

La fuente original de gran parte de las imágenes presentadas en esta lección son cortesía del texto docente "Redes y Transmisión de Datos" P. Gil, J. Pomares, F. Candelas. Servicio de Publicaciones Universidad de Alicante.

## Redes (9359). Curso 2010-11

### Ingeniería Técnica en Informática de Sistemas (plan 2001)

---



Universitat d'Alacant  
Universidad de Alicante

Departament de Física, Enginyeria de Sistemes i Teoria del Senyal  
Departamento de Física, Ingeniería de Sistemas y Teoría de la Señal

Pablo Gil Vázquez ([Pablo.Gil@ua.es](mailto:Pablo.Gil@ua.es))

Grupo de Innovación Educativa en Automática

© 2010 GITE – IEA



## Redes (9359). Curso 2010-11

### Ingeniería Técnica en Informática de Sistemas (plan 2001)

---

#### **BLOQUE I: INTRODUCCIÓN.**

Tema 1: Introducción a las redes de computadores.

#### **BLOQUE II. NIVEL FÍSICO.**

Tema 2: Transmisión de señales.

Tema 3: Codificación de la información.

Tema 4: Medios de transmisión.

#### **BLOQUE III. NIVEL DE ENLACE.**

Tema 5: Diseño del nivel de enlace y control de errores.

Tema 6: Control de flujo en el nivel de enlace.

Tema 7: Protocolos estandarizados del nivel de enlace.

#### **BLOQUE IV. NIVEL DE RED.**

Tema 8: Diseño del nivel de red.

Tema 9: Encaminamiento y control de congestión del nivel de red.



Universitat d'Alacant  
Universidad de Alicante

Departament de Física, Enginyeria de Sistemes i Teoria del Senyal  
Departamento de Física, Ingeniería de Sistemas y Teoría de la Señal

Pablo Gil Vázquez ([Pablo.Gil@ua.es](mailto:Pablo.Gil@ua.es))

Grupo de Innovación Educativa en Automática

© 2010 GITE – IEA



1. Técnicas de compartición del medio.
2. Control del enlace: Protocolo HDLC
3. Protocolo PPP.

- Se adopta un medio compartido con el objetivo de ahorrar costes de material y hacer más sencillo el mantenimiento e instalación.
- Se emplea para coordinar los equipos con el objetivo de decidir cual de ellos envía información en un instante de tiempo determinado sin que las tramas enviadas “colisionen” con las enviadas por otro equipo.

### Tipos:

- **Contienda o acceso múltiple: (802.3-CSMA/CD, 802.11-CSMA/CA)**
  - Los equipos que pretenden acceder al medio para realizar la transmisión de los datos “compiten” por el medio antes de realizar el envío de los datos.
  - Desventaja: Se pueden producir colisiones. Ventaja: Fáciles de implementar.
- **Reserva:**
  - El equipo que quiere acceder al medio solicita la reserva del medio de transmisión. Una vez realizada la reserva podrá realizarse la transmisión de datos reduciendo el riesgo de que los datos enviados puedan colisionar con los transmitidos por otro equipo.
  - Ventaja: Impide colisión en transmisión aunque no en periodo de reserva.
- **Selección: (802.5, FDDI)**
  - En esta técnica se aplica un determinado algoritmo que va seleccionando los equipos que pueden acceder al medio. Cuando el equipo es seleccionado podrá realizar el envío de los datos.

### Contienda:

- **Transmisión sorda (ALOHA):**
  - Los equipos que componen la red no tienen en cuenta si hay información en el medio antes de realizar el envío de sus datos.
  - Una estación puede transmitir una trama siempre que lo necesite.
  - Una vez transmitida la trama, la estación pasa a escuchar el medio durante un tiempo igual al máximo retardo de propagación posible de ida y vuelta a través de la red más un pequeño incremento de tiempo.
  - Se considera que todo ha ido bien si durante este intervalo de escucha, a la estación le llega la confirmación procedente del destino. En caso contrario retransmitirá la trama.
  - La estación desistirá si no recibe una confirmación después de varias retransmisiones.
  - Tipos: puro y ranurado.

