

A stylized world map in a light blue color, centered on the Atlantic Ocean, set against a dark blue background with a subtle grid pattern.

Clases de Arquitectura de Redes

Para Ingeniería Informática

Martes 14 de noviembre

TEORÍA LIBRO

TEORÍA CONCRETA

FORMULARIO

PROBLEMAS

Martes 14 de noviembre

Temario del libro:

Capítulo 1: Redes de computadoras e Internet.

Capítulo 2: La capa de aplicación.

Capítulo 3: La capa de transporte.

Capítulo 4: La capa de red.

Capítulo 5: La capa de enlace y las redes de área local.

Capítulo 6: Redes inalámbricas y móviles.

Capítulo 7: Redes multimedia.

Capítulo 8: Seguridad en las redes de computadoras.

Capítulo 9: Gestión de redes.

Martes 14 de noviembre

Temario del libro:

Capítulo 1: Redes de computadoras e Internet.

Objetivo

1.1 ¿Qué es Internet?

1.2 Frontera de la red

1.3 Núcleo de la red

1.4 Retardos, pérdidas y tasa de transferencia en las redes de conmutación de paquetes

1.5 Capas de protocolos y modelos de servicio

Modelo de referencia ISO/OSI

1.6 Ataques a las redes: seguridad

1.7 Historia

Teoría de colas

Martes 14 de noviembre

Temario del libro:

Capítulo 2: La capa de aplicación.

Objetivo

2.1 Principios de las aplicaciones en red

2.2 Web y HTTP

2.3 FTP

2.4 Correo electrónico

2.5 DNS

2.6 Aplicaciones P2P

2.7 Programación de sockets con TCP

2.8 Programación de sockets con UDP

Martes 14 de noviembre

Temario del libro:

Capítulo 3: La capa de transporte.

Objetivo

3.1 Servicios de la capa de transporte

3.2 Multiplexación y desmultiplexación

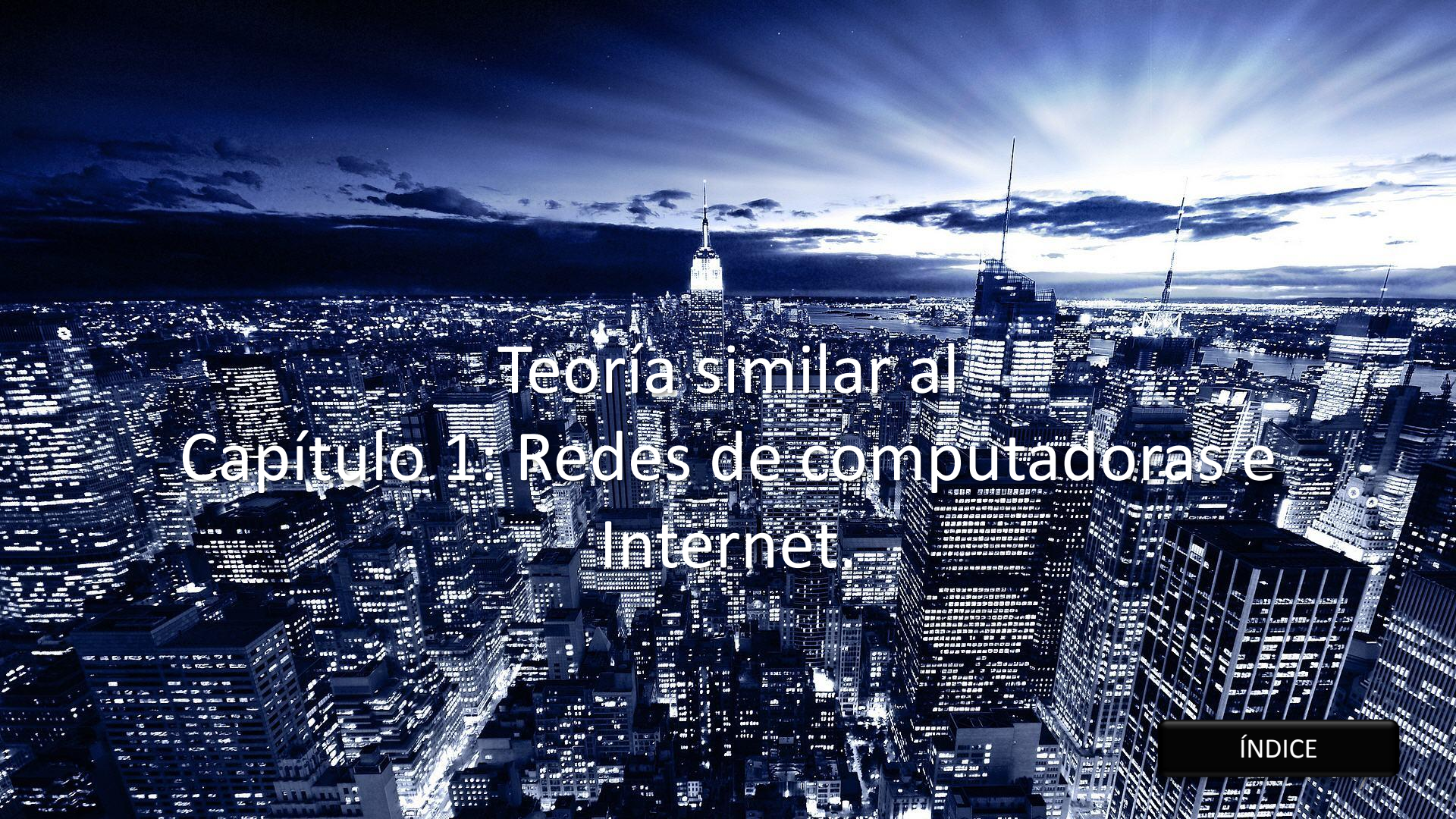
3.3 Transporte sin conexión: UDP

3.4 Principios de transferencia de datos fiable

3.5 Transporte orientado a conexión: TCP

3.6 Principios de control de congestión

3.7 Control de congestión TCP

An aerial night view of a city skyline, likely New York City, with the Empire State Building prominently visible in the center. The city is illuminated with lights, and the sky is dark with some clouds. The text is overlaid on the image.

Teoría similar al

Capítulo 1: Redes de computadoras e Internet.

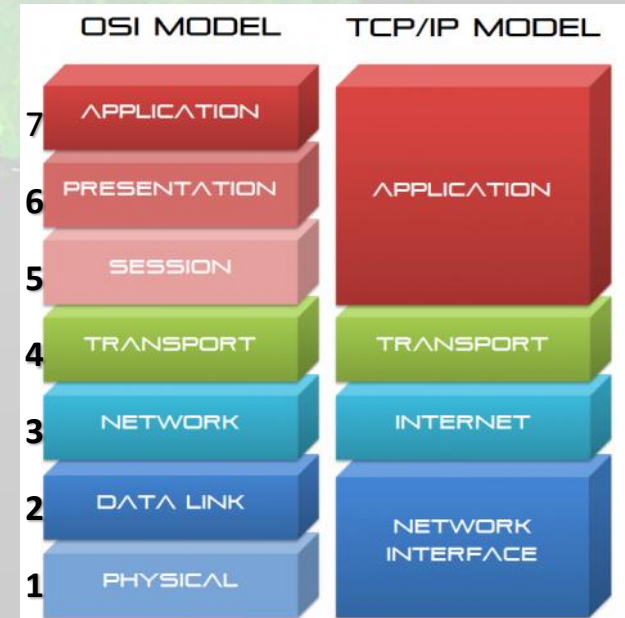
ÍNDICE

Redes de comunicaciones

BREVE REPASO DE LA TEORÍA VISTA

Sobre el modelo de la OSI:

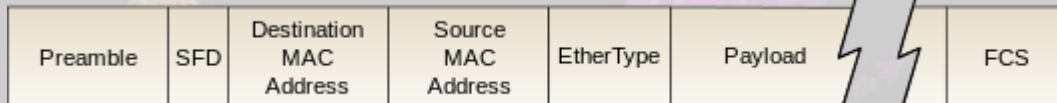
- Su desarrollo comenzó en 1977.
- El modelo de la OSI fracasó por 4 motivos:
 - Extemporaneidad.
 - Tecnología infructuosa.
 - Implementación infructuosa.
 - Política infructuosa.
- Este modelo está dividido en siete (7) capas o niveles:
 1. Física
 2. Enlace de datos
 3. Red
 4. Transporte
 5. Sesión
 6. Presentación
 7. Aplicación
- Regla nemotécnica 1: **All People Seem To Need Data Processing**
- Regla nemotécnica 2: **Please Do Not Throw Sausage Pizza Away**
- Regla nemotécnica 3: **FERTSPA, en inglés es First Spa**
- Para saber más: **OSI Reference Model Layer Mnemonics**



Redes de comunicaciones

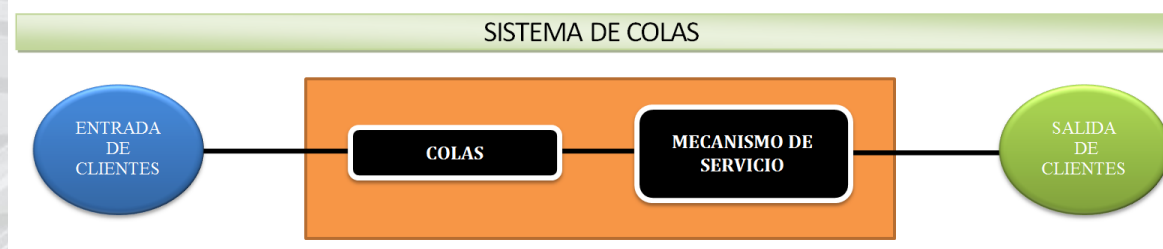
BREVE REPASO DE LA TEORÍA VISTA

Frame type	MTU	Layer 1 overhead		Layer 2 overhead		Layer 3 overhead	Layer 4 overhead	Payload size	Total transmitted	Efficiency
Standard	1500	preamble 8 byte	IPG 12 byte	frame header 14 byte	FCS 4 byte	IPv4 header 20 byte	TCP header 20 byte	1460 byte	1538 byte	94.93%
Jumbo	9000	preamble 8 byte	IPG 12 byte	frame header 14 byte	FCS 4 byte	IPv4 header 20 byte	TCP header 20 byte	8960 byte	9038 byte	99.14%
IEEE 802.11	7935	PLCP preamble & header 24 byte	IPG varies	frame header & security ovhd 52 byte	FCS 4 byte	IPv4 header 20 byte	TCP header 20 byte	7895 byte	8015 + IPG size byte	< 98.5%



NOTAS: IPG = INTERPACKET GAP | FCS = FRAME CHECK SEQUENCE | PLCP = PHYSICAL LAYER CONVERGENCE PROCEDURE | SFD = START FRAME DELIMITER

Teoría de colas



SALTAR

Teoría de colas

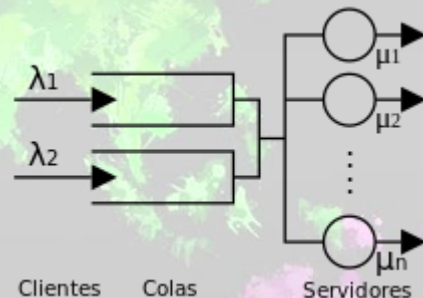
TEORÍA

TEORÍA DE COLAS

Definición formal: La teoría de colas es el estudio matemático de las colas o líneas de espera dentro de un sistema. Esta teoría estudia factores como el tiempo de espera medio en las colas o la capacidad de trabajo del sistema sin que llegue a colapsarse.

En el caso concreto de la ingeniería, la teoría de colas permite **modelar sistemas** en los que varios agentes que demandan cierto servicio o prestación.

En el contexto de la informática y de las tecnologías de la información y la comunicación las situaciones de espera dentro de una red son más frecuentes. Así, por ejemplo, los procesos enviados a un servidor para su ejecución forman colas de espera mientras no son atendidos; la información solicitada, a través de Internet, a un servidor Web puede recibirse con demora debido a la congestión en la red; también se puede recibir la señal de línea de la que depende nuestro teléfono móvil ocupada si la central está colapsada en ese momento, etc.



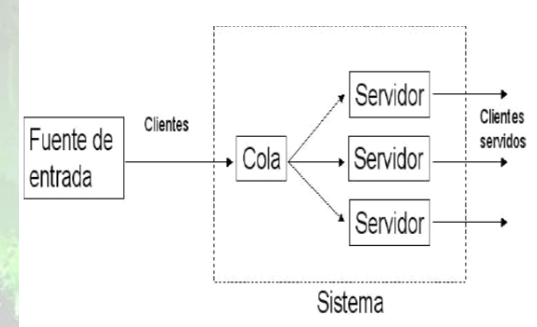
Teoría de colas

TEORÍA

TEORÍA DE COLAS

Ejemplos de colas:

- personas esperando por un servicio (bibliotecas, bancos, gasolineras, urgencias en hospital, . . .)
- máquinas esperando por una reparación, piezas de un producto esperando a ser ensambladas
- programas de ordenador esperando a ser ejecutados por un procesador, información de internet esperando en un nodo para ser transferida a su destino
- aviones esperando a despegar o aterrizar



Teoría de colas

TEORÍA

TEORÍA DE COLAS

Más ejemplos:

Clientes	Servicio	Servidores
Automóvil	Llenar depósito	Surtidor
Automóvil	Reparación avería	Operarios taller
Avión	Aterrizaje / despegue	Pista
Cajas	Transporte	Robot de almacenamiento
Cientes banco	Operación financiera	Ventanilla
Cientes supermercado	Cobro compra	Caja
Cientes tienda	Venta artículo	Dependiente
Enfermos	Atención médica	Médico
Juicios pendientes	Juicio	Jueces
Llamadas telefónicas	Conversación	Centralitas



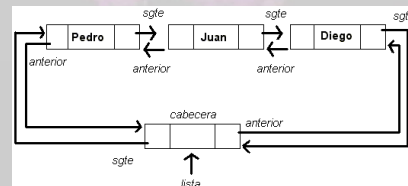
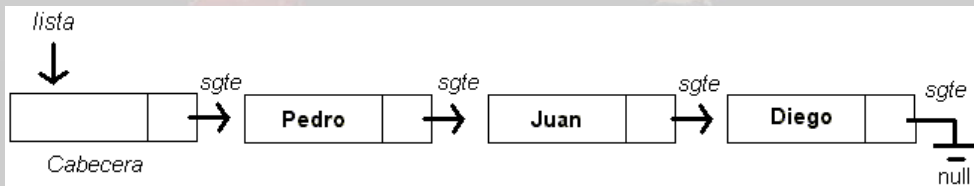
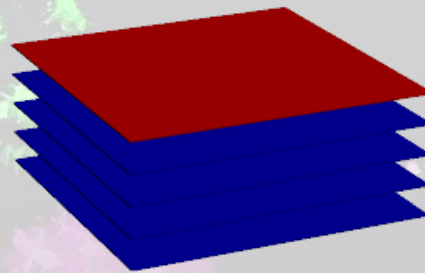
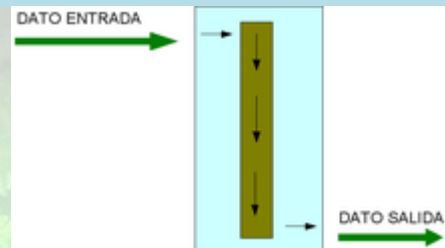
Teoría de colas

TEORÍA

TEORÍA DE COLAS

Tipología de colas:

- en una cola los elementos son recuperados en orden FIFO (lo primero en entrar es lo primero en salir). También se le denomina «primero en llegar, primero en ser atendido», en inglés: First Come, First Served (FCFS)
- en una pila los elementos son recuperados en orden LIFO (lo último en entrar es lo primero en salir)



Teoría de colas

TEORÍA

TEORÍA DE COLAS

Problema a resolver:

