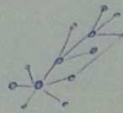


## Tipos de Redes

### • Redes Punto a Punto

- Enlaces entre pares de puntos



- El direccionamiento físico es insuficiente
- Necesidad de conocer la estructura para definir algoritmos de encaminamiento
- Tolerancia a fallos por redundancia de conexiones.
- Alto coste de cableado

### • Redes de difusión

- Uso compartido del medio por un conjunto de estaciones
- Direccionamiento físico:  $n$  bits para  $2^n$  estaciones.
- Dirección de difusión a todas las estaciones con los  $n$  bits a  $t$ .

## Tipos de redes por tamaño

### LAN

#### Local Area Network

- Red de difusión
- distancia  $< 10\text{Km}$
- Baja tasa de error
- Bajo coste de cableado
- Alta velocidad (10 Mbits - 10 Gbits)
- Colisiones en el medio

### WAN

#### Wide Area Network

- Punto a punto
- Requiere de encaminamiento
- Tasa de error mayor que LAN
- Velocidad de 57 Kbits a 20 Mbits
- Alto coste de cableado

### MAN

#### Metropolitan Area Network

- combina difusión y punto a punto
- velocidad de 10 Mbps a 100 Mbps

## Técnicas de multiplexión

### FDM ó FDMA

- Acceso múltiple por división de frecuencia.
- Usado en protocolos digitales y analógicos.
- El espectro de frecuencias se divide en canales que se asignan a diversos usuarios o comunicaciones.

### TDM ó TDMA

- Acceso múltiple por división de tiempo.
- Técnica para la transmisión de señales digitales.
- La idea es que varias fuentes puedan ocupar el mismo canal FDM repartiendo el tiempo de transmisión con una señal de reloj.

CSMA/CD (Collision detection) → Habitual en redes Ethernet  
Acceso Múltiple con detección de portadora. Se escucha el medio para ver si no está transmitiendo y así evitan colisiones.

- CSMA persistente
  - Si el canal está ocupado, espera.
  - Al que da libre, transmite de inmediato.
  - Varios pueden transmitir a la vez y colisionan.
- CSMA No persistente
  - Si el canal está ocupado, espera un tiempo aleatorio y vuelve a comprobar.
- CSMA p- Persistente
  - Si el canal está ocupado, espera.
  - Al quedar libre se transmite con probabilidad  $P$ .

CSMA/CA (Collision Avoid) → Habitual en redes inalámbricas.

El transmisor anuncia su intención de transmitir antes de hacerlo para evitar colisiones. Si transcurrido un tiempo "corto" el medio sigue libre, se transmite.



## Tema 3

### NIVEL FÍSICO

- Análisis de señales con series de Fourier

$$f(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cdot \cos(2\pi n f_0 t) + \sum_{n=1}^{\infty} b_n \cdot \sin(2\pi n f_0 t)$$

$$a_n = \frac{2}{T} \int_0^T f(t) \cos(2\pi n f_0 t) dt$$

$$b_n = \frac{2}{T} \int_0^T f(t) \sin(2\pi n f_0 t) dt$$

Si  $f(t)$  Simétrica  $\Rightarrow b_n = 0$

Si  $f(t)$  Asimétrica  $\Rightarrow a_n = 0$

Recordatorio

$$\omega = 2\pi f$$

$$f = \frac{1}{T}$$

Velocidad máxima de modulación

$$V_m = \dot{\gamma} = \frac{1}{T}$$

Velocidad de transmisión

$$V_t = V_m \cdot \log_2 N$$

$N = N^\circ$  de estados posibles

$B =$  Ancho de banda

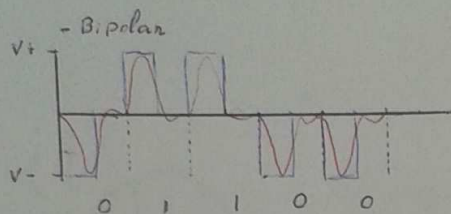
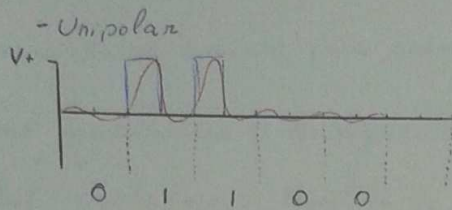
Vel de Nyquist:  $2 \cdot B \cdot M_b$

Vel de Shannon:  $B \cdot \log_2 \left(1 + \frac{S}{N}\right)$

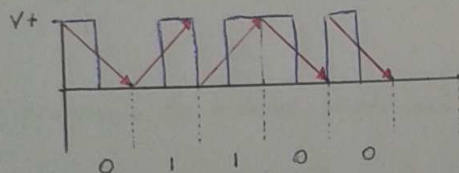
$$\left(\frac{S}{N}\right) = 10 \frac{\text{Ruido}}{10}$$