Contienda:

Transmisión con escucha (CSMA):

- Los equipos solo enviarán datos al medio si determinan que no hay información previa enviada por otro equipo.
- Empleando este método sólo se producirán colisiones cuando dos o más equipos envíen datos a la vez.
- Si una estación determina que el medio está ocupado deberá esperar.
- El tiempo de espera se establece en una cantidad de tiempo razonable en el cual debería llegar la confirmación del equipo destinatario, teniendo en consideración el retardo de propagación máximo, del trayecto de ida y vuelta y el hecho de que la estación que confirma debe competir también por conseguir el medio para responder.
- Si no llega la confirmación, la estación supone que se ha producido una colisión. En este caso esperará un tiempo aleatorio y volverá a comprobar si el medio está libre antes de realizar el reenvío de los datos.
- Tipos: no-persistente, persistente, CSMA-CD.

Contienda (CSMA no persistente y CSMA 1-persistente) :

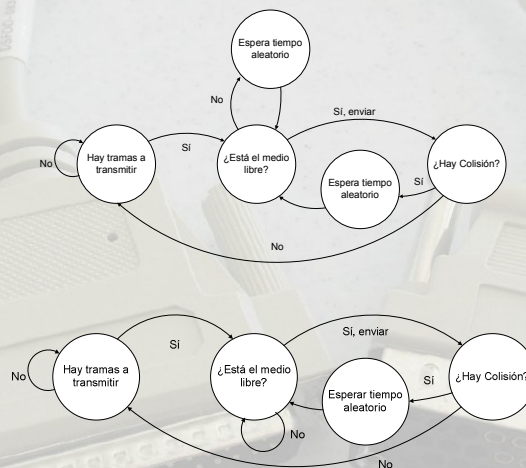


Imagen cortesía de "Redes y Transmisión de datos". P. Gil y otros. Servicio de Publicaciones Universidad de Alicante.

Contienda (CSMA p-persistente y CSMA/CD) :

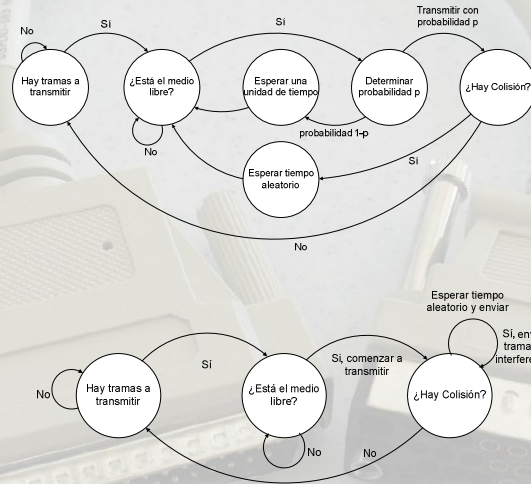


Imagen cortesía de "Redes y Transmisión de datos". P. Gil y otros. Servicio de Publicaciones Universidad de Alicante.

Redes — Ingeniería Técnica en Informática de Sistemas, 2010-11

1. Técnicas de compartición del medio.
2. Control del enlace: Protocolo HDLC
3. Protocolo PPP.

Redes — Ingeniería Técnica en Informática de Sistemas, 2010-11



- Es un protocolo del nivel de enlace de datos a alto nivel (High-level Data Link Control) normalizado por ISO 3309 y 4335.
- Sus orígenes están en el protocolo SDLC de la arquitectura SNA de IBM.

- Tipos de estaciones.
  - Estación primaria:
    - Controla el funcionamiento del enlace (de la transmisión).
    - Genera tramas denominadas órdenes o comandos.
    - Estas ordenes o comandos se envían a estaciones secundarias de las que se espera una respuesta.
    - Mantiene un enlace lógico independiente para cada una de las estaciones secundarias.
  - Estación secundaria:
    - Funciona bajo el control de la estación primaria y sólo se comunica con estaciones del tipo primario.
    - Genera tramas denominadas respuestas.
  - Estación combinada:
    - Puede actuar como primaria o como secundaria.

▪ **Tipos de enlaces.**

▪ **Balanceda:**

- Consiste en dos estaciones combinadas.
- Cualquiera de las estaciones puede enviar comandos en cualquier instante y esperar respuestas.

▪ **No balanceada:**

- Está formada por una estación primaria y una o más secundarias.
- Dos modos de funcionamiento:
  - Modo normal.
  - Modo asíncrono.

▪ **Modos de funcionamiento en no balanceada.**

▪ **Modo normal (NRM, Normal Response Mode):**

- La estación primaria transfiere datos a la secundaria. La secundaria sólo puede transmitir datos usando respuestas a las órdenes emitidas por la primaria.
- Utilizada en líneas con múltiples conexiones.
- Computador central como estación primaria y terminales como estaciones secundarias.