- Las líneas de espera generan malestar, ineficiencia, retraso y otros problemas, lo que origina un coste de tiempo y económico
- Es muy importante evaluar el balance entre el aumento del nivel de servicio y el tamaño de las colas de espera
- Por tanto, es necesario entender la relación entre el **número de servidores en un sistema** (o eficacia de los mismos) y la **cantidad de tiempo gastado en la cola** (o cantidad de clientes en la misma)
- En sistemas de colas sencillos dichas relaciones se pueden encontrar **analíticamente**
- En sistemas más complejos se pueden analizar mediante **simulación**



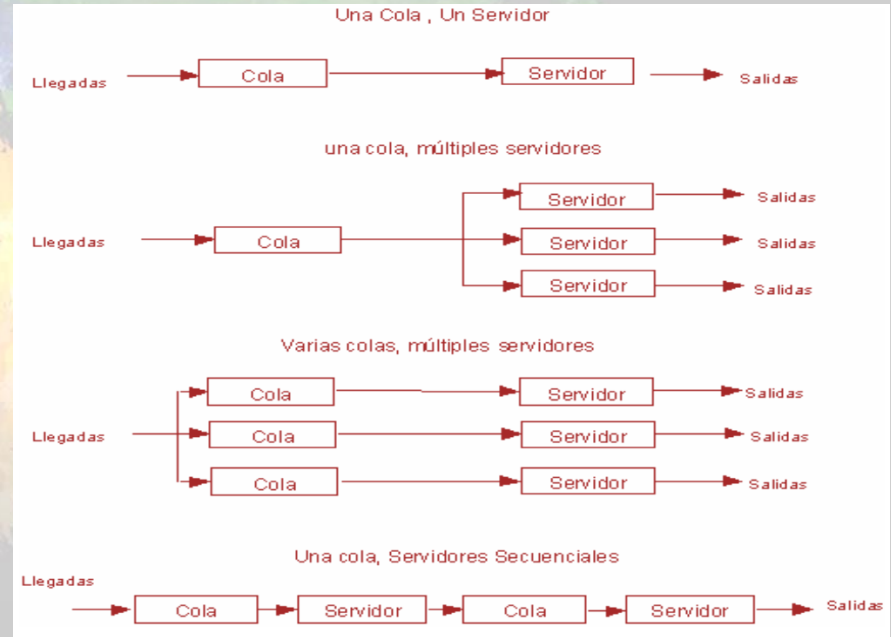
Teoría de colas

TEORÍA

TEORÍA DE COLAS

Elementos más importantes en un sistema de colas: **clientes** y **servicio**: (luego se verán las llegas y la fuente de entrada):

- Los clientes se caracterizan por los intervalos de tiempo que separan sus llegadas.
- Las llegadas de clientes pueden ser deterministas o aleatorios (en este caso se modelan mediante una distribución estadística).
- El servicio se caracteriza por el tipo y tiempo de servicio, además de por el número de servidores. El tipo de servicio o disciplina representa el orden en el que los clientes se seleccionan de la cola.
- Los tiempos de servicio también pueden ser deterministas o aleatorios (distribución estadística).
- Las variaciones en un sistema de colas pueden ser múltiples. Sólo se pueden resolver de forma analítica un conjunto reducido de sistemas.



Teoría de colas

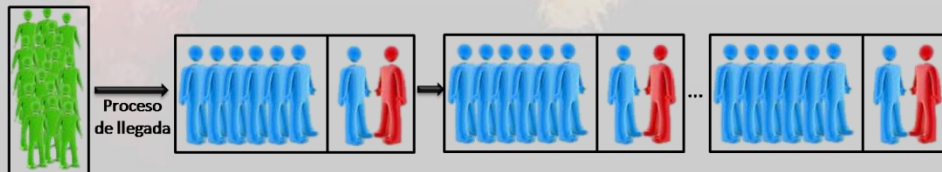
TEORÍA

TEORÍA DE COLAS

Las llegadas:

- Pueden existir una o varias fuentes.
- Se suele asumir independencia entre llegadas.
- Intervalos entre llegadas: deterministas o aleatorios.
- Tasa de llegadas: λ (Número medio de clientes que acceden al sistema por unidad de tiempo)
- Tiempo medio entre llegadas: $1 / \lambda$ (unidades de tiempo entre cada llegada de 1 cliente)

Sistema de cola



Teoría de colas

TEORÍA

TEORÍA DE COLAS

La fuente de entrada:

- Puede ser infinita o finita (sistemas abiertos o cerrados, respectivamente).
- Ejemplo de sistema abierto: un banco, ya que es prácticamente imposible que todos los posibles clientes coincidan en su llegada.
- Ejemplo de sistema cerrado: un servidor de internet con un número relativamente pequeño de usuarios autorizados (es posible que en un momento determinado se conecten todos los usuarios al servidor).
- Si la fuente es finita, entonces el número de clientes en la cola afecta al número de clientes fuera del sistema.
- La llegada puede ser en bloque o de forma unitaria. Frecuentemente el bloque se trata como un solo cliente.



Teoría de colas

TEORÍA

TEORÍA DE COLAS

Los clientes:

- Si son personas. pueden ser impacientes.
- Si son paquetes de datos, pueden tener un timeout o tiempo máximo de espera.
- Por tanto, los clientes se pueden perder, bien porque no entran en el sistema, bien porque abandonan tras un tiempo en el sistema.
- También, los clientes pueden percibir un ritmo más acelerado en una cola distinta y por tanto decidir cambiarse.



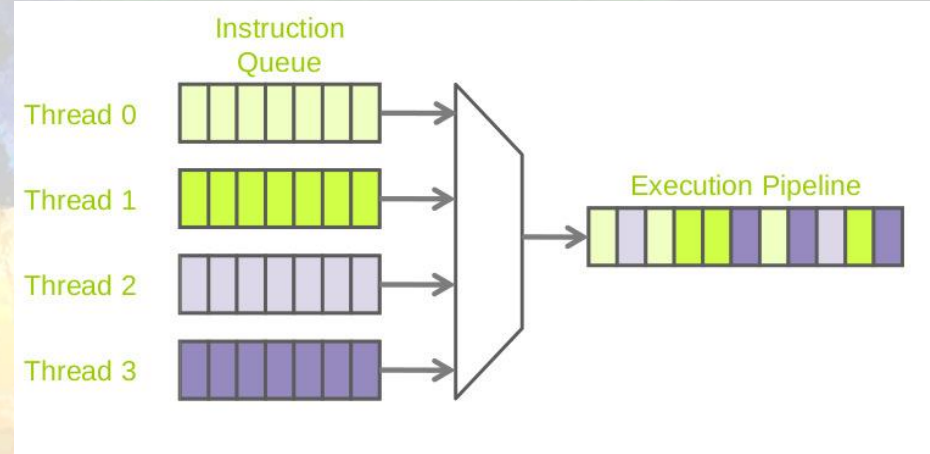
Teoría de colas

TEORÍA

TEORÍA DE COLAS

La cola o canal de espera:

- Puede ser de uno o varios canales.
- Puede existir interferencia entre canales.
- Puede ser de capacidad limitada.
- Disciplina de la cola tiene múltiples posibilidades: orden de selección en el servicio:
 - FIFO
 - LIFO
 - Aleatorio
 - orden de prioridad
 - etc.



Teoría de colas

TEORÍA

TEORÍA DE COLAS

El servicio:

- Pueden existir uno o varios servidores
- Se suele asumir independencia entre tiempos de servicio.
- Duración de los servicios: deterministas o aleatorios
- Tasa de servicio: μ = número medio de clientes que son atendidos por unidad de tiempo
- Tiempo medio de servicio: $1 / \mu$



Teoría de colas

TEORÍA

TEORÍA DE COLAS

Las características del sistema se indican con la notación Kendall, actualmente extendida a $1/2/3/(4/5/6)$ donde los números se reemplazan con:

1. Un código que describe el proceso de llegada. Los códigos usados son:
 - M para "Markoviano" (la tasa de llegadas sigue una distribución de Poisson), significando una distribución exponencial para los tiempos entre llegadas.
 - D para unos tiempos entre llegadas "determinísticas".
 - G para una "distribución general" de los tiempos entre llegadas, o del régimen de llegadas.
2. Un código similar que representa el proceso de servicio (tiempo de servicio). Se usan los mismos símbolos.
3. El número de canales de servicio (o servidores).



David George Kendall

Teoría de colas

TEORÍA

TEORÍA DE COLAS

Las características del sistema se indican con la notación Kendall, actualmente extendida a $1/2/3/(4/5/6)$ donde los números se reemplazan con:

4. La capacidad del sistema, o el número máximo de clientes permitidos en el sistema incluyendo esos en servicio. Cuando el número está al máximo, las llegadas siguientes son rechazadas. Un caso particular de esta situación es el modelo $M/M/n/n$ o Erlang-B, en el cual no hay cola de espera, sino n recursos (servidores) y hasta n usuarios como máximo; si llega el usuario $n+1$, es rechazado. Este último modelo es el que se aplica en telefonía convencional. Otro caso particular es el modelo Erlang-C o $M/M/n$, donde la capacidad del sistema es ilimitada, aunque haya sólo n recursos; en caso de llegar el recurso número $n+1$, pasará a una cola de espera, pero no es rechazado.



David George Kendall

Teoría de colas

TEORÍA

TEORÍA DE COLAS

Las características del sistema se indican con la notación Kendall, actualmente extendida a $1/2/3/(4/5/6)$ donde los números se reemplazan con:

5. El orden de prioridad en la que los trabajos en la cola son servidos:

- **First Come First Served (FCFS) o First In First Out (FIFO)**
- Last Come First Served (LCFS) o Last In First Out (LIFO)
- Service In Random Order (SIRO)
- Processor Sharing

6. El tamaño del origen de las llamadas. El tamaño de la población desde donde los clientes vienen. Esto limita la tasa de llegadas.



David George Kendall

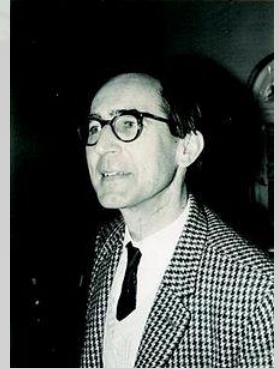
Teoría de colas

TEORÍA

TEORÍA DE COLAS

Algunos modelos típicos son:

- $M/M/1/\infty/\infty/FCFS$
 - denota un sistema abierto que contiene un único servidor con tiempos de llegada y servicio exponenciales, capacidad infinita y disciplina primero que entra, primero que se sirve
- $M/M/1/$
- $M/M/s/$
- $M/M/1/k$



David George Kendall

Teoría de colas

TEORÍA

TEORÍA DE COLAS

Distribuciones de las llegadas de clientes:

- En los sistemas de colas normalmente se asume que tanto las llegadas de clientes como los tiempos de servicio son aleatorios
- Es usual suponer que los tiempos entre llegadas y los de servicio se distribuyan de forma exponencial. En este caso, la probabilidad instantánea de ocurrencia de un suceso en las siguientes t unidades de tiempo es:

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} \quad \text{para } t \geq 0$$

- Donde λ (Número medio de clientes que acceden al sistema por unidad de tiempo) es la tasa de llegadas
- Esta distribución es útil ya que tiene la propiedad de falta de memoria y estacionariedad (el sistema se comporta, transcurrido un plazo, de forma estable e independientemente de las condiciones iniciales)



David George Kendall

Teoría de colas

TEORÍA

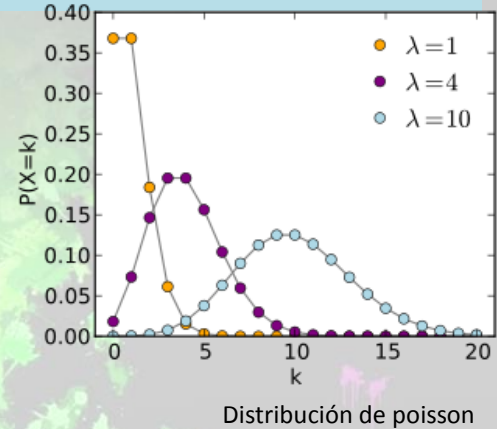
TEORÍA DE COLAS

Distribuciones de las llegadas de clientes:

- Una distribución exponencial de los tiempos entre llegadas implica una distribución de Poisson para las llegadas, es decir, el número de llegadas en el intervalo $(0, t]$ es una Poisson. Una distribución de Poisson describe la probabilidad de que lleguen n clientes en las siguientes t unidades de tiempo:

$$P(X_t = n) = e^{-\lambda t} \frac{(\lambda t)^n}{n!} \quad \text{para } n = 0, 1, \dots$$

- En la práctica, se habla de llegadas Poisson y tiempos de servicio exponencial
- En general se supone que el sistema se encuentra en estado estacionario (estabilidad independiente del tiempo)



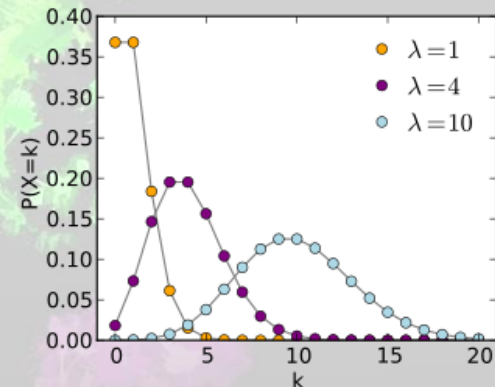
Teoría de colas

TEORÍA

TEORÍA DE COLAS

Empezando a hacer cálculos de eficacia de un sistema de colas:

- Parámetros de partida:
 - λ = Tasa de llegada. Dimensiones: número medio de llegadas por unidad de tiempo
 - μ = Tasa de servicio. Dimensiones: número medio de clientes que son atendidos por unidad de tiempo
 - s = Número de servidores. Dimensiones: unidades, adimensional
- Cálculos iniciales:
 - Tiempo medio entre llegadas: $1 / \lambda$
 - Tiempo medio de servicio: $1 / \mu$
 - Factor de utilización (intensidad de tráfico):
fracción esperada de tiempo que están ocupados los s servidores $\rho = \frac{\lambda}{s\mu}$



Distribución de poisson

Teoría de colas

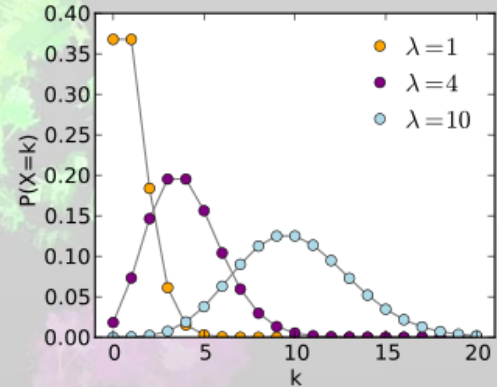
TEORÍA

TEORÍA DE COLAS

Empezando a hacer cálculos de eficacia de un sistema de colas:

- Cálculos más avanzados:

- $L = E[N]$ = valor esperado del número de clientes en el sistema
- $L_q = E[N_q]$ = valor esperado del número de clientes en cola
- T = tiempo de estancia de los clientes en el sistema
- $W = E[T]$ = tiempo medio de estancia de los clientes en el sistema
- T_q = tiempo de espera de los clientes en la cola
- $W_q = E[T_q]$ = tiempo medio de espera de los clientes en la cola
- $\bar{c}$ = número medio de servidores ocupados



Distribución de poisson

Teoría de colas

TEORÍA

TEORÍA DE COLAS

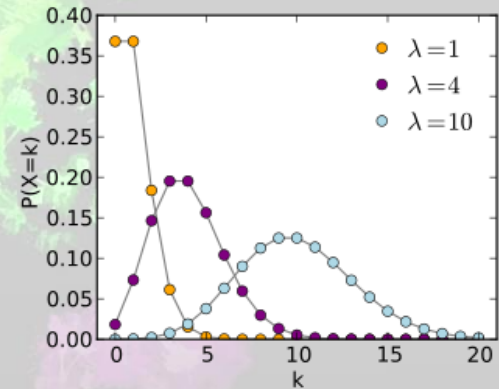
Siguiendo con los cálculos de eficacia de un sistema de colas:

Fórmulas de Little para condición estacionaria en sistema M/M/1

La condición estacionaria se produce cuando la distribución del número de clientes en el sistema se conserva a través del tiempo.