## • Señalización en banda base

- Binaria con retorno a 0



- Codificación Manchester

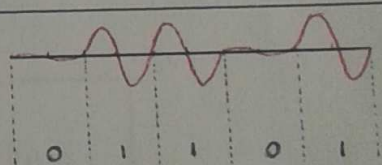


## • Señalización en banda modulada

- Señal moduladora: Datos digitales a transmitir
- Señal portadora: Señal analógica periódica senoidal
- Señal modulada: Señal portadora modificada por la señal moduladora

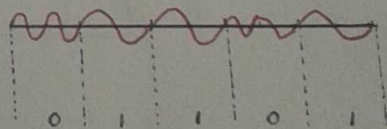
- ASK - Modulación por cambio de amplitud

- 0 - Tiene una Amplitud  $\approx 0$
- 1 - Tiene una Amplitud  $V_+$



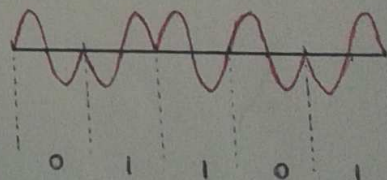
- FSK - Modulación por cambio de frecuencia

- 0 - Tiene una frecuencia  $2f$
- 1 - Tiene una frecuencia  $f$



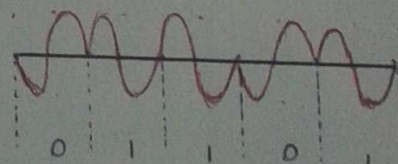
- PSK - Modulación por cambio de fase

- 0 - Se transmite 0 respetando la fase anterior
- 1 - Se transmite 1 invirtiendo la fase anterior



- PSK coherente

- 0 - Invierte la fase de la portadora
- 1 - Respeta la fase de la portadora



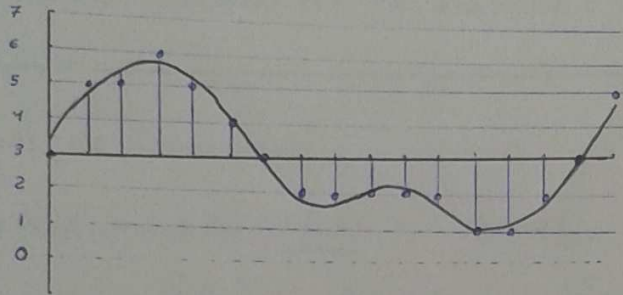


## Modulación PCM

La modulación PCM pretende pasar una señal analógica, como la voz humana a datos binarios para poder ser transmitidos por un medio digital.

Señal moduladora: Analógica, voz.

Señal portadora: Muestreo de pulsos digitales



Esta secuencia de niveles puede ser pasada a binario

- 3, 5, 5, 6, 5, 4, 3, 2, 2, 2, 2, 2, 1, 1, 2, 3, 5

- 0011, 0101, 0110, ...

sea  $n$  el número de bits necesarios para representar los estados. En el ejemplo anterior  $n=3$

entonces.

$$V_t \text{ (digital)} = \frac{n}{T_m \text{ - Señal}} = n \cdot f_m \text{ - señal} = n \cdot 2B_{\text{señal}} \text{ bps}$$

## Fibra Optica

- Dispositivos emisionos

- Diodo de infrarojos IRED
  - $T_{conn} \approx 20 \text{ ns}$
  - $\Delta\lambda \approx 40 \text{ nm}$

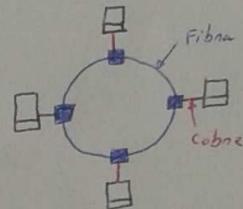
- Diodo laser
  - $T_{conn} \approx 1 \text{ ns}$
  - $\Delta\lambda \approx 2 \text{ nm}$

- Dispositivos receptores

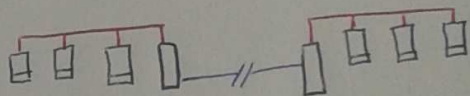
- Fotodiodo semiconductor en avalancha (APD)

- Medios de transmision

- Red en anillo FDDI  $\sim 100 \text{ Mbps}$



- Extension del bus



## Ancho de banda fibra

$$f = \frac{c}{\lambda} \text{ Hz}$$

- La frecuencia es la velocidad de propagación de la luz en el medio "c"  $3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$  dividido de la longitud de onda empleada.

