

REDES LAN: TOPOLOGÍAS Y ARQUITECTURAS DE PROTOCOLOS PROTOCOLO ETHERNET 802.3

Módulo 7

Temas a tratar

1. Topologías de redes LAN
2. Normas de Comunicación LAN
3. Control de Acceso al medio, Ethernet 802.3
4. Control de Enlace Lógico
5. Control de Enlace Lógico (LLC): Control de flujo y control de errores
6. Protocolo HDLC

Objetivos del Módulo:

Al finalizar el presente módulo, el alumno debe:

1. Reconocer distintas topologías y arquitecturas de protocolos aplicadas a las redes de alcance local
2. Comprender el alcance de la arquitectura de protocolos 802
3. Entender el funcionamiento de la subcapa MAC a través de la norma 802.3 (Ethernet)
4. Conocer el funcionamiento de la subcapa LLC a través de la norma 802.2 (control de enlace lógico)
5. Comprender el funcionamiento del protocolo de control de enlace lógico de propósito general HDLC
6. Reconocer y dimensionar el alcance de las VLAN'S (Protocolo 802.1Q)

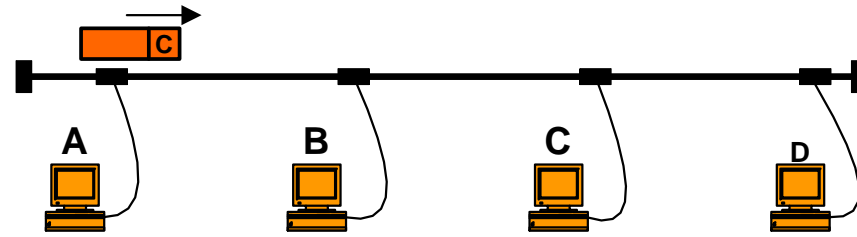
Topología de redes LAN

Topología Bus: Conexión y modo de comunicación de los datos

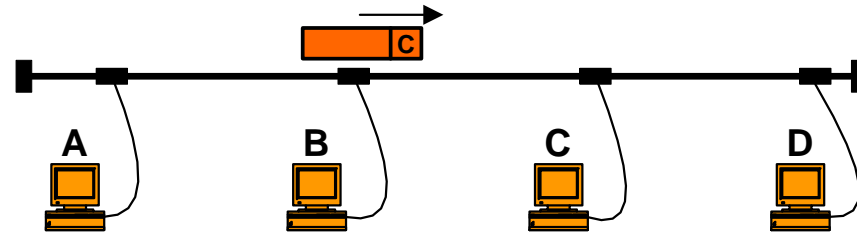
- ✓ La red consta de un enlace (cable conductor) al que están conectadas todas las estaciones en forma directa mediante tomas de conexión o taps (tap: interfaz que permite a la estación transmitir o “escuchar” tramas en el cable de red).
- ✓ La trama emitida por una estación recorre el cable en ambas direcciones hasta llegar a los terminadores (resistencias) donde es absorbida.
- ✓ Cuando la trama pasa por el tap, la estación “en escucha” lee la dirección destino que puso la estación emisora. Si coincide con la propia, toma la trama. Si no coincide, ignora la trama.
- ✓ Cuando una estación desea transmitir, lo hace inmediatamente si no hay señal en el canal. Puede haber **colisiones** cuando dos o más estaciones intentan transmitir al mismo tiempo.
- ✓ El modo de transmisión es **difusión** usando una técnica Half Duplex (transmite un equipo por vez)

Topología de redes LAN

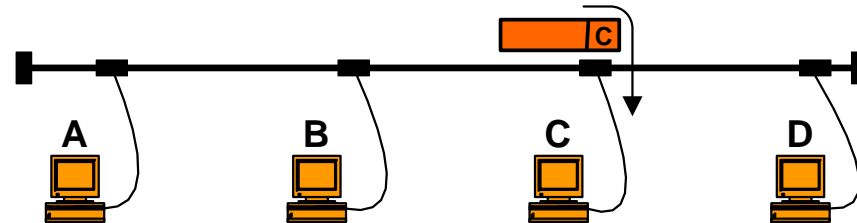
Topología Bus: Conexión y modo de comunicación de los datos



a) A transmite un paquete con dirección destino C.



b) Como el paquete no está dirigido a B, ésta lo ignora.



c) El paquete es retirado por C del medio de transmisión.

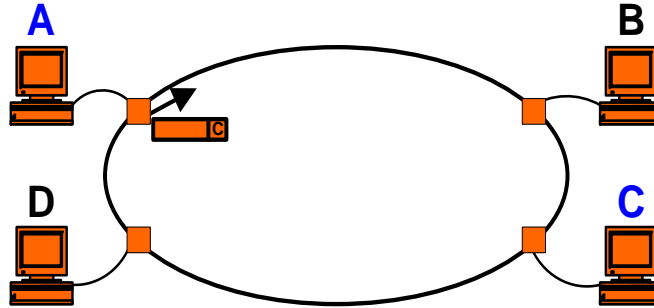
Topología de redes LAN

Topología Anillo: Conexión y modo de comunicación de los datos

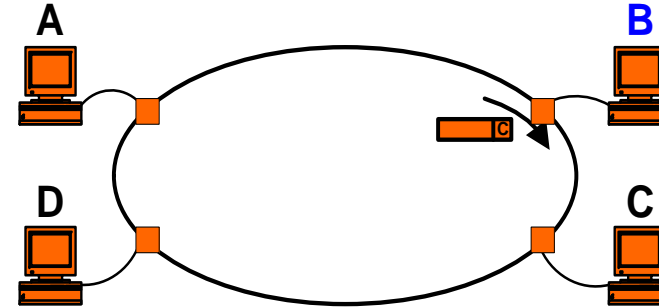
- ✓ La red consta de un conjunto de repetidores unidos por enlaces punto a punto formando un lazo cerrado.
- ✓ Cada **repetidor** en el anillo recibe los datos y los **retransmite bit a bit** por el otro puerto al otro enlace, tan rápido como son recibidos.
- ✓ Los datos se transmiten **sólo en un sentido** por enlaces unidireccionales.
- ✓ Cada estación se conecta a la red mediante un repetidor:
 - En transmisión: el repetidor transmite los datos hacia la red.
 - En recepción: la estación “escucha” la transmisión de otra estación cuando los bits pasan por el repetidor.
- ✓ Los **datos se transmiten en tramas**. Una trama que circula por el anillo pasa por todas las estaciones; la estación destino reconoce su dirección y copia la trama.
- ✓ La trama continúa circulando hasta que alcanza de nuevo la estación origen; luego ésta la elimina del medio.

Topología de redes LAN

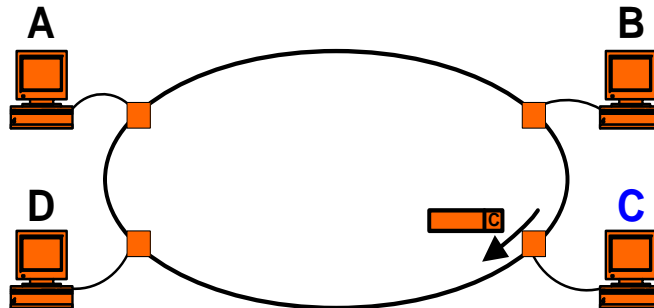
Topología Anillo: Conexión y modo de comunicación de los datos



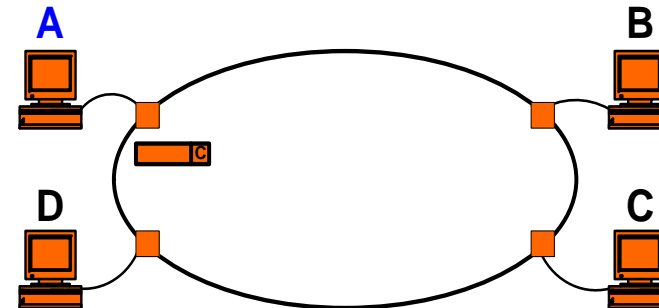
a) **A** transmite un paquete con dirección destino **C**.



b) Como el paquete no tiene dirección de **B**, ésta lo ignora.



c) **C** copia el paquete, mientras éste continúa su recorrido.



d) **A** retira del anillo el paquete emitido.

Topología de redes LAN

Topología Estrella: Conexión y modo de comunicación de los datos

Cada estación está directamente conectada a un nodo central mediante dos enlaces punto a punto: uno para transmisión y otro para recepción. Existen dos alternativas de funcionamiento del nodo central:

Modo difusión

La trama enviada por una estación se retransmite directamente sobre todos los enlaces de salida del nodo central.

- ✓ Dispositivo de conexión: **concentrador o hub (en extinción)**.
- ✓ Disposición física: **estrella**.
- ✓ Transmisión de los datos: tipo bus (la transmisión de una estación es retransmitida por el hub a todas las estaciones).
- ✓ Transmisión en LAN de difusión: sólo puede transmitir una estación por vez (**half duplex**).

Topología de redes LAN

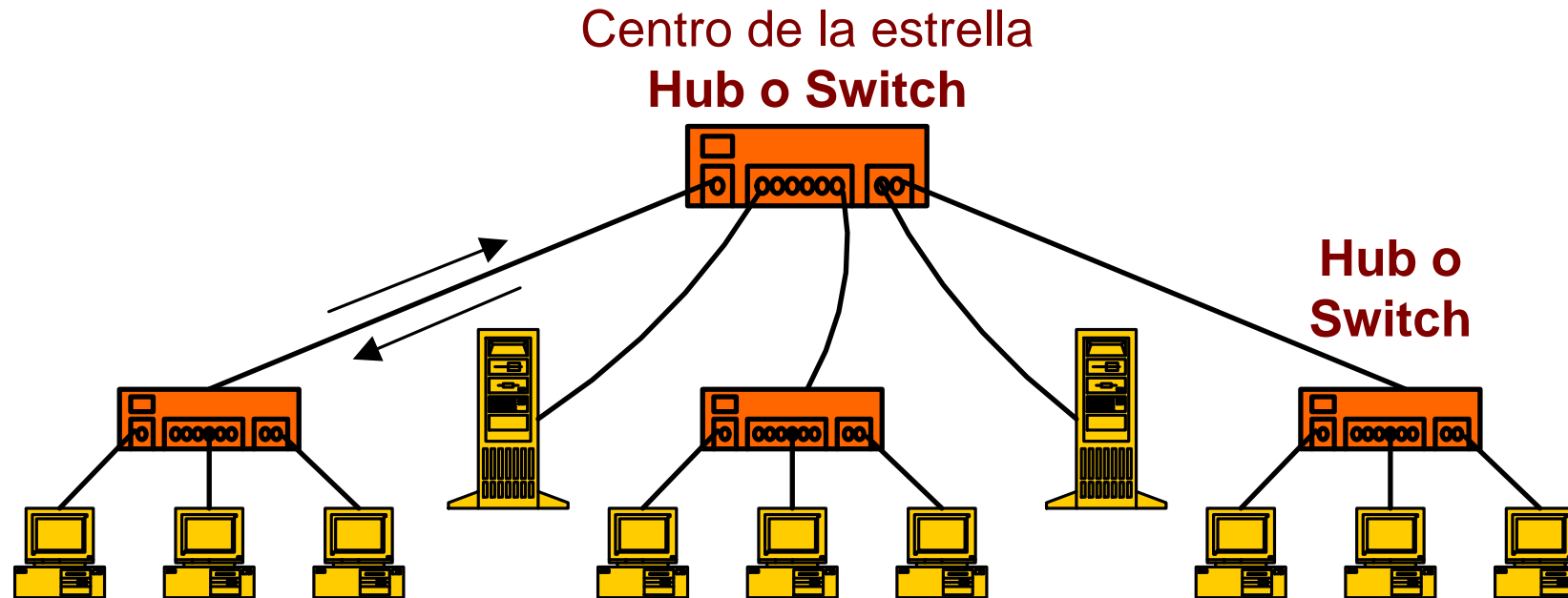
Topología Estrella: Conexión y modo de comunicación de los datos

Modo conmutación

- ✓ Dispositivo de conexión: puente multipuerto o switch (próximo capítulo)
- ✓ Disposición física: estrella.
- ✓ Transmisión de los datos: punto a punto.
- ✓ El switch realiza la conmutación de tramas: una trama entrante es almacenada por el switch y luego es retransmitida sólo por el puerto hacia donde está la estación destino.
- ✓ En una LAN de conmutación pura (no hay hubs), la transmisión entre dos dispositivos es escuchada sólo por ellos. Esto implica que:
 - ✓ Pueden existir varias transmisiones simultáneas entre varios pares de dispositivos.
 - ✓ Cada transmisión puede ser full duplex

Topología de redes LAN

Topología Estrella: Conexión y modo de comunicación de los datos



Arquitectura de Protocolo LAN : IEEE 802

Control de Acceso al Medio

- ✓ LAN de difusión (shared LAN): es imprescindible contar con una técnica de control de acceso al medio debido a que todas las estaciones comparten el uso del medio. La compartición genera competencia entre las estaciones por el uso del medio.
- ✓ LAN de conmutación (Switched LAN): no es necesario contar con una técnica de control de acceso al medio.