Las tasas de servicio deben ser iguales en el sistema:

- $L = \lambda \cdot W = L_q + \lambda / \mu$ = valor esperado del número de clientes en el sistema
- $L_q = \lambda \cdot W_q$ = valor esperado del número de clientes en cola
- $W = W_q + 1 / \mu$ = tiempo medio de estancia de los clientes en el sistema



Distribución de poisson

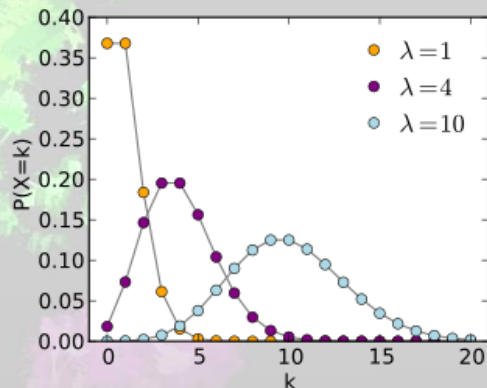
Teoría de colas

TEORÍA

TEORÍA DE COLAS

Fórmulas de Little para condición estacionaria en sistema M/M/1:

- $L = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{\lambda}{\mu-\lambda}$ = valor esperado del número de clientes en el sistema
- $L_q = \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu-\lambda)}$ = valor esperado del número de clientes en cola con 1 servidor
- $W = \frac{1}{\mu-\rho} = \frac{1}{\mu(1-\rho)}$ = tiempo medio de estancia de los clientes en el sistema
- $W_q = \frac{\rho}{\mu(1-\rho)}$ = tiempo medio de espera de los clientes en la cola
- $\rho = L - L_q = 1 - P_0$ = factor de utilización del servidor
- $P_0 = 1 - \rho$ = Probabilidad de tiempo de espera en cola nulo
- $P_0\{W_q > t\} = \rho \cdot e^{-\mu(1-\rho)t}$ = Probabilidad de tiempo de espera en cola $> t$
- $P_0\{W > t\} = e^{-\mu(1-\rho)t}$ = Probabilidad de tiempo de estancia en el sistema $> t$



Distribución de poisson

Teoría de colas

TEORÍA

TEORÍA DE COLAS

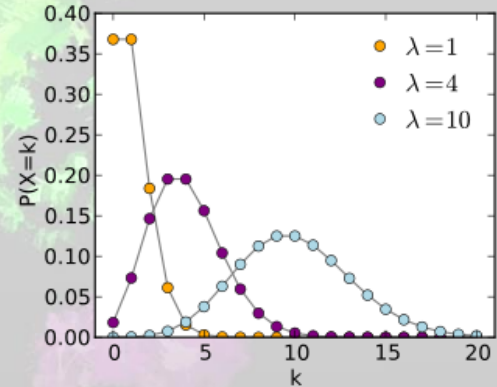
Fórmulas de Little para condición estacionaria en sistema M/M/1:

- Probabilidad de que haya k o más de k clientes en el sistema:

$$P(N \geq k) = 1 - \sum_{n=0}^{k-1} p_n = 1 - \sum_{n=0}^{k-1} \rho^n (1 - \rho) = 1 - (1 - \rho)(1 - \rho^k)/(1 - \rho) = \rho^k$$

- Probabilidad de que haya menos de k clientes en el sistema:

$$P(N < k) = 1 - \rho^k$$



Distribución de poisson

Teoría de colas

TEORÍA

TEORÍA DE COLAS

Fórmulas de Little para condición estacionaria en sistema M/M/s:

$$p_0 = \frac{1}{\sum_{n=0}^{s-1} \frac{(\lambda/\mu)^n}{n!} + \frac{(\lambda/\mu)^s}{s!(1-\rho)}}$$

$$\rho = \frac{\lambda}{s\mu} < 1$$

$$L_q = \frac{(\lambda/\mu)^s p_0 \rho}{s! (1-\rho)^2}$$

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda}$$

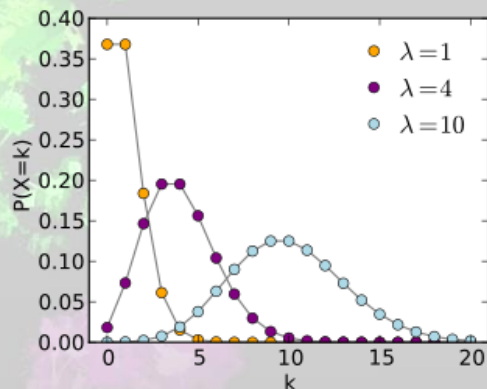
$$W = W_q + \frac{1}{\mu}$$

$$L = \lambda W = L_q + \frac{\lambda}{\mu}$$

$$p_n = \frac{(\lambda/\mu)^n p_0}{n!}, \quad \text{si } 0 \leq n \leq s$$

$$p_n = \frac{(\lambda/\mu)^n p_0}{s! s^{n-s}}, \quad \text{si } n > s.$$

$$p_w = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^s \frac{p_0}{s! (1-\rho)}$$



Distribución de poisson

Tiempo de transmisión y prop

TEORÍA

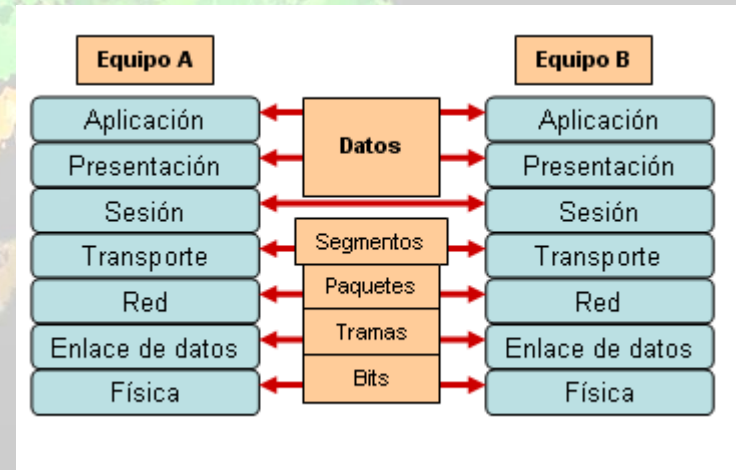
ENCAPSULAMIENTO EN REDES DE PAQUETES Y DE CIRCUITOS

El proceso desde que los datos son incorporados al ordenados hasta que se transmiten al medio se llama **encapsulación**.

La forma que adopta una sección de datos en cualquier capa se denomina Unidad de datos del protocolo (PDU). Durante la encapsulación, cada capa encapsula las PDU que recibe de la capa superior de acuerdo con el protocolo que se utiliza. En cada etapa del proceso, una PDU tiene un nombre distinto para reflejar su nuevo aspecto.

Aunque no existe una convención universal de nombres para las PDU, podemos tomar la clasificación usada en TCP/IP:

- Datos: el término general para las PDU que se utilizan en la capa de aplicación.
- Segmento: PDU de la capa de transporte.
- Paquete: PDU de la capa de Internetwork.
- Trama: PDU de la capa de acceso a la red.
- Bits: una PDU que se utiliza cuando se transmiten físicamente datos a través de un medio.



Tiempo de transmisión y prop

TEORÍA

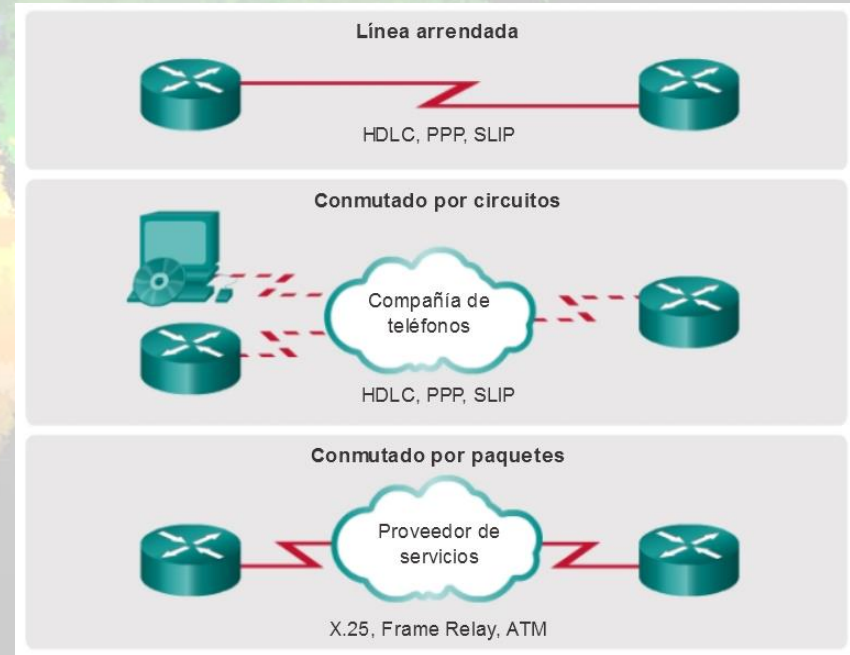
ENCAPSULAMIENTO EN REDES DE PAQUETES Y DE CIRCUITOS

En cada conexión WAN, se encapsulan los datos en las tramas antes de cruzar el enlace WAN.

Para asegurar que se utilice el protocolo correcto, se debe configurar el tipo de encapsulación de capa 2 correspondiente.

La opción de protocolo depende de la tecnología WAN y el equipo de comunicación:

- HDLC: High-Level Data Link Control .
- PPP: Point-to-Point Protocol .
- Procedimiento de acceso al enlace balanceado (LAPB) X.25.
- Frame Relay.
- ATM: Asynchronous Transfer Mode



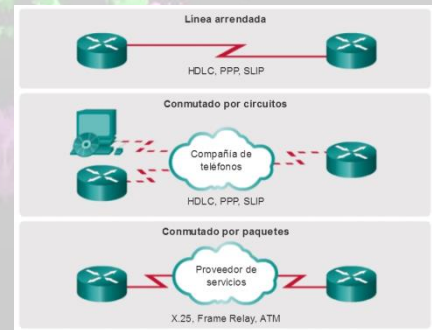
Tiempo de transmisión y prop

TEORÍA

ENCAPSULAMIENTO EN REDES DE PAQUETES Y DE CIRCUITOS

Protocolos:

- **HDLC:** es el tipo de encapsulación predeterminado en las conexiones punto a punto, los enlaces dedicados y las conexiones conmutadas por circuitos cuando el enlace utiliza dos dispositivos de Cisco. Ahora, HDLC es la base para PPP síncrono que usan muchos servidores para conectarse a una WAN, generalmente Internet.
- **PPP:** proporciona conexiones de router a router y de host a red a través de circuitos síncronos y asíncronos. PPP funciona con varios protocolos de capa de red, como IPv4 e IPv6. PPP reemplazó ampliamente al protocolo **SLIP**.
- **Procedimiento de acceso al enlace balanceado (LAPB) X.25:** es un estándar del UIT-T que define cómo se mantienen las conexiones entre un DTE y un DCE para el acceso remoto a terminales y las comunicaciones por computadora en las redes de datos públicas.
- **Frame Relay:** es un protocolo de capa de enlace de datos conmutado y un estándar del sector que maneja varios circuitos virtuales.
- **ATM:** es el estándar internacional de retransmisión de celdas en el que los dispositivos envían varios tipos de servicios (como voz, video o datos) en celdas de longitud fija (53 bytes). Las celdas de longitud fija permiten que el procesamiento se lleve a cabo en el hardware, lo que disminuye las demoras en el tránsito. ATM aprovecha los medios de transmisión de alta velocidad, como E3, SONET y T3.

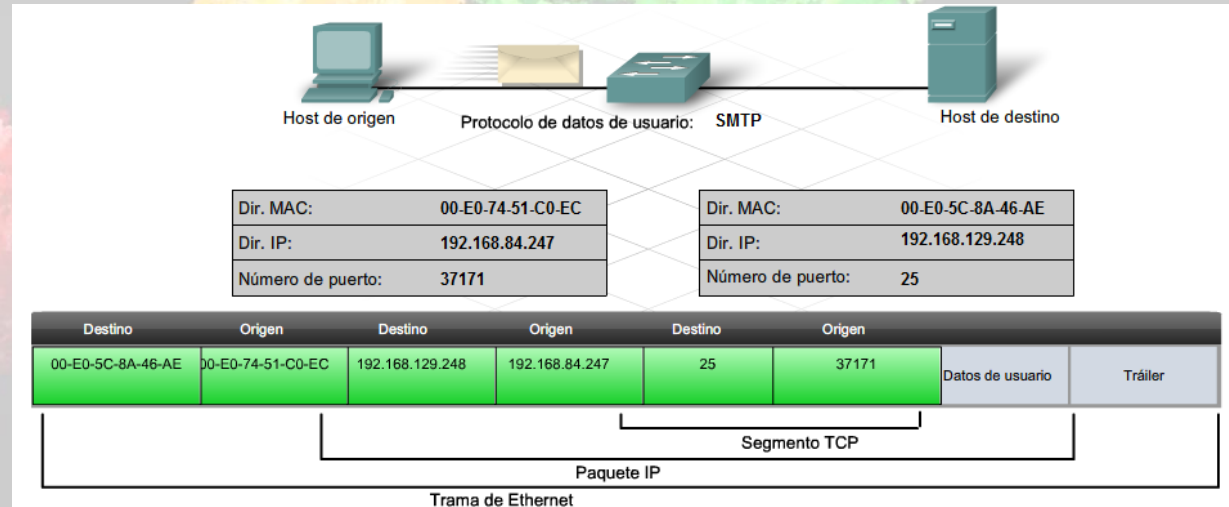


Tiempo de transmisión y prop

TEORÍA

ENCAPSULAMIENTO EN REDES DE PAQUETES

El encapsulamiento es el proceso por el cual los datos que se deben enviar a través de una red se deben colocar en paquetes que se puedan administrar y rastrear. Las tres capas superiores del modelo OSI (aplicación, presentación y sesión) preparan los datos para su transmisión creando un formato común para la transmisión.



Tiempo de transmisión y prop

TEORÍA

RETARDO TOTAL EN UN NODO

El retardo total es la suma de varios sumandos:

1. **Retardo de procesamiento:** El conmutador debe tomar una decisión para cada paquete, la cual lleva tiempo. Para reducirlo se debe poner un microprocesador más potente al router.
2. **Retardo de encolamiento:** Los paquetes pueden llegar al router a una velocidad mayor que la capacidad del enlace de salida, con lo que éste los almacena en memoria hasta poder enviarlos y éstos deben esperar en una cola. Depende de la congestión. Para reducirlo se debe ampliar la cantidad y velocidad de la memoria del router.
3. **Retardo de transmisión:** Tiempo que tarda el transmisor en colocar los bits en el canal. Para reducirlo se debe subir el ancho de banda del enlace.
4. **Retardo de propagación:** Tiempo que tarda la señal en llegar al otro extremo del sistema de transmisión. Para reducirlo se debe usar un medio de mayor velocidad de propagación o reducir la distancia.

$$d_{\text{nodo}} = d_{\text{proc}} + d_{\text{cola}} + d_{\text{trans}} + d_{\text{prop}}$$

EJEMPLOS:

Retardo o latencia o tiempo de Transmisión:

- Longitud del paquete $L = 1.500 \text{ Bytes} = 12.000 \text{ bits}$
- Tasa de transmisión $R = 57.600 \text{ bps}$ ($T_b = 17.36 \mu\text{seg}$)
- Tiempo de transmisión $= L/R = 12.000 \text{ bits} / 57.600 \text{ bps} \approx 208 \text{ mseg}$

Retardo o latencia o tiempo de Propagación:

- Longitud del enlace físico $d = 2.000 \text{ Km}$
- Velocidad de propagación en el medio $s = 200.000 \text{ Km/seg}$
- Retardo de propagación $= d/s = 2 \times 10^6 \text{ m} / (2 \times 10^8 \text{ m/seg}) = 10 \text{ mseg}$

Tiempo de transmisión y prop

TEORÍA

TIEMPO DE PROPAGACIÓN

El tiempo de propagación, en redes de ordenadores, es el tiempo transcurrido desde que la información es transmitida hasta que llega al receptor.