▪ **Modo asíncrono (ARM, Asynchronous Response Mode):**

- La estación secundaria puede iniciar la transmisión sin tener permiso explícito por parte de la primaria. La estación primaria es responsable del funcionamiento de la línea.

▪ **Modo asíncrono balanceado (ABM, Asynchronous Balanced Mode):** Cualquiera de las 2 estaciones combinadas puede iniciar la transmisión sin solicitar permiso a la otra.

- Estructura de trama:
  - HDLC utiliza transmisión síncrona.
  - Todos los intercambios se realizan a través de tramas numeradas con 3 y 7 bits.
  - Emplea control de flujo mediante ventana deslizante.
  - Utiliza un formato único de tramas para todos los intercambios de datos e información de control .
- Formato de trama:

DELIMITADOR (8 bits)	DIRECCION (8 ó k-8 bits)	CONTROL (8 ó 16 bits)	INFORMACION (Variable)	FCS (8 ó 32 bits)	DELIMITADOR (8 bits)
-------------------------	-----------------------------	--------------------------	---------------------------	----------------------	-------------------------

- Formato de trama (I):
  - Campo Delimitador:
    - Delimitan la trama en sus dos extremos.
    - Combinación de bits 01111110.
    - El receptor usa el delimitador para sincronizarse con el emisor determinando donde comienzan y terminan los datos.
    - Si en el campo información aparece una secuencia de datos igual al delimitador se usa la técnica de relleno cada 5 '1' consecutivos con un '0' .
  - Campo FCS (Frame Check Sequence):
    - Código para la detección de errores.
    - Se usa CRC-CCITT de 16 bits o 32 bits.
  - Campo Dirección:
    - Identifica a la estación secundaria que ha transmitido o que va a recibir la trama.
    - Normalmente tiene 8 bits.
    - Se puede ampliar con múltiplos de 8 bits.

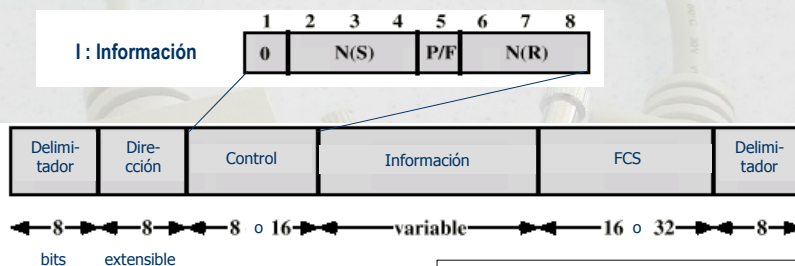


Formato de trama (II):

- Campo de información:
  - Sólo está presente en algunas tramas.
  - Debe contener un número de bits igual a un múltiplo entero de 8.
  - Longitud variable.
- Campo de Control:
  - El primer o los dos primeros bits del campo de control se utilizan para identificar el tipo de la trama.
  - Puede tener una longitud de 8 o 16 bits.
  - Los tipos de tramas que define el campo de control son:
    - Tramas de información.
    - Tramas de supervisión.
    - Tramas no numeradas.

Formato de trama (III):

- Trama de información: Incorpora datos del nivel de red que han de ser transmitidos al otro extremo.



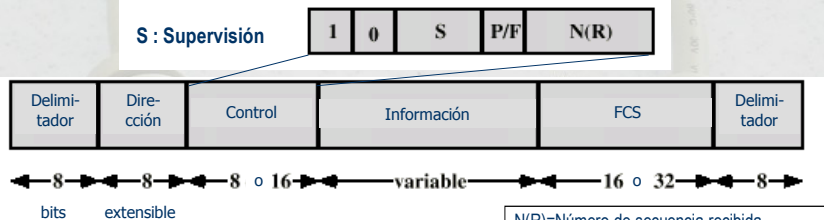
Variación de la imagen original cortesía de "Comunicaciones y Redes de Computadores" Williams Stallings. Ed. Prentice Hall. 6ª Edición (pág. 201).

N(S)=Número de secuencia enviada  
N(R)=Número de secuencia recibida  
P/F =Bit de sondeo/final. Permite identificar la última trama de un conjunto asociada a un paquete de nivel de red fragmentado. Si vale '0' es el último fragmento, sino valdrá '1'.