La función del control de acceso al medio le corresponde a la capa MAC del modelo de referencia de la IEEE

Funciones de la capa MAC:

1. **Controlar** el uso del medio y quién tiene autoridad para hacerlo.
2. **Otorgar** la capacidad del medio para que las estaciones la transmitan en él.

Arquitectura de Protocolo LAN : IEEE 802

Control de Acceso al Medio

El control de acceso al medio puede ejercerse de modo **centralizado o descentralizado**

- ✓ **Control de acceso centralizado.** Un controlador concede al resto de las estaciones el acceso a la red. La estación que desea transmitir debe esperar hasta que el controlador le conceda el permiso. (se usa en algunas topologías en anillo).
- ✓ **Control de acceso descentralizado.** El conjunto de las estaciones deciden igualitariamente el acceso al medio, determinando en forma dinámica el orden en que transmitirán (se usa en topología bus y estrella)

Arquitectura de Protocolo LAN : IEEE 802

Control de Acceso al Medio

Técnicas de control de la transmisión:

Sincrónica: se dedica una capacidad fija y permanente a cada estación o conexión. Es estática: (Ejemplo: TDM. No se usan en LAN puesto que las necesidades de transmitir no son predecibles).

Asincrónica: no se asigna *a priori* una capacidad a cada estación. Es dinámica. Da respuesta a necesidades inmediatas y espontáneas de transmitir. Modos:

- ✓ Rotación circular
- ✓ Reserva
- ✓ Contención

Arquitectura de Protocolo LAN : IEEE 802

Control de Acceso al Medio: Rotación circular

- ✓ Se usa en topología **anillo**.
- ✓ A cada estación se le da la oportunidad de transmitir especificándole, ya sea **cantidad de datos** a transmitir, o un **intervalo de tiempo**.
- ✓ Ante esto, la estación puede: o **declinar** la proposición o **transmitir** sujeta al límite impuesto.
- ✓ En cualquier caso, cuando la estación termina debe ceder el turno de transmisión a la siguiente estación en la **secuencia lógica**.
- ✓ El **control de secuencia** puede ser **centralizado** o **distribuido**.

Ejemplo de método centralizado: controlador envía trama de sondeo (**token**) para saber si las estaciones quieren transmitir. Usa criterios: prioridad, tiempos, cantidad de datos.

Token Ring usa rotación circular con control centralizado.

Arquitectura de Protocolo LAN : IEEE 802

Control de Acceso al Medio: Reserva

- ✓ La técnica de reserva es adecuada para tráfico continuo.
- ✓ Generalmente, en esta técnica se divide el tiempo en ranuras, como en el caso de la técnica TDM sincrónica.
- ✓ Una estación que desea transmitir, debe reservar ranuras de para un largo, incluso indefinido, período de tiempo.
- ✓ Esta técnica no es adecuada para las LAN porque las estaciones transmiten los datos de archivo en forma de ráfagas.

Arquitectura de Protocolo LAN : IEEE 802

Control de Acceso al Medio: Contención o disputa

- ✓ Las estaciones que quieren usar el medio lanzan sus mensajes al mismo de forma aleatoria. Si hay colisión se desencadena un proceso de contienda que resuelve la posesión del medio.
- ✓ Según la información que posean del canal pueden ser:
 - ✓ **Sin Escucha (sordos)**: no "escuchan" el estado del canal. Ej. Los métodos Aloha.
 - ✓ **Con Escucha**: detectan si existe señal en el medio de transmisión. Son las técnicas más utilizadas en las redes con topologías de bus. Ej. Los métodos CSMA (Carrier Sense Multiple Access)
- ✓ Es apropiada para el **tráfico en ráfagas** y es de mucho uso en las LAN
- ✓ Esta técnica es **distribuida**: todas las estaciones **compiten** igualitariamente
- ✓ Técnicas más usadas en las LAN:
 - ✓ **Contención**
 - ✓ **Rotación Circular**

Normas de comunicación LAN

Norma de Comunicación

Conjunto de especificaciones para asegurar la interoperabilidad y compatibilidad entre los dispositivos de usuario conectados a la red. Permite usar software y hardware de distintos fabricantes, siempre que respeten la **norma**.

LAN Normalizada

Red LAN que va a operar bajo las condiciones de comunicación que establezca la norma: tipo de transmisión, codificación, acceso al medio físico, manera en que se realiza el transporte de los datos entre las estaciones de la red (funciones de las capas **física, MAC y LLC**).

Organizaciones que desarrollan Normas

IEEE: Institute of Electrical and Electronic Engineers.

EIA: Electronic Industries Association

ITU: International Telecommunications Union

Normas de comunicación: Comité IEEE 802

- **IEEE 802.1** : Protocolos superiores de redes de área local
- **IEEE 802.2** : Control de enlace lógico
- **EEE 802.3** : Ethernet
- **IEEE 802.4** : Token Bus
- **IEEE 802.5** : Token Ring
- **IEEE 802.6** : Red de área metropolitana
- **IEEE 802.7** : Grupo de Asesoría Técnica sobre banda ancha
- **IEEE 802.8** : Grupo de Asesoría Técnica sobre fibra óptica
- **IEEE 802.9** : Red de Servicios Integrados
- **IEEE 802.10** : Seguridad interoperable en Red de Servicios Integrados
- **IEEE 802.11** : Red local inalámbrica, también conocido como Wi-Fi
- **EEE 802.12** : Prioridad de demanda

Normas de comunicación: Comité IEEE 802

- **IEEE 802.13** : (no usado)
- **IEEE 802.14** : Cable módems, es decir módems para televisión por cable.
- **IEEE 802.15** : Red de área personal inalámbrica, que viene a ser Bluetooth
- **IEEE 802.16** : Acceso inalámbrico de Banda Ancha, también llamada WiMAX, para acceso inalámbrico desde casa.
- **IEEE 802.17** : Anillos de paquetes con recuperación, aplicable a cualquier tamaño de red, y está bastante orientado a anillos de fibra óptica.
- **IEEE 802.18** : Grupo de Asesoría Técnica sobre Normativas de Radio
- **IEEE 802.19** : Grupo de Asesoría Técnica sobre Coexistencia.
- **IEEE 802.20** : Acceso inalámbrico de Banda ancha móvil, similar al 802.16, pero en movimiento.
- **IEEE 802.21** : Interoperabilidad independiente del medio
- **IEEE 802.22** : Red inalámbrica de área regional (WRAN).

Normas de comunicación: Comité IEEE 802

Capa LLC Control del enlace lógico	IEEE 802.2 Servicio sin conexión y sin confirmación Servicio con conexión Servicio sin conexión y con confirmación							
Capa MAC Control de acceso al medio	IEEE 802.3		IEEE 802.4		IEEE 802.5		IEEE 802.11	
Capa FÍSICA	CSMA/CD		Token Bus		Token Ring		Token Ring	
	Transmisión: Banda base		Transmisión: Banda base		Transmisión: Banda base		Transmisión: Banda base	
	Medios y velocidades:		Medios y velocidades:		Medios y velocidades:		Medios y velocidades:	
	- Coaxil (10Mbps) - UTP (10/100 Mbps, 1/10Gbps) - STP (100Mbps) - FO (10, 100Mbps, 1/10Gbps)		- Coaxil (1/5/10Mbps) - FO (5/10/20 Mbps)		- UTP (4Mbps) - STP (4/16Mbps)		- UTP (100Mbps) - FO (100Mbps)	
							- Infrarrojo (1 a 10 Mbps) - Spread spectrum (1 a 50 Mbps) - Microondas (10 a 20 Mbps)	

← Topología bus y estrella →
← Topología anillo →
← Topología doble bus →
← Transmisión por radiofrec. →

Ethernet (IEEE 802.3)

Fundamentos

Resuelve el problema del acceso al medio (instante y resolución de conflictos)

Está basado en 2 conceptos fundamentales: Acceso Aleatorio (instante) y Contención (resolución de conflictos)

Formalizado a través de la norma IEEE 802.3

IEEE 802.3 es un conjunto de normas (familia Ethernet) que utiliza la técnica de acceso al medio CSMA/CD (Acceso Múltiple por Censado de Portadora con Detección de Colisión).

Esta técnica fue implementada por el protocolo XNS (Xerox Network System) desarrollado por Robert Metcalfe (Xerox) y David Boggs en 1973

Ethernet (IEEE 802.3)

Primera aproximación: ALOHA puro y ALOHA ranurado

ALOHA PURO	ALOHA RANURADO
Usado en Redes de paquetes de Radio	Se discretiza el tiempo, definiendo el concepto de ranura
Cuando una estación tiene tramas la envía. Luego escucha el canal un tiempo igual a 2 veces el retardo de propagación.	Las estaciones pueden transmitir sólo al comienzo de una ranura de tiempo
Si recibe ACK, ok; si no recibe ACK intenta varias veces, y luego desiste	Se usa un reloj central
El receptor chequea, si todo esta ok, envía ACK al transmisor	Las tramas se transmiten al completamente o colisionan
Las tramas se dañan por ruido o colisiones.	Rendimiento del protocolo: 37 %
Rendimiento del protocolo: 18 %	

Ethernet (IEEE 802.3)

CSMA (Carrier Sense Multiple Access)

- ✓ Paso 1: la estación que quiere transmitir escucha el canal.
- ✓ Paso 2: Tiene 3 variantes:
 1. CSMA 1-Persistente
 2. CSMA p-Persistente
 3. CSMA NP (no persistente)
- ✓ Paso 3: Si durante la transmisión alguna estación detecta una colisión, transmite una señal de colisión (**jamming signal de 32 bits**). Con esta señal informa al resto de las estaciones de la existencia de colisión en el medio y, por lo tanto, deben cesar de transmitir.
- ✓ Paso 4: Luego de transmitida la señal de colisión se espera un tiempo cuya duración es aleatoria; tras el cual, la estación intenta transmitir nuevamente. Se repite desde el paso 1.