La velocidad de propagación depende del medio físico y de la frecuencia de la señal. Esta densidad del material puede cambiar dependiendo de diversos factores, incluyendo la temperatura del material.

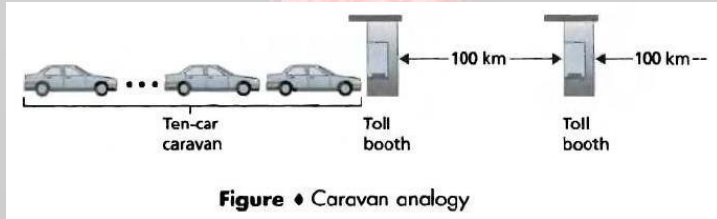


Figure ♦ Caravan analogy

Analogía de la caravana

TIEMPO DE TRANSMISIÓN

La **velocidad de transmisión** de datos mide el tiempo que tarda un host o un servidor en poner en la línea de transmisión el paquete de datos a enviar. El **tiempo de transmisión** se mide desde el instante en que se pone el primer bit en la línea hasta el último bit del paquete a transmitir. La unidad de medida en el Sistema Internacional (de estar contemplado en el mismo) sería en bits/segundo (b/s o también bps), o expresado en octetos o bytes (B/s) ya que así puede hacer la transmisión de datos.

TIEMPO DE ENCOLAMIENTO

Mide el tiempo necesario para que cada dispositivo intermedio o terminal mantenga el mensaje en espera antes de que pueda ser procesado.

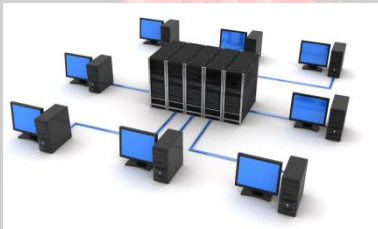
El tiempo de encolamiento es un factor variable.

Tiempo de transmisión y prop

TEORÍA

REDES DE PAQUETES

La conmutación de paquetes es un método de envío de datos en una red de computadoras. Un paquete es un grupo de información que consta de dos partes: los datos propiamente dichos y la información de control, que indica la ruta a seguir a lo largo de la red hasta el destino del paquete. Existe un límite superior para el tamaño de los paquetes; si se excede, es necesario dividir el paquete en otros más pequeños, por ej. Ethernet usa tramas (frames) de 1500 bytes, mientras que FDDI usa tramas de 4500 bytes.



Red de ordenadores

DIFERENCIA ENTRE TIEMPO DE TRANSMISIÓN Y DE PROPAGACIÓN

- Primero viene la transmisión y luego la propagación.
- El tiempo de TRANSMISIÓN es la cantidad de tiempo necesitada por el router para lanzar un paquete: es una función del tamaño del paquete y de la velocidad de transmisión del enlace, pero no tiene nada que ver con la distancia hasta el router destino.
- El tiempo de PROPAGACIÓN tiene una filosofía opuesta: es el tiempo necesario para que 1 bit se propague del router emisor al router receptor. Es función de la distancia entre los dos routers, pero no tiene nada que ver con la longitud del paquete ni con la velocidad de transmisión del enlace.

Tiempo de transmisión y prop

TEORÍA

RETARDO TOTAL O LATENCIA

Latencia = tiempo de transmisión + tiempo de propagación + tiempo de encolamiento + retraso de procesamiento.

Tiempo de transmisión = Tamaño del mensaje / Ancho de banda

Tiempo de propagación = Distancia física / Velocidad de propagación

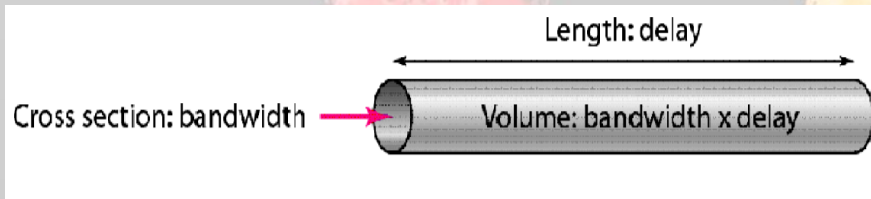
DIFERENCIA ENTRE VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN Y DE PROPAGACIÓN

- Velocidad de Propagación: Es la velocidad a la cual un bit viaja a través en un medio desde su origen hasta su destino.
- Velocidad de Transmisión: Es la velocidad a la cual todos los bits en un mensaje son enviados a su destino.

ANALOGÍA DE LA TUBERÍA

Podemos representar o hacer una analogía del enlace entre dos puntos con una tubería:

- La sección transversal de esta tubería representa el ancho de banda.
- Su longitud representa el retardo o delay.
- También podemos decir que el volumen de la tubería es definido por el producto del ancho de banda por el delay.



Analogía de la tubería



Teoría similar al Capítulo 1: Redes de computadoras e Internet. Aplicada a Redes Locales.

ÍNDICE

Reparto del ancho de banda

TEORÍA

TÉCNICAS DE ASIGNACIÓN DE ANCHO DE BANDA

Qué es el ancho de banda:

- **Desde el punto de vista de un usuario final** el ancho de banda es la velocidad que percibe al navegar por Internet o hacer uso de un servicio concreto. Generalmente esta visión se puede relacionar con el concepto throughput de una conexión TCP.
- **Desde el punto de vista de un operador** el ancho de banda es la capacidad de un enlace o enlaces a través de los cuales proporciona un acceso o servicio a un usuario. Por tanto, su visión del ancho de banda es a más bajo nivel que la de un usuario final.
- Por último también se puede hacer referencia al término “Ancho de banda” cuando en realidad se habla de ancho de **banda disponible**. Este caso puede corresponder al de un distribuidor de contenidos en la red que percibe el ancho de banda como la cantidad de información por unidad de tiempo que puede enviar en cada momento o la cantidad de “enlace” que puede usar en cada momento.



Ancho de banda

Reparto del ancho de banda

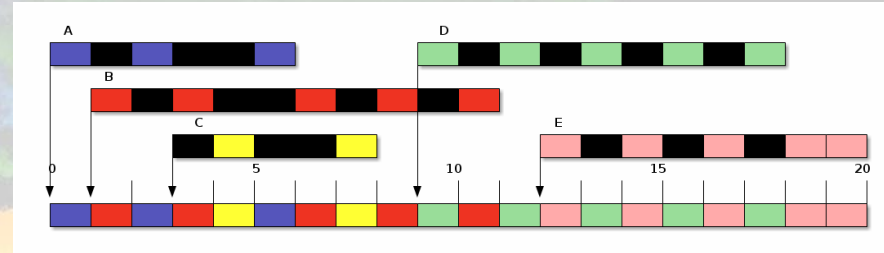
TEORÍA

TÉCNICAS DE ASIGNACIÓN DE ANCHO DE BANDA

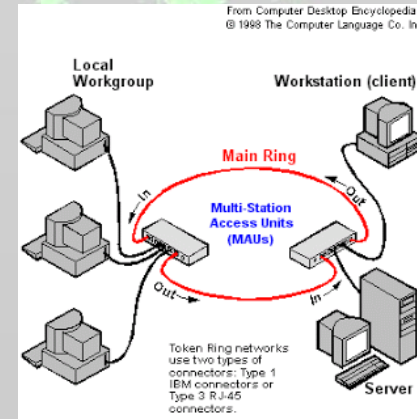
En un sistema de comunicaciones existen los siguientes elementos para asignar el ancho de banda:

1. Round Robin

- En este sistema cada estación con turno se le da un slot de tiempo para transmitir datos con la condición de un máximo de datos o tiempo por turno. La estación tendrá que hacer fila para esperar su próximo turno si sobrepasa los máximos. Esto es para garantizar la eficiencia e igualdad de oportunidades entre todas las estaciones.
- A veces se denomina distribución por peso.
- Pero realmente hay dos modalidades:
 - Shaped Round Robin.
 - Weighted Round Robin LB.
- Ejemplo: Paso de token en redes de anillo con testigo.



Reparto por Round Robin



Tiempo de transmisión de señal analógica

Reparto del ancho de banda

TEORÍA

TÉCNICAS DE ASIGNACIÓN DE ANCHO DE BANDA

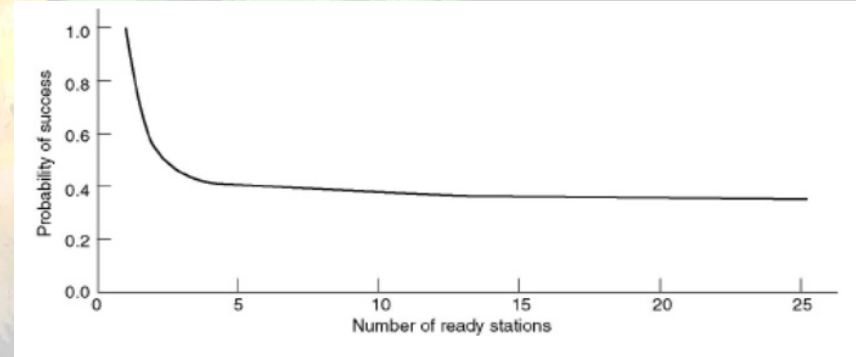
En un sistema de comunicaciones existen los siguientes elementos:

2. Técnica Reserva (Reservation).

- Si una estación desea transmitir datos reserva un slot futuro por un periodo extendido o indefinido.

3. Técnica Contención (Contention)

- Este no modo no ejerce control para determinar qué estación tiene prioridad para transmitir datos; todas las estaciones compiten por el slot de tiempo como pueden. La ventaja es que es fácil de implementar bajo tráfico ligero o moderado.
- Este método es común en redes locales especialmente con topología BUS.
- Modalidades: Aloha Puro y Aloha Ranurado.
- Evolución necesaria: CSMA.



Probabilidad de adquisición por un sistema de adquisición simétrico

Reparto del ancho de banda

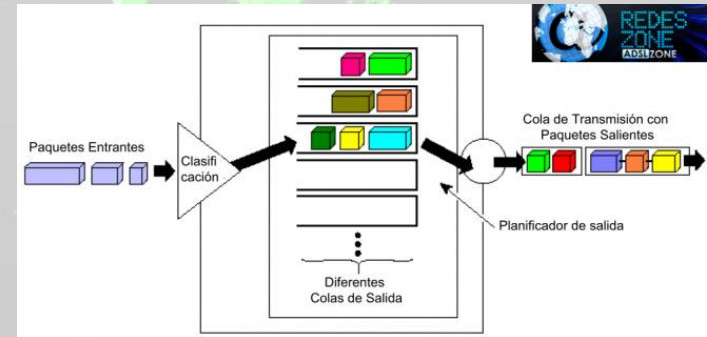
TEORÍA

TÉCNICAS DE ASIGNACIÓN DE ANCHO DE BANDA

En un sistema de comunicaciones existen los siguientes elementos:

4. QoS (Quality of Service)

- Con la creciente incorporación de Internet y las redes a nuestra vida en todas sus facetas, se han generado diversas clases de aplicaciones, y con ellas existen en la actualidad múltiples tipos de tráfico que demandan diferente ancho de banda para circular por nuestras redes y por Internet.
- Vemos frecuentemente una función denominada QoS, una sigla por Quality of Service o Calidad de Servicio, que se refiere a diversos mecanismos destinados a asegurar el flujo ágil de datos en la red, valiéndose de mecanismos de asignación de prioridades a diferentes tipos de tráfico que requieran tratamiento más especial. Manejaremos el concepto de QoS como diferenciado y comprensivo de Control de Ancho de Banda, o sea, este último como una parte dentro del Quality of Service.



Asignación de privilegios por tipos de paquetes

Reparto del ancho de banda

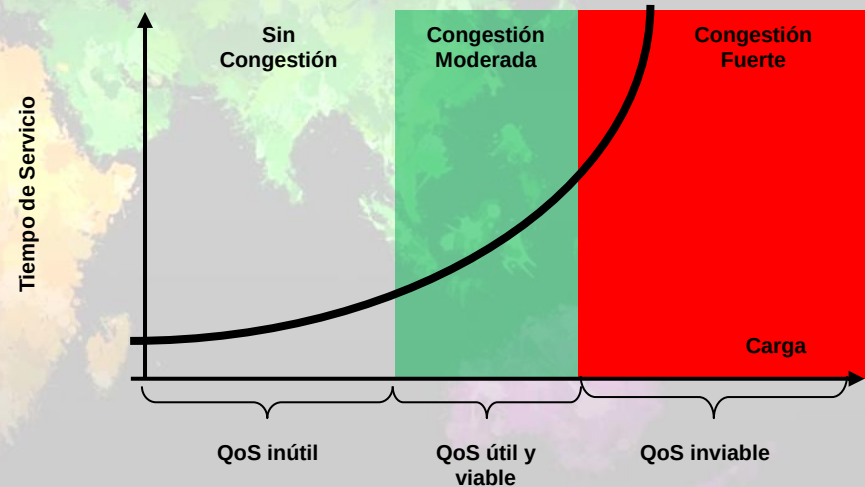
TEORÍA

TÉCNICAS DE ASIGNACIÓN DE ANCHO DE BANDA

En un sistema de comunicaciones existen los siguientes elementos:

4. QoS (Quality of Service)

- QoS lo definen 4 parámetros: ancho de banda, retraso temporal, variación de retraso (o jitter) y probabilidad de error (o pérdida de paquetes o fiabilidad).
- QoS está directamente relacionado con el tamaño de colas y la congestión de la red, con la velocidad de conmutación y ancho de banda de los enlaces.
- No siempre es posible adoptar un protocolo de Calidad de Servicio. Todo lo que no sea un sistema de Calidad de Servicio se denomina Best Effort, equivalente a no hacer nada.
- Existen aplicaciones que no pueden funcionar en una red congestionada con 'best effort'. Ejemplo: videoconferencia, VoIP (Voice Over IP), etc.



Cuándo es posible adoptar QoS

Reparto del ancho de banda

TEORÍA

TÉCNICAS DE ASIGNACIÓN DE ANCHO DE BANDA

Depende del tipo de red física que se tenga:

(DQDB = Distributed-queue dual-bus)

LLC	IEEE 802.2							
MAC	IEEE 802.3 (Ethernet) CSMA/CD	IEEE 802.4 Token Bus	IEEE 802.5 Token Ring	IEEE 802.3u (Fast Ethernet) CSMA/CD	IEEE 802.3z (Gbit Ethernet) CSMA/CD	FDDI Token Ring	IEEE 802.6 DQDB	IEEE 802.11 (WiFi) CSMA/CA
Física	Coax banda base (10 Mbps) Par trenzado (1,10 Mbps) Coax banda ancha (10 Mbps)	Coax banda ancha (1, 5, 10 Mbps) Coax banda portad. (1, 5, 10 Mbps) Fibra óptica (5, 10, 20 Mbps)	Par trenzado (4, 16 Mbps)	Par trenzado (100 Mbps) Fibra óptica (100 Mbps)	Fibra óptica (1 Gbps)	Fibra óptica (100 Mbps)	Fibra óptica (44.7 Mbps, 155.5 Mbps)	Microondas (11-300 Mbps) Infrarrojos (1-10 Mbps)
LAN			LAN alta velocidad		MAN		Inalámbrica	

Reparto del ancho de banda

TEORÍA

TÉCNICAS DE ASIGNACIÓN DE ANCHO DE BANDA

Hay muchos tipos de control de acceso al medio:

Donde	Cuando	Protocolo	Usos
Centralizados	Sincronos/circuitos	GSM	Telefonía celular
	Asincronos/paquetes	Polling/probing	Redes de cable
		Basados en reserva: FPODA, PDAMA	Satelite
Distribuidos	Asincronos/paquetes	Polling/probing	Redes de cable
		CSMA/CD	Redes de cable
		CSMA/CA	Redes inalámbricas
		BTMA: MACA, MACAW	Redes inalámbricas
		Token ring, FDDI	Redes de cable
		ALOHA, S-ALOHA, R- ALOHA	Satelite

Reparto del ancho de banda

TEORÍA

TÉCNICAS DE ASIGNACIÓN DE ANCHO DE BANDA

ALOHA:

EL PROTOCOLO ALOHA ES UN PROTOCOLO DEL NIVEL DE ENLACE DE DATOS PARA REDES DE ÁREA LOCAL CON TOPOLOGÍA DE DIFUSIÓN.



