



Tema 2. Técnicas de Acceso y Control de Enlace

1. Caracterización y Servicios del Nivel de Enlace

1.1 Capa de Enlace

- **OBJETIVO:** Transferir datos de la capa de red de una máquina a la capa de red de otra y ofrece servicios como el acceso al medio, el control del flujo o el control de errores.

1.1.1 Acceso al medio

Se debe garantizar el envío de la información entre los extremos y, en enlaces de difusión, hay que controlar el acceso al medio mediante protocolos MAC.

1.1.2 Control de flujo

Evita que el emisor envíe más datos de los que el receptor puede almacenar. Para ello se usan técnicas como los buffers, ACKs o time-out y protocolos como Parada y Espera, Repetición Selectiva o Go Back-N.

1.1.3 Control de Errores

Debe detectar tramas incorrectas y corregirlas. Para ello existen técnicas para detectar como los bits de paridad o los checksums y, para corregir, los códigos de Hamming, ACKs o retransmisiones.

1.2 Protocolos Básicos

1.2.1 Protocolo de Parada y Espera

1. Transmisión del segmento
2. Cuando llega, el receptor envía un ACK positivo
3. Una vez llega el ACK al emisor, se envía la siguiente trama

Los problemas que surgen son la pérdida de la trama y la pérdida del ACK, lo que se soluciona con un timeout, un temporizador que se inicia al enviar y si pasa cierto tiempo sin recibir el ACK, la trama se reenvía.

En la mayoría de los casos el tiempo de transmisión del ACK se desprecia a la hora de calcular la eficiencia ya que es muy corta o bien está incluida en otra trama. También podemos asumir que los tiempos de propagación son simétricos.

- **PROS:** Implementación sencilla y eficiente para mensajes de gran tamaño.
- **CONTRAS:** Ineficiente para mensajes pequeños. Hay veces que los mensajes deben ser cortos por la limitación de memoria y porque en redes de acceso múltiple, la red debe usarse el mínimo tiempo posible.

Esta técnica se mejora con el pipelining, envío de mensajes consecutivamente sin esperar las confirmaciones individuales. Ello implica el uso de buffers.

- **VENTANA DESLIZANTE:** Conjunto de paquetes que se pueden enviar sin recibir confirmación y, para el receptor, la cantidad que está dispuesto a recibir. El tamaño de esta es 2^m y se enumeran desde 0 a $2^m - 1$. La ventana se mueve con cada confirmación.

1.2.2 Protocolo Go-Back-N

Usa la ventana deslizante, pero el tamaño de envío debe ser menor del máximo y, el receptor, sólo almacena un paquete y éste responde con un ACK si en la ventana estaba su paquete, lo que se conoce como confirmación acumulada.

En cuanto a eficiencia, es más eficiente que parada y espera, pero menos que repetición selectiva.

1.2.3 Protocolo de Repetición Selectiva

Es el protocolo más eficiente de los vistos. Se envían todas las tramas dentro de la ventana deslizante, pero solamente se van a reenviar las tramas que no han sido confirmadas, por lo que se necesita un buffer con las tramas sin confirmar y provoca

que lleguen fuera de orden. Para evitar eso, el receptor envía una confirmación negativa con la trama que se esperaba (NAK).

1.3 Detección de Errores

Para detectar errores, se añaden bits adicionales a las tramas y hay dos tipos: detectores y correctores.

- **Bits de Paridad:** Se añade un bit al final del bloque y existe paridad par e impar, que hace referencia al número de unos.
- **Comprobación:** Detecta errores de un bit (impar de bits) pero no de pares.
- **Checksums:** Se usa cuando se recibe un bloque de caracteres y cada uno se suma en la suma del emisor y receptor para cuando finalice el envío se comparen para ver si son iguales. Se usa principalmente en la capa de transporte.
- **Códigos Redundantes Cíclicos:** Se envían k bits de info + r redundantes y ello se puede dividir por un valor que está predeterminado. Si el resto de la división es 0 no hay errores. La principal ventaja es que su computación es muy sencilla.

2. Redes de Acceso Múltiple

En las redes de área local se usan enlaces multipunto y de difusión y el acceso a este lo controla el protocolo MAC, que puede ser centralizado o distribuido.

2.1 Asignación de enlace

2.1.1 Estrategia Round Robin

Las estaciones tienen un tiempo determinado para transmitir la información. El método centralizado se denomina polling y el distribuido token passing. Se usa cuando se necesita transmitir durante periodos largos.

2.1.2 Estrategia de Reserva

El tiempo asignado se divide en intervalos de tiempo y se usa cuando queremos que haya tráfico continuo.

2.1.3 Estrategia de Competición

Se compete por acceder al medio, lo que provoca que haya colisiones. Las técnicas de competición son descentralizadas y se usa para el tráfico a ráfagas.

2.2 Redes de Acceso Múltiple con Detección de Portadora (Ethernet)

Para evitar las colisiones de tramas se utiliza la técnica de detección de portadora o carrier sense y, consiste en detectar dicha señal para saber si la señal está en uso o no antes de enviar.

2.2.1 CSMA (Carrier Sense Multiple Access)

1. Detectar si alguien está transmitiendo mediante la señal portadora
2. Si el canal está inactivo se transmite
3. Si está activo, la estación no transmite y se pueden llevar a cabo tres tipos de algoritmos.
 - a. **CSMA 1-persistente** → Comprueba constantemente si el canal está libre.
 - b. **CSMA no-persistente** → Espera un cierto tiempo entre comprobación.
 - c. **CSMA p-persistente** → Se espera a que el canal se libere y, entonces, se genera un r y si este es menor que la probabilidad p , se transmite y si no, se repite el proceso.

