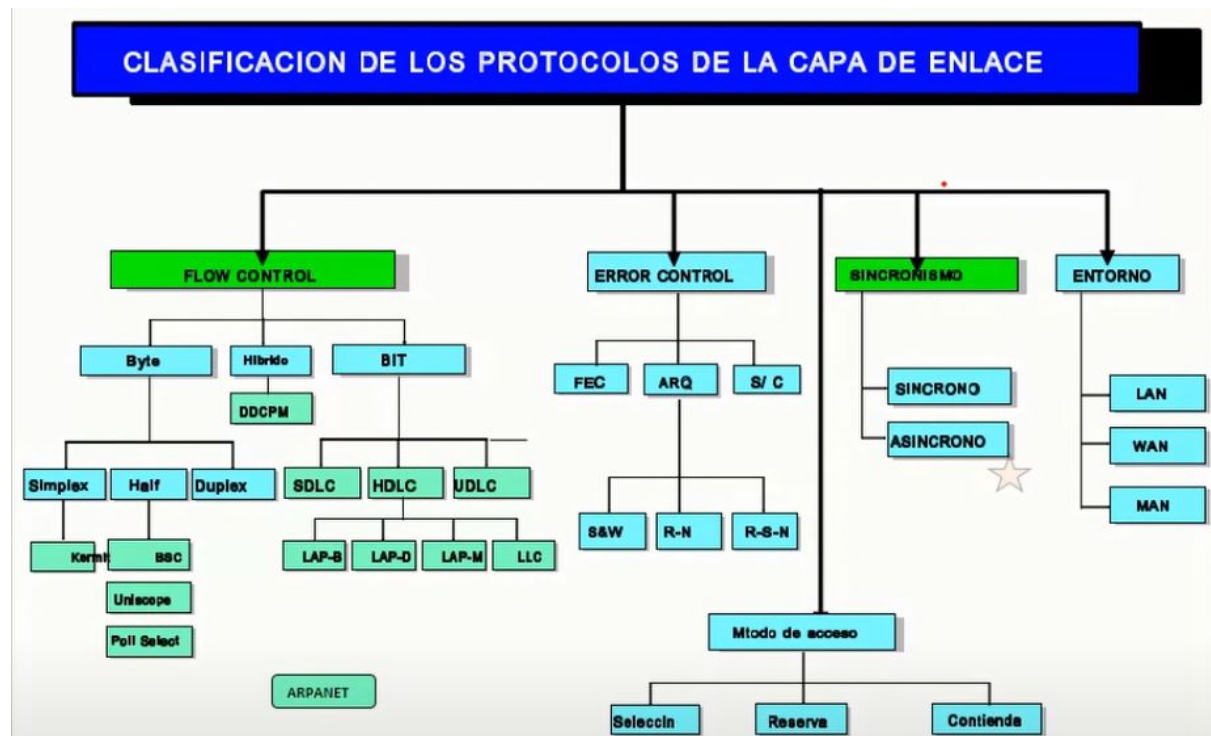
- Propósito
- Funciones
 - Delimitación y sincro.
 - Secuencia de control
 - Detección de error
 - Error Recovery
- Servicios

Primitivas de servicio

Son los comandos iniciales para establecer una comunicación de par a par de la misma capa, tienen 3 facetas.

Fase	Servicio	Primitiva	Parametro
DLC establishment	DLC Establishment	DL connect request DL connect indication DL response DL connect confirm	Called address calling address , QoS Called address, calling address, QoS Responding Address, QoS Responding Address, QoS
Data Transfer	Normal Data transfer Reset	DL data request DL data indication DL reset request DL reset indication DL reset response DL reset confirm	DLS user data DLS user data Razon Razon , orig.
DLC release	DLC release	DL Disconnet request DL disconnet indication	Razon Razon

Ethernet, de las tres facetas cumple con la de data transfer, no tiene ni la fase inicial ni la final. Es un protocolo no orientado a la comunicación sino a la transferencia de datos.



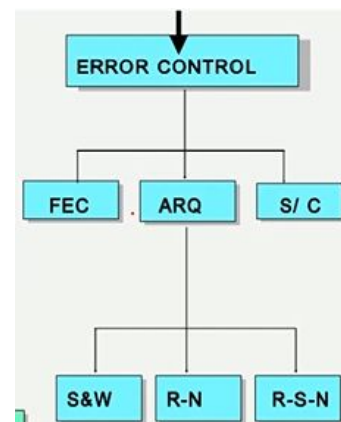
VER QUE CLASE DE PROTOCOLO ES ARPANET???? responde al bit o al byte? que control de error tiene?