▪ **Formato de trama (IV):**

- *Trama de Supervisión:* Controla el funcionamiento del protocolo de ventana deslizante.

Variación de la imagen original cortesía de "Comunicaciones y Redes de Computadores" Williams Stallings. Ed. Prentice Hall, 6ª Edición (pág. 201).

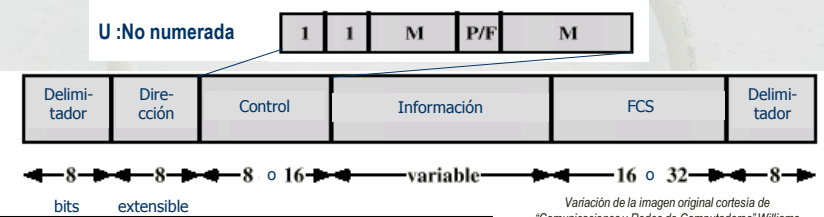


- S=00 Receptor listo (RR). Indica que se ha recibido correctamente hasta la trama N(R)-1 y que se espera recibir la trama N(R)
- S=01 Rechazo debido a un error de transmisión (REJ). Se solicita al emisor el reenvío de tramas desde la secuencia N(R)
- S=10 Receptor no listo (RNR). Indica al emisor que se ha recibido correcta hasta la trama N(R) y que deje de transmitir paquetes.
- S=11 Rechazo selectivo (SREJ). Se solicita al emisor el reenvío del paquete N(R)

N(R)=Número de secuencia recibida  
 S = Bits para determinar el tipo de trama se supervisión  
 P/F =Bit de sondeo/final. Permite identificar la última trama de un conjunto asociada a un paquete de nivel de red fragmentado. Si vale '0' es el último fragmento, sino valdrá '1'.

▪ **Formato de trama (V):**

- *Trama No numerada:* Controla la conexión del enlace.



- Solicitar conexión.
  - (SNRM/SNRME modo Normal o modo Ampliado)
  - (SARM/SARME modo Asíncrono o Asíncrono Ampliado)
  - (SABM/SABME modo Asíncrono Balanceado o Asíncrono Balanceado Ampliado)
- Solicitar desconexión (DISC)
- Confirmación no numerada (UA)
- Información no numerada (UI)
- Solicitud de RESET (RSET), etc.

Variación de la imagen original cortesía de "Comunicaciones y Redes de Computadores" Williams Stallings. Ed. Prentice Hall, 6ª Edición (pág. 201).

M =Bits para codificar el tipo de las tramas no numeradas  
 P/F =Bit de sondeo/final. Permite identificar la última trama de un conjunto asociada a un paquete de nivel de red fragmentado. Si vale '0' es el último fragmento, sino valdrá '1'.

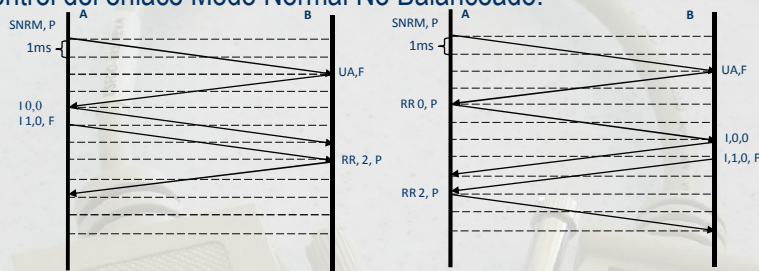
Repertorio básico de tramas catalogados por orden o respuesta:

*Imagen cortesía de "Redes y Transmisión de datos". P. Gil y otros. Servicio de Publicaciones Universidad de Alicante. Variación de la imagen original "Redes de computadores y arquitecturas de comunicaciones. Supuestos prácticos". Ed. Prentice Hall (pág 182).*

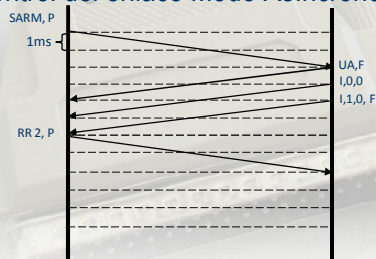
Tipo trama	Instrucción	Orden/Respuesta	Descripción
Información	I	O/R	Información
Supervisión	RR	O/R	Receptor preparado
	RNR	O/R	Receptor no preparado
	REJ	O/R	Rechazo
	SREJ	O/R	Rechazo selectivo
No numeradas	SNRM	O	Fijar modo normal no balanceado
	SARM	O	Fijar modo asincrono no balanceado
	SABM	O	Fijar modo balanceado asincrono
	DISC	O	Desconectar
UA	R	Confirmación no numerada	