Ethernet (IEEE 802.3)

CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection)

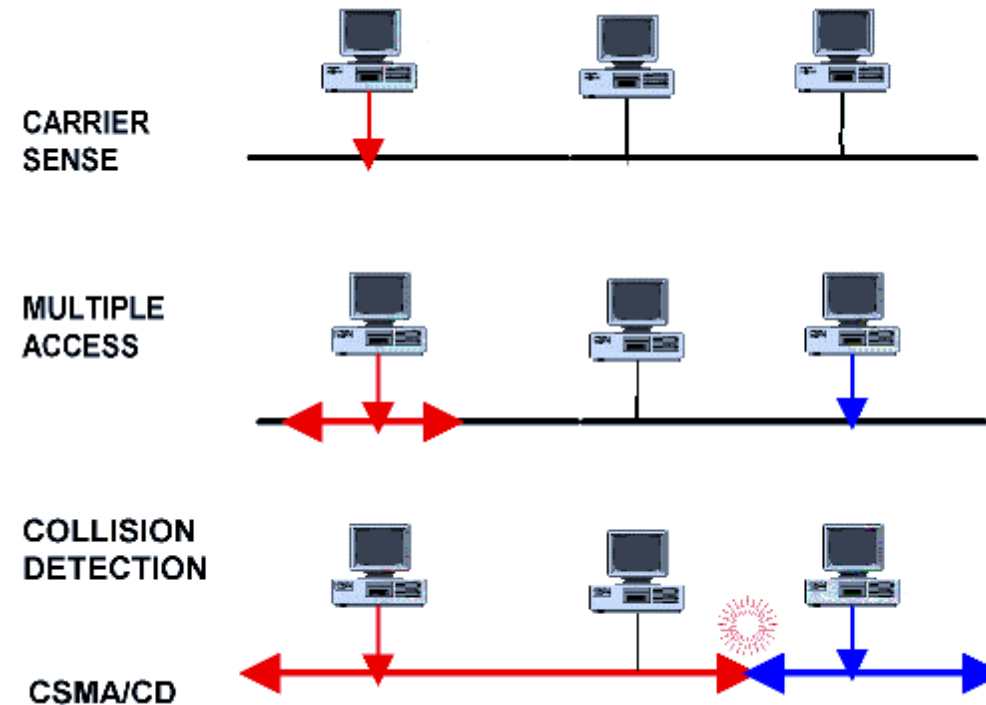
CSMA es ineficiente si dos estaciones transmiten al mismo tiempo y sus tramas “muy largas” permanecen en el cable mientras dura la transmisión

Detectar la colisión y cesar la transmisión es la solución: CSMA/CD

1. Si el medio se encuentra libre, transmite; en otro caso se aplica el paso 2.
2. Si el medio se encuentra ocupado, continúa escuchando hasta que el canal se libere, en cuyo caso transmite inmediatamente.
3. Si se detecta una colisión durante la transmisión, se transmite una pequeña señal de interferencia para asegurarse de que todas las estaciones constaten la colisión. A continuación, se deja de transmitir.
4. Tras la emisión de la señal de interferencia, la estación espera una cantidad aleatoria de tiempo conocida como espera (backoff), intentando transmitir de nuevo a continuación (volviendo al paso 1).

Ethernet (IEEE 802.3)

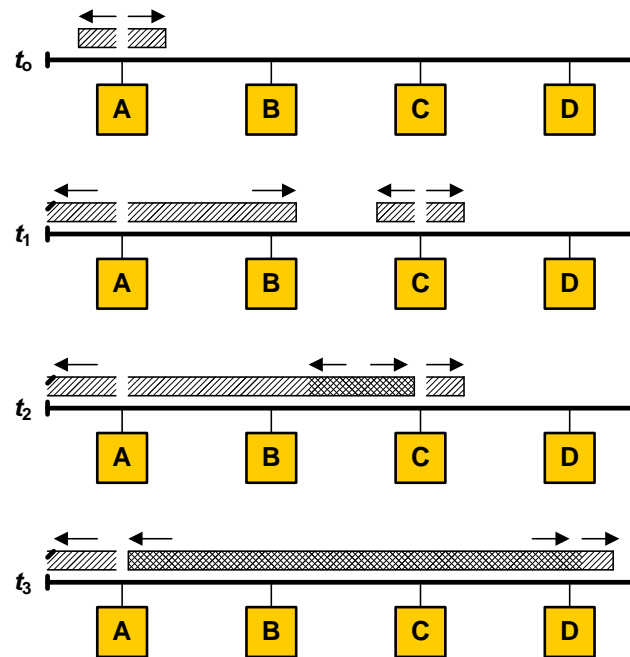
CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection)



Ethernet (IEEE 802.3)

Colisión en la LAN de difusión

- ✓ Capacidad de transmisión desaprovechada en CSMA/CD: Es el tiempo que lleva detectar la colisión desde que esta se produce.
- ✓ Tiempo en detectar una colisión: dos veces retardo de propagación extremo a extremo



Ethernet (IEEE 802.3)

Colisión en la LAN de difusión: Detección de la colisión

- ✓ Una colisión no siempre se puede detectar.
- ✓ Para asegurar la detección de la colisión:

Cuando se usa CSMA/CD, la trama debe ser lo suficientemente larga de manera de permitir la detección de la colisión antes de que finalice la transmisión.

- Por esta razón la norma IEEE 802.3 fija un tamaño mínimo para la trama: 64 bytes (sin incluir preámbulo ni SDF).
- Peor caso: el tiempo de transmisión de la trama debe superar 2 veces el tiempo de propagación entre extremos del medio.
- Si se usa una trama cuya extensión es más corta que la establecida, no habrá garantía de detección de colisión.

Ethernet (IEEE 802.3)

Colisión en la LAN de difusión: Estabilidad del sistema

Ante presencia de **colisiones**, CSMA/CD establece un mecanismo de incremento de la espera para volver a transmitir.

El tiempo de espera después de detectada la colisión se obtiene mediante la técnica denominada **espera exponencial binaria**:

Número de colisión consecutiva	Rango de números aleatorios	Rango de tiempo de espera (backoff)
1a	1	0 ... 51,2 µseg
2a	0 ... 3	0 ... 153,6 µseg
3a	0 ... 7	0 ... 358,4 µseg
4a	0 ... 15	0 ... 768 µseg
5a	0 ... 31	0 ... 1,59 mseg
6a	0 ... 63	0 ... 3,23 mseg
...
10a - 15a	0 ... 1023	0 ... 52,4 mseg

Ethernet (IEEE 802.3)

Colisión en la LAN de difusión: Atenuación de la señal

- ✓ Presencia de colisión en el cable: se manifiesta con niveles de señal superiores a una transmisión sin colisiones. Hay un nivel de referencia denominado umbral de colisión.
- ✓ Problema generado por la atenuación de la señal:
 - ✓ Si dos estaciones muy distantes están transmitiendo, la señal recibida por una de ellas muy atenuada.
 - ✓ Puede ocurrir que, en presencia de colisión, el nivel resultante de la señal en el medio sea tan pequeño que no supere el umbral de colisión y, por lo tanto, la colisión no sea detectada.
 - ✓ Esta es una de las razones por la que el estándar IEEE 802.3 restringe la longitud máxima de los cables.

Datagrama Ethernet (IEEE 802.3)

Comunicación mediante datagramas

- ✓ El envío de mensajes se realiza en forma de tramas llamados datagramas.
- ✓ Menor esfuerzo para enviar su mensaje. No garantiza que los datagramas enviados:
 - ✓ Arribarán en un tiempo determinado
 - ✓ Estarán libres de errores o duplicaciones
 - ✓ Serán recibidos por la estación destino
- ✓ Para evitar la no detección de colisiones, la norma establece para el datagrama una longitud mínima total de 72 bytes y una longitud máxima total de 1526 bytes.
- ✓ Cuando la longitud de los datos recibidos de la capa LLC supera los 1.500 bytes, los mismos deben ser fraccionados.
- ✓ El datagrama es construido por el protocolo de la capa MAC.
- ✓ La técnica CSMA/CD prevé que si dos datagramas son enviados al mismo tiempo por dos estaciones, se emitirá la señal deteniendo la colisión.

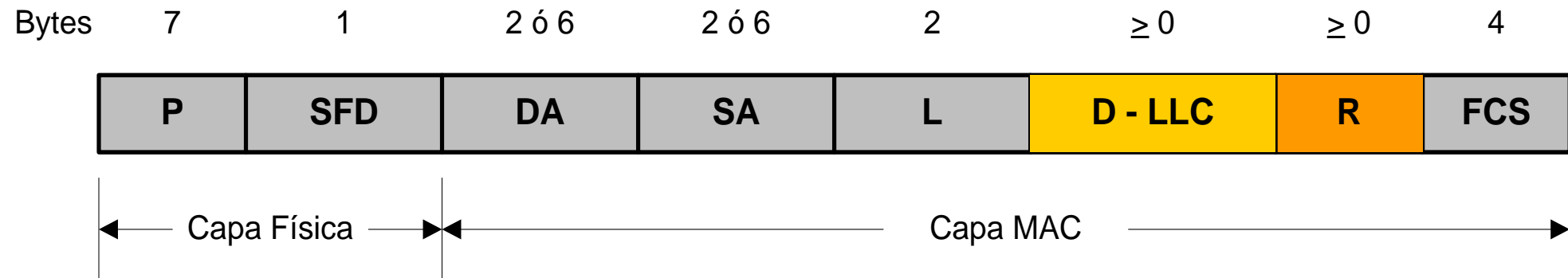
Datagrama Ethernet (IEEE 802.3)

Comunicación mediante datagramas

- Tiempo máximo que una estación puede tardar para detectar una colisión de una trama transmitida por ella se denomina "collision window"
- $RTT = 2 * Latencia$, donde
 $Latencia = Tiempo \text{ propagación} + Tiempo \text{ transmisión } 1 \text{ bit} + Tiempo \text{ cola equipos activos}$
- El tiempo de trama mínima (slot time) debe ser al menos igual que el RTT
- Trama Mínima establecida: 512 bits o 64 Bytes
 - En Ethernet, $51,2 \mu s$ calculada para un máximo de aprox. 2800 m y 4 repetidores (10Mbps). Es Trama en segundos = Trama en bits / tiempo propagación. Es 512 bits / 10 Mbps
 - En Fast Ethernet $5,12 \mu s$ calculada para un máximo de 205 m (100Mbps). Es 512 bits / 100 Mbps. Es Trama en segundos = Trama en bits / tiempo propagación. Es 512 bits / 100 Mbps

Datagrama Ethernet (IEEE 802.3)

Formato datagrama Ethernet



P : Preámbulo

SFD : Delimitador de comienzo de trama - Start of frame delimiter -

DA : Dirección destino - Destination address -

SA : Dirección fuente - Source address -

L : Longitud del campo D-LLC + R o Tipo de datagrama Ethernet

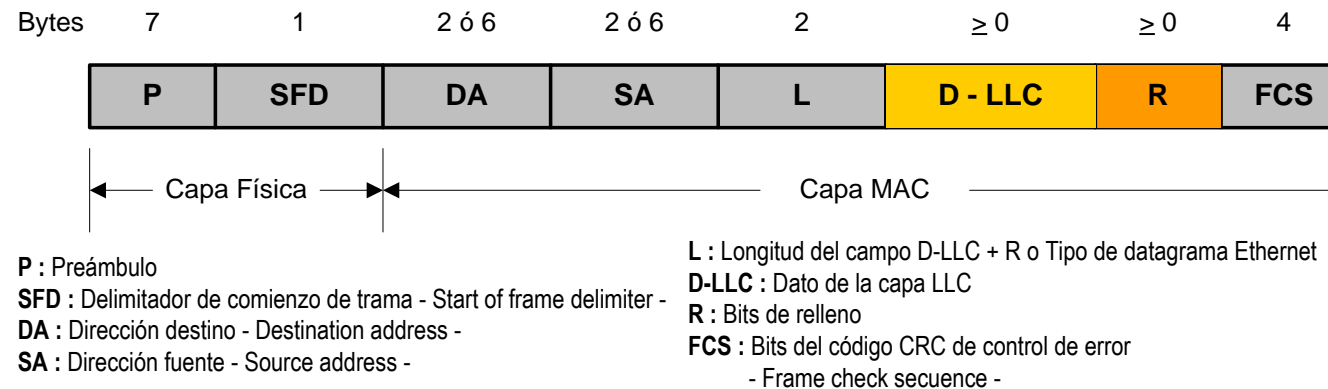
D-LLC : Dato de la capa LLC

R : Bits de relleno

FCS : Bits del código CRC de control de error
- Frame check sequence -

Datagrama Ethernet (IEEE 802.3)