La capa de enlace, tiene ciertas funciones

- **Delimitación:** quien y como lo realiza? que provoca la delimitación de los 0y unos transmitidos, cual es la limitación y la finalización de la trama de la capa 2?
- **Sincronismo:** que causa el sincronismo de la capa 2?
- **Direccionamiento:** como direccionar y en base a que?
- **Control de flujo:** en base a que se hace el control de flujo
- **Control de errores:** si es detección o corrección.

Control de flujo de errores 3 políticas a elegir:

- **S/C:** Se ignoran los errores
- **ARQ:** Pido retransmisión
 - **S&W:** stop and wait
 - **R-N:** regreso a n
 - **R-S-N:** regreso a n selectivos
- **FEC:** Mando suficiente info para corregir en el envío de la info

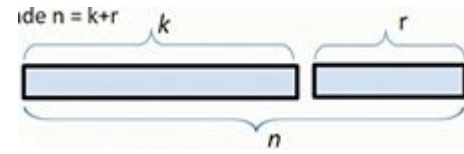


La corrección de errores se hacen en base a códigos:

- Códigos en base a mejorar el dato
- Codigos mirando hacia el canal de datos para deteccion y correccion de errores producidos en el canal.

Tipos de códigos orientados al canal.

- **Códigos Lineales:** la suma de dos palabras del código, siendo otra palabra del código
- **Código de Bloque:** constituido por k bit de info mas r bit de redundancia lo que hace un código de bloque (n,k) , $n=k+r$
 - Velocidad del código: k/n (menor que 1)
 - Ganancia de un código: referido a lo que sería un db, potencia. La relación hace referencia a cuanto yo puedo mandar en un canal ruidoso para tener la misma cantidad de BER a una determinada S/N. La capacidad de un canal tiene en su fórmula S/N, si tengo una S/N grande, tengo poca capacidad en el canal y con una determinada S/N se produce una determinada cantidad de BER. Hasta que S/N (en db) puedo obtener la misma cantidad de BER.
 - Distancia Hamming: cuanto se diferencia una palabra de código con respecto a otra como por ejemplo 100 y 111 se diferencian 2 números por lo que la distancia es de 2.
- **Código cíclicos:** códigos lineal (n,k) que al rotarlo resulta en otra palabra del código si tengo 111100 y pongo el 0 adelante en vez del final, se forma otra palabra con otro significado.
- **Código polinómico:** a cada bit de datos se le asocia un valor polinómico de acuerdo al orden que tenga
- Código convolutivo: si $c(j)$ depende de valores asociados a otras palabras, depende de sus antecesores partes de la palabra.



deteccion y correccion, hamming estableció:

para detectar s errores:

la distancia mínima para detectar s errores es $s+1$, para detectar 1 bit de error tengo que tener $1 + 1$, la distancia mínima para detectar es 2

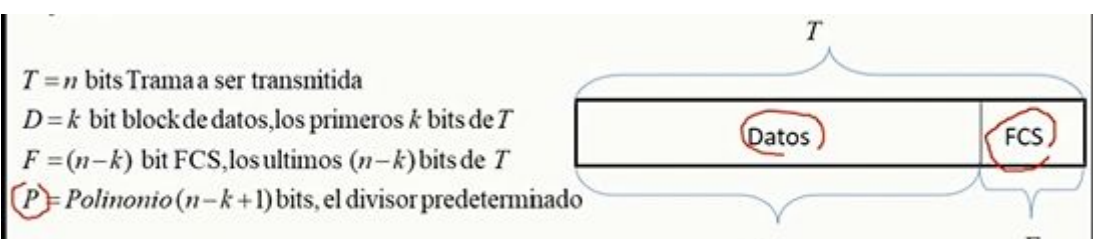
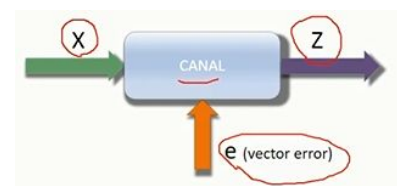
$$D = S+1$$

la distancia para corregir t errores, si t es 1, la distancia mínima entre palabras del código es 3

$$D = 2T+1$$

Detección de errores

- **Paridad**
Puede ser horizontal o vertical o la suma de las dos.(ya no se usa más)
- **Checksum**
- **CRC** más usado actualmente, dependen cuantos errores, los más común es que se quieran proteger una cadena de bits errados.
 - Síndrome: tienen x a transmitir y z a recibir y e vector de error producido en el canal, siendo $Z = X + e$. el síndrome de z termina siendo $s = eH^t$ ($H \rightarrow$ Paridad)
 - El síndrome se utiliza para corregir o detectar errores, ubicar qué parte del mensaje está errado.
 - CRC es un código de bloque de n bit
 - Datos, FCS que es la parte de redundancia, P es el polinomio generador de todo código polinómico.



$$T = 2^{n-k}D + F$$

Si hacemos T/P (transmisión/código polinómico) = Q (resto) queda exactamente divisible la transmisión por el polinomio generador. Se divide la trama, si el síndrome no es 0 es que hubo un error.

