

# TEMA 64

## FUNCIONES Y SERVICIOS DEL NIVEL DE ENLACE. TÉCNICAS. PROTOCOLOS

### INDICE:

1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. FUNCIONES .....	1
2.1. Enramado .....	1
2.2. Control de flujo.....	1
2.3. Control de errores .....	1
2.4. Control de acceso al medio.....	2
3. SERVICIOS.....	2
3.1. No orientado a la conexión y no fiable .....	2
3.2. No orientado a la conexión y fiable .....	2
3.3. Orientado a la conexión .....	2
4. TÉCNICAS .....	2
4.1. De control de flujo .....	3
4.2. De control de errores .....	3
4.3. De acceso al medio .....	5
5. PROTOCOLOS .....	6
5.1. Ethernet .....	6
5.2. Wi-Fi .....	6
5.3. PPP.....	7
5.4. ARP .....	7
5.5. STP.....	7
6. CONCLUSIÓN .....	7
7. BIBLIOGRAFÍA .....	7
8. NORMATIVA.....	8

Realizado por Cayetano Borja Carrillo

Tiempo de escritura: 1 hora y 55 minutos

## 1. INTRODUCCIÓN

En una red de computadoras basada en el modelo OSI (*Open System Interconnection*), el nivel de enlace se sitúa en el nivel 2.

Este nivel o capa se encarga de garantizar una transferencia libre de errores entre nodos que pertenecen al mismo dominio de difusión (misma red o subred) y ofrece servicios a las capas superiores.

En este tema se desarrollan las funciones y servicios que ofrece el nivel de enlace, así como las principales técnicas y protocolos que se utilizan en su implementación. Se trata de un tema de gran importancia dentro del campo de estudio de las redes de computadoras ya que, el correcto funcionamiento de este nivel es fundamental para que dos dispositivos se puedan comunicar en red sin problemas.

## 2. FUNCIONES

Las funciones que le corresponden al nivel de enlace son las siguientes:

### 2.1. Entramado

El nivel de enlace recibe bloques de datos llamados paquetes del nivel 3 (nivel de red) y les añade un encabezado y un tráiler formando una trama.

ENCABEZADO	DATOS DE LA CAPA 3 (PAQUETE)	TRAILER
------------	------------------------------	---------

En el encabezado se especifican, entre otras cosas, las direcciones físicas o MAC de los dispositivos origen y destino.

En el tráiler se almacena un código llamado CRC (*Cyclic Redundancy Check*). Este código se genera aplicando operaciones matemáticas al contenido de la trama y sirve para que el receptor pueda comprobar si la trama recibida está libre de errores.

### 2.2. Control de flujo

Cuando dos nodos se están comunicando, es posible que el emisor transmita a una velocidad mayor de la que el receptor puede asumir. Este nivel puede coordinar los dos extremos y controlar la velocidad de transmisión para evitar saturar al receptor.

### 2.3. Control de errores

Otra función de este nivel es la de controlar los errores. Para ello, el receptor verifica la integridad de las tramas recibidas generando un código CRC con los datos recibidos y lo compara con el CRC que se incluye en la trama. Si los dos códigos no coinciden, se da por hecho que la trama está defectuosa y la descarta, pudiendo solicitar una retransmisión.

## **2.4. Control de acceso al medio**

Como un mismo medio de transmisión puede ser compartido por varios nodos, el nivel de enlace decide qué nodo tiene acceso al medio y por cuánto tiempo. Así se evita 2 nodos transmitan simultáneamente y se produzca una colisión de datos

## **3. SERVICIOS**

Los servicios que ofrece este nivel son los que se indican a continuación:

### **3.1. No orientado a la conexión y no fiable**

Cuando se usa este servicio, el emisor puede comenzar a transmitir datos sin necesidad de establecer una conexión previa con el receptor (no orientado a la conexión). El emisor no tiene conocimiento del estado y disponibilidad del receptor, por lo que tampoco recibirá ninguna confirmación o acuse de recibo de las tramas que llegan a su destino (no fiable). Esto implica que no se puede solicitar una retransmisión de las tramas que llegaron corruptas o que se perdieron en el camino.