Formato datagrama Ethernet



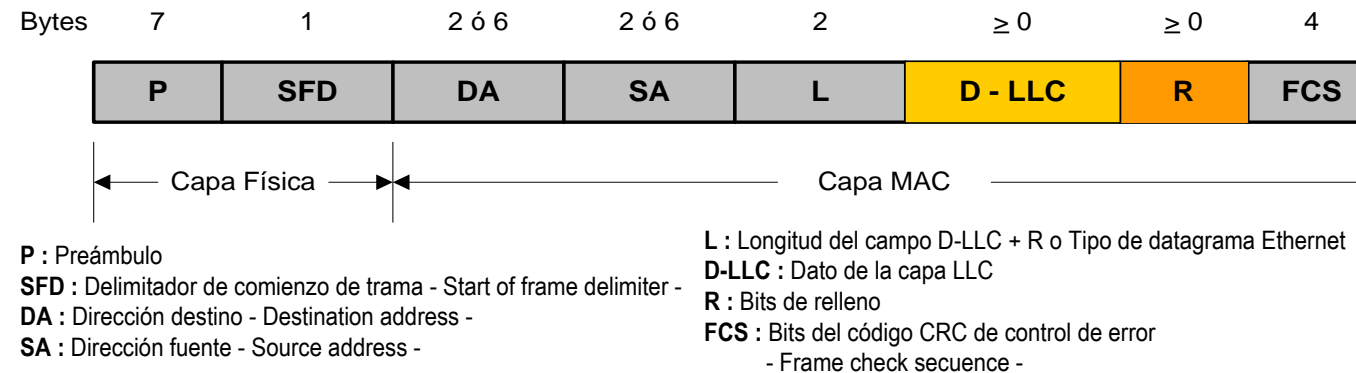
Longitud del datagrama IEEE 802.3: de 64 a 1526 bytes.

P: preámbulo formado por un patrón de 7 bytes con 1's y 0's alternados que utiliza la estación receptora del dato para sincronizar con el mensaje recibido.

SFD: Delimitador de comienzo de paquete. Secuencia de 10101011 (1 byte) que indica el comienzo real de la trama y habilita al receptor a tomar el primer bit de la trama.

Datagrama Ethernet (IEEE 802.3)

Formato datagrama Ethernet



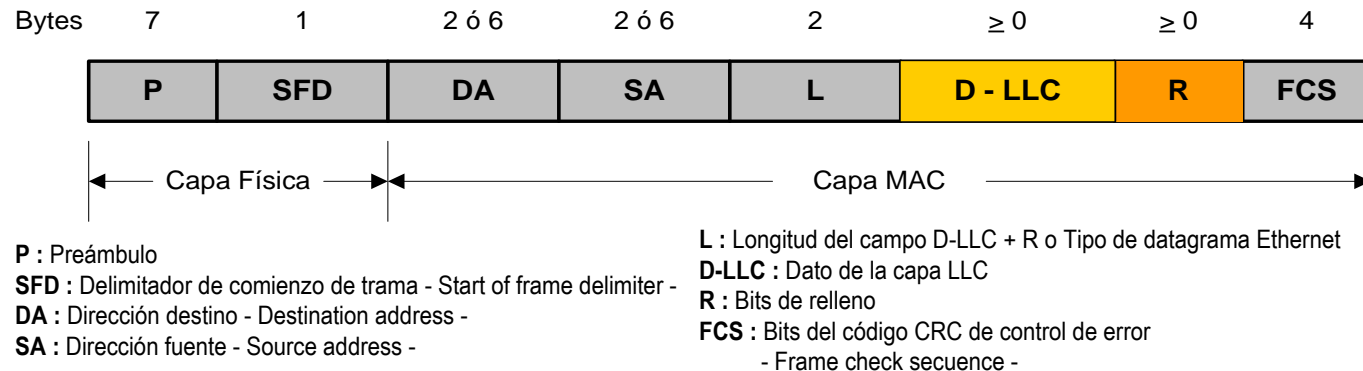
DA: Dirección destino. Especifica la(s) estación(es) a la cuál va dirigido el datagrama. Pueden ser 2 ó 6 bytes de longitud y debe ser la misma longitud para todas las estaciones de la red. La versión actual utiliza 6 bytes. (Dirección MAC).

SA: Dirección fuente. Dirección de la estación origen (Dirección MAC).

L: Longitud/Tipo. Longitud de los datos (en bytes) en D-LLC + R o Tipo de paquete de capa superior encapsulado en D-LLC + R.

Datagrama Ethernet (IEEE 802.3)

Formato datagrama Ethernet

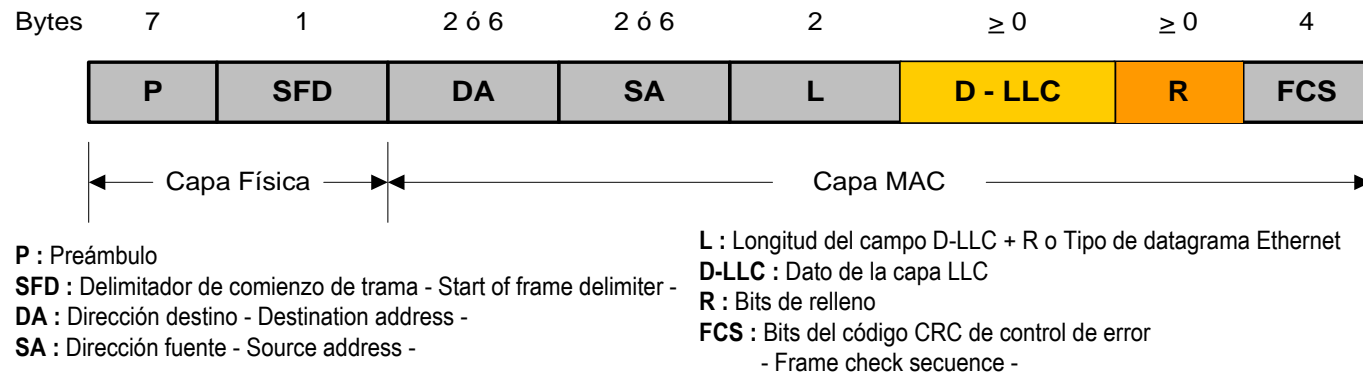


L: Longitud/Tipo. Si es longitud o tipo depende del tipo de Frame.

- **802.3:** Representa la **longitud** del campo D-LLC + R. Long. mínima y máxima: 46 y 1.500 bytes.
- **Ethernet II:** Representa el **tipo** de paquete de capa superior que está encapsulado en D-LLC + R.
Ejemplos: 0800 (IP v4), 6559 (Frame Relay), 8137/8138 (IPX de Novell Corporation), 0806 (ARP), 8035 (RARP), AA (SNAP)

Datagrama Ethernet (IEEE 802.3)

Formato datagrama Ethernet



D-LLC: Dato. Suministrado por la capa LLC a la capa MAC.

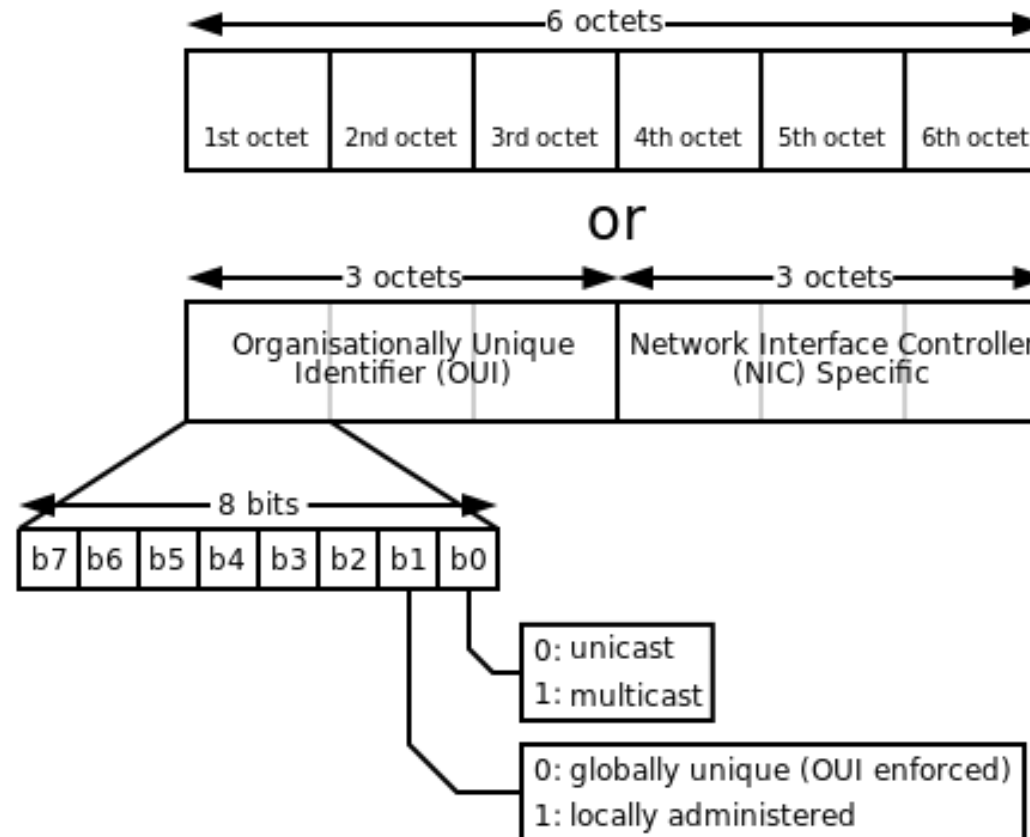
R: Bytes de relleno. Se agregan para asegurar una longitud de datagrama mínima permitida por la norma (o a 45 bytes).

FCS: Código de control de error. Código de 32 bits para CRC - Cyclic Redundancy Check - o prueba de redundancia cíclica.

El control de error se lleva en todos los campos del datagrama excepto el preámbulo, SFD y R.