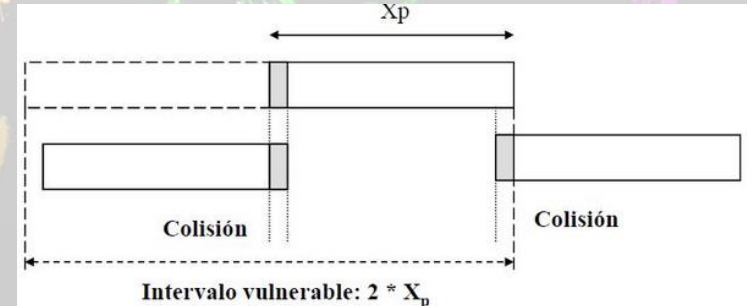
Reparto del ancho de banda

TEORÍA

TÉCNICAS DE ASIGNACIÓN DE ANCHO DE BANDA

ALOHA SIMPLE:

- Aloha fue un sistema de redes de ordenadores pionero desarrollado en la Universidad de Hawai. Fue desplegado por primera vez en 1970 por Norman Abramson y sus colegas, aunque la propia red ya no se usa, se construyó para permitir a personas de diferentes localizaciones acceder a los principales sistemas informáticos usando packet radio, donde había un nodo principal y una serie de nodos secundarios que se encontraban en las diferentes islas del archipiélago, de esta forma Aloha se basa en usar un medio compartido para la transmisión, en el que se usa la misma frecuencia para todos los nodos.
- El esquema de Aloha era muy simple, dado que los datos se enviaban vía teletipo, **la tasa de transmisión normalmente no iba más allá de 80 caracteres por segundo**. Cuando dos estaciones trataban de emitir al mismo tiempo, ambas transmisiones se entrelazaban, y los datos tenían que ser reenviados manualmente, esto implicaba la necesidad de algún tipo de sistema para controlar quién podía emitir y en qué momento.



Periodo de vulnerabilidad del Aloha simple

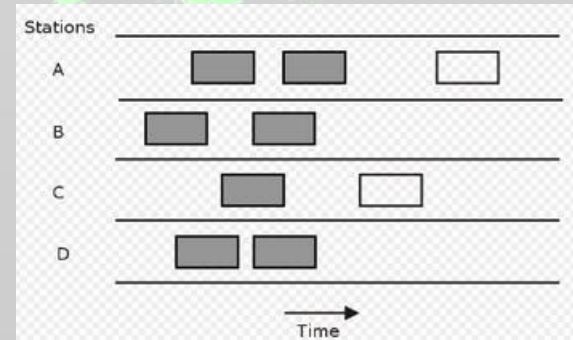
Reparto del ancho de banda

TEORÍA

TÉCNICAS DE ASIGNACIÓN DE ANCHO DE BANDA

ALOHA SIMPLE:

- El problema principal del protocolo es que el envío de frames por parte de los nodos se hace en forma confusa y basta que dos frames colisionen o se solapen, solamente en un bit, para que ambos sean inútiles y deban retransmitirse, puesto que los nodos sólo se percatarán del problema después de haber terminado la transmisión. Por otro lado, el segundo frame podría colisionar con un tercero y así sucesivamente, las colisiones aumentan de manera no lineal y el rendimiento decae rápidamente.
- El rendimiento máximo de Aloha es de 18.4%, que se consigue con una utilización del canal del 50%**, esto significa que el 81.6% del total disponible de ancho de banda se está desperdiciando básicamente debido a estaciones tratando de emitir al mismo tiempo.
- La diferencia entre ALOHA y Ethernet en un medio compartido es que Ethernet usa CSMA/CD: comprueba si alguien está usando el medio antes de enviar, y detecta las colisiones desde el emisor.



Envío de tramas por estaciones

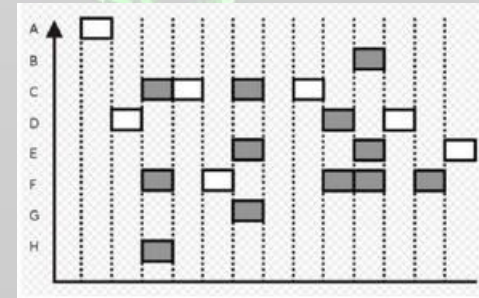
Reparto del ancho de banda

TEORÍA

TÉCNICAS DE ASIGNACIÓN DE ANCHO DE BANDA

ALOHA RANURADO:

- Para mejorar las prestaciones de Aloha se definió Aloha ranurado (slotted) por Roberts Melcalfe en 1972, con la única diferencia de que los nodos sólo pueden transmitir en unos determinados instantes de tiempo o slots. Este sincronismo hace que cuando una terminal quiera transmitir debe esperar al inicio del nuevo periodo para hacerlo. De esta manera el número de colisiones es menor que en Aloha Puro. Sin embargo esto no indica que no ocurran colisiones, cuando dos estaciones quieren transmitir, y esperan hasta el siguiente slot, produciéndose una colisión. Vuelven a intentarlo una vez más, produciéndose una nueva colisión. A partir de ahí las dos estaciones consiguen transmitir con éxito. De esta manera el número de colisiones producidas es menor que si trabajáramos con aloha simple en el que se hubieran producido cuatro colisiones que aquí han sido transmisiones con éxito.
- Esta pequeña modificación tiene como consecuencia la subida del rendimiento en un 50% y **se duplica el rendimiento a 36.8%**.



Aloja ranurado (Slot Aloha)

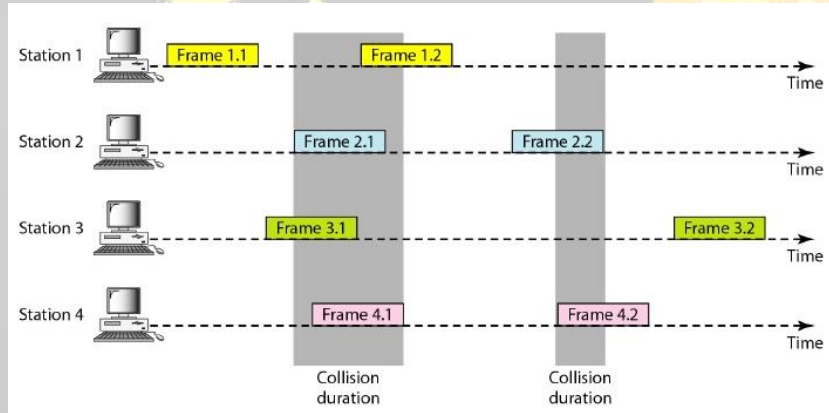
Reparto del ancho de banda

TEORÍA

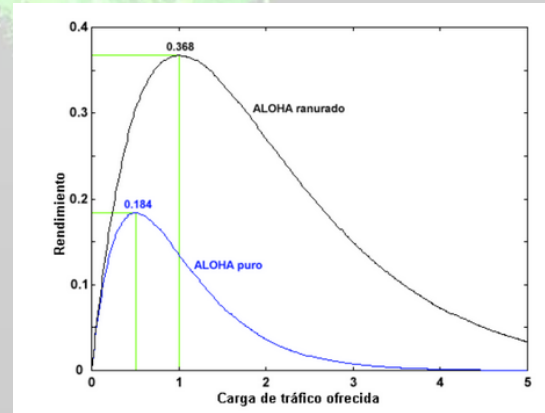
TÉCNICAS DE ASIGNACIÓN DE ANCHO DE BANDA

ALOHA RANURADO:

- ALOHA ranurado se utiliza en redes de baja velocidad de datos de comunicaciones por satélite táctico de las fuerzas militares, en suscriptores de redes de comunicaciones basadas en satélites, telefonía de llamadas, configuración de set-top box de comunicaciones móviles y en las tecnologías RFID sin contacto



Colisiones en Aloha puro



Eficiencia de los dos sistemas Aloha

Reparto del ancho de banda

TEORÍA

TÉCNICAS DE ASIGNACIÓN DE ANCHO DE BANDA. FORMULARIO

ALOHA PURO:

Tiempo de transmisión de una trama T_{fr} = Tamaño de trama en bits / Velocidad de transmisión en bits (segundos).

Tráfico ofrecido g = **Número de tramas** ofrecidas por estación x **Tiempo** de tramas (segundos). $g = aT_{fr}$

Tráfico total ofrecido G = **Número** de Estaciones multiplicado por Tráfico ofrecido g . $G = Ng$

Tráfico realmente cursado es igual al tráfico total ofrecido **Greal** por la probabilidad de no colisión S .

La Probabilidad de no Colisión o Eficiencia del Sistema se calcula por dos posibles fórmulas:

- Fórmula exacta: el Número de tramas ofrecido por cada tiempo de trama es (g) y el número de estaciones es (N):

$$S = P_0 = Ng(1 - g)^{2N-1}$$

- Fórmula aproximada: $S = Ge^{-2G}$

ALOHA RANURADO:

Probabilidad de no colisión o Eficiencia del Sistema: $S = Ge^{-G}$

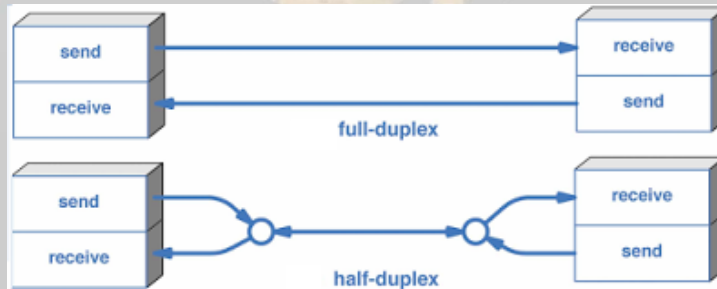
Reparto del ancho de banda

TEORÍA

TÉCNICAS DE ASIGNACIÓN DE ANCHO DE BANDA

CSMA/CD:

EN COMUNICACIONES, CSMA/CD O, EN ESPAÑOL, ACCESO MÚLTIPLE CON ESCUCHA DE PORTADORA Y DETECCIÓN DE COLISIONES, ES UN PROTOCOLO DE ACCESO AL MEDIO COMPARTIDO. SU USO ESTÁ ESPECIALMENTE EXTENDIDO EN REDES ETHERNET DONDE ES EMPLEADO PARA MEJORAR SUS PRESTACIONES.



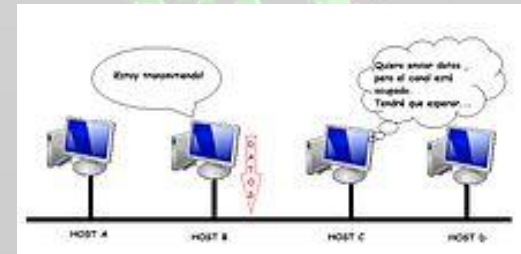
Reparto del ancho de banda

TEORÍA

TÉCNICAS DE ASIGNACIÓN DE ANCHO DE BANDA

La evolución de ALOHA: CSMA:

- Las bajas prestaciones de los primeros mecanismos empleados: Aloha y Aloha ranurado, provocaron la aparición de nuevas técnicas encaminadas a la gestión más eficiente de los recursos de una red, dando lugar al protocolo CSMA y posteriormente a su evolución CSMA/CD (CSMA con detección de colisiones).
- Se entiende por Acceso Múltiple con Escucha de Portadora (Carrier Sense Multiple Access o CSMA) el escuchar el medio para saber si existe presencia de portadora en los momentos en los que se ocupa el canal. El fin es evitar colisiones, es decir que dos host hablen al mismo tiempo. Por otro lado define el procedimiento que estos dos host deben seguir si llegasen a usar el mismo medio de forma simultánea.



CSMA/CD

Reparto del ancho de banda

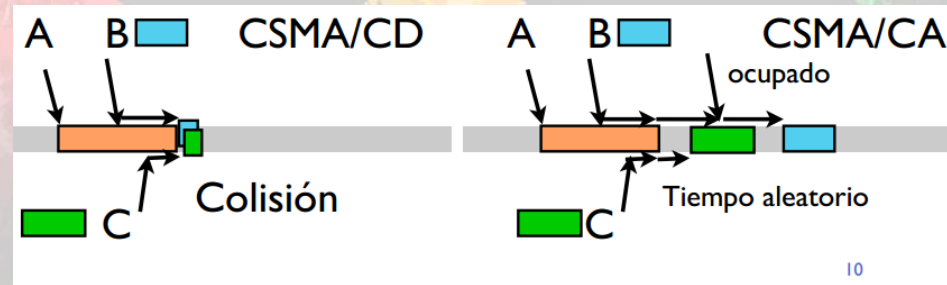
TEORÍA

TÉCNICAS DE ASIGNACIÓN DE ANCHO DE BANDA

La evolución de ALOHA: CSMA:

- **Ventajas de CSMA sobre ALOHA:**

- Aseguran que ninguna estación comience a transmitir información cuando detecte que el canal esté ocupado.
- Además INTERRUMPEN inmediatamente la transmisión en el preciso momento en que las estaciones detectan una colisión. En otras palabras, si dos estaciones detectan el canal desocupado y, en ese momento, empiezan a transmitir información en forma simultánea, los dos detectarán la colisión casi instantáneamente.
- La rapidez con la que se efectúe la terminación de las tramas que se encuentren dañadas, permite ahorrar tiempo y ancho de banda. Este protocolo, que se utiliza extensamente en las redes tipo LAN y en las subcapas MAC, se conoce como CSMA/CD



CSMA/CD vs CSMA/CA

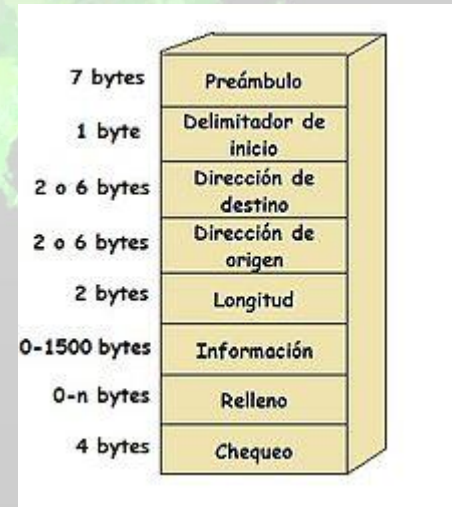
Reparto del ancho de banda

TEORÍA

TÉCNICAS DE ASIGNACIÓN DE ANCHO DE BANDA

La evolución de ALOHA: CSMA:

- Existen las siguientes variantes:
 - 1. CSMA/CD (Collision Detection) – Se aplica a Ethernet**
 - 2. CSMA/CA (Collision Avoidance) – Se aplica en WFI**
 3. CSMA-NP (no persistente).
 4. CSMA-P.
 5. CSMA-pP(p-Persistente).
 6. CSMA- 1P (1-Persistente).
 7. CSMA/BA (Collision Sense Multiple Access/Bitwise Arbitration).
 - 8. CSMA/CD 1-Persistente.**
- En pocas palabras:
 - CD es un estándar para redes Ethernet de cable.
 - CA es un estándar para redes wireless.
 - Si no lleva ni CD ni CA es para otros tipos de redes.