## Bandas de frecuencias

Banda	Frecuencia	Usos
VLF	< 30 KHz	Audio
LF	30 - 300 KHz	Marítimo
MF	300 KHz - 3 MHz	Radio
HF	3 - 30 MHz	—
VHF	30 - 300 MHz	Radio FM, TV, Radar
UHF	300 MHz - 3 GHz	Radar, TV, Microondas
SHF	3 GHz - 30 GHz	Satélite, Microondas, Radar
EHF	30 - 300 GHz	Radar, Infrarrojo
SEHF	300 - 3000 GHz	Infrarrojo



## Medios de transmisión

### • Cable STP (Shield Twisted Pair)

Cables de par trenzado protegidos por jaula de Faraday

Velocidad  $\leq 1 \text{ Gbps}$

Distancia  $\leq 100 \text{ Mts}$

### • Cable coaxial $50\Omega$

- Transmisión en banda base

- Velocidad  $\leq 10 \text{ Mbps}$

- Distancia  $\leq 100 \text{ Mts}$  cable fino

- Distancia  $\leq 500 \text{ Mts}$  cable grueso

### • Cable coaxial $75\Omega$

- Transmisión en banda modulada

- Multiplexión de canales. Ancho de banda  $300 \text{ MHz}$

- Uso común para televisión.

### • Cable UTP (Unshield Twisted Pair)

Cable de par trenzado sin pantallas

Distancia  $\leq 100 \text{ Mts}$

Categoría 3:  $30 \text{ Mbps} \leftarrow 30 \text{ MHz}$

Categoría 5:  $100 \text{ Mbps} \leftarrow 100 \text{ MHz}$

Categoría 6:  $1 \text{ Gbps} \leftarrow 250 \text{ MHz}$

### • Fibra Óptica $\rightarrow 100 \text{ Gbps}$ a varios kilómetros

- Núcleo de cristal de sílice

- Recubrimiento de sílica

- Fibra multimodo o de índice de salto —  $20 \text{ MHz/Km}$

- Múltiples haces de luz con diferentes ángulos

- Distorsión a causa de los diferentes recorridos

- Fibra de índice gradual. —  $500 \rightarrow 1000 \text{ MHz/Km}$

- Índice de refracción variable para reducir la distorsión multimodo

- Fibra monomodo —  $1 \rightarrow 10 \text{ GHz/Km}$

- Núcleo muy reducido  $< 10 \mu\text{m}$

- Un único haz de luz

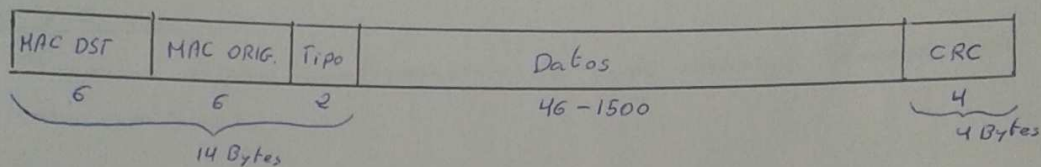
- Distorsión en el pulso denominada "dispersión intramodal"

## Nivel de enlace

### • Funciones

- Delimitación de tramas: Identifica el inicio y fin de un paquete
- Direccionamiento: Identifica los extremos en un medio físico
- Control de errores: Asegura una transmisión sin errores debidos al medio físico.
- Control de flujo: Control de tramas entre emisor/receptor para evitar saturaciones y reenvío de paquetes incorrectos.

### • Formato



Direccionamiento Implícito: No es necesario especificar el origen y destino  
Redes ppp

Direccionamiento Explícito: Es necesario indicar origen y destino  
Redes Eth

### • Control de errores

#### • Códigos de corrección de error

No se van a estudiar, pues tan solo se usan en sondas espaciales donde el tiempo de transmisión supera al tiempo de cómputo.

#### • Detección por paridad

Paridad Par: 001001011

Paridad impar: 001001010

#### • Paridad por filas y columnas

0	1	0	1	0	0
1	1	0	0	1	1
0	1	0	0	0	1
1	1	0	1	1	0
0	0	0	0	0	0

#### • Código CRC

El código CRC se basa en un polinomio generado que nos deben proporcionar

$$\text{Trans} = \text{Mensaje} - \frac{\text{Mensaje}}{P(x)} \parallel \frac{\text{Mensaje}}{P(x)}$$



## Algoritmos de control de flujo

### • Algoritmos

- Parada y espera
- Ventana deslizante

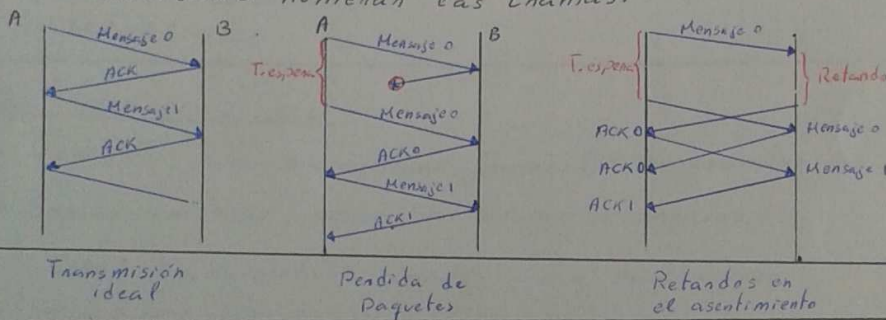
### • Objetivos

- Control del correcto envío y recepción a nivel de enlace
- Control de sincronización entre emisor/Receptor.
- Evitar saturaciones

Nota: El control de flujo se puede implementar a nivel de enlace (físico) o a nivel de transporte (TCP).