Que tanto nos protege el polinomio generador?

Nos protege hasta el peso del polinomio generador, si el mismo es de una potencia alta como 16, nos va a detectar el 100% de un string de errores de 16 bit. como ethernet es de 32, x a la 32 va detectar una cantidad de bits consecutivos de hasta 32.

FEC (forward error correction)

Tenemos varios tipos

- Hamming que corrige 1 error
- Reed-salomon e suno de los más utilizados, este no está afuera de la distancia de hamming

Detección o corrección

Detección → ARQ

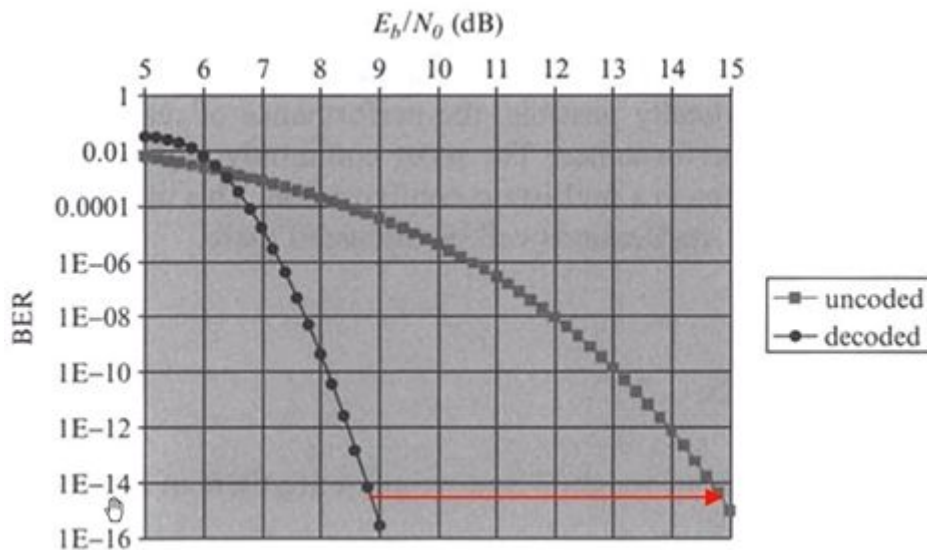
Pido retransmisión, se usa detección cuando se sabe que el canal no tiene tantos errores, viendo que se transmiten más bits para corregir que detectar en base a las fórmulas que vimos, si se producen pocos errores simplemente se manda a retransmitir.

Corrección

Históricamente se hizo sobre enlaces de muy elevado BER, cuando el enlace era muy ruidoso no tenía sentido transmitir el mensaje y pedir retransmisión ya que esto iba a pasar siempre por lo que se optó poner un código de corrección de errores es para estos casos. el otro punto es el retardo, para que esperar mucho tiempo si el mensaje llego bien o mal? se enviaba el mensaje con un código corrector de errores y se evitaba retransmisión de larga espera.

La utilización de los FEC fue porque dado un determinado enlace se puede reducir, la potencia de transmisión, el tamaño de la antena, reducir el ancho de banda, etc. Por el teorema de Shannon que decía que la capacidad estaba dada por la relación S/N.

Relación señal ruido (arriba) vs nivel de errores (izquierda)

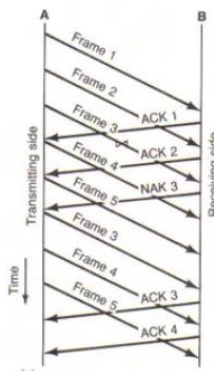


decoded = transmisión con un FEC

lo que está en rojo es la ganancia en db.

protocolos ARQ

- **Stop and wait:** envío una trama y necesito una confirmación, luego recibida la misma puedo enviar la próxima trama, es half duplex. tiene un timeout para reenviar en caso de perder la trama
- **Regresa a N:** puedo enviar n tramas y simultáneamente recibir el reconocimiento por las tramas que ya fui recibiendo, la diferencia con el anterior es que es full duplex. si no reconoce una trama, se de retransmite desde esa trama no reconocida teniendo que muchas veces retransmitir varias tramas
- **Retransmisión selectiva:** puedo mandar x cantidad de tramas y cuando hay un no reconocimiento de la trama, retransmite solo esa trama.