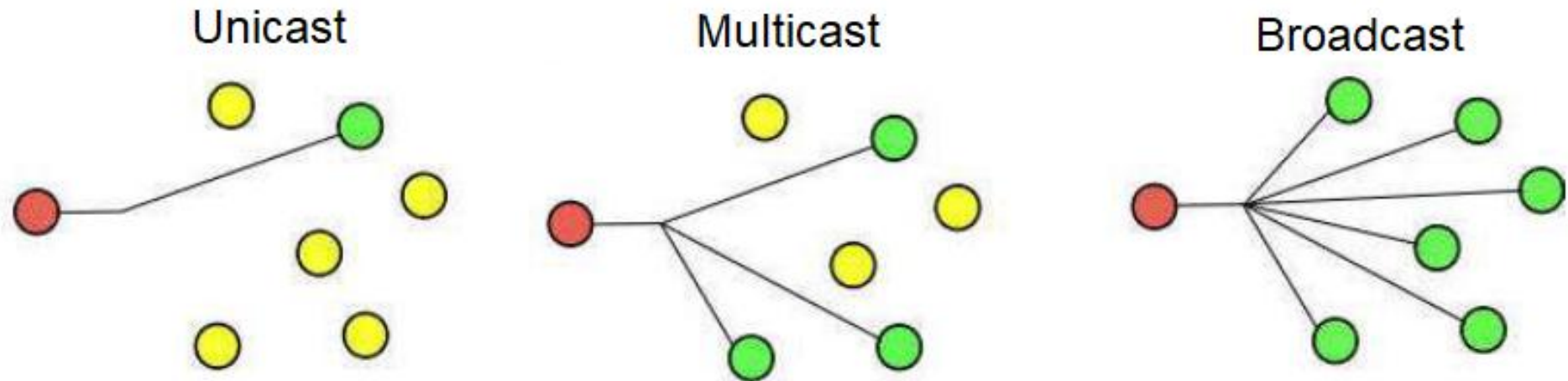
Datagrama Ethernet (IEEE 802.3)

Dirección MAC



Datagrama Ethernet (IEEE 802.3)

Direcciones Unicast, Multicast y Broadcast



- ✓ Una dirección Unicast es aquella que identifica UN solo Host.

Las direcciones Unicast en Ethernet se reconocen porque el primer byte de la dirección MAC es un número par (al transmitir al medio se envía primero un cero). Por ejemplo: f2:3e:c1:8a:b1:01 es una dirección unicast porque "f2" (242) es un número par.

Datagrama Ethernet (IEEE 802.3)

Direcciones Unicast, Multicast y Broadcast

- ✓ Una dirección de Multicast permite que una trama Ethernet sea recibido por VARIAS estaciones a la vez.

En Ethernet las direcciones multicast se representan con un número impar en su primero octeto (al transmitir al medio se envía primero un uno). Por ejemplo: 01:00:81:00:01:00 es multicast pues "01" es un número impar.

- ✓ Una dirección de Broadcast (difusión) en Ethernet implica el envío de datagramas a todas las estaciones de la LAN.

Se envía un datagrama poniendo en el campo de 6 bytes de dirección destino el número FF FF FF FF FF FF (todos los bits en 1)

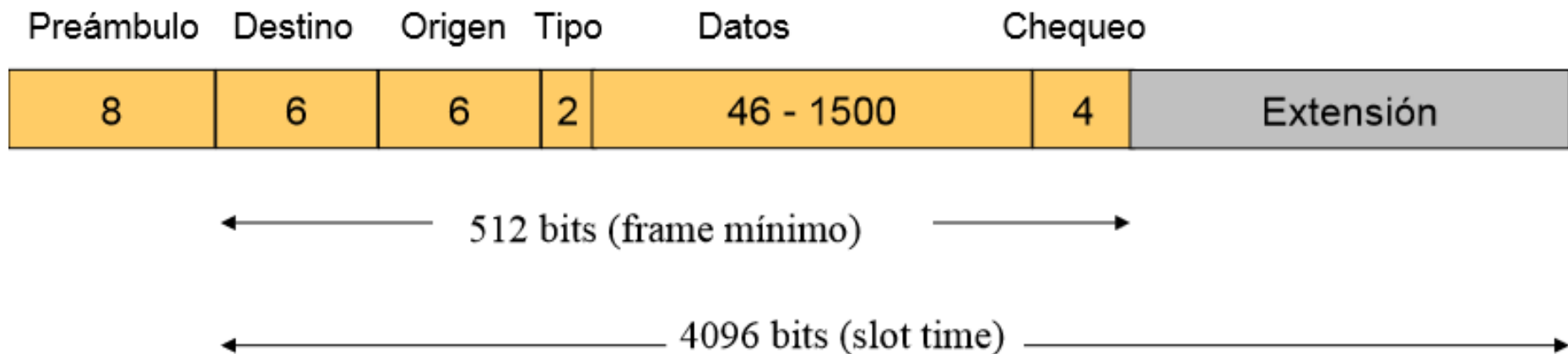
Cuando el datagrama es llega a un puerto de un switch, es automáticamente retransmitido por todos los puertos (menos por el que llegó)

La difusión es implementada por un protocolo de la capa MAC

Datagrama Ethernet (IEEE 802.3)

Variaciones del datagrama Ethernet Giga Ethernet (Carrier Extension)

- ✓ En Giga Ethernet (1000 Mbps) el diámetro de la red sólo podría ser de 20m con el mismo slot time 512 bits (64 Bytes)
- ✓ Se debe extender la longitud mínima de la trama a 4096 bits (512 bytes), para así lograr 200 mts de diámetro. Se agrega al final de la trama un campo de extensión (Carrier Extensión)



Datagrama Ethernet (IEEE 802.3)

Variaciones del datagrama Ethernet Giga Ethernet (Frame Bursting)

- ✓ Carrier Extension, para tramas pequeñas (menores a 512 bytes), es demasiado ineficiente, se desaprovecha mucho canal. La solución: **Frame Bursting**.
- ✓ **Frame Bursting**: característica opcional para mejorar el rendimiento del canal half duplex con tramas cuyo tamaño sea menor a 512 bytes.
 - Permite enviar más de una trama durante el tiempo de una transmisión.
 - La longitud total de la ráfaga (burst) de tramas está limitada a 65536 bit times, más la trama de transmisión final
 - La primera trama de la “ráfaga” se envía normalmente (si es necesario se utiliza Carrier Extension)
 - Como las colisiones sólo ocurren en el primer slot time, sólo esta trama se vería afectada por una colisión y, si es necesario, éste trama debería retransmitirse.
 - Una vez transmitida esta primera trama, una estación equipada con Frame Bursting puede enviar datos enseguida durante 65536 bit times.

Arquitectura de Protocolo LAN : IEEE 802

Control de Enlace Lógico (LLC)

LLC controla el intercambio de datos entre dos usuarios.

Esto significa contabilidad de tramas enviadas y, eventualmente, confirmaciones

Usa direcciones lógicas de estaciones conectadas al medio.

El funcionamiento y formato del protocolo están basados en HDLC

Existen 3 posibles servicios para dispositivos conectados a una red LAN que usan LLC:

- ✓ Servicio no orientado a conexión sin confirmación.
- ✓ Servicio en modo conexión.
- ✓ Servicio no orientado a conexión con confirmación.

Arquitectura de Protocolo LAN : IEEE 802

Control de Enlace Lógico (LLC)

- ✓ Servicio no orientado a conexión sin confirmación

Es del tipo **datagrama**. no incluye mecanismos de control de flujo ni de errores.

Es **no confiable**: no está garantizada la recepción de los datos en destino al no haber confirmación de recibo.

Si se desea confiabilidad, debe implementarse el servicio en una capa superior.

- ✓ Servicio en modo conexión

Es similar al ofrecido por HDLC: se establece una **conexión lógica** previa entre dos usuarios antes de intercambiar los datos.

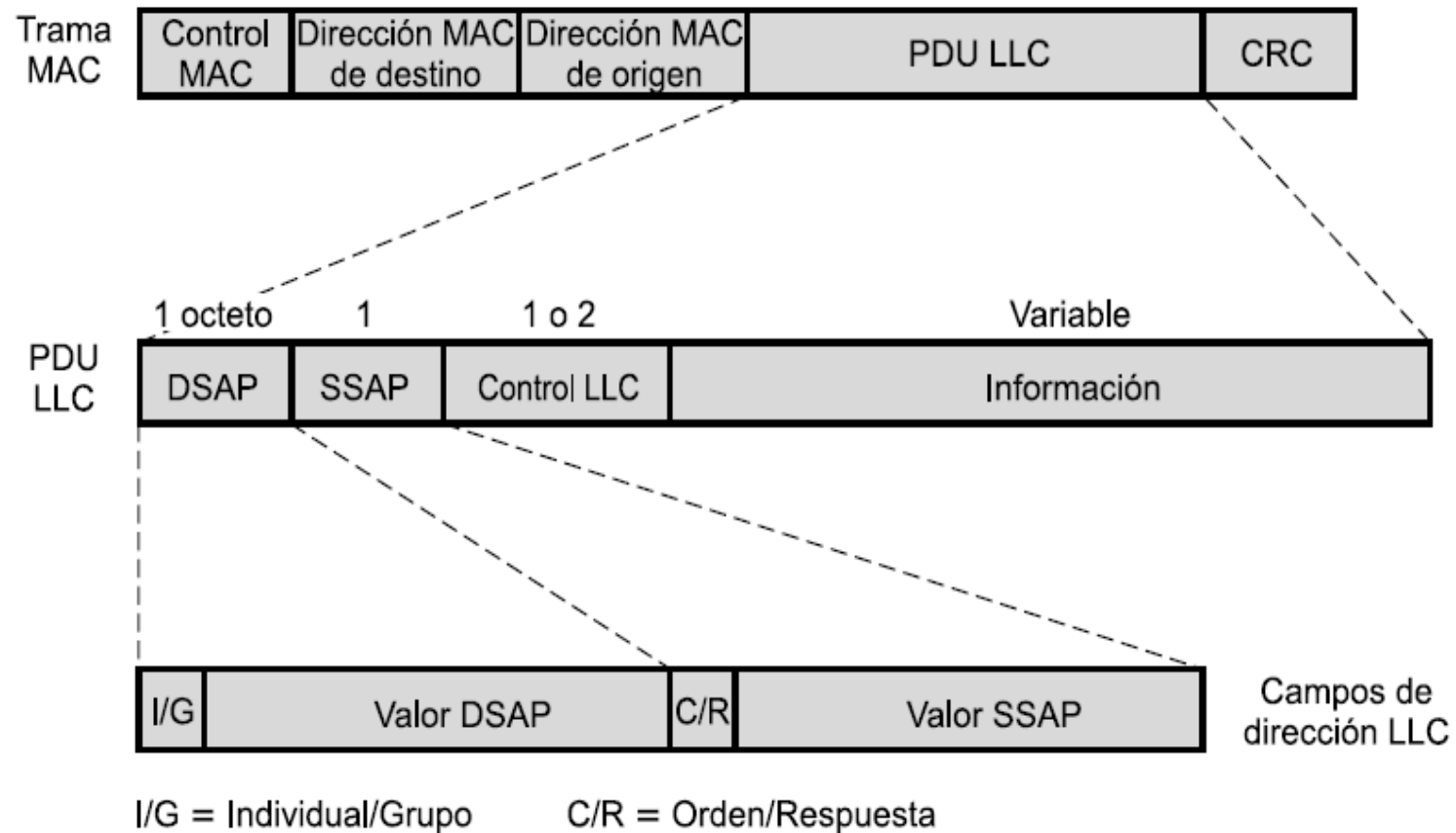
Es **confiable**: provee control de flujo y de errores y pérdidas.

- ✓ Servicio no orientado a conexión con confirmación

Es una mezcla de los dos anteriores. Los datagramas son **confirmados**, pero **no se establece conexión lógica** previa.