## Parada y espera

- El emisor espera confirmación de cada mensaje transmitido para poder continuar.
- Bajo aprovechamiento del medio.
- Es necesario numerar las tramas.



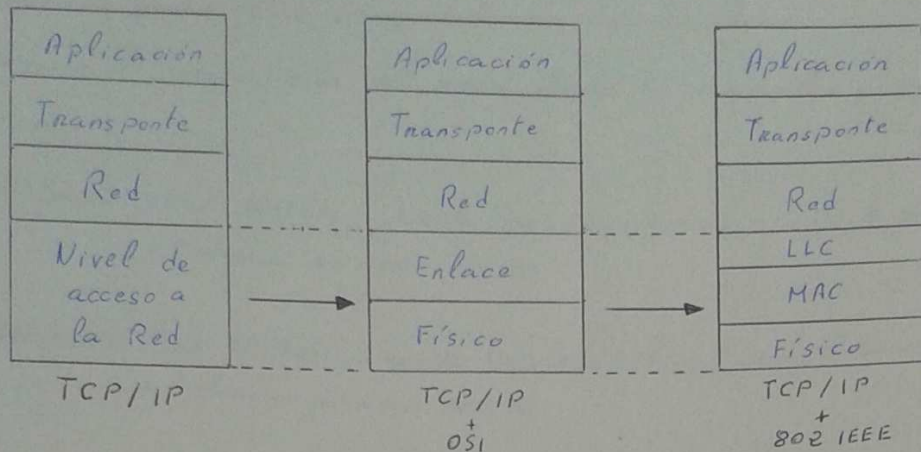
## Protocolo de ventana deslizante

- El objetivo es mejorar el aprovechamiento del canal, enviando datos aunque no se haya recibido el ACK.
- Cada vez que emisor envía paquete, añade secuencia a ventana de emisor. Al recibir ACK<sub>n</sub> desplaza su ventana hasta el primer paquete sin ACK.
- Receptor espera paquetes dentro de su ventana. Cuando recibe un paquete, envía ACK<sub>n</sub>.
- El tamaño de la ventana de emisor varía, la de receptor es constante.
- El protocolo es bidireccional, se puede enviar mensaje y ACK en la misma trama/paquete.
- A mayor ventana de emisor, mayor desaprovechamiento del medio.
- El tamaño de ventana no debe permitir repeticiones en un ciclo.
- El tamaño óptimo de ventana emisor es

$$W_{emisor} = \frac{\text{Tiempo Total}}{\text{Tiempo trama}}$$

# Redes LAN

## • Arquitectura



LLC: Protocolo de enlace lógico 802.2

MAC: Protocolo de acceso al medio

802.3: Ethernet

802.5: Token Ring

802.11x: Lan inalámbrica

802.1Q: VLAN

## Protocolo IEEE 802.2 LLC

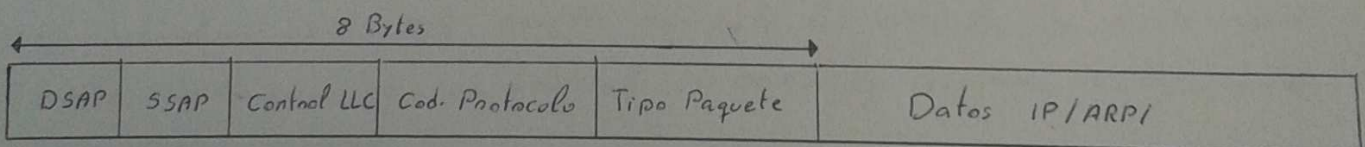
- Diseñado para proporcionar funcionalidades asociadas al modelo OSI
- Basado en HDLC, dispone de 3 tipos de servicios.