Trama CSMA/CD

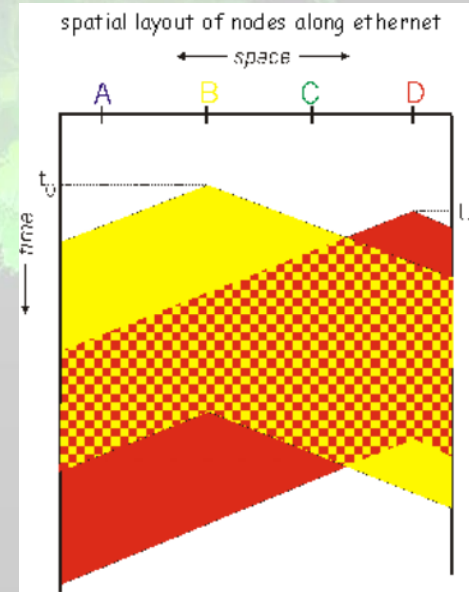
Reparto del ancho de banda

TEORÍA

TÉCNICAS DE ASIGNACIÓN DE ANCHO DE BANDA

La evolución de ALOHA: CSMA:

- **CSMA/CD (Collision Detection):**
 - La estación monitorea el canal antes de iniciar la transmisión.
 - Monitorea su transmisión para estar seguro que otra estación no interrumpa la troncal ocupada causando un a colisión.
 - Una colisión de datos requerirá que la estación transmita una señal de ocupado y entonces transmitirá su comunicación.
- **CSMA/CA (Collision Avoidance):**
 - Este protocolo trata de evitar choques o colisiones dividiendo el tiempo para que cada una de las estaciones pueda transmitir, y algunas características son las siguientes:
 - Consiste en asignar retrasos ligeramente diferentes a cada estación.
 - Dos estaciones que tratan de transmitir simultáneamente, se escucharán, esperarán cada uno su tiempo propio de retraso y entonces retransmitir.
 - Como cada estación espera tiempos ligeramente diferentes, se evita la colisión.



Colisión

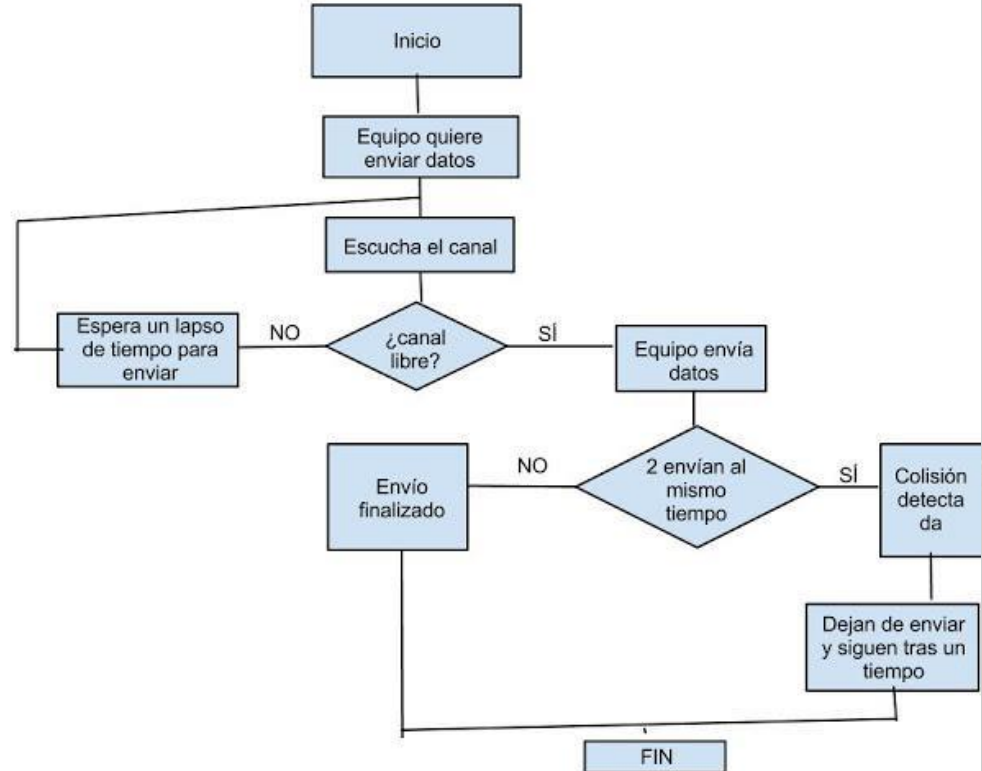
Reparto del ancho de banda

TEORÍA

TÉCNICAS DE ASIGNACIÓN DE ANCHO DE BANDA

La evolución de ALOHA: CSMA:

- CSMA/CD (Collision Detection) al detalle:



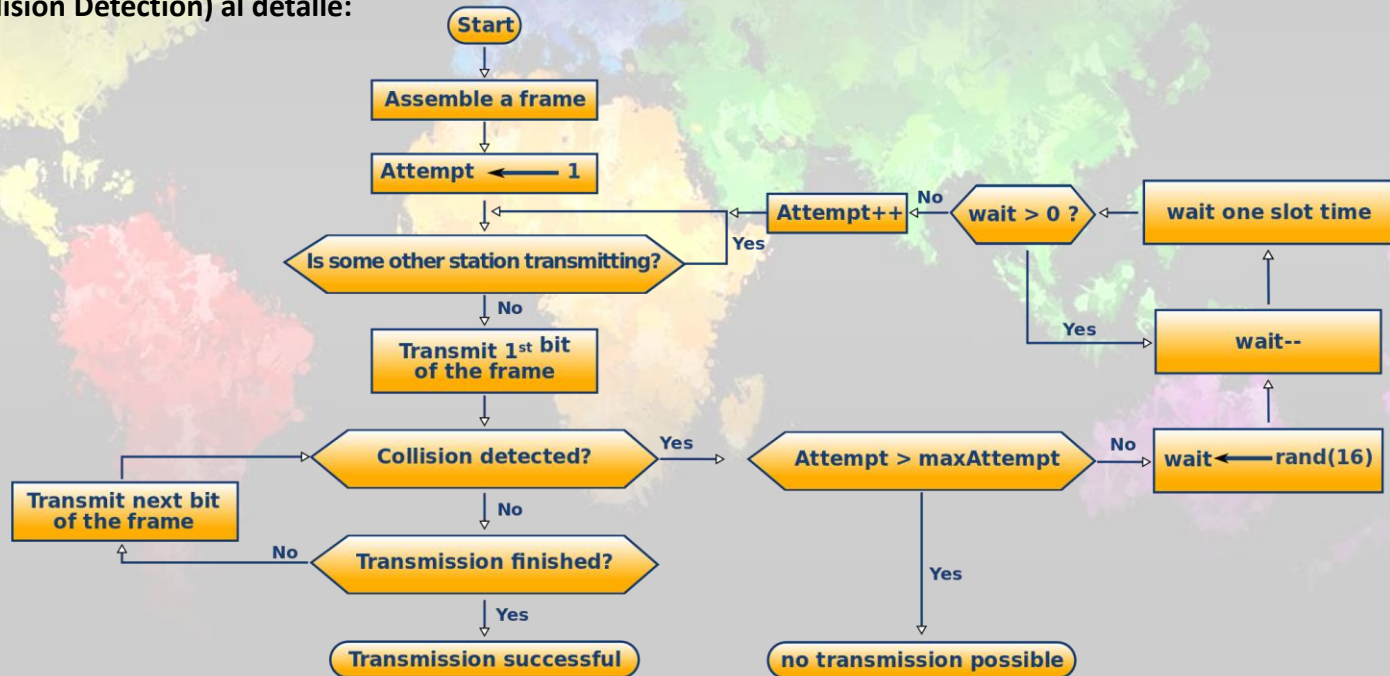
Reparto del ancho de banda

TEORÍA

TÉCNICAS DE ASIGNACIÓN DE ANCHO DE BANDA

La evolución de ALOHA: CSMA:

- CSMA/CD (Collision Detection) al detalle:



Reparto del ancho de banda

TEORÍA

TÉCNICAS DE ASIGNACIÓN DE ANCHO DE BANDA

Formulario para el CSMA/CD:

El **tiempo máximo** que tarda una emisora en detectar una colisión es igual a dos veces el **tiempo de propagación**:

$$T_{max_col} = 2 * T_{prop}$$

El **tamaño mínimo de trama** es igual a dos veces la distancia física entre la **velocidad de propagación**:

$$T_{min_trama} = 2 * D_{max} / V_{prop}$$

Operando, el **tamaño mínimo de trama** es directamente proporcional a la distancia máxima y a la velocidad de transmisión e inversamente proporcional a la velocidad de propagación:

$$Tramamin = T_{min} * V_{trans} = 2 * D_{max} * V_{trans} / V_{prop}$$

Si existen tiempos de retardo adicionales, debidos a encolamiento o procesamiento, las fórmulas cambian:

$$Tramamin = 2 (D_{max} / V_{prop} + \sum Retardos) * V_{trans}$$

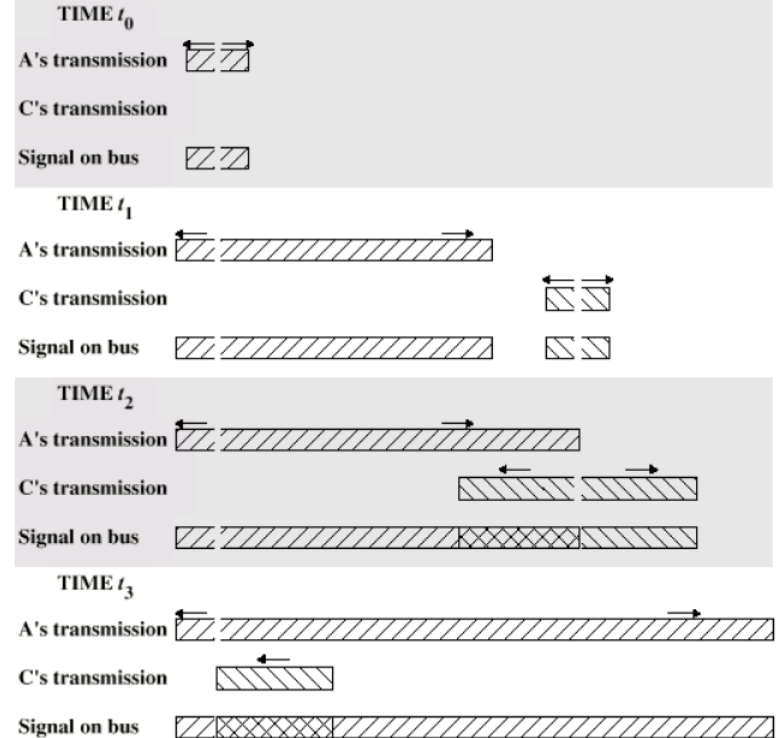
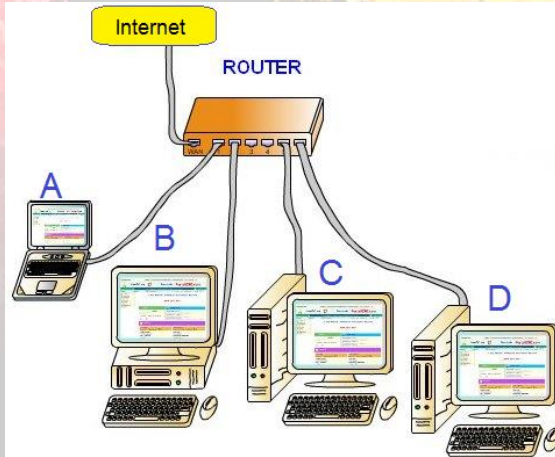
$$D_{max} = (Tramamin / 2 * V_{trans}) - \sum Retardos) * V_{prop}$$

Reparto del ancho de banda

TEORÍA

CSMA/CD – ALGUNAS OBSERVACIONES:

- Utilizado para estándares Ethernet y similares
- Acceso múltiple por detección de portadora con detección de colisiones
- Problema de CSMA: transmite toda la trama aunque haya una colisión
- Se continúa escuchando el medio durante la transmisión para detectar colisiones
- Throughput: 90%
- Si suceden varios intentos, el tiempo de espera es mayor con cada intento.



Reparto del ancho de banda

TEORÍA

CSMA/CD – ALGUNAS OBSERVACIONES:

- A mayor carga de la red, los dispositivos disminuyen la utilización del medio
- Cuando la carga disminuye, las estaciones vuelven a utilizar el medio con mayor frecuencia
- La capacidad desaprovechada se reduce al tiempo que se tarda en detectar la colisión
- Sirve para LAN en BUS pero no para redes inalámbricas (no se puede escuchar el eco)
- La trama debe ser lo suficientemente larga como para detectar la colisión antes de finalizar la transmisión (longitud mínima).

Reparto del ancho de banda

TEORÍA

TÉCNICAS DE ASIGNACIÓN DE ANCHO DE BANDA

CSMA/CA:

EN COMUNICACIONES, CSMA/CA O, EN ESPAÑOL, ACCESO MÚLTIPLE CON ESCUCHA DE PORTADORA Y EVASIÓN DE COLISIONES, ES UN PROTOCOLO DE CONTROL DE ACCESO A REDES DE BAJO NIVEL QUE PERMITE QUE MÚLTIPLES ESTACIONES UTILICEN UN MISMO MEDIO DE TRANSMISIÓN.

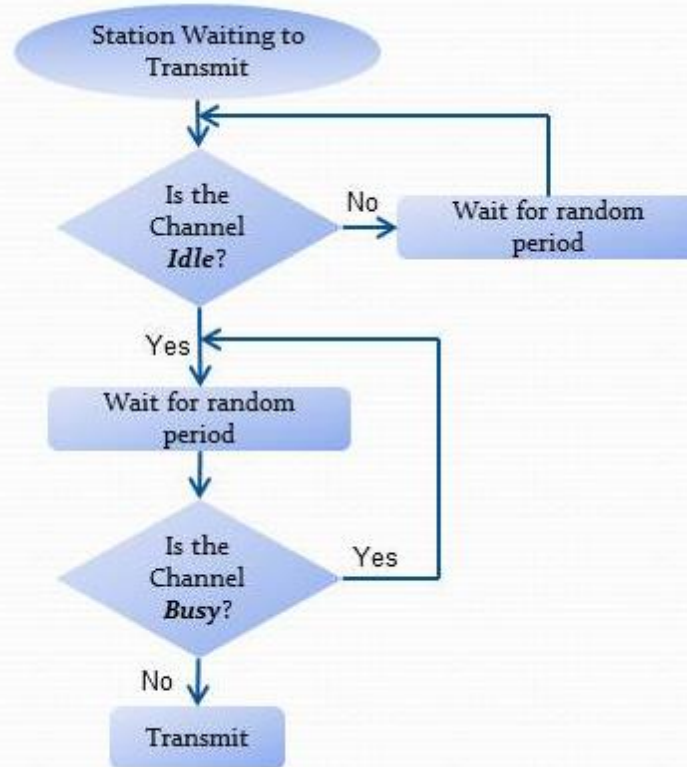
Reparto del ancho de banda

TEORÍA

TÉCNICAS DE ASIGNACIÓN DE ANCHO DE BANDA

La evolución de ALOHA: CSMA:

- **CSMA/CA (Collision Detection) al detalle:**
- **Mecanismos opcionales de 802.11:**
 - RTS/CTS: Tramas de control para eliminar el problema de la estación oculta
 - RTS: Request To Send (petición para enviar)
 - CTS: Clear to Send (permiso para enviar)
 - Reconocimiento: ACK.