2.2.2 CSMA-CD

Es el mismo protocolo pero con detección de colisión.

- Si el canal está libre, se transmite, y si no, se espera a que esté libre mediante 1-persistente.
- Cuando se detecta colisión, se envía una señal para informar a las estaciones (señal de jamming) y se espera un tiempo para volver a intentar transmitir.
 - Se detectan comparando las señales y si no son iguales, hay colisión.

Por lo tanto, las tramas deben ser largas para detectar las colisiones antes de que se envíen.

Para definir el tiempo de espera se utiliza el backoff. Si un paquete colisiona menos de 16 veces, entonces se selecciona un valor entre 0 y $2^m - 1$ donde m es el valor

más pequeño entre 10 y el número de colisiones que lleva.

2.3 Redes de Área Local IEEE 802

En este tipo de redes, MAC regula el acceso al medio y LLC envía los paquetes.

2.3.1 LLC

Ofrece una interfaz entre la capa de red y la MAC

- Servicio sin conexión confirmado → no se envía una trama sin confirmar la anterior.
- Servicio sin conexión no fiable → No hay garantía de l paquete.
- Servicio orientado a la conexión fiable → Se realiza una conexión previa entre extremos.

2.3.2 Ethernet

La red Ethernet utiliza en la MAC el tipo CSMA-CD y distingue entre unicast, multicast y broadcast.

Las tramas se envían a todas las estaciones, pero se quedan con ella las que la necesitan.

La dirección MAC está compuesta por 6 bytes en Hexadecimal y guarda info la dirección de envío y destino. Esta se transmite de izquierda a derecha por bytes. El bit menos significativo indica si es unicast (0) o multicast (1).

La trama contiene la info del protocolo de nivel superior, la MAC y los datos que se quieren transmitir. Los datos que se transmiten solo pueden contener 1500 bytes y como mínimo 46 (padding).

2.4 Redes Inalámbricas

Las redes inalámbricas envían la info mediante ondas de radio. Estas se pueden clasificar en función de si envían la info en un salto (single hop) o la envían en varios (multiple hop).

2.4.1 WIFI

La tecnología WiFi utiliza dos bandas de frecuencia de 2.4 GHz y 5 GHz. Estas se diferencian principalmente en el ancho de banda y en la distancia a la que llegan.

En cuanto a la MAC, hay dos subniveles → DCF y PFC. La segunda es opcional y por tanto nos centraremos en el DCF.

- Esta utiliza como método de acceso CSMA ya que es muy difícil implementar la CD.
- Dos modos:
 - Físico → las estaciones escuchan el medio cuando quieren transmitir.
 - Virtual → se usa el NAV (vector de asignación de red). El NAV es un temporizador que marca cada cuanto se debe comprobar si el canal está libre. Las colisiones se detectan mediante ACKs en la capa de enlace y, si se detectan, se aplica el backoff.
- **MACAW** → Se informa de que se quiere transmitir mediante un paquete RTS y se confirma mediante un CTS. La variante en CSMA sería CSMA-CA.
- Las estaciones WiFi tienen un identificador llamado SSID y va incluido en las tramas. Es el nombre típico que se le pone al router.
- Se pueden formar redes aisladas que no permiten enviar tramas fuera de ella y se conoce como Ad Hoc. La más conocida es WiFi Direct.

2.4.2 BSS

Es un grupo de estaciones comunicadas entre sí. En el caso de que sea un BSS ad hoc, no puede enviar info a otros BSS, en cualquier otro caso, se necesita un AP (router) para poder conectar diferentes BSS.

Las tramas en este caso son un poco diferentes. Hay tres tipos: Control (Beacon), Control (RTS, CTS, ACK) y Datos. Esta info se guarda dentro del Frame Control.

2.4.3 Bluetooth

Es una red PAN inalámbrica que interconecta dispositivos muy variados.

Una red Bluetooth Ad hoc se forma de manera espontáneamente de dos formas:

- **Picorred** → son 8 estaciones donde una actúa como primaria.
- **Red Dispersa** → varias picorredes unidas donde uno de los equipos actúa como estación primaria de la otra.

La arquitectura también es en capas:

- **Radio** → Equivalente al nivel físico y usa una banda de 2.4 GHz dividida en 79 canales. Hay dos tipos de enlace: síncrono (tiempo real) y asíncrono.
- **Banda Base** → Equivalente al nivel MAC. Las estaciones comparten el ancho de banda mediante la división por tiempo, donde cada 1 slot de tiempo es estar en una frecuencia concreta y se pueden enviar datos. Las estaciones secundarias no pueden comunicarse entre sí.
- **L2CAP** → Equivalente al subnivel LLC y se encarga del manejo de los grupos como la multiplexación o la segmentación y reensamblado.
- **RESTO** → Para cada servicio existe un protocolo que lo lleva a cabo.

3. Protocolo de Control de Enlace de Alto Nivel

Es un protocolo punto a punto utilizado en Ethernet y en el que se definen aspectos como:

- Fermato de trama
- establecimiento del enlace
- encapsulamiento de datos
- configuración de direcciones de red

Las tramas están formadas por 6 campos:

- Flag
- Dirección
- Control
- Protocolo
- carga útil → máximo de 1500 bytes
- FCS (secuencia de comprobación de la trama)

El funcionamiento sería el siguiente:

1. Comienzo de comunicación

2. Autenticar ambas partes
3. Negociación de protocolos de red, ya que hay varios.
4. Comienzo del intercambio de paquetes.
5. Finalización.

Hay tres protocolos principales:

- LCP → Control de enlace.
- De autenticación → PAP y CHAP
- NCP → Control de red.