Arquitectura de Protocolo LAN : IEEE 802

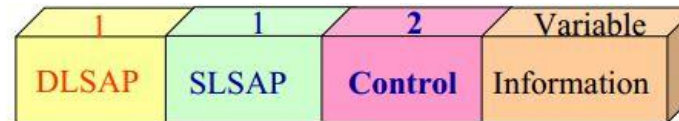
Control de Enlace Lógico (LLC): Formato de la PDU



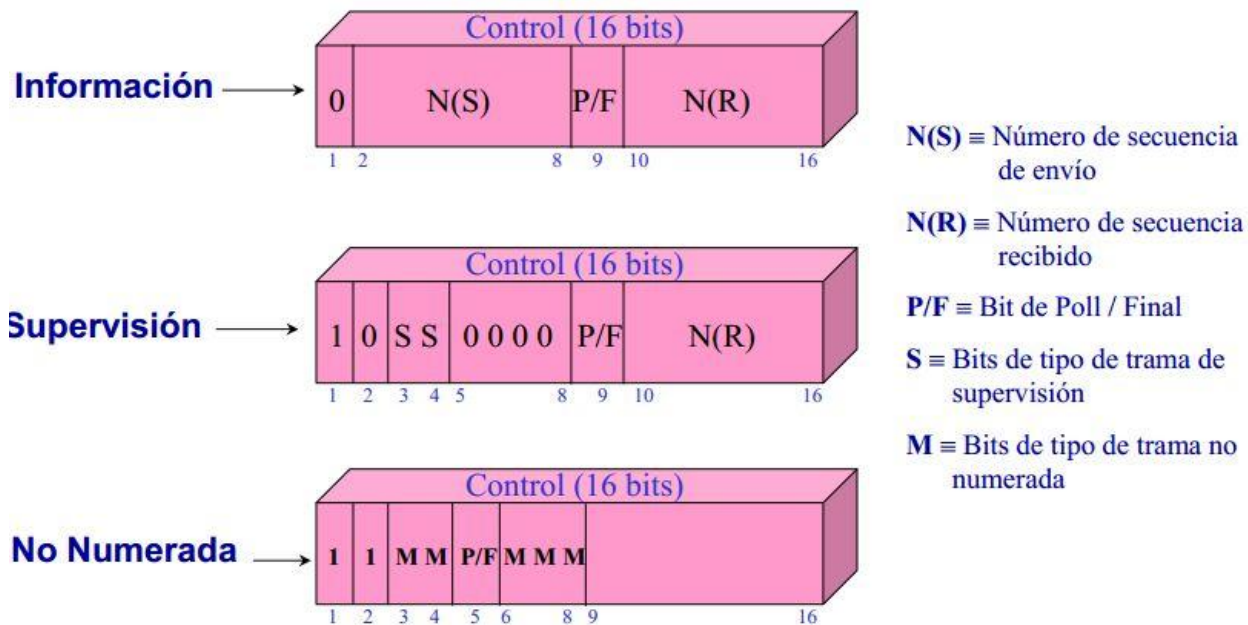
Arquitectura de Protocolo LAN : IEEE 802

Control de Enlace Lógico (LLC)