Tipo trama	Instrucción	Campos 'S' o 'M'	Descripción
Supervisión	RR	00	Se ha recibido correctamente hasta la trama indicada en N(R)-1 y se indica en N(R) la siguiente trama que se espera recibir.
	RNR	10	Se ha recibido correctamente hasta la trama N(R)-1, pero no se pueden recibir más tramas
	REJ	01	Se solicita el reenvío de todas las tramas a partir de la indicada en N(R), incluida ésta.
	SREJ	11	Se solicita el reenvío de la trama indicada en N(R)
No numeradas	SNRM	00 001	Fijar modo normal no balanceado
	SARM	11 000	Fijar modo asincrono no balanceado
	SABM	11 100	Fijar modo balanceado asincrono
	DISC	00 010	Desconectar
UA	00 110	Confirmación no numerada	

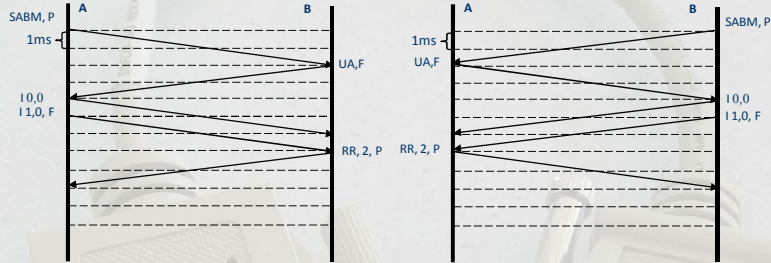
Control del enlace Modo Normal No Balanceado:



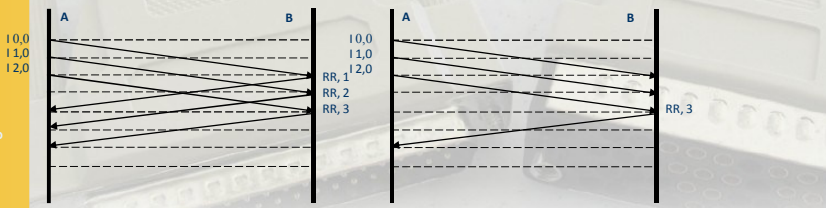
Control del enlace Modo Asíncrono No Balanceado:



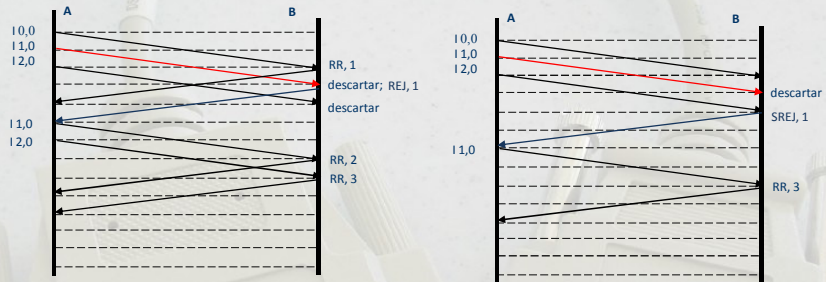
Control del enlace Modo Asíncrono Balanceado:



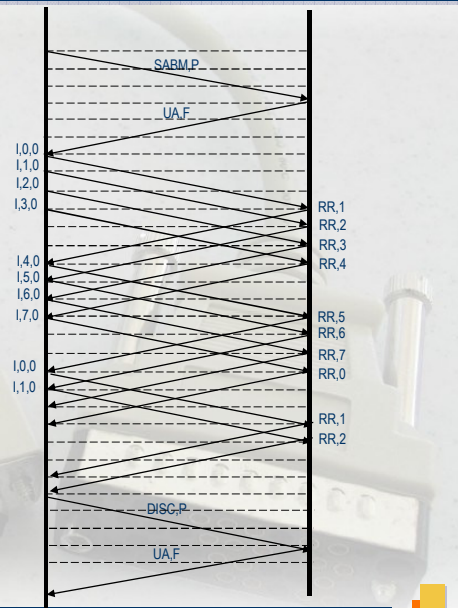
Configuración del medio de transmisión:



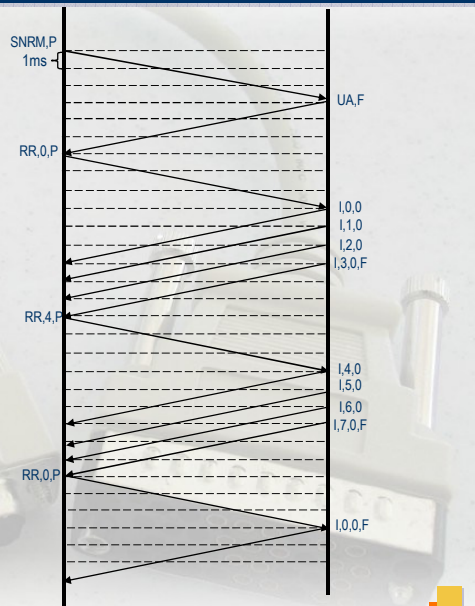
Transmisión en modo con rechazo no selectivo o con rechazo selectivo.



- **Ejemplo 1:**
- Tiempo de Propagación=3ms
- Modo Asíncrono Balanceado.
- $V_e=4$  y  $V_r=1$ .
- Línea full duplex.
- Estaciones balanceadas.
- Tramas de 1000 bits
- A envía 10000 bits a B
- Indicar establecimiento, intercambio y liberación del enlace

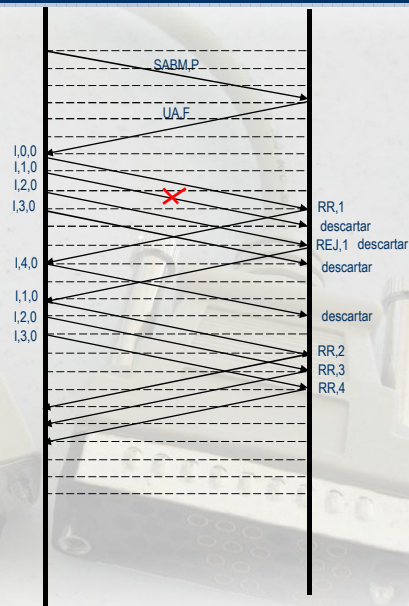


- **Ejemplo 2:**
- Tiempo de Propagación=3ms
- Modo Normal no Balanceado.
- $V_e=V_r=4$ .
- Línea half duplex.
- Estación primaria: A.
- Trama 1000 bits.
- B envía 9000 bits a A.
- Indicar establecimiento e intercambio de datos.

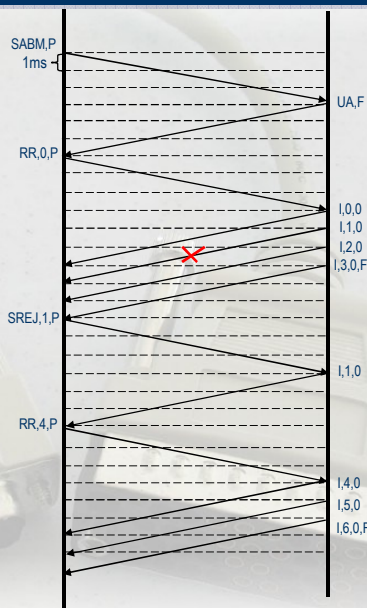




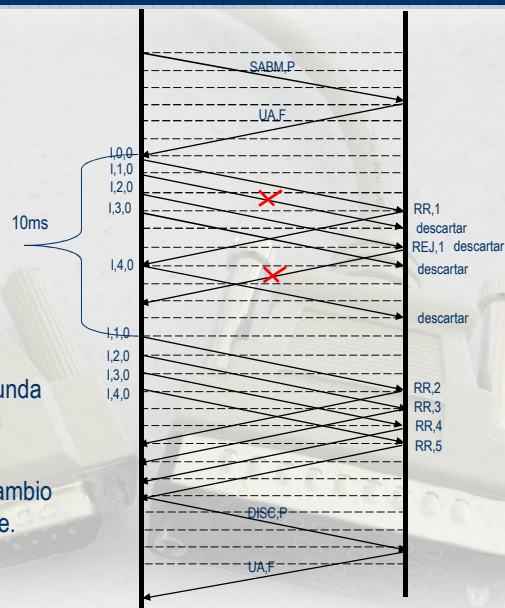
- **Ejemplo 3:**
- Tiempo de Propagacion=3ms
- Modo Asíncrono Balanceado.
- $V_e=4$  y  $V_r=1$ .
- Línea full duplex.
- Estaciones balanceadas.
- Tramas de 1000 bits
- A envía 4000 bits a B
- Se produce un error en la segunda trama enviada (Repetición no selectiva, y se espera 1ms antes de enviarlo).
- Indicar establecimiento e intercambio de datos.