Tipo 1. No orientado a conexión y sin confirmación

Tipo 2. Orientado a conexión

Tipo 3. No orientado a conexión con confirmación

## • Formato del paquete LLC



DSAP. Punto de acceso al servicio destino. → 170

SSAP. Punto de acceso al servicio de origen. → 170

Control LLC. → 3

Código de protocolo. Tipo de información contenida → 0

Tipo de paquete. → IP → 2048 0800

→ ARP → 2054 0806



## IEEE 802.3 Ethernet

- Origen histórico, Xerox en 1975, la primera red local de Bus a 2,94 Mbits.
- Emplea un medio físico compartido con topología Bus.
- Debido a la compartición del medio, ethernet es semiduplex y CSMA/CD.
- Versiones

10Base2 • Red 10 Mbits, banda Base (Manchester), coaxial fino  
• Distancia máxima 185 Mts

10Base5 • Red 10 Mbps, banda Base (Manchester), coaxial grueso  
• Distancia máxima 500 Mts

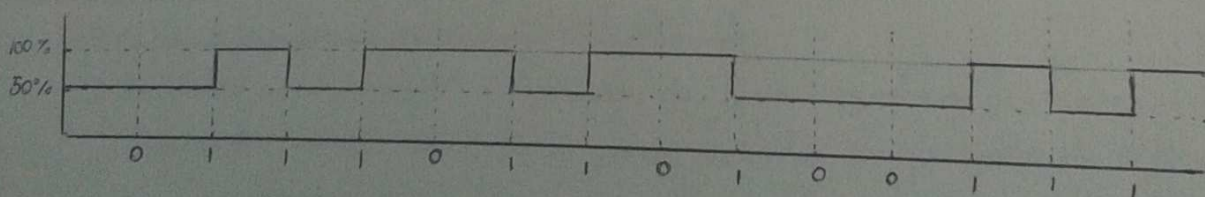
- MTU: 1492 bytes
- Formato del paquete

Preambulo	MAC DST	MAC ORG	Tipo	Datos	CRC
8 bytes	6 bytes	6 bytes	2 bytes	46 - 1500 bytes	4 bytes

- El tamaño máximo de un área de colisión en ethernet es de 2,5 Km para un paquete mínimo de 64 bytes.
- El tiempo mínimo de transmisión para el correcto funcionamiento de CSMA/CD se denomina "tiempo de ranura".

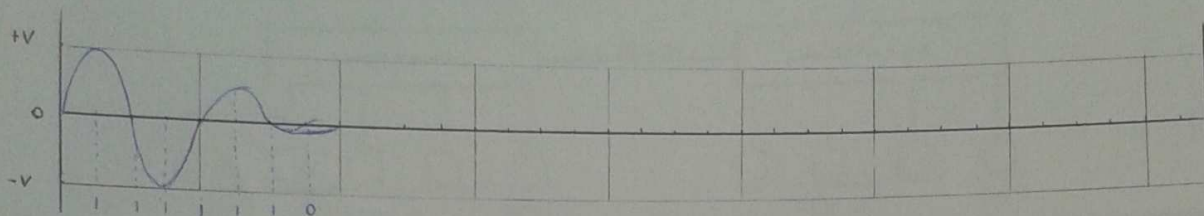
## Fast Ethernet IEEE 802.3u

- Aparecen los switch o conmutadores, que reducen el área de colisión y permiten la coexistencia de semiduplex + CSMA/CD y full duplex.
- Desarrollo de cables UTP cat 5, STP y fibra óptica con mayor ancho de banda.
- Se introduce sincronismo emi/rec enviando los símbolos de 4 bits como 5 bits, por lo que para una velocidad de 100 Mbps es necesaria 125 Mbps, y por tanto un ancho de banda
- Sobre fibra óptica se emplea una codificación NRZL. Un cambio de amplitud indica un 1



- Fast ethernet sobre cable UTP-5 utiliza una codificación de 4B/5B sobre MLT-3 (con manchester sería necesario  $B = 125 \text{ MHz} > \text{UTP5}$ ).

- MLT-3 define 3 niveles de tensión, un cambio de tensión indica la presencia de 1. De esta forma se pueden transmitir hasta 4 bit por armonico y se reduce el ancho de banda necesario a  $4/125 = 31,25 \text{ MHz}$ .



### Gigabit Ethernet IEEE 802.3z → 1000BaseT

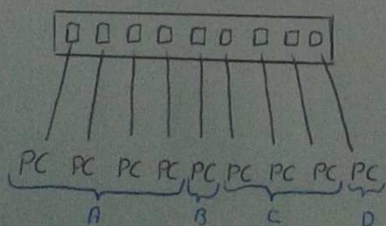
- Al igual que fastethernet, Gigabit utiliza conmutadores y permite el uso de Semiduplex + CSMA/CD como de full-duplex.
- Alcanzar 1 Gbps con UTP-5 es complejo, 1000BaseT puede lograr 1 Gbps a 100Mts empleando 4 pares de hilos para transmitir y recibir simultáneamente.
- Sobre fibra óptica o cable STP se codifican 8B/10B introduciendo sincronización a una distancia de 25Mts.
- 1000BaseSx y 1000BaseLx multimodo alcanza 500Mts.
- 1000BaseLx en monomodo alcanza los 5Km.