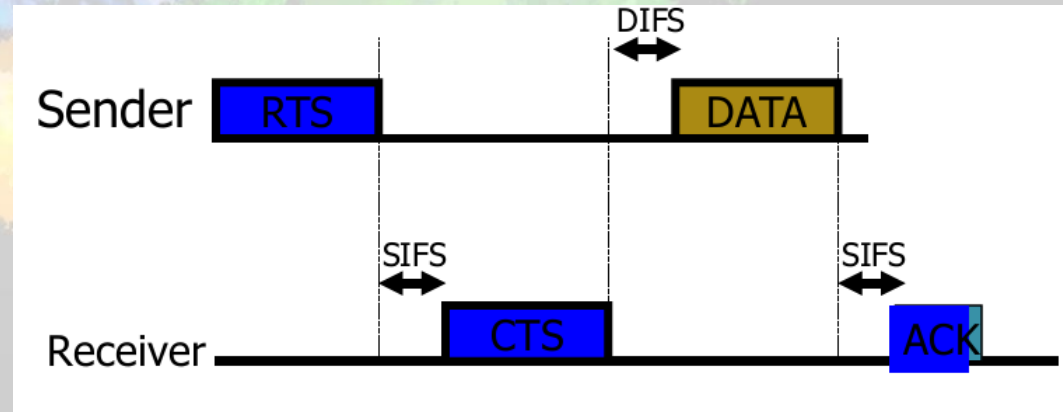
Reparto del ancho de banda

TEORÍA

TÉCNICAS DE ASIGNACIÓN DE ANCHO DE BANDA

La evolución de ALOHA: CSMA:

- **CSMA/CA (Collision Detection) al detalle:**
- **Mecanismos opcionales de 802.11:**
 - RTS/CTS: Tramas de control para eliminar el problema de la estación oculta
 - RTS: Request To Send (petición para enviar)
 - CTS: Clear to Send (permiso para enviar)
 - Reconocimiento: ACK.



CSMA/CA con reconocimiento RTS/CTS

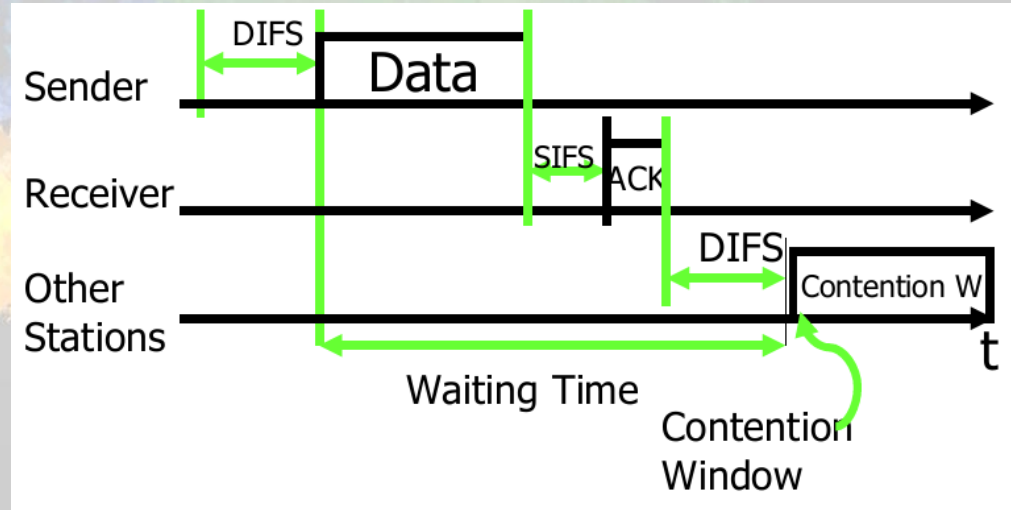
Reparto del ancho de banda

TEORÍA

TÉCNICAS DE ASIGNACIÓN DE ANCHO DE BANDA

La evolución de ALOHA: CSMA:

- **CSMA/CA (Collision Detection) al detalle:**
- **Mecanismos opcionales de 802.11:**
 - RTS/CTS: Tramas de control para eliminar el problema de la estación oculta
 - RTS: Request To Send (petición para enviar)
 - CTS: Clear to Send (permiso para enviar)
 - Reconocimiento: ACK.



CSMA/CA con reconocimiento ACK

Reparto del ancho de banda

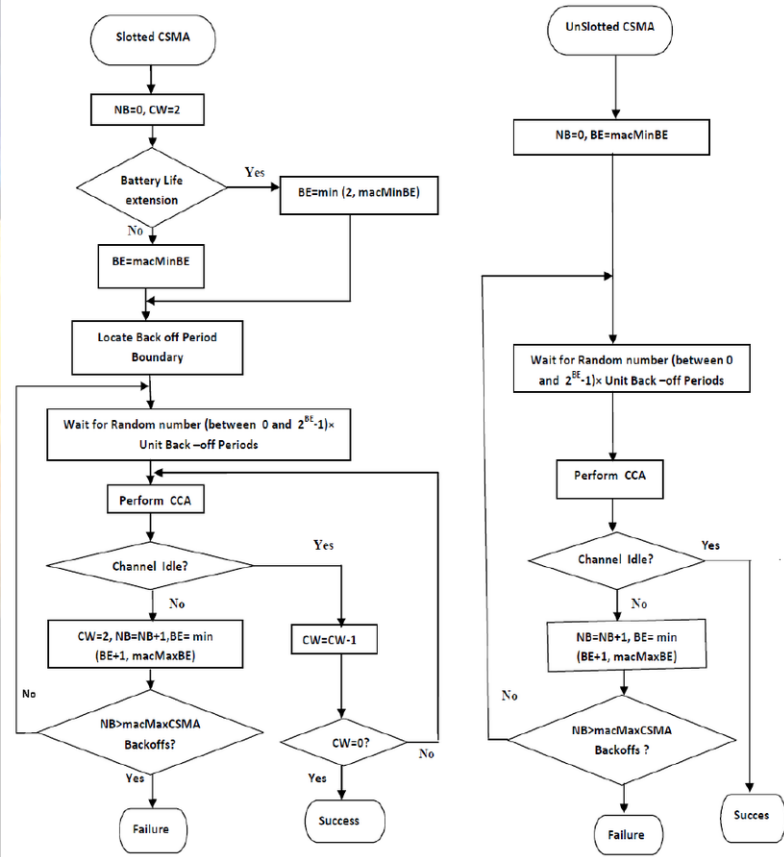
TEORÍA

TÉCNICAS DE ASIGNACIÓN DE ANCHO DE BANDA

La evolución de ALOHA: CSMA:

- **CSMA/CA (Collision Detection) al detalle:**

- SO = superframe order
- Guaranteed Time Slot (GTS) mechanism
- clear channel assessment (CCA)
- carrier sense (CS) // energy detection (ED)
- Variables de nodo:
 - NB: número de veces que el algoritmo ha debido desistir al intentar hacer la actual transmisión
 - BE: es el exponente de repliegue, que indica el número de periodos de retirada que un nodo debería esperar antes de intentar conseguir un CCA
 - CW: contention window: es la longitud de la ventana de contención, que define el número de repliegues consecutivos que el canal debe estar disponible antes de empezar a transmitir.



Reparto del ancho de banda

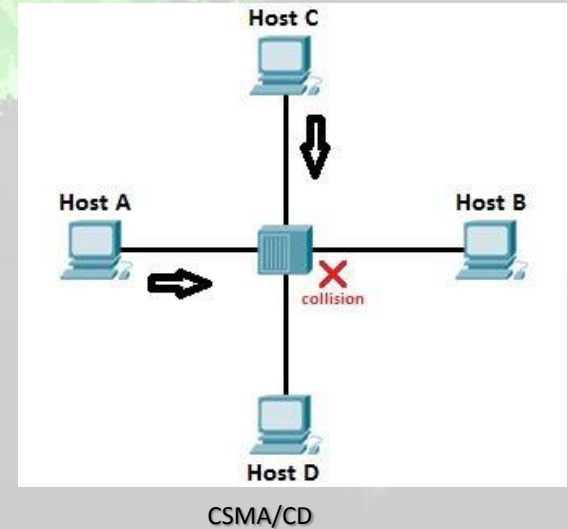
TEORÍA

TÉCNICAS DE ASIGNACIÓN DE ANCHO DE BANDA

La evolución de ALOHA: CSMA:

- **Ventajas de CSMA/CA frente a CSMA/CD:**

- Nodos ocultos: Una estación cree que el canal está libre, pero en realidad está ocupado por otro nodo al que no escucha.
- Nodos expuestos: Una estación cree que el canal está ocupado, pero en realidad está libre pues el nodo al que escucha no le interferiría.
- Permitir al emisor reservar el canal para evitar colisiones en las tramas muy largas porque:
 - El emisor envía una trama de RTS (request to send) a la estación base pidiendo el canal (usando CSMA/CA)
 - Los RTS pueden colisionar con otras tramas pero son tramas cortas
 - La estación base envía el permiso en una trama CTS (Clear to send)
 - Todos los nodos reciben la CTS:
 - El solicitante envía la trama
 - El resto dejan libre el canal



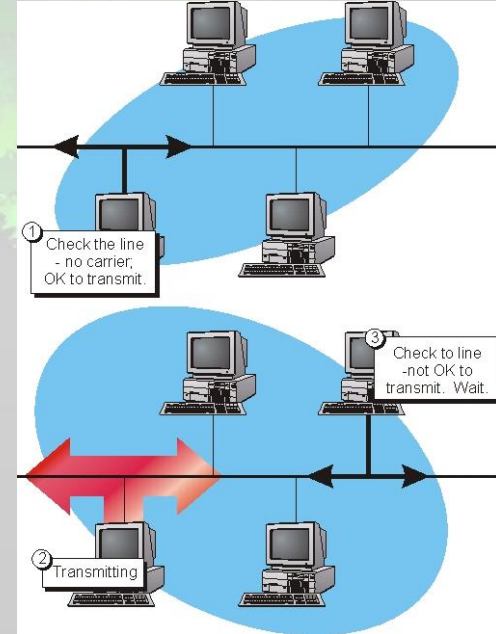
Reparto del ancho de banda

TEORÍA

TÉCNICAS DE ASIGNACIÓN DE ANCHO DE BANDA

Más allá de CSMA:

- Como mejorar el Rendimiento aunque ya estemos usando CSMA:
 - Soluciones sencillas:
 - Aumentar tamaño de tramas: con 64 bytes riesgo de colisión el 100% del tiempo, con 1518 bytes solo el 4% (primeros 64).
 - Minimizar distancias, especialmente entre servidores; si la distancia es menor el riesgo de colisión será menor.
 - Reducir número de estaciones; a menos estaciones, menos caos y menos colisiones.
 - Soluciones definitivas:
 - Utilizando tecnologías sin colisión (802.5, FDDI)
 - Utilizar conexiones punto a punto dedicadas (conmutadores o switches), lo cual dará pie a conexiones Full Duplex



Aplicación del protocolo CSMA

Reparto del ancho de banda

TEORÍA

TÉCNICAS DE ASIGNACIÓN DE ANCHO DE BANDA

CSMA/CA:

EN COMUNICACIONES, CSMA/CA O, EN ESPAÑOL, ACCESO MÚLTIPLE CON ESCUCHA DE PORTADORA Y EVASIÓN DE COLISIONES, ES UN PROTOCOLO DE CONTROL DE ACCESO A REDES DE BAJO NIVEL QUE PERMITE QUE MÚLTIPLES ESTACIONES UTILICEN UN MISMO MEDIO DE TRANSMISIÓN. **(CONTINUACIÓN...)**

Reparto del ancho de banda

TEORÍA

TÉCNICAS DE ASIGNACIÓN DE ANCHO DE BANDA

CSMA: Manejo de prioridades:

- **Las prioridades se manejan mediante tres tiempos IFS:**
 1. SIFS (Short IFS): Es el IFS más corto. Provoca transmisiones inmediatas. Usado para ACKs, RTS y CTS
 2. PIFS:(PCF IFS) Duración intermedia. Usado por PCF.
 3. DIFS:(DCF IFS) Es el IFS más largo. Prioridad más baja (tráfico asincrónico)..

SIGNIFICADOS:

- SIFS (short inter-frame spacing): espaciado inter-trama corto.
- PIFS (PCF inter-frame spacing): espaciado inter-trama PCF o intermedio.
- DIFS (DCF inter-frame spacing): espaciado inter-trama DCF o largo.

SIFS < PIFS < DIFS

Función de coordinación	Parámetros temporales
DCF	SIFS DIFS
PCF	SIFS PIFS

Reparto del ancho de banda

TEORÍA

CSMA/CA

- SHORT INTERFRAME SPACE (SIFS):
 - Is the amount of time in micro seconds required for a wireless interface to process a received frame and to respond with a response frame. It is the difference in time between the first symbol of the response frame in the air and the last symbol of the received frame in the air.
 - A SIFS time consists of the delay in receiver RF, PLCP delay and the MAC processing delay, which depends on the physical layer used. In IEEE 802.11 networks, SIFS is the interframe spacing prior to transmission of an acknowledgment, a Clear To Send (CTS) frame, a block ack frame that is an immediate response to either a block ack request frame or an A-MPDU, the second or subsequent MPDU of a fragment burst, a station responding to any polling a by point coordination function and during contention free periods of point coordination function.

Standard	SIFS (μ s)
IEEE 802.11-1997 (FHSS)	28
IEEE 802.11-1997 (DSSS)	10
IEEE 802.11b	10
IEEE 802.11a	16
IEEE 802.11g	10
IEEE 802.11n (2.4 GHz)	10
IEEE 802.11n (5 GHz)	16
IEEE 802.11ac	16

Reparto del ancho de banda

TEORÍA

CSMA/CA

- DCF INTERFRAME SPACE (DIFS):
 - The IEEE 802.11 family of standards describe the DCF protocol, which controls access to the physical medium. A station must sense the status of the wireless medium before transmitting. If it finds that the medium is continuously idle for DCF Interframe Space (DIFS) duration, it is then permitted to transmit a frame. If the channel is found busy during the DIFS interval, the station should defer its transmission.
 - DIFS duration can be calculated by the following method:
 - $DIFS = SIFS + (2 * Slot\ time)$

Standard	Slot time (μs)	DIFS (μs)
IEEE 802.11-1997 (FHSS)	50	128
IEEE 802.11-1997 (DSSS)	20	50
IEEE 802.11b	20	50
IEEE 802.11a	9	34
IEEE 802.11g	9 or 20	28 or 50
IEEE 802.11n (2.4 GHz)	9 or 20	28 or 50
IEEE 802.11n (5 GHz)	9	34
IEEE 802.11ac (5 GHz)	9	34

Reparto del ancho de banda

TEORÍA

CSMA/CA

- POINT COORDINATION FUNCTION INTERFRAME SPACE (PIFS):
 - Is one of the interframe space used in IEEE 802.11 based Wireless LANs. PCF enabled access point wait for PIFS duration rather than DIFS to occupy the wireless medium. PIFS duration is less than DIFS and greater than SIFS ($DIFS > PIFS > SIFS$). Hence AP always has more priority to access the medium.
 - PIFS duration can be calculated as follows:
 - $PIFS = SIFS + \text{Slot time}$