Este servicio se utiliza en conexiones donde la velocidad es lo prioritario y la pérdida ocasional de una trama no afecta de forma sensible a las comunicaciones. Ejemplo, en transmisiones de datos en tiempo real como telefonía VoIP o videoconferencias.

### **3.2. No orientado a la conexión y fiable**

Al igual que el anterior, el emisor y el receptor se comunican sin necesidad de establecer una conexión previa, pero en este caso, el receptor responde con una confirmación por cada trama recibida (fiable). Esta confirmación puede ser positiva (ACK) si la trama llegó correctamente o negativa (NACK) si llegó defectuosa.

Si al cabo de un tiempo, el emisor recibe un NACK o no recibe el ACK porque la trama se perdió, la retransmite de nuevo. Este servicio no garantiza que las tramas lleguen a su destino en el mismo orden a como se han emitido.

### **3.3. Orientado a la conexión**

Cuando se usa este servicio, los equipos origen y destino sí establecen una conexión antes de transmitir datos (orientado a la conexión). Una vez se confirma la conexión, el emisor comienza a enviar tramas numeradas para garantizar que se reciban en el orden correcto. Si la trama llega defectuosa o desordenada, se solicitará una retransmisión. Al finalizar la comunicación, se libera la conexión.

## **4. TÉCNICAS**

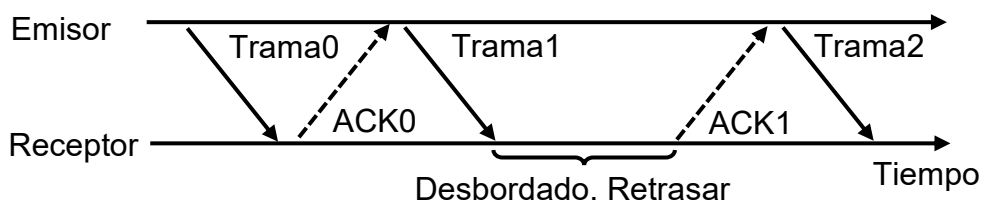
El nivel de enlace dispone de una serie de técnicas para asegurar que cada una de sus funciones se lleven a cabo de forma exitosa. Estas técnicas son las siguientes:

#### 4.1. De control de flujo

Para evitar que el receptor se sature de tramas, existen algunas técnicas de control de flujo como las siguientes:

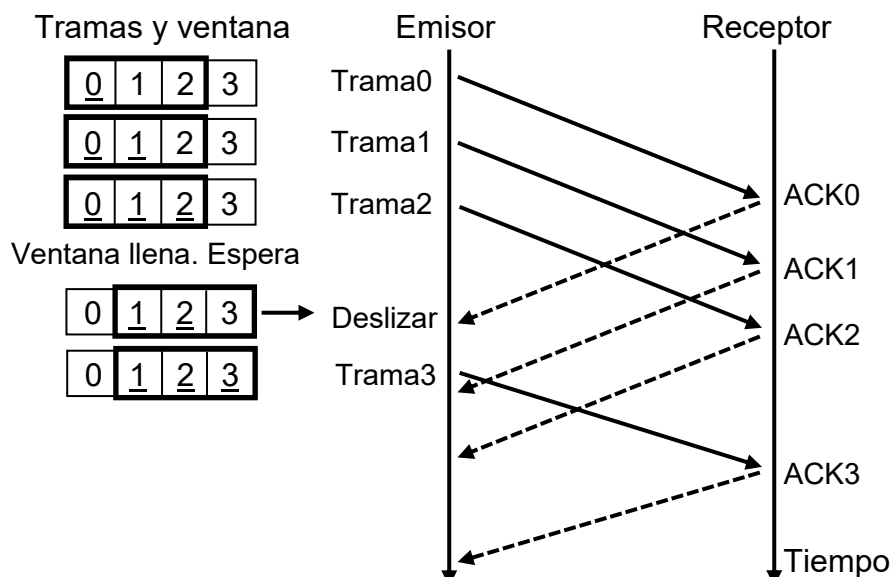
##### Parada y espera

El emisor transmite una única trama y espera a recibir la confirmación del receptor para enviar la siguiente. El receptor puede retrasar el envío del ACK si se ve desbordado. Ejemplo:



##### Ventana deslizante

Esta técnica permite transmitir varias tramas consecutivas sin necesidad de esperar la confirmación del receptor. Para su implementación, se usa una memoria temporal llamada “ventana deslizante” capaz de almacenar “N” tramas. El emisor solo puede enviar tantas tramas seguidas como el tamaño de la ventana y esperará a que ésta se deslice para enviar más. La ventana se deslizará una posición cuando reciba el ACK del primer elemento que hay en ella. Ejemplo de transmisión de 4 tramas usando una ventana de tamaño 3:

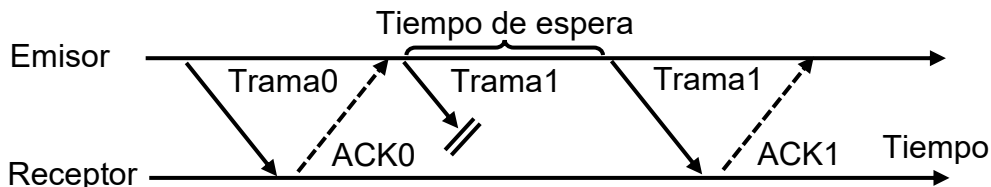


#### 4.2. De control de errores

El nivel de enlace dispone de técnicas que permiten solicitar una retransmisión de las tramas que se pierden o llegan dañadas. Algunas de estas técnicas son:

## ARQ parada y espera

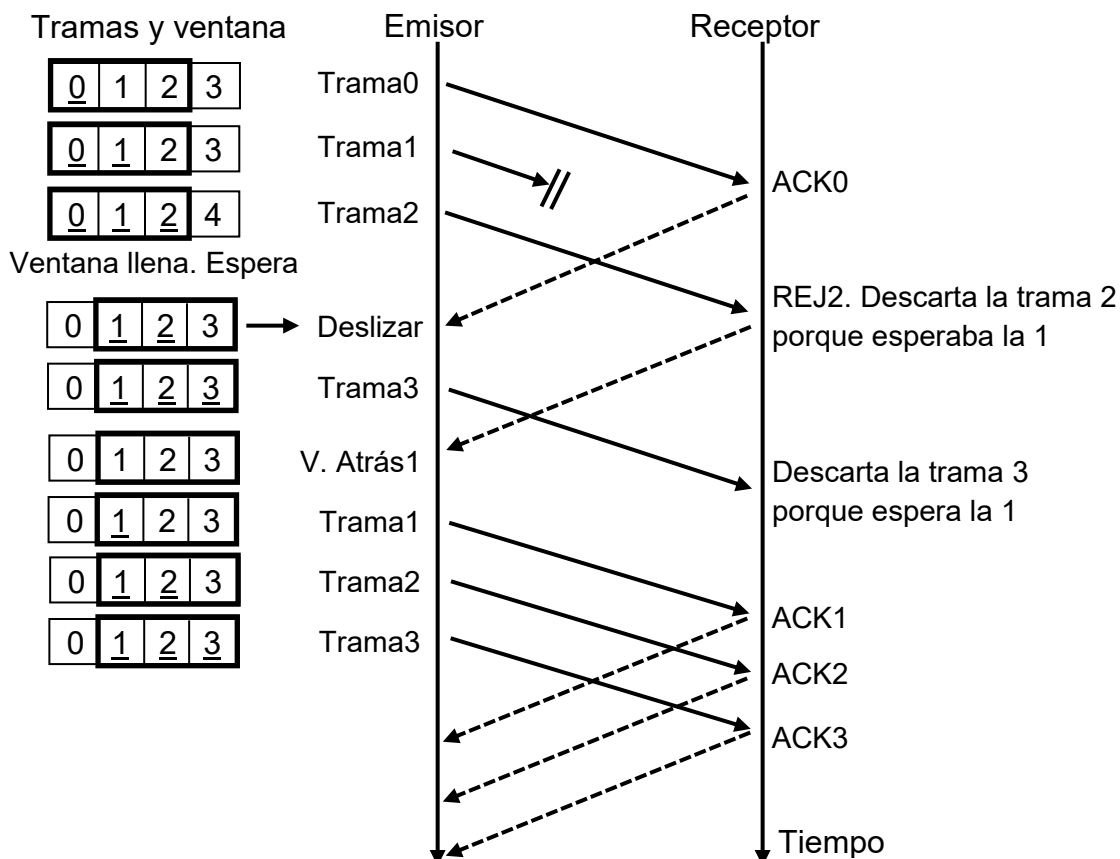
Se basa en la técnica de parada y espera, donde el emisor envía una única trama y detiene la transmisión mientras espera el ACK. Si transcurrido un tiempo, no recibe el ACK o recibe un NACK, reenvía la trama. Ejemplo:



En ocasiones la trama sí llega correctamente a su destino, pero lo que se pierde es la confirmación ACK. En ese caso, el emisor reenviará la trama y el receptor tendrá 2 tramas idénticas, por lo que descartará una.

## ARQ vuelta-atrás N

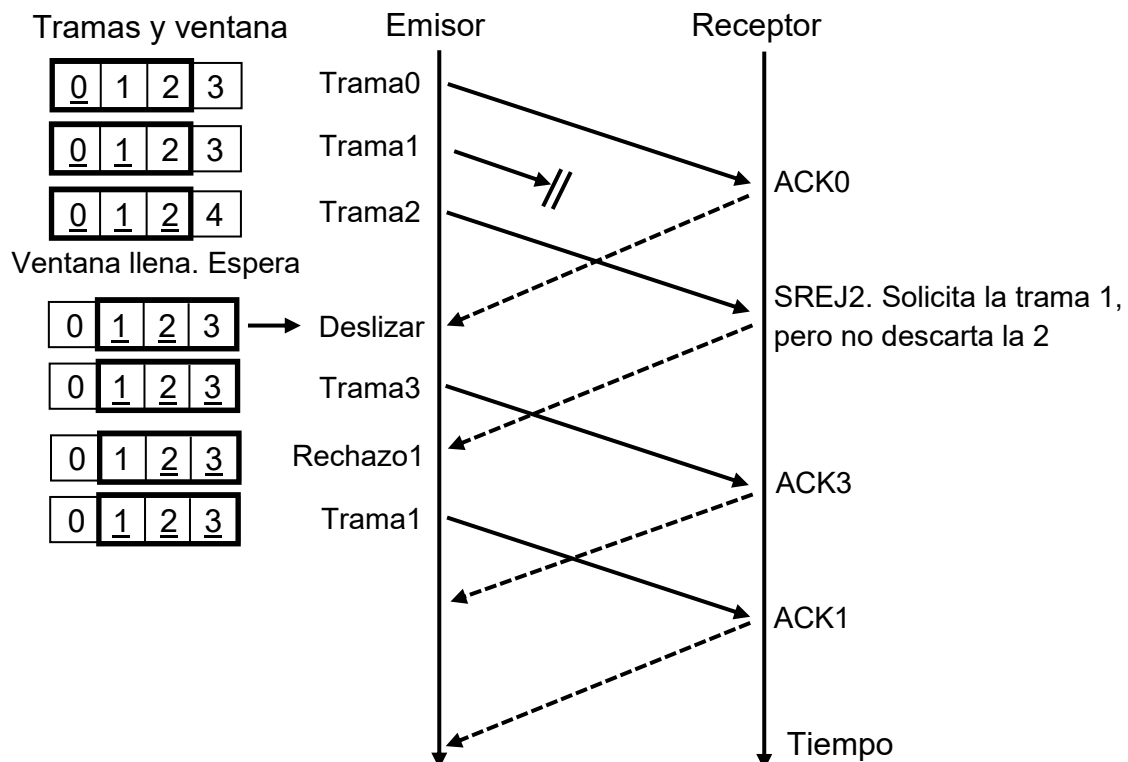
Esta técnica se basa en la técnica de la ventana deslizante, donde el emisor envía tramas numeradas y el receptor solo las acepta si llegan en el orden correcto. Si el receptor recibe una trama defectuosa o desordenada, envía una confirmación negativa (NACK) o de rechazo (REJ) al emisor, respectivamente, indicándole que debe volver atrás y retransmitir todas las tramas a partir de ese punto. El receptor descartará cualquier trama recibida hasta que le llegue la que está esperando.