Probabilidad de error en una trama de longitud $F(P_1)$:

$$P_1 = (1 - P_b)^F$$

$$P_{nc} = 1 - P_1$$

P_b Probabilidad de error 1 bit

P_{nc} Probabilidad de error en una trama no detectado

mientras la trama sea más larga la probabilidad de p_1 va a ser más alta.

Rendimiento

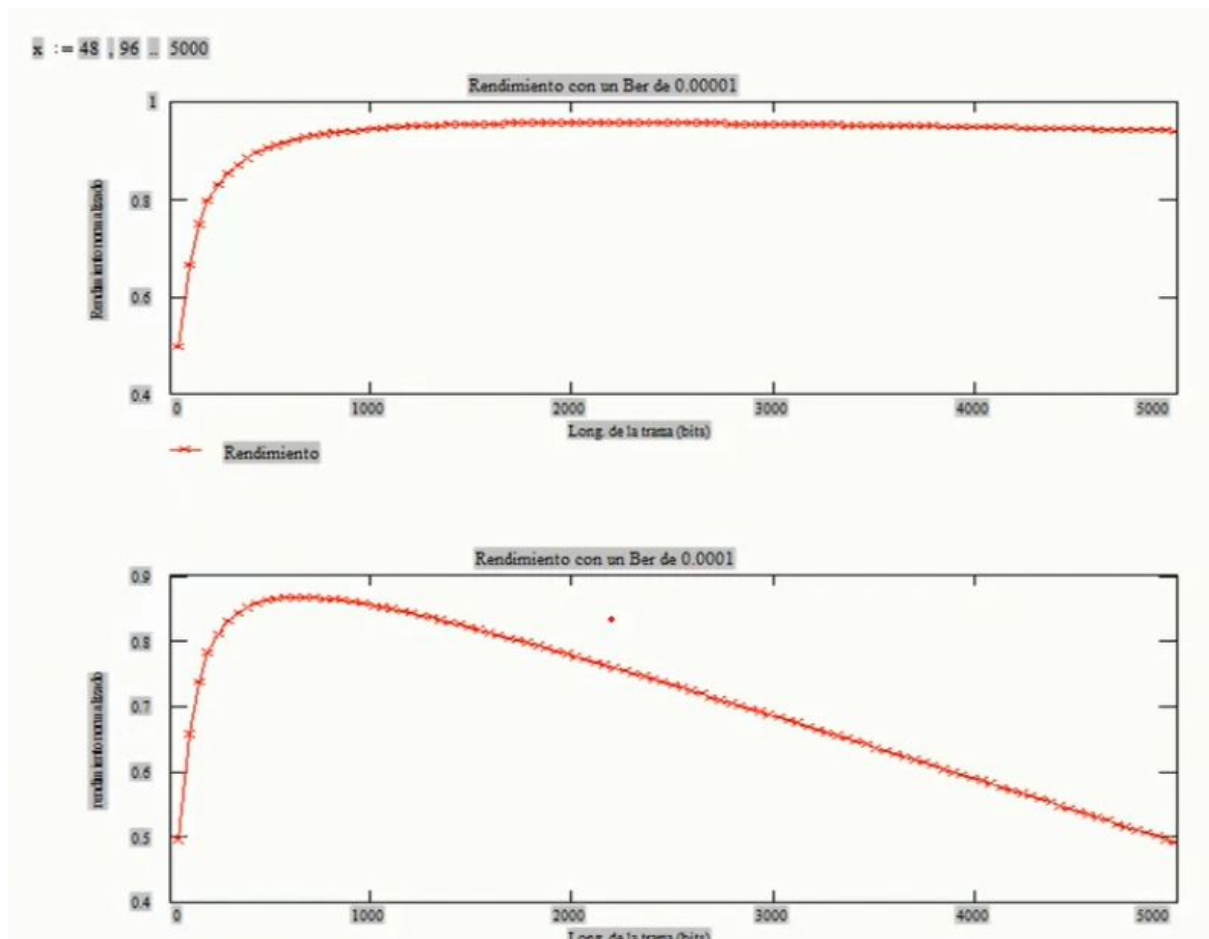
$$R = \frac{\text{Bits de informacion}}{\text{Bits transmitidos}}$$

$$R = \frac{\text{tiempo de informacion}}{\text{tiempo total en transmitir dicha info}}$$

Elementos que intervienen en lo anterior mencionado

- Velocidad de transmisión
- velocidad de propagación
- Distancia entre T/R
- Longitud de bits a transmitir
- Tasa de errores producidos en el canal

Un protocolo puede ser muy bueno para una determinada cant de errores y muy malo para otros.