. Formato de la trama

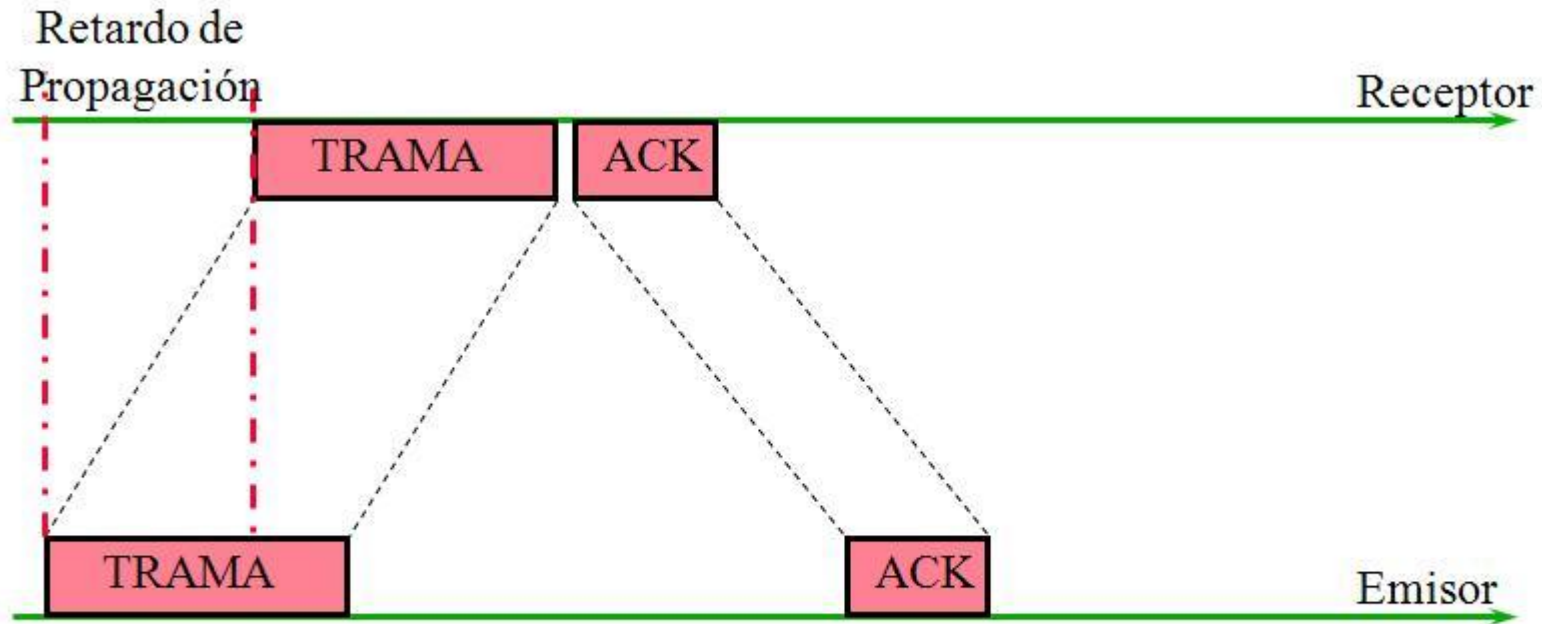


► Campo de Control



Control de Enlace Lógico modo conexión

Control de Flujo: Parada y Espera

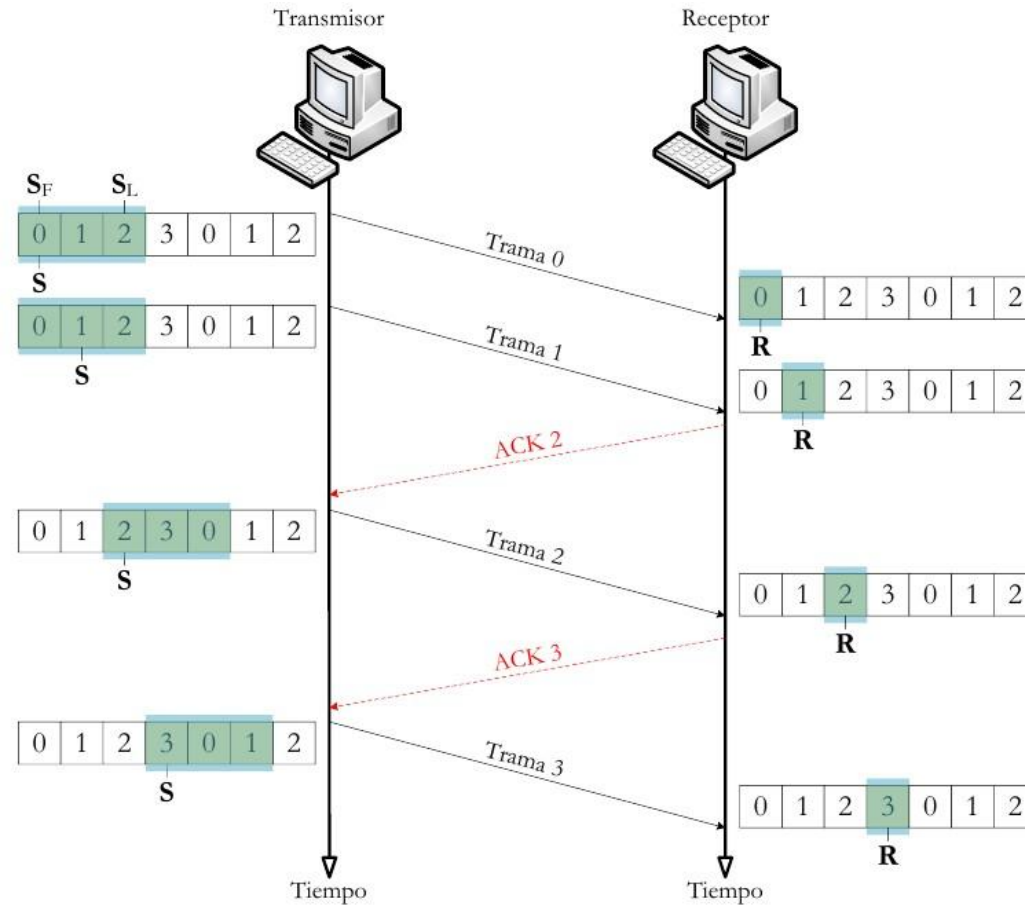


Retardo de Transmisión = Tamaño de la trama / Flujo de datos

Retardo de Propagación = Distancia / Velocidad de propagación

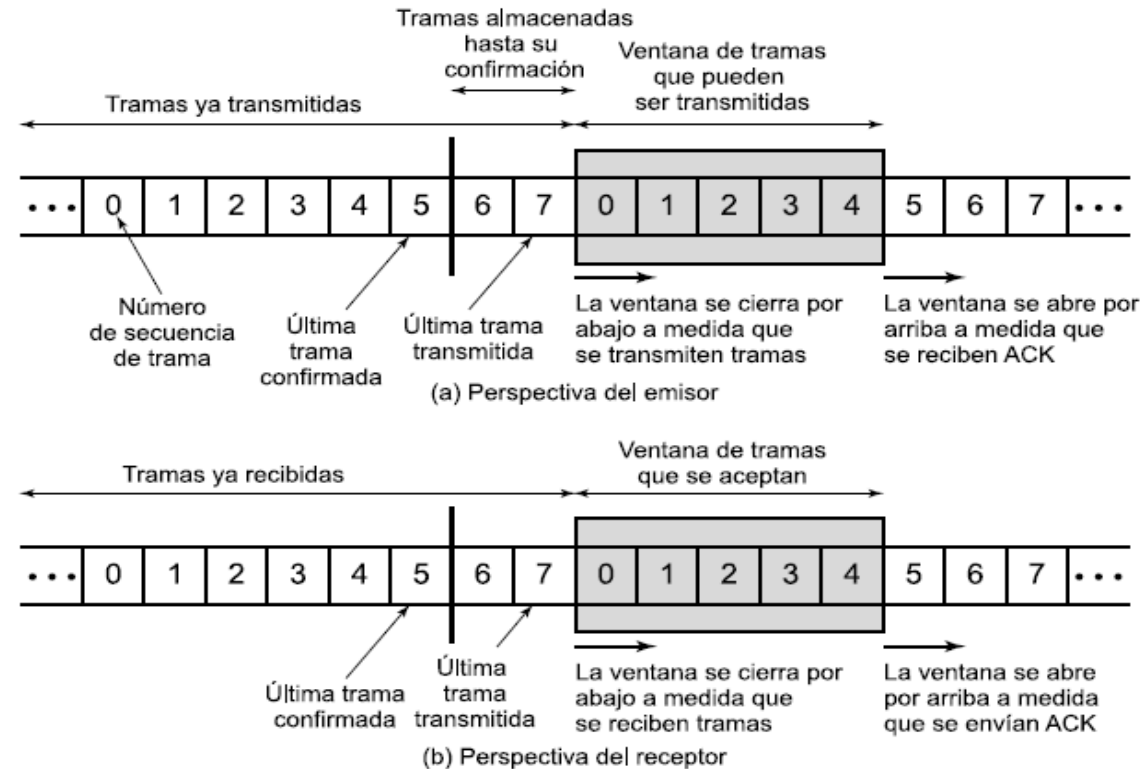
Control de Enlace Lógico modo conexión

Control de Flujo: Ventana Deslizante



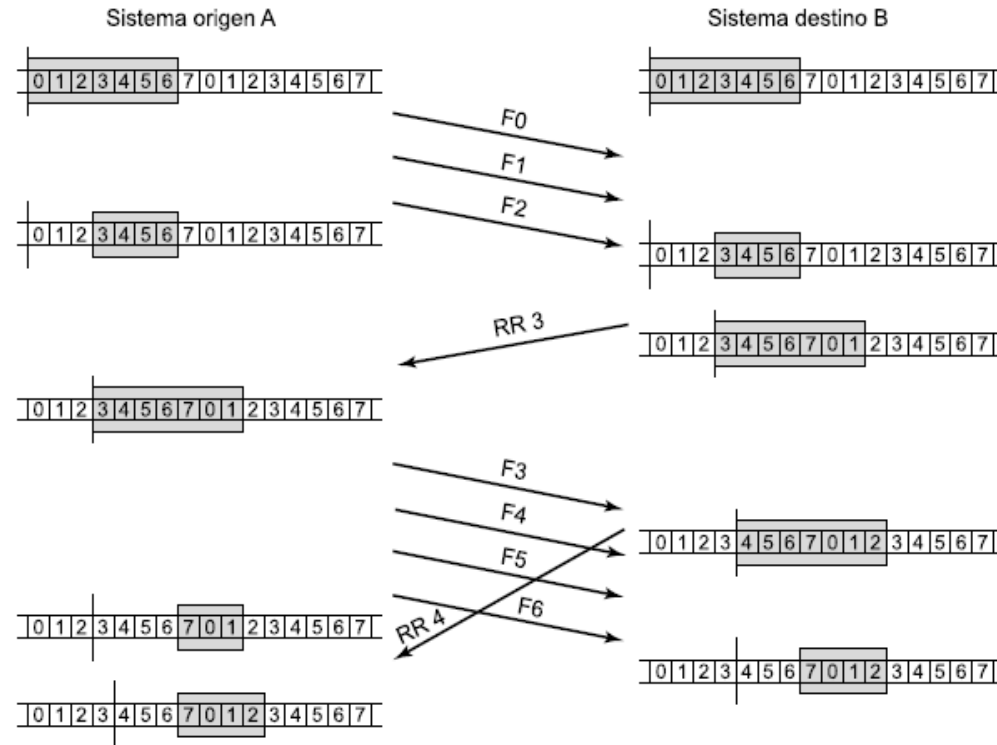
Control de Enlace Lógico modo conexión

Control de Flujo: Ventana Deslizante



Control de Enlace Lógico modo conexión

Control de Flujo: Ventana Deslizante



Control de Enlace Lógico modo conexión

Control de Errores

El control de errores hace referencia a los mecanismos para la detección y la corrección de errores.

Hay 2 tipos de errores: Trama perdida y Trama dañada.

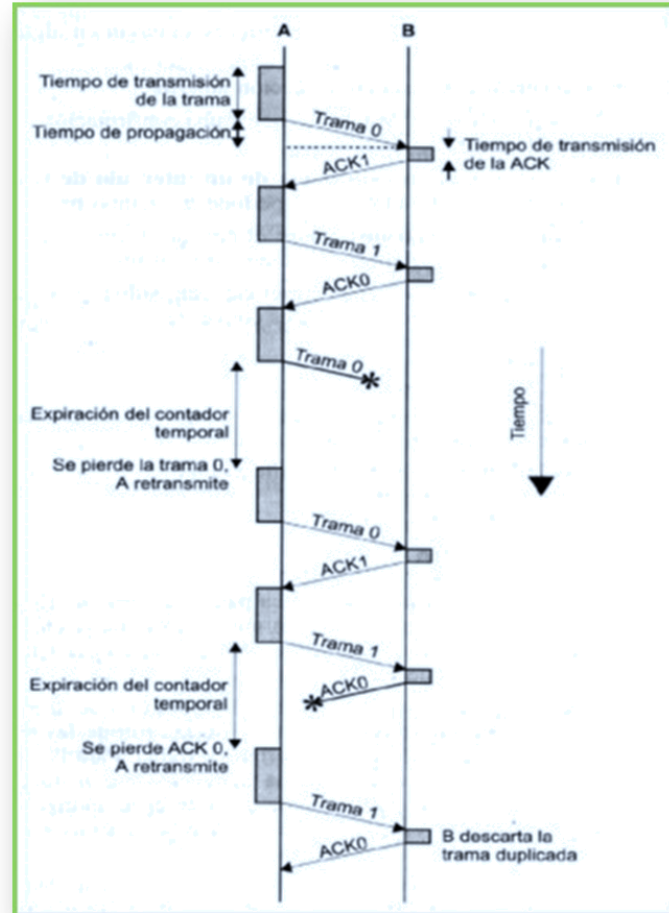
Las técnicas de Control de Errores se basan en:

- ✓ **Detección de errores:** tratada en el módulo anterior
- ✓ **Confirmaciones positivas:** el receptor devuelve una confirmación positiva por cada trama recibida sin errores
- ✓ **Retransmisión** después de la expiración de un intervalo de tiempo
- ✓ **Confirmación negativa y retransmisión**

Todos los mecanismos se denominan genéricamente “solicitud de repetición automática” (ARQ). Hay 3 variantes: ARQ con parada y espera, ARQ con vuelta atrás N, ARQ con rechazo selectivo

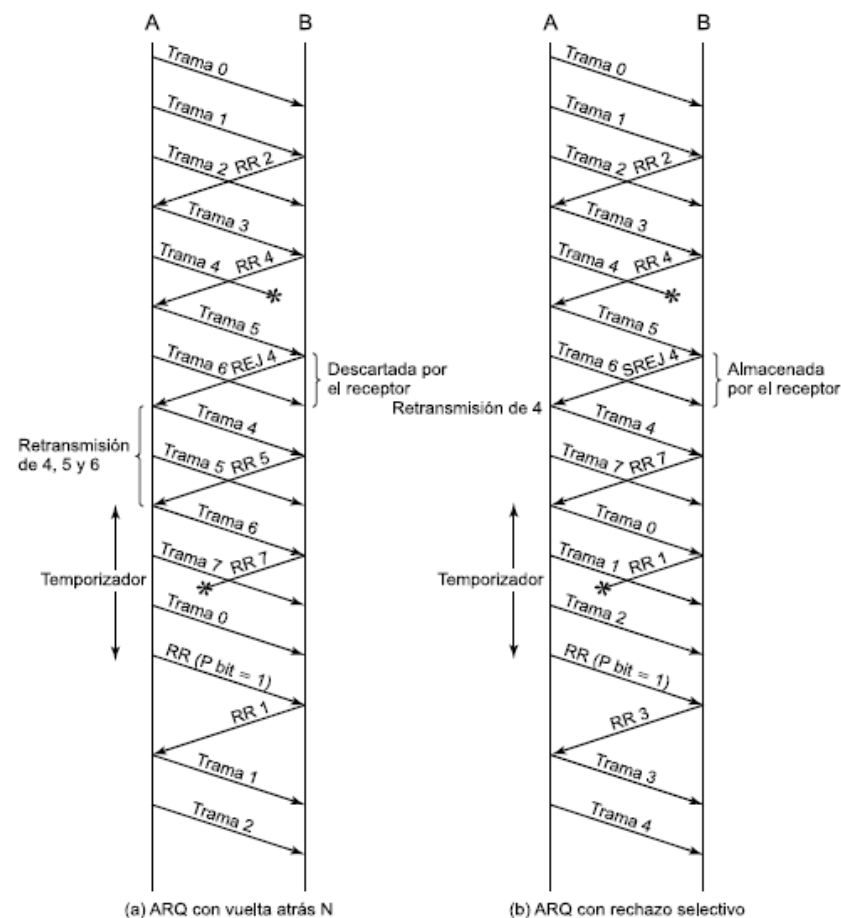
Control de Enlace Lógico modo conexión

Control de Errores: ARQ con parada y espera



Control de Enlace Lógico modo conexión

Control de Errores: ARQ con rechazo selectivo



Control de Enlace Lógico modo conexión

Protocolo HDLC (High-level Data Link Control)

Protocolo de enlace que ofrece servicios orientados a conexión

Modos de funcionamiento

- ✓ **NRM: modo normal de respuesta (Normal Response Mode)**

Modelo de comunicación half-duplex maestro-esclavo. Las estaciones esclavas sólo pueden transmitir cuando la estación maestra lo ordena específicamente

- ✓ **ABM: Modo equilibrado asíncrono (Asynchronous Balanced Mode)**

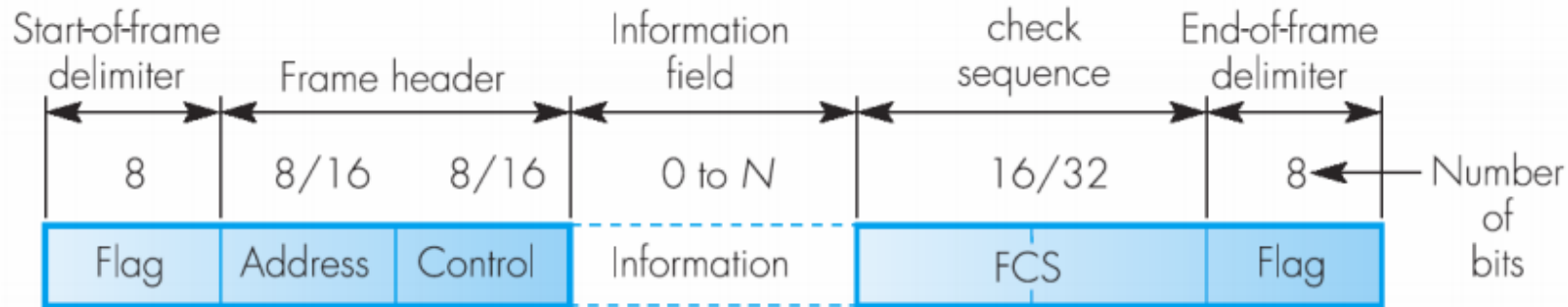
Modelo de comunicación full-duplex computador-computador. Todas las estaciones tienen la misma categoría. Cualquier estación puede transmitir en cualquier momento a través del enlace. Es el más usado.

- ✓ **Modo de respuesta asíncrono (ARM, Asynchronous Response Mode):**

La estación secundaria puede iniciar la transmisión sin tener permiso explícito de la primaria, pero ésta última sigue teniendo el control del funcionamiento de la línea.