También puede ocurrir que el emisor no reciba ningún tipo de confirmación (ni ACK, ni NACK, ni REJ). En ese caso, vuelve atrás y retransmite de nuevo desde el último ACK recibido.

### ARQ con rechazo selectivo

Esta técnica es similar a la anterior con la diferencia de que, cuando el receptor recibe una trama desordenada, en vez de enviar un REJ indicando que rechaza esa trama y las siguientes, emitirá un REJ selectivo (SREJ) para ordenar la retransmisión de únicamente esa trama, y seguirá aceptando las siguientes.



### **4.3. De acceso al medio**

El nivel de enlace permite regular qué dispositivo tendrá acceso al medio para evitar que varios nodos transmitan a la vez por el mismo canal y se produzcan colisiones de datos. Algunas técnicas de acceso al medio son las siguientes:

#### Aloha

El emisor transmite una trama cuando lo desee sin comprobar si el medio está siendo usado por otros nodos. Este método de acceso al medio no evita las colisiones y se basa en resolverlas mediante una técnica de retransmisión.

#### CSMA

En el protocolo de acceso múltiple por detección de portadora o CSMA (*Carrier Sense Multiple Access*), el emisor escucha al medio antes de transmitir. Si detecta

una señal portadora, quiere decir que otro dispositivo está transmitiendo y esperará un tiempo antes de volver a intentarlo. Si no detecta ninguna señal portadora, empieza a transmitir.

Esta técnica no es infalible y es posible que falle, permitiendo que 2 dispositivos transmitan simultáneamente y provocando una colisión de datos.

### CSMA/CD

En CSMA con detección de colisiones (*Collision Detection*), el emisor no sólo escucha al medio antes de enviar una trama, sino que lo seguirá haciendo mientras transmite. De esta forma, si se produce una colisión, finaliza el envío y emite una señal de *jam* a todos los equipos de la red para notificar de dicho evento y que esperen un tiempo antes de volver a intentar la transmisión.

### CSMA/CA

En CSMA con prevención de colisiones (*Collision Avoidance*), el emisor escucha el medio antes de transmitir datos. Si el medio está libre, envía una notificación a todos los equipos para comunicar su intención de usarlo y solicita que no transmitan durante un intervalo de tiempo.

## **5. PROTOCOLOS**

Algunos protocolos y estándares que regulan aspectos de la capa de enlace son los siguientes:

### **5.1. Ethernet**

Ethernet es un conjunto de estándares de redes de área local cableadas o LAN (*Local Area Network*) que define el tipo de cable, el conector y la forma en cómo se transmiten los bits entre nodos. Define, por tanto, el nivel 1 (nivel físico) y el nivel 2 (nivel de enlace) del modelo OSI. Ethernet usa la técnica CSMA/CD para acceder al medio y evitar la colisión de datos.