Aumentando la cantidad de bit por trama según la cantidad de probabilidad de errores se aumentan los errores según el rendimiento. Mientras más posibilidad de perder bit hay mas chica debería ser la trama. (Fundamental a nivel capa enlace)

En la tabla ascii se especifican palabras de control de flujo.

Protocolos orientados al caracter

Protocolo Bisíncrono (BSC)

Utiliza 2 caracteres de sincronismo para iniciar la transmisión, todas las funciones de control de este protocolo están en base al código ascii, control de errores por paridad.

- Protocolo orientado al caracter
- Tipo de acceso: por sondeo, sistema polling (Un mainframe indaga a cada una de las estaciones a través del poll que pregunta a cada estación si tiene datos para enviar)
- Tipo de explotación: half duplex
- Detección de errores: según versión del código
 - Vertical redundancy checking (VRC)
 - Longitudinal redundancy checking (LRC)
 - Cyclic redundancy checking (CRC)

Protocolo UNISCOPE

Es un protocolo que ya se ha dejado de usar. Es un tipo de protocolo muy parecido al de IBM. ¿Que pasaba si dentro del dato venia un caracter de control? Había que hacer un código de escape y era algo muy complejo

Protocolo DDCMP (Digital)

Protocolo propietario de **Digital Equipment Co**, **Digital Data Communications Message Protocol**. Digital era una mezcla de un protocolo orientado al caracter pero tenia parte de su trama con bit de información.

Es un protocolo que hace mucho se dejó de usar.

Problemas con protocolos orientados al byte:


- Dependientes del código
- No encapsulables (no se podía insertar información que no fuese la naturaleza misma del protocolo)
- Propietarios (No eran abiertos)

Esto dio pie a los siguiente:

El **I.S.O** hizo el **High Data Link Control (HDLC)** en 1979.

- Orientado al bit
- Tipo de explotación: Full duplex, half duplex

Configuración: punto a punto o multipunto

La delimitación del protocolo está dada por una bandera . Ese valor no se puede repetir dentro de la trama. Y la finalización de la misma está dada por la misma bandera.



Se dice que es orientado al bit porque tengo un campo específico (un byte o 2 bytes) específicos para el control, esto es:

Formato\ Bits	1	2	3	4	5	6	7	8
Información I	0	N(s)			P/F	N(r)		
Supervisión S	1	0	S		P/F	N(r)		
No secuencial U	1	1	M	M	P/F	M	M	M

En estos 8 bits de control tengo 3 funciones:

- Para transmitir información **I** (tramas exclusivamente de información)
- Para supervisar información **S** (trama rechazada - trama no rechazada)
- Y para no numerada **U**. Dicho de otra forma, con el no secuencial, establezco la información (significa que hago un llamado y me lo aceptan)

El cero en el primer bit, en el nivel de información (tabla) significa que lo que viene es información.

N(s) y N(r) son 3 bits que van a codificar el número de tramas enviadas y el número de tramas recibidas.

¿Hasta que cantidad de tramas puedo transmitir? Tiene 3 bits así que puede transmitir hasta 8 tramas.

El número de estos 3 bits (2, 3, 4) se llama ventana. La ventana es la cantidad máxima de tramas que yo puedo enviar sin recibir reconocimiento.