### Gigabit Ethernet 802.3ae 10GBase-xx

- 10 Gigabit funciona con conmutadores y solo en full duplex. No hay CSMA/CD.
- El único medio es fibra óptica, estandar SDH.
- Distancia máxima multimodo 300Mts
- Distancia monomodo 50Km.

### Red de área local virtual (VLAN) 802.1Q

- Se divide un conmutador en grupos, de forma que una estación solo puede transmitir a los otros de su grupo, incluidos los paquetes de difusión.

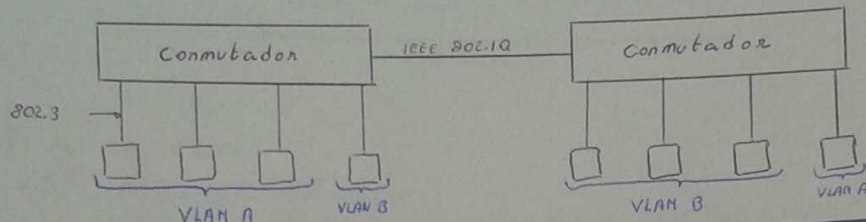


MAC	VLAN
A	A
B	A
C	A
D	A
E	B
F	C
G	C
H	C
I	D



## 802.1Q VLAN

- El 802.1Q es una trama basada en ethernet 802.3 que incluye información de la VLAN y se usa en el enlace troncal entre conmutadores VLAN.
- Por tanto los conmutadores VLAN usan 802.3 en comunicación con los equipos y 802.1Q en el troncal con otros conmutadores.

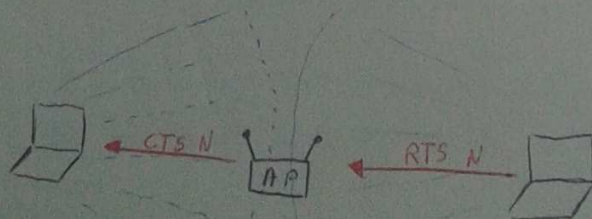


## IEEE 802.11x LAN Inalámbrica

802.11	→	1,2 Mbps	
802.11a	→	6 - 54 Mbps	
802.11b	→	1 - 11 Mbps	→ 2,4 GHz y 2,5 GHz
802.11g	→	6 - 54 Mbps	→ 2,4 GHz
802.11n	→	150 Mbps	→ 2,4 y 5 GHz

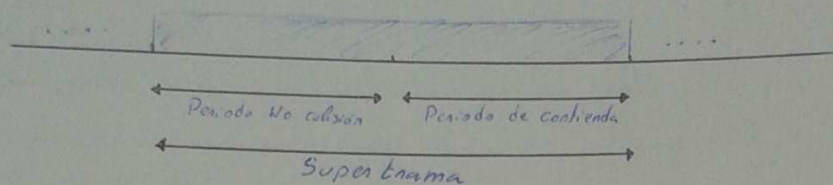
## Lan inalámbrica, acceso al medio

- DCF: Función de coordinación distribuida
  - Empleado en Ad-hoc
  - Empleado en infraestructura
  - Se compete por el medio con CSMA/CA
- PCF: Función de coordinación centralizada
  - Empleado en infraestructura
  - El punto de acceso controla el uso del medio
- DCF + RTS/CTS:
  - Empleado para evitar el solapamiento de estaciones ocultas
  - Transmisor envía a todas las estaciones visibles RTS indicando un tiempo de silencio.
  - Todas las estaciones que escuchan RTS envían CTS a todas las estaciones visibles propagando el tiempo de silencio.
  - Transmisor envía datos a receptor durante el silencio.



## Acceso al medio inalámbrico coordinación centralizada.

- El punto de acceso divide el tiempo en celdas de tiempo denominadas "Supercanales", cada supercanal se divide en 2 partes.



### Periodo de no colisión:

- El AP controla el medio
- Una estación solo transmite a petición del AP
- El AP aprovecha para enviar señal de baliza (SSID)

### Periodo de contienda

- Las estaciones compiten por el medio con CSMA/CA
- Los paquetes entre estaciones se envían por mediación del AP

## Redes WIFI Autenticación y cifrado

### Principios de seguridad.

- Autenticación: Identifican a la estación como usuario autorizado.
- Integridad: Cifrado de la información.