- **Ejemplo 4:**
- Tiempo de Propagacion=3ms
- Modo Normal no Balanceado.
- $V_e=V_r=4$ .
- Línea half duplex.
- Estación primaria: A.
- Trama 1000 bits.
- B envía 7000 bits a A.
- Se produce un error en la segunda trama enviada (Rechazo selectivo).
- Indicar establecimiento e intercambio de datos.



- **Ejemplo 5:**
- Tiempo de Propagacion=3ms
- Modo Asíncrono Balanceado.
- $V_e=4$  y  $V_r=1$ .
- Línea full duplex.
- Estaciones balanceadas.
- Tramas de 1000 bits
- A envía 4000 bits a B
- Temporizador de 10ms.
- Se produce un error en la segunda trama enviada (Repetición No-selectiva) y se pierde el REJ.
- Indicar establecimiento, intercambio de datos y liberación del enlace.



▪ **Control de flujo en HDLC (I):**

- **Tiempo de envío de trama:** Tiempo que transcurre desde que se envía el primer bit hasta que se envía el último bit de la trama. Se puede medir como el cociente entre el tamaño de la trama en bits y la capacidad del canal.
- **Tiempo de propagación de trama:** Tiempo que transcurre desde que se envía el último bit de la trama hasta que éste es recibido por el receptor. Se puede medir como el cociente entre la distancia a recorrer en la línea de comunicación y la velocidad de propagación.
- **Tiempo de procesamiento:** Tiempo que tarda el emisor o receptor en procesar la trama o ACK recibido.
- **Tiempo útil:** Es el tiempo necesario de envío de  $W$  tramas en una ventana de tamaño de emisor de  $W$ .
- **Eficiencia de un protocolo:** Es la relación existente entre el tiempo útil y el tiempo total.

1. Técnicas de compartición del medio.
2. Control del enlace: Protocolo HDLC
3. Protocolo PPP.

▪ **Características:**

- Protocolo punto a punto. (RFC 1661 y 2153)
- Es un protocolo del nivel de enlace usado para acceso a redes TCP/IP.
- No necesita de direcciones MAC explícitas. Y no necesita un protocolo de control de acceso al medio.

▪ **Empleo PPP:**

- Cuando se quiere establecer una conexión entre un particular y un proveedor de servicios a Internet (ISP), a través del empleo de un módem telefónico.
- Cuando se quiere establecer una conexión entre un particular y un ISP de cablemodem o xDSL, en cuyo caso, el protocolo PPP se encapsula sobre Ethernet formando lo que se conoce como protocolo PPPoE (Point to Point over Ethernet).
- Cuando se quiere establecer una conexión entre un particular y un ISP de cablemodem o xDSL empleando un modo de transferencia asíncrona (ATM). En este caso, el protocolo PPP se encapsula sobre ATM formando lo que se conoce como protocolo PPPoA (Point to Point over ATM).
- Cuando se accede a recursos de una red privada remota mediante protocolos de VPN (Virtual Private Network).

- **Características:**
  - Protocolo punto a punto. (RFC 1661 y 2153)
  - Es un protocolo del nivel de enlace usado para acceso a redes TCP/IP.
  - No necesita de direcciones MAC explícitas. Y no necesita un protocolo de control de acceso al medio.
- **Formato de trama:**

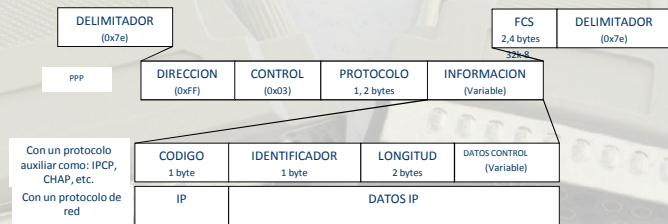


Imagen cortesía de "Redes y Transmisión de datos". P. Gil y otros. Servicio de Publicaciones Universidad de Alicante.