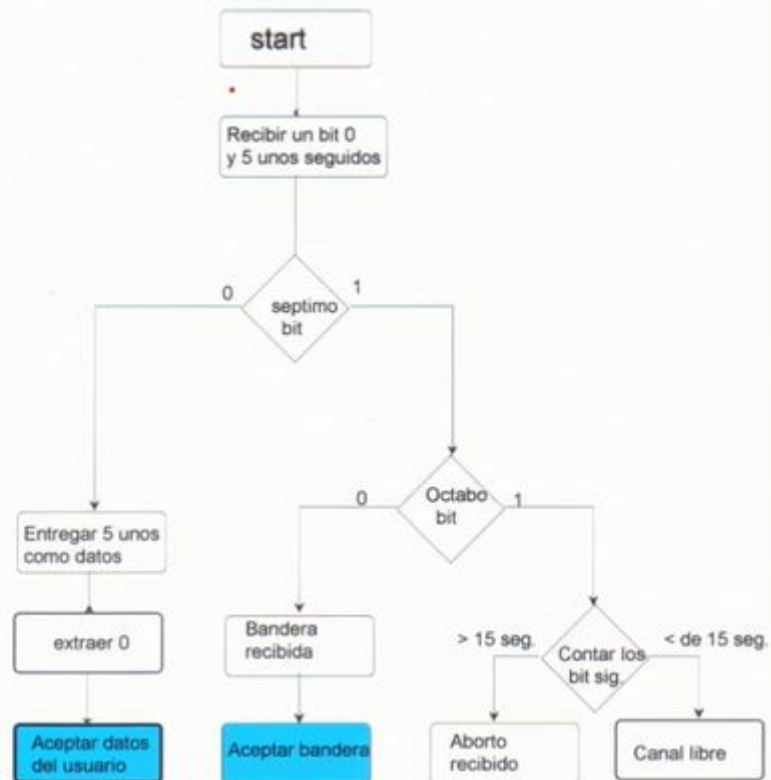
Entonces en teoría yo puedo enviar 8 tramas y no puedo enviar más, salvo que venga el reconocimiento de la primera, y transmito la 9 y así.

Acá puedo mandar un máximo de 8 tramas, pero ¿Que pasa en aquellos enlaces en la cual se que va a tardar, es bueno el enlace pero por el delay satelital me llega tarde?

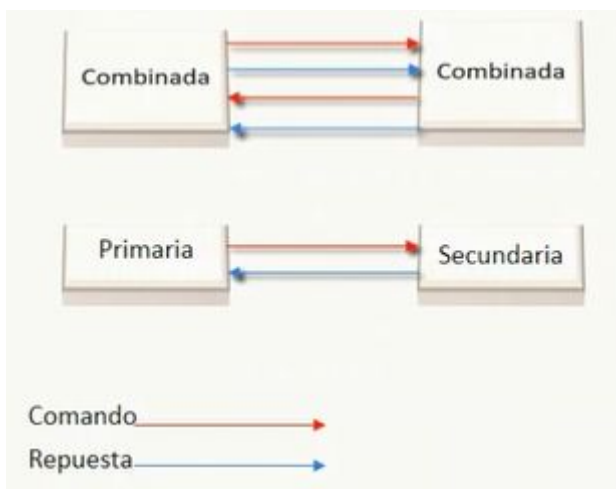
¿Tengo que transmitir 8 y no puedo transmitir más? Para eso se amplía el campo de control a 2 bytes que amplía la cantidad de tramas numeradas para poder enviar. En una palabra la ventana puede llegar a un máximo de 128 tramas enviadas

CAMPO DE CONTROL EXTENDIDO																	
	1 octeto								2 octeto								
bits	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	
Información	0	N(r)							P/F	N(s)							
Supervisión	1	0	s	s	x	x	x	x	P/F	N(s)							
No secuencial	1	1	M	M	P/F	M	M	M	P/F	X	X	X	X	X	X	X	

Condición de una línea HDLC



Configuración de estaciones en HDLC



Estados de una estación

- Estado de desconexión lógica: (no transmite ni recibe). Si la estación secundaria se encuentra en desconexión lógica, sólo podrá emitir cuando reciba una autorización expresa.
- Estado de inicialización: depende del fabricante
- Estado de transferencia de información: estaciones principales y secundarias en condiciones de transmitir y recibir información

Configuración del canal

- **No equilibrada (UN):** Se llama no equilibrada porque existe una estación encargada de gobernar a cada una de las secundarias y establecer los comandos de los distintos modos que pueden trabajar: half / full duplex, p.a.p, multipunto
- **Simétrica: (UA)** utilizada originalmente, proporciona dos configuraciones: punto a punto independientes y no equilibradas, cada estación tiene su estado principal y su estado secundario
- **No simétrica (BA).** Consta de dos estaciones combinadas por un solo enlace punto a punto, half o full duplex, cada una posee derecho y respuesta del canal

Modo de transferencia de información

- **De respuesta normal (NRM, normal response mode).** Utilizada en ambiente de control centralizado. Por consiguiente la configuración típica es multipunto, donde la estación primaria (máster, en la nomenclatura de IBM) obliga a la estación secundaria (slave) a esperar autorización explícita antes de transmitir
- **Modo de respuesta asíncrona (ARM)** similar al NRM excepto que una estación secundaria puede transmitir sin autorización previa de la estación principal. Opera en la modalidad de rechazo selectivo de tramas
- **Modo asíncrono equilibrado (ABM)** Este modo sólo opera en configuración punto a punto. Estaciones combinadas las cuales pueden iniciar sus transmisiones sin autorización de las otras estaciones combinadas. Además como característica diferente de los otros dos modos en que opera en la modalidad de retransmisión de errores de regresar a N.