### Mecanismos.

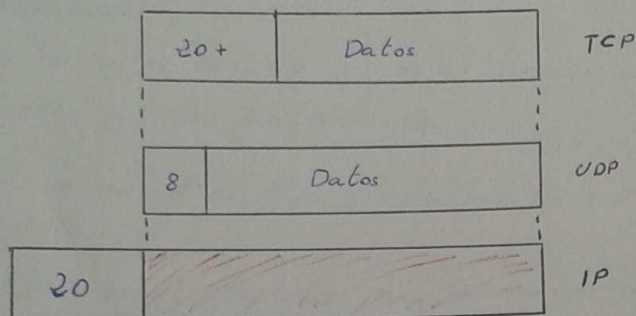
- Ocultación del SSID
- Filtro MAC
- Cifrado WEP: Clave compartida de 64 o 128 bits basado en algoritmo RC4. Obsoleto por errores conocidos de seguridad.
- Cifrado WPA: Basado en WEP (RC4) introduce TKIP, lo que modifica la clave de cifrado cada cierto tiempo. Se consigue romper en 2009.
- Cifrado WPA-enterprise: Cada usuario dispone de una clave que se verifica contra un servidor radius usando protocolo EAP.
  - EAP/TLS: Certificado de servidor y cliente
  - EAP/TTLS o PEAP: Certificado de servidor, el cliente se valida con usuario y contraseña
  - LEAP: Sistema propiedad de CISCO que emplea CHAP.
- WPA2: En lugar de TKIP, permite utilizar mecanismo de cifrado AES que en la actualidad no se ha roto.



## Protocolos TCP y UDP

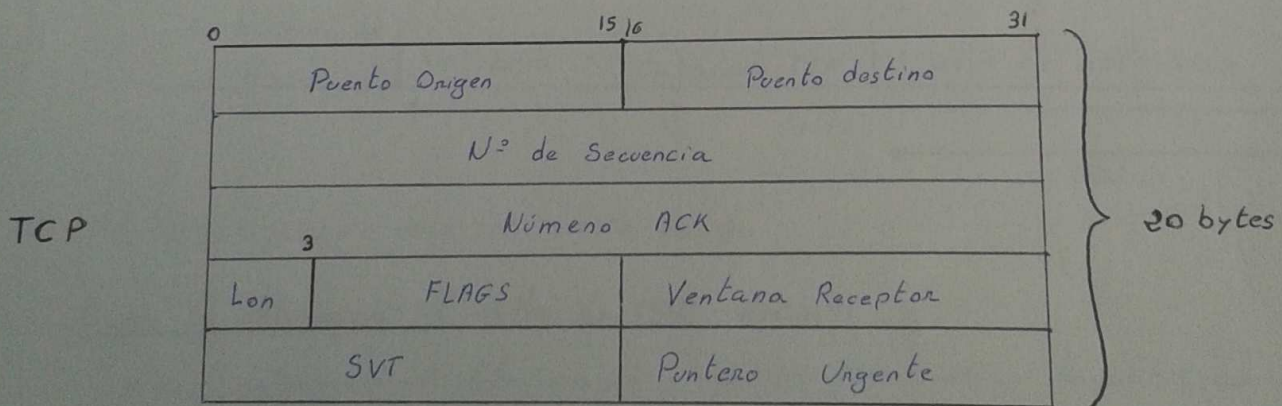
TCP: Protocolo de control de transmisión (Telnet, FTP, SMTP, POP)

UDP: Protocolo de datagramas de usuario (DNS, SNMP, RIP)



Socket: Conjunto formado por una IP y puerto de origen más una IP y puerto de destino.

Puerto: Valor de 16 bits que identifica un buffer, en las máquinas de origen y destino.



N° de secuencia: Numeración de secuencia para el primer byte del campo datos

N° ACK: Número de la siguiente secuencia que se espera recibir.

Lon: Número de palabras de 32 bits que forman la cabecera (Min 5) (0101)

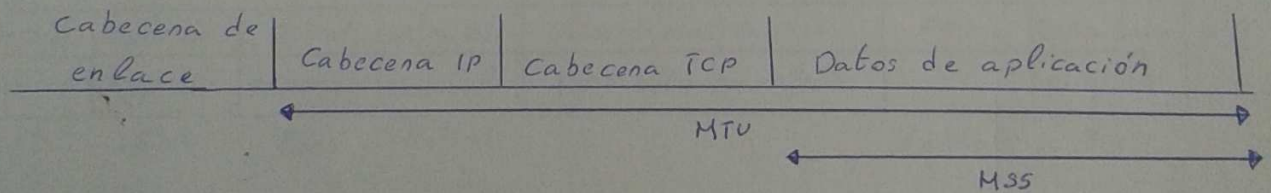
ventana: Indica el número de bytes que el emisor puede recibir en su buffer.