- **Funciones básicas:**
  - Detección de errores
  - Verificación de autenticación en el enlace
  - Reconocimiento de varios protocolos de nivel de red (IP, IPX, etc.).
  - Negociación de direcciones de red IP.



▪ **Tipos de tramas PPP-LCP:**

- Se emplean para negociar parámetros del nivel nivel de enlace en el inicio del establecimiento de la conexión. Hay tres tipos:
- Paquetes de establecimiento para establecer y configurar el enlace.
- Paquetes de finalización para liberar el enlace.
- Paquetes de comprobación para mantener el enlace y chequear errores.

▪ **Tipos de tramas PPP-PAP:**

- Se emplean para autenticar un usuario que intenta acceder a un servidor de acceso remoto o a un proveedor de servicios a través de una línea alquilada.
- Los paquetes PAP se emplean sobre PPP para transmitir contraseñas sin cifrar sobre códigos ASCII.

▪ **Tipos de tramas PPP-CHAP:**

- Se emplean para autenticar un usuario que intenta acceder a un servidor de acceso remoto o a un proveedor de servicios a través de una línea alquilada.
- Se transmite la información de autenticación encriptada.

Servidor

Challenge- CHAP (Código: 1) →  
 (Para solicitar identificación)

Success- CHAP (Código: 3) →  
 (Coincidencia valor esperado)

ó

Failure- CHAP (Código 4) →  
 (NO Coincidencia valor esperado)

Ciente

← Response-CHAP (Código: 2)  
 (Respuesta de identificación con un valor codificado)  
 Identificador trama+ passw cifrado+ login sin cifrar



▪ Tipos de tramas PPP-(NCP o IPCP):

- NCP: Se emplean para negociar opcionalmente parámetros de configuración para poder encapsular multiprotocolos, como por ejemplo la asignación dinámica de dirección de red.
- IPCP: Se emplean para establecer y configurar el protocolo de red IP sobre PPP.

Router ISP

Configure Request- IPCP (Código: 1) →

IP Servidor  
(Solicitar IP del cliente)

Configure NACK- IPCP (Código: 3) →

IP Nueva para cliente  
(Niega IP si no es válida)

Configure ACK-IPCP (Código: 2) →

Ciente

← Configure ACK-IPCP (Código: 2)

← Configure Request- IPCP (Código: 1)

IP Cliente es 0.0.0.0  
(Verificar IP o asignar otra si no es válida)

← Configure Request- IPCP (Código: 1)

IP Cliente es IP nueva ofrecida anteriormente  
(Solicita conectar)

▪ Funcionamiento:

1. Llamar a un router proveedor vía telefónica y por lo tanto establecimiento del camino físico por R.T.C.
2. Negociación de parámetros de conexión mediante el intercambio entre PC y Router de paquetes LCP encapsulados en paquetes PPP y durante ese proceso se autentifica al usuario haciendo uso de paquetes PAP y CHAP encapsulados en PPP también.
3. Negociación de los parámetros del nivel de red empleando paquetes NCP. De ese modo se facilita al PC una dirección IP legal.
4. Finalización de conexión empleando paquetes NCP para liberar la IP, así como uso de paquetes LCP para liberar el enlace de datos y liberar la conexión física colgando el teléfono.

Funcionamiento Esquema general:

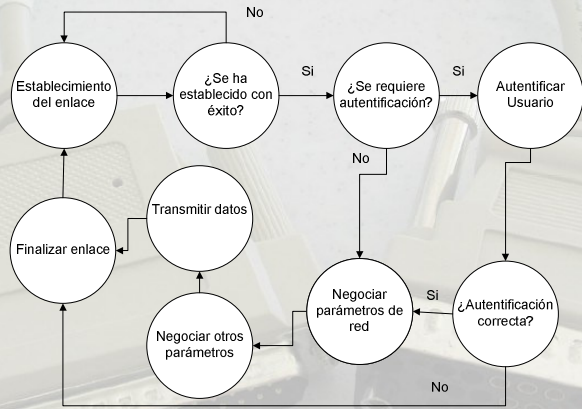


Imagen cortesía de "Redes y Transmisión de datos". P. Gil y otros. Servicio de Publicaciones Universidad de Alicante.