El uso del bit P/F es diferente según los modos. Un 1 en comando se toma como P, lo que la respuesta debe ser con F al final de la respuesta. En un modo de respuesta normal el bit P/F se utiliza para escrutinio. En modo ABM con procedimiento BAC (balanced asynchronous mode) 2.8 (uso de REJ y que las tramas I sean solo comandos) trama I enviada con P = 1 requiere una trama S como respuesta con F=1, ya que la trama I no puede ser respuesta. Este procedimiento se conoce como **punto de control**.

Inicialización y desconexión en HDLC

Inicialización Cualquiera de los lados puede solicitar la inicialización emitiendo uno de los seis comandos setmode. Este comando tiene tres propósitos:

1. Señala al otro lado que se solicita la inicialización.
2. Especifica cuál de los tres modos (NRM, ABM, ARM) se solicita.
3. Especifica si se utilizarán números de secuencia de 3 o 7 bits.

Si el otro lado acepta esta solicitud, entonces el módulo HDLC en ese extremo transmite una trama de unnumbered acknowledged(UA) de regreso al lado iniciador. Si se rechaza la solicitud, se envía una trama de disconnected mode (DM).

Transferencia de datos Cuando se ha solicitado y aceptado la inicialización, se establece una conexión lógica. Ambas partes pueden comenzar a enviar datos de usuario en I-frames, comenzando

con el número de secuencia 0. Los campos N (S) y N (R) de la trama I son números de secuencia que admiten control de flujo y control de errores. Un módulo HDLC que envía una secuencia de cuadros I los numerará secuencialmente, módulo 8 o 128, dependiendo de si se usan números de secuencia de 3 o 7 bits, y coloque el número de secuencia en N (S). N (R) es el unnumbered acknowledged de las tramas I recibidas; permite que el módulo HDLC indique qué número de trama I espera recibir a continuación.

Los marcos en S también se utilizan para el control de flujo y el control de errores. La trama de recepción lista (RR) reconoce la última trama I recibida indicando la próxima trama I esperada. El RR se utiliza cuando no hay tráfico de datos de usuario inverso (tramas I) para llevar un acuse de recibo (unnumbered acknowledged). Recibir no listo (RNR) reconoce una trama I, como con RR, pero también pide a la entidad par que suspenda la transmisión de tramas I. Cuando la entidad que emitió RNR está nuevamente lista, envía un RR. REJ inicia el regreso-N ARQ. Indica que la última trama I recibida ha sido rechazada y que se requiere la retransmisión de todas las tramas I que comienzan con el número N (R). El rechazo selectivo (SREJ) se utiliza para solicitar la retransmisión de una sola trama.

Desconexión Cualquiera de los módulos HDLC puede iniciar una desconexión, ya sea por iniciativa propia si hay algún tipo de falla, o por solicitud de su usuario de nivel superior. HDLC emite una desconexión enviando una trama de desconexión (DISC). La entidad remota debe aceptar la desconexión respondiendo con un UA e informando a su usuario de capa 3 que la conexión ha sido terminada. Se pueden perder los fotogramas I no reconocidos pendientes, y su recuperación es responsabilidad de las capas superiores.

Ejemplos de operación Para comprender mejor la operación HDLC, se presentan varios ejemplos en la Figura a continuación. En los diagramas de ejemplo, cada flecha incluye una leyenda que especifica el nombre del cuadro, la configuración del bit P / F y, cuando corresponda,

los valores de N (R) y N (S). El ajuste del bit P o F es 1 si la designación está presente y 0 si está ausente.