Puntero urgente: Desplazamiento desde datos que es información urgente para la capa aplicación

- FLAGS:**
- ACK: indica que "N.º ACK" es válido y debe interpretarse
  - PSH: (push) indica que los datos deben enviarse a aplicación sin esperar a recibir más datos.
  - RST: indica un rechazo de la conexión.
  - SYN: Se usa para solicitar conexión
  - FIN: Se usa para solicitar fin de la conexión

### TCP características

- Agrupa los bytes en paquetes de un tamaño adecuado para mejorar rendimiento y evitan fragmentación.
- Emplea un control de flujo y asentimientos o ACKs para confirmar las recepciones.
- Ordena los paquetes recibidos para entregarlos en orden a la capa de aplicación.
- El receptor indica con un ACK el número del siguiente byte que desea recibir indicando así una correcta recepción hasta ese byte.
- Al establecer la conexión se negocia el MSS (Maximum Segment Size) que depende del valor de las MTUs.



$$MSS = MTU - C.IP - C.TCP = MTU - 20 - 20$$

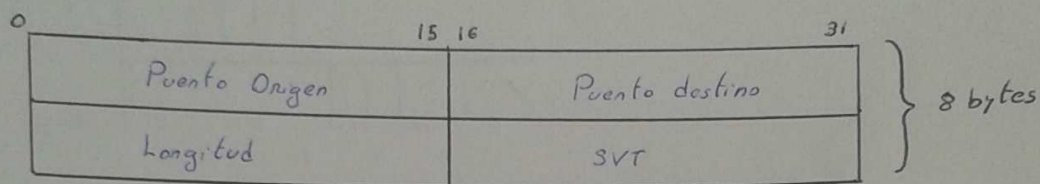
### Como se determina el valor de MSS RFC 1191

- Para determinar el valor, emisor y receptor intercambian paquetes con "DF", de esta manera, si alguna red intermedia necesita fragmentar, retornará un ICMP de error incluyendo la MTU de su segmento, de esta manera se determina el nuevo valor de MSS.



## Protocolo UDP

- No se establece conexión
- Trabaja con datagramas completos. Por cada bloque de datos enviado de aplicación a transporte se genera un paquete UDP.
- Sin control de flujo
- Cabeceas simples, lo que produce poca carga adicional.
- Permite usar como IP de destino a Broadcast ya que no hay conexión.



Longitud: Número total de bytes del paquete UDP

SVT: Suma de verificación

## Protocolo punto a punto PPP

- Proporciona sobre una línea punto a punto, autenticación, detección de errores y soporte para diversos protocolos de red "IP, IPX, OSI".
- Comúnmente utilizado para redes WAN.

Delimitador	Dirección	Control	IP, IPX, OSI	Datos de nivel de Red	FCS	Delimitador
01111110	11111111	00000011	Protocolo	1500 bytes por defecto		01111110
8 bits	8 bits	8 bits	8 o 16 bits		16 o 32 bits	8 bits

Delimitador: Limita el principio y fin del encapsulado.

Dirección: } valor fijo. Mantienen compatibilidad con otros protocolos

Control: }

Protocolo: Especifica el tipo de paquete contenido en "Datos"

FCS: Suma de control.

## Protocolos de encaminamiento Autónomos

### • Protocolo BGP (Border Gateway Protocol) Encaminamiento entre sistemas autónomos

- Cada sistema autónomo establece un router de frontera que se encarga de comunicarse con otros routers frontera.
- Intercambian información mediante TCP 179
- Comunican entre sí la alcanzabilidad de sus redes
- BGP comunica inicialmente todas las redes alcanzables y después solo comunica actualizaciones.
- Soporta autenticación.
- BGP solo informa de accesibilidad, no entiende de rutas ni métricas.
- BGP establece conexión entre pares de routers frontera. Requiere conectividad entre todos los routers frontera.
- BGP informa de destinos "existentes" y "No existentes"

### • Protocolo RIP (Routing Information Protocol) Encaminamiento dentro de sistemas autónomos.

- Basado en el algoritmo de vector-distancia (Bellman-Ford)
- Cada router dispone de una tabla con información de destinos y métrica además de la puerta de enlace apropiada.
- Cada router propaga la información de sus tablas. El resto de routers actualizan sus tablas si encuentran un camino más corto.
- Si un destino no es accesible en 180 segundos, se elimina de las tablas.
- Las tablas no almacenan destinos a más de 16 saltos.
- Los mensajes RIP se envían a la dirección de difusión por UDP 570.
- RIP v.2 envía los mensajes a la dirección de multidifusión 224.0.0.9  
Para evitar que las estaciones que no usan RIP procesen el mensaje

### • Protocolo OSPF (Open Shortest Path First)

- Alternativa a RIP que usa Dijkstra para buscar el camino más corto asignando un peso no por número de saltos, sino por velocidad de conexión.
- Mensajes IP a multicast 224.0.0.5