Existen extensiones de Ethernet que aumentan la velocidad de transmisión como Fast Ethernet (100Mbps), Gigabit Ethernet (1Gbps) y 10 Gigabit Ethernet (10 Gbps).

### **5.2. Wi-Fi**

Wi-Fi es un conjunto de estándares de redes de área local inalámbricas o WLAN (*Wireless LAN*), donde la transmisión de los datos se realiza a través de ondas electromagnéticas que viajan por el aire. Al igual que Ethernet, Wi-Fi define la capa 1 y 2 del modelo OSI y usa la técnica CSMA/CD para acceder al medio.

Existen varias versiones de Wi-Fi, siendo la última la Wi-Fi 6E que trabaja en las frecuencias 2,4 GHz, 5GHz y 6GHz, aunque la versión Wi-Fi 7 está en desarrollo y se espera para el 2024.

### 5.3. PPP

Punto a punto o PPP (*Point-to-Point Protocol*) es un protocolo del nivel de enlace que permite establecer una conexión directa entre dos *hosts*, sin la necesidad de intermediarios. Los 2 dispositivos tienen la misma capacidad y actúan como socios iguales en la comunicación.

### 5.4. ARP

ARP (*Address Resolution Protocol*) es un protocolo del nivel 2 que se utiliza para obtener la dirección MAC del nodo que tiene asignada una dirección IP determinada.

Cuando un nodo quiere enviar un mensaje a otro nodo que pertenece a la misma red local, necesita saber su dirección MAC para poder formar la trama. Si no la conoce, envía un mensaje “ARP *request*” a difusión (todos los equipos de la red) para que el equipo con la dirección IP indicada le responda con su dirección física.

### 5.5. STP

STP (*Spanning Tree Protocol*) es un protocolo del nivel de enlace diseñado para gestionar los caminos redundantes de una red. Su función es la de desactivar rutas redundantes mediante *software* y establecer un único camino activo entre 2 nodos. Transformando una topología en malla en una topología en árbol, se evitan posibles tormentas de *broadcast* que afecten negativamente al rendimiento de la red.

## 6. CONCLUSIÓN

El nivel de enlace es vital en las comunicaciones entre dispositivos en una red de computadoras basada en el modelo OSI, ya que es el encargado de proporcionar un medio de transmisión libre de errores entre nodos locales.

Las funciones y servicios que ofrece este nivel son, entre otros, el de entramar los paquetes que le llegan de la capa superior para poder transmitirlos a través de medios locales, detectar y corregir errores que se producen durante la comunicación, evitar la saturación y controlar el flujo y sentido de la transmisión.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Prieto Espinosa, A. et al. (2006). *Introducción a la informática (4ª ed.)*. McGraw-Hill.



- Brookshear, J. G. (2012). *Introducción a la computación (11ª ed.)*. Pearson Educación.
- Stallings, W. (2004). *Comunicaciones y redes de computadoras (7ª ed.)*. Pearson Educación.
- Tanenbaum, A. S. et al. (2012). *Redes de computadoras (5ª ed.)*. Pearson Educación.
- Kurose, J. F. et al (2017). *Redes de computadoras. Un enfoque descendente (7ª ed.)*. Pearson Educación.

## 8. NORMATIVA

Para el desarrollo de este tema, se ha tenido en cuenta la siguiente normativa, donde se especifican los contenidos, competencias y criterios de evaluación de los Ciclos Formativos y Bachillerato en Andalucía:

- Orden 7 de julio de 2009 (SMR). La parte correspondiente al módulo “Redes Locales”.
- Orden 19 de julio de 2010 (ASIR). La parte correspondiente al módulo “Planificación y Administración de Redes”.
- Orden 16 de junio de 2011 (DAW/DAM). La parte correspondiente al módulo “Sistemas Informáticos”.
- Instrucción 13/2022 (Bachillerato). La parte correspondiente a la asignatura “Tecnologías de la Información y Comunicación”