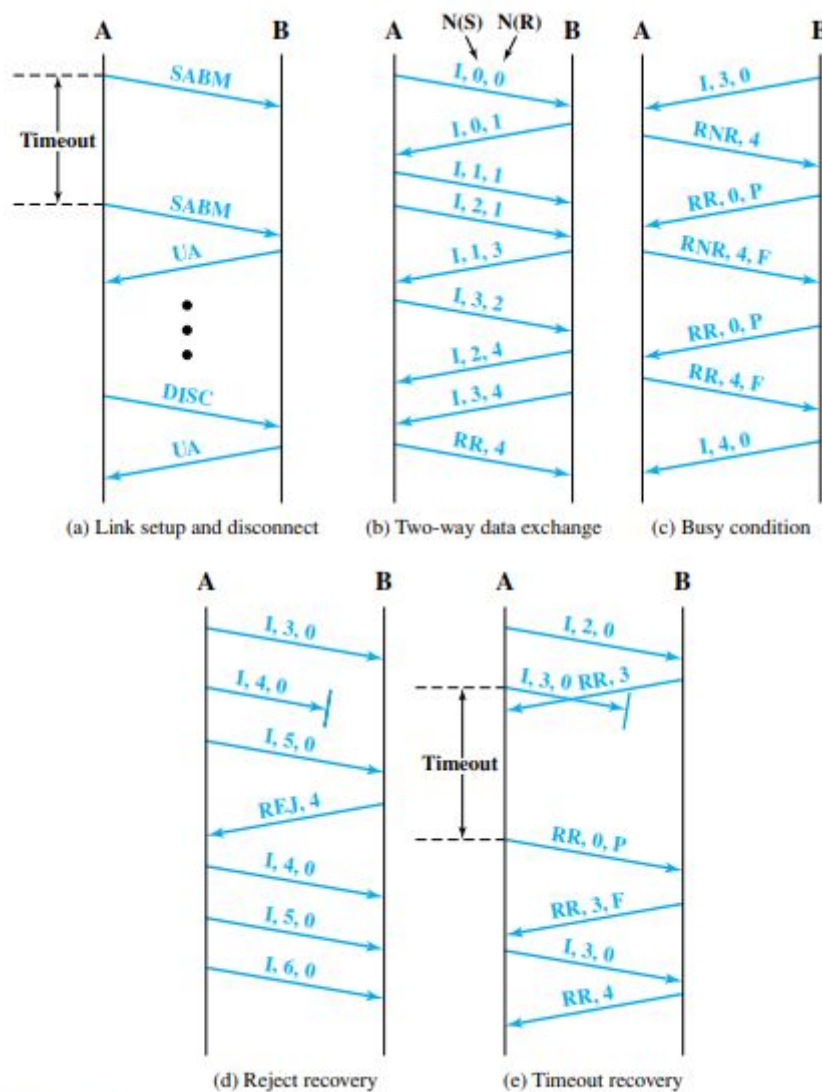


Figure 7.9 Examples of HDLC Operation

La **figura 7.9a** muestra las tramas involucradas en la configuración y desconexión del enlace. La entidad de protocolo HDLC para un lado emite un comando SABM al otro lado e inicia un temporizador. El otro lado, al recibir el SABM, devuelve una respuesta UA y establece variables locales y contadores a sus valores iniciales. La entidad iniciadora recibe la respuesta UA, establece sus variables y contadores, y detiene el temporizador. La conexión lógica ahora está activa, y ambos lados pueden comenzar a transmitir tramas. Si el temporizador expira sin una respuesta a un SABM, el creador repetirá el SABM, como se ilustra (Timeout). Esto se repetiría hasta que se reciba un UA o DM o hasta que, después de un número determinado de intentos, la entidad que intenta iniciar se dé por vencida y reporte un fallo a una entidad de gestión.

En tal caso, es necesaria la intervención de la capa superior. La misma figura (Figura 7.9a) muestra el procedimiento de desconexión. Un lado emite un comando DISC y el otro responde con una respuesta UA.

La **figura 7.9b** ilustra el intercambio full-duplex de tramas I. Cuando una entidad envía un número de tramas I en una fila sin datos entrantes, entonces el número de secuencia de recepción simplemente se repite (por ejemplo, I, 1,1; I, 2,1 en la dirección A a B). Cuando una entidad recibe un número de cuadros I en una fila sin cuadros salientes, entonces el número de secuencia de recepción en el

siguiente cuadro saliente debe reflejar la actividad acumulativa (por ejemplo, I, 1,3 en la dirección B a A) . Tenga en cuenta que, además de las tramas I, el intercambio de datos puede implicar tramas de supervisión

La **figura 7.9c** muestra una operación que involucra una condición de ocupado. Tal condición puede surgir porque una entidad HDLC no puede procesar fotogramas I tan rápido como están llegando, o el usuario previsto no puede aceptar datos tan rápido como llegan en fotogramas I. En cualquier caso, el búfer de recepción de la entidad se llena y debe detener el flujo entrante de I-frames, usando un comando RNR. En este ejemplo, A emite un RNR, que requiere que B detenga la transmisión de tramas I. La estación que recibe el RNR generalmente sondeará la estación ocupada en algún intervalo periódico enviando un RR con el bit P establecido. Esto requiere que el otro lado responda con un RR o un RNR. Cuando la condición de ocupado se ha despejado, A devuelve un RR y la transmisión de trama I de B puede reanudarse.