Control de Enlace Lógico modo conexión

Protocolo HDLC (High-level Data Link Control): Formato de la trama



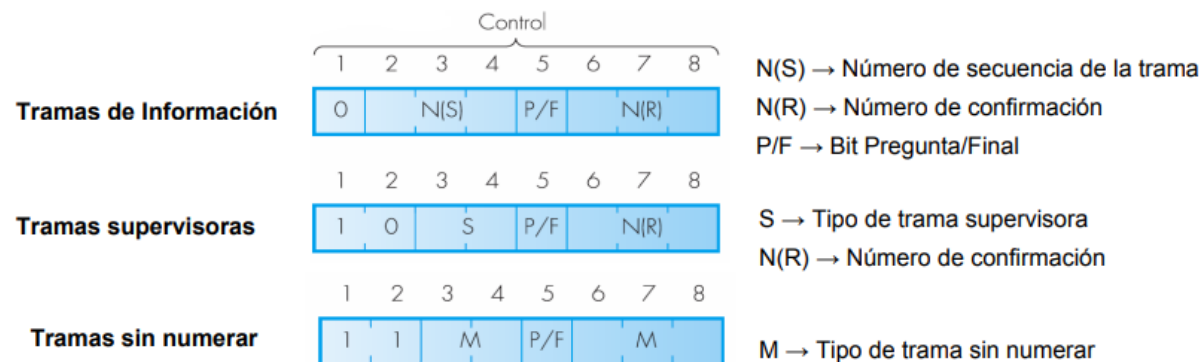
Campos

- ✓ Banderas de inicio y fin (flags)
 - Patrón de bits = 01111110
 - Utiliza inserción y eliminación de bits cero para garantizar que el patrón no aparece dentro de la secuencia de bits
- ✓ Campo FCS: secuencia de comprobación de trama
 - CRC de 16 bits que se calcula usando el generador polinómico: $x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$
- ✓ Campo dirección (Address)
 - En modo NRM: especifica la dirección del esclavo
 - En modo ABM: en conexiones ABM punto a punto, se pone a valor 11111111 (dirección de difusión)
- ✓ Campo Control
 - Especifica el tipo de trama e información adicional (nº de secuencia, nº de confirmación, bit P/F, etc.)
 - Se detalla a continuación

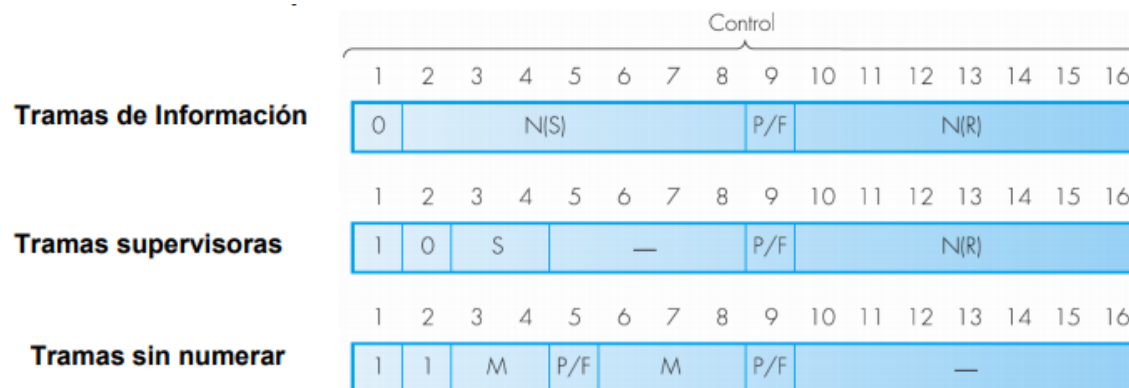
Control de Enlace Lógico modo conexión

Protocolo HDLC (High-level Data Link Control): Campo "Control"

✓ Formato del campo de "Control"



✓ Formato del campo de "Control" en trama extendidas



Control de Enlace Lógico modo conexión

Protocolo HDLC (High-level Data Link Control): Tramas de información tipo I

- ✓ Tramas que transportan datos de la capa superior o Números de secuencia, N(S)
 - Se utiliza para control de errores y flujo
 - Pueden ser de 3 bits (conexión normal) o de 7 bits (conexión extendida)
 - N° secuencia de 3 bits → 8 identificadores distintos (valores 0 a 7)
 - N° secuencia de 7 bits → 128 identificadores distintos (valores 0 a 127)
- ✓ Números de confirmación, N(R)
 - Se utiliza para enviar confirmaciones superpuestas (técnica de piggybacking)
 - Puesto que la conexión es de tipo full-duplex, se puede adjuntar la confirmación a los datos que viajan en sentido contrario
 - En caso de no existir tráfico en sentido contrario, las confirmaciones deben enviarse en tramas de confirmación explícitas
 - El número de confirmación contiene el identificador de la siguiente trama que se espera recibir
- ✓ Bit P/F (Pregunta/Final)
 - Se utiliza sobre todo en modo NRM: el maestro pone el bit P/F a 1 para indicar al esclavo que debe confirmar la trama
 - También se usa cuando no se recibe la confirmación de una trama y expira el temporizador

Control de Enlace Lógico modo conexión

Protocolo HDLC (High-level Data Link Control): Tramas supervisoras

- ✓ Tramas de tipo RR (Receptor Ready, receptor preparado)
 - Es una trama de confirmación
 - Se utiliza para confirmar tramas de datos, en caso de no existir tráfico en sentido contrario
 - El número de confirmación, $N(R)$, contiene el identificador de la siguiente trama que se espera recibir
- ✓ Tramas de tipo REJ (Reject, rechazo)
 - Es una trama de confirmación negativa, para implementar el mecanismo RQ continuo con retroceso-N
 - Cuando el receptor recibe una trama errónea, devuelve una trama REJ, indicando en el nº de confirmación, $N(R)$, el identificador de la siguiente trama que espera recibir.
 - El receptor descartará todas las tramas recibidas a continuación, hasta recibir la trama indicada en el campo $N(R)$
 - El emisor debe retransmitir todas las tramas, a partir la trama indicada en el campo $N(R)$

Control de Enlace Lógico modo conexión

Protocolo HDLC (High-level Data Link Control): Tramas supervisoras

- ✓ Tramas de tipo SREJ (Selective Reject, rechazo selectivo)
 - Es una trama de confirmación negativa para implementar el mecanismo RQ continuo con repetición selectiva
 - Cuando el receptor recibe una trama de información errónea, devuelve una trama SREJ, indicando en el nº de confirmación, N(R), el identificador de la trama que debe retransmitir el emisor
 - El emisor retransmite únicamente la trama especificada en el campo N(R)
- ✓ Tramas de tipo RNR (Receptor Not Ready, receptor no preparado)
 - Se utiliza para controlar el flujo: permite al receptor indicar al emisor que suspenda temporalmente el envío de tramas
 - Esta trama confirma todas las tramas de información anteriores a la trama indicada en el número de confirmación, N(R), pero sin incluir ésta
 - Al recibir una trama RNR, el emisor debe detener inmediatamente el envío de nuevas tramas de información
 - Cuando el receptor está en condiciones de recibir nuevas tramas de información, debe enviar una trama supervisora de tipo RR.

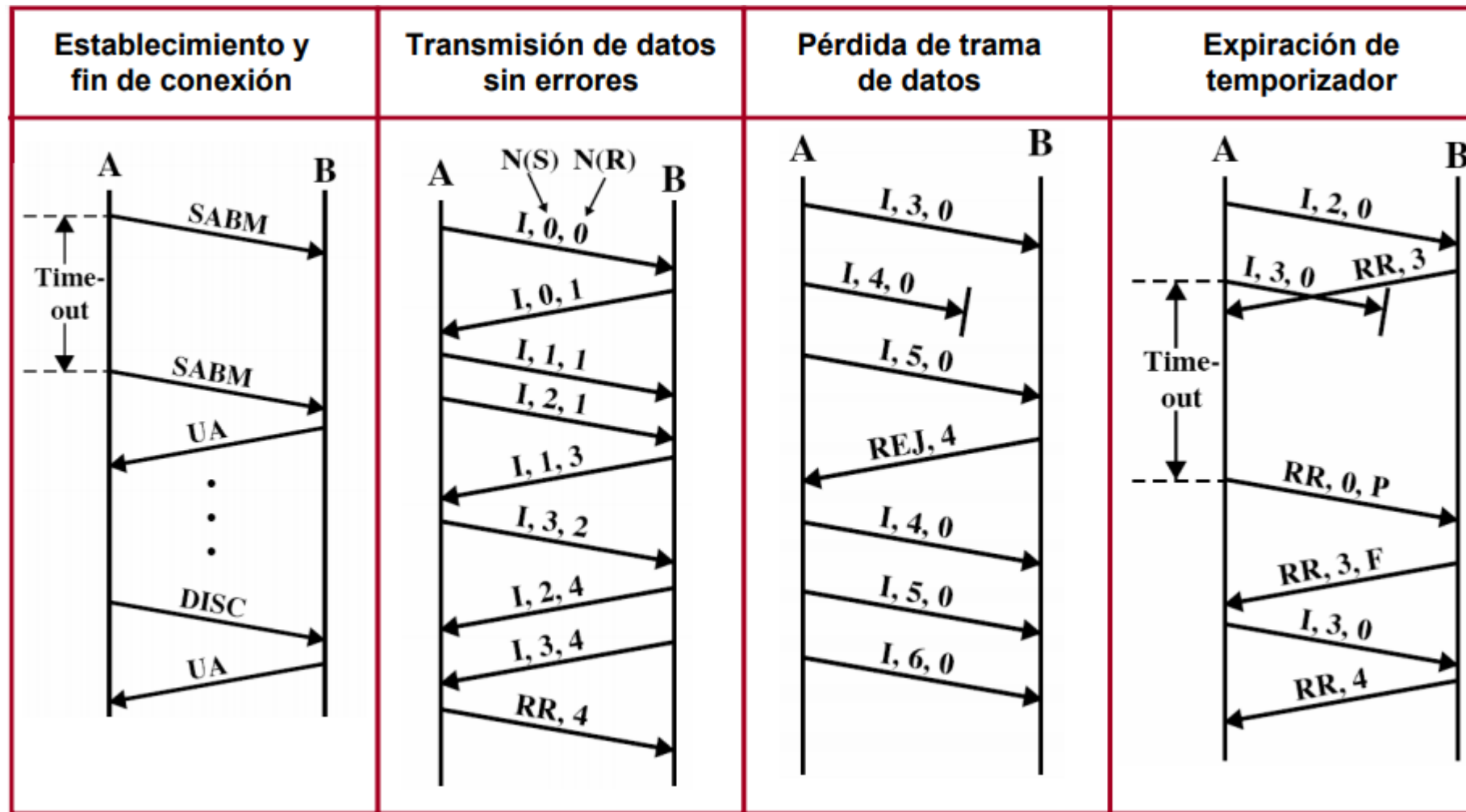
Control de Enlace Lógico modo conexión

Protocolo HDLC (High-level Data Link Control): Tramas sin numerar

Nombre	Significado	Descripción
SNRM	Set NRM	Establecimiento de conexión de enlace en modo NRM (números de secuencia de 3 bits)
SABM	Set ABM	Establecimiento de conexión de enlace en modo ABM (números de secuencia de 3 bits)
SNRME	Set NRM Extended	Establecimiento de conexión de enlace en modo NRM extendido (números de secuencia de 7 bits)
SABME	Set ABM Extended	Establecimiento de conexión de enlace en modo ABM extendido (números de secuencia de 7 bits)
DISC	Disconnect	Solicitud de desconexión
UA	Unnumbered ACK	Confirmación de tramas sin numerar
UI	Unnumbered Information	Información sin numerar
FRMR	Frame Reject	Rechazo de trama por tener un formato inaceptable
RSET	Reset	Reiniciar conexión (reinicia los números de secuencia y confirmación)

Control de Enlace Lógico modo conexión

Protocolo HDLC (High-level Data Link Control): Funcionamiento



Temas a tratados

1. Topologías de redes LAN
2. Normas de Comunicación LAN
3. Control de Acceso al medio, Ethernet 802.3
4. Control de Enlace Lógico
5. Control de Enlace Lógico (LLC): Control de flujo y control de errores
6. Protocolo HDLC

Fin Módulo 7