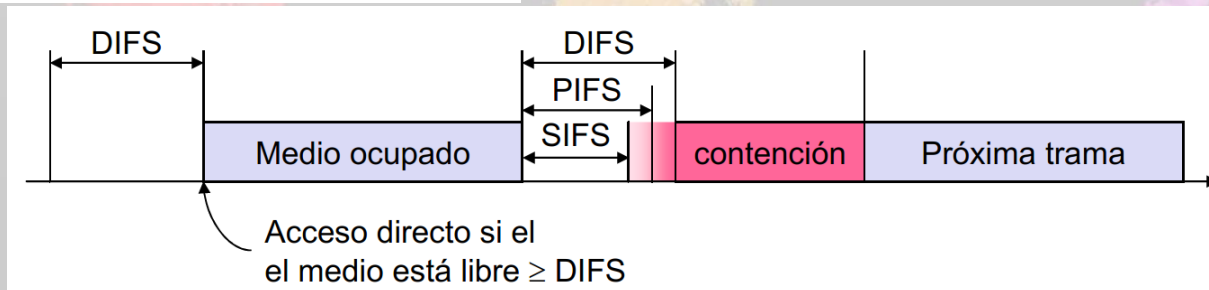
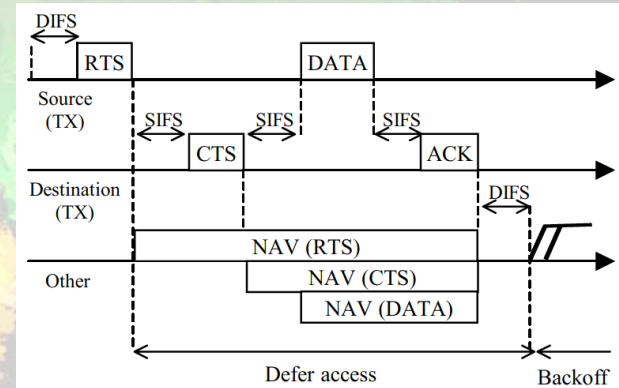
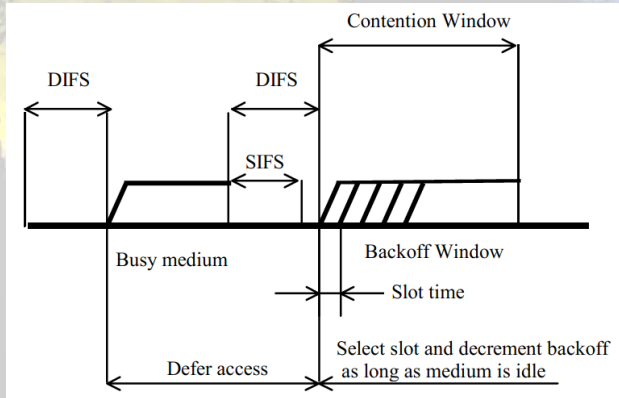
Standard	Slot time (μs)	PIFS (μs)
IEEE 802.11-1997 (FHSS)	50	78
IEEE 802.11-1997 (DSSS)	20	30
IEEE 802.11b	20	30
IEEE 802.11a	9	25
IEEE 802.11g	9 or 20	19 or 30
IEEE 802.11n (2.4 GHz)	9 or 20	19 or 30
IEEE 802.11n (5 GHz)	9	25
IEEE 802.11ac	9	25

Reparto del ancho de banda

TEORÍA

CSMA/CA

- CÓMO SE DISTRIBUYEN LOS 3 TIEMPOS:

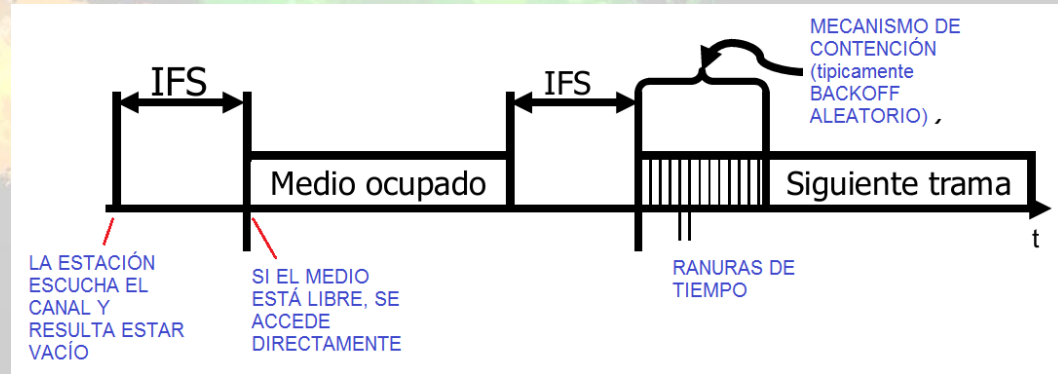


Reparto del ancho de banda

TEORÍA

TÉCNICAS DE ASIGNACIÓN DE ANCHO DE BANDA

- Ejemplo sencillo de CSMA/CA:
 1. Supongamos un solo IFS
 2. Una estación a transmitir escucha el medio
 3. Si el medio está libre, espera un tiempo IFS y si continúa libre, transmite.
 4. Si el medio se ocupa en este tiempo, la estación espera una nueva oportunidad de transmisión
 5. (Segunda escucha) Si el medio está libre, espera un IFS más un tiempo adicional (ventana de backoff). Si entonces está libre el medio, se transmite.
 6. Si el medio no está libre, los pasos 3 y 4 se repiten y en cada intento se espera un tiempo adicional que es el doble del anterior (se duplica la ventana de backoff).



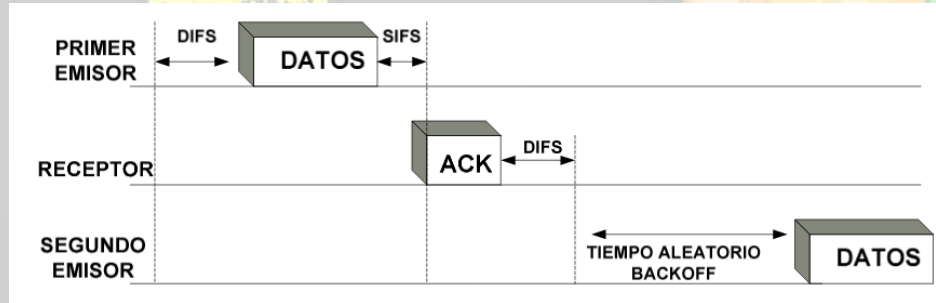
El CSMA/CA encuentra el medio ocupado

Reparto del ancho de banda

TEORÍA

TÉCNICAS DE ASIGNACIÓN DE ANCHO DE BANDA

- CSMA/CA: EL ALGORITMO BACK-OFF



Número de intento de retransmisión	Intervalo
0	0
1	0-1
2	0-3
3	0-7
4	0-15
5	0-31
6	0-63
7	0-127
8	0-255
9	0-511
10	0-1023
11	0-1023
12	0-1023
13	0-1023
14	0-1023
15	0-1023
16	Notificación de error

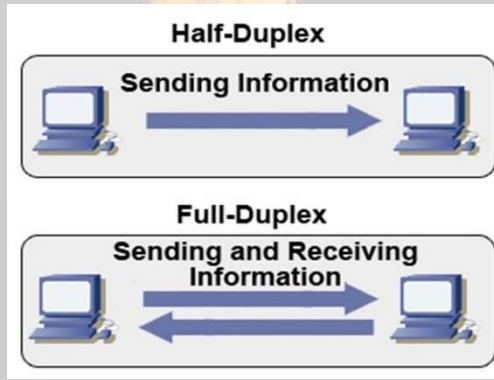
Reparto del ancho de banda

TEORÍA

TÉCNICAS DE ASIGNACIÓN DE ANCHO DE BANDA

FULL DUPLEX:

EN TELECOMUNICACIONES, DÚPLEX ES UN TÉRMINO UTILIZADO PARA DEFINIR A UN SISTEMA QUE ES CAPAZ DE MANTENER UNA COMUNICACIÓN BIDIRECCIONAL, ENVIANDO Y RECIBIENDO MENSAJES DE FORMA SIMULTÁNEA.



Reparto del ancho de banda

TEORÍA

TÉCNICAS DE ASIGNACIÓN DE ANCHO DE BANDA

El Ethernet FULL DUPLEX, sin colisiones:

- Ahora bien, el Ethernet Full Duplex usa dos pares, uno para transmitir y otro para recibir, y además, una conexión punto a punto entre el transmisor y el receptor, lo que hace que las velocidades alcanzadas sean mucho mayores, y como la transmisión y recepción usan cables diferentes no ocurren colisiones. Esto es porque ahora hay múltiples vías en lugar de una sola para la comunicación. Además, en teoría es 100% eficiente en ambas direcciones (velocidad total en ambas direcciones) pero esa velocidad se define como **aggregate rate**, lo cual quiere decir que es lo que se supone debes obtener, pero no hay garantías.
- Se puede usar el modo **Full Duplex** en tres situaciones: De un switch a un host, De un Switch a otro Switch y De Host a Host usando un cable cruzado.
- Y debemos tener presente que:
 - No hay colisiones en el modo Full Duplex
 - Se requiere un puerto dedicado de Switch para cada nodo Full Duplex
 - La tarjeta de red del host y el puerto del switch deben tener la capacidad de funcionar en Full Duplex
 - Ahora, cuando dos puertos se activan, se establece una negociación entre ambos, y se establece el enlace Fast Ethernet; este mecanismo se llama de autodetección y decide la capacidad de intercambio, es decir, revisa que ambos extremos puedan usar 10 o 100Mbps, y una vez establecida la velocidad, revisa si puede funcionar en Full Duplex, en caso contrario, usará **Half Duplex**.

Reparto del ancho de banda

TEORÍA

TÉCNICAS DE ASIGNACIÓN DE ANCHO DE BANDA

El CSMA 1-PERSISTENTE:

- Descripción: Se escucha el canal y transmite tan pronto como éste esté libre (enfoque codicioso, “greedy approach”). Si está ocupado, continúa escuchando el medio hasta que lo encuentre libre. Los tiempos de propagación largos deben ser evitados, puesto que si no, aumenta la probabilidad de que varias estaciones intenten acceder al medio a la vez produciendo colisiones, al interpretar que el medio está libre, cuando de hecho ya ha sido ocupado por la trama de otra estación. El retardo impide que las demás se enteren a tiempo. Este protocolo se denomina CSMA 1-persistente porque hay una probabilidad 1 (es decir certeza) de que la trama se transmita cuando el canal esté libre.
- Para CSMA 1-PERSISTENTE no ranurado tenemos que la salida es:

$$S_{th} = \frac{G[1 + G + \alpha G(1 + G + \alpha G / 2)]e^{-G(1+2\alpha)}}{G(1 + 2\alpha) - (1 - e^{-\alpha G}) + (1 + \alpha G)e^{-G(1+\alpha)}}$$

- Para CSMA 1-PERSISTENTE ranurado tenemos que la salida es:

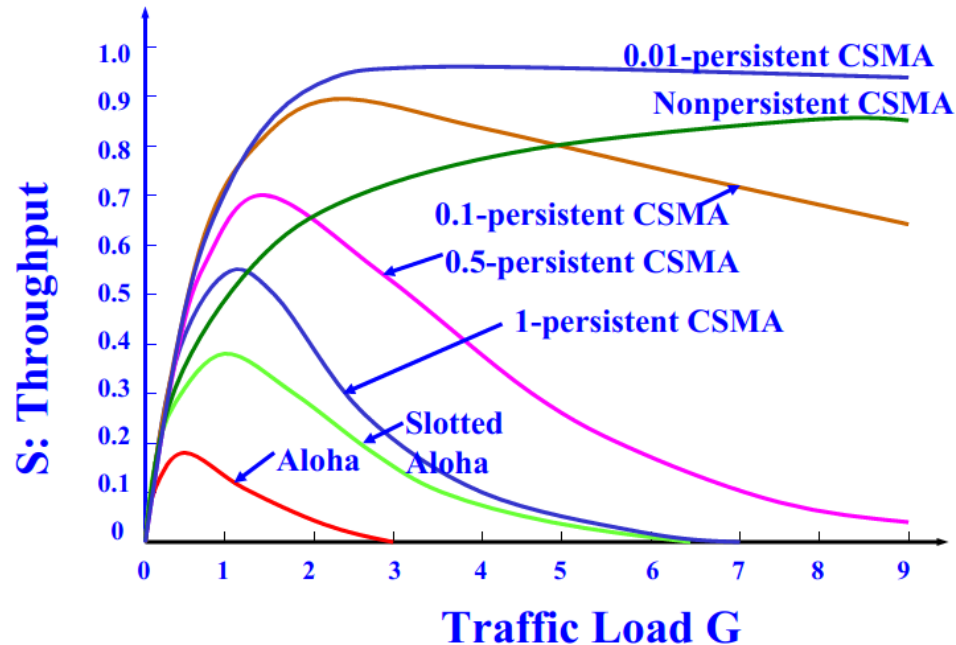
$$S_{th} = \frac{G(1 + \alpha - e^{-\alpha G})e^{-G(1+\alpha)}}{(1 + \alpha)(1 - e^{-\alpha G}) + \alpha e^{-G(1+\alpha)}}$$

Reparto del ancho de banda

TEORÍA

TÉCNICAS DE ASIGNACIÓN DE ANCHO DE BANDA

COMPARACIÓN DE SALIDAS POR PROTOCOLO:



Reparto del ancho de banda

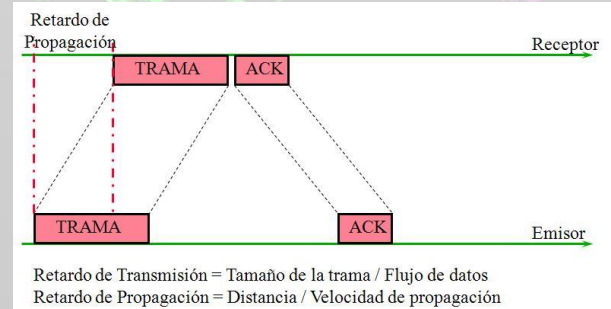
TEORÍA

PROTOCOLOS DE RECONOCIMIENTO

PARADA Y ESPERA (STOP AND WAIT:

Es un tipo de protocolo ARQ para el control de errores en la comunicación entre dos hosts basado en el envío de tramas o paquetes, de modo que una vez se envía un paquete no se envía el siguiente paquete hasta que no se recibe el correspondiente ACK y en caso de recibir un NACK se reenvía el paquete anterior.

Este protocolo asegura que la información no se pierde y que las tramas o paquetes se reciben en el orden correcto. Es el más simple de los métodos ARQ. En este, el emisor, después de enviar una sola trama, no envía las demás hasta que reciba una señal ACK (un acuse de recibo de que se recibió la trama) por parte del receptor. Por otro lado, el receptor, cuando recibe una trama válida (sin errores), envía la señal ACK.



Esquema del protocolo

Reparto del ancho de banda

TEORÍA

PROTOCOLOS DE RECONOCIMIENTO

PARADA Y ESPERA SIN ERRORES (STOP AND WAIT):

FORMULARIO

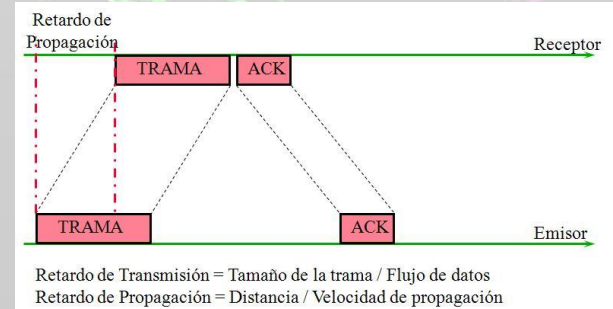
Cociente entre tiempo de propagación y tiempo de transmisión :

$$a = \frac{t_{prop}}{t_{tx}}$$

Porcentaje de tasa efectiva:

$$U = \frac{1}{1 + 2a}$$

Tasa efectiva = Porcentaje de tasa efectiva x Velocidad del enlace



Esquema del protocolo

Reparto del ancho de banda

TEORÍA

PROTOCOLOS DE RECONOCIMIENTO

PARADA Y ESPERA CON ERRORES (STOP AND WAIT):

FORMULARIO

Cociente entre tiempo de propagación y tiempo de transmisión :

$$a = \frac{t_{prop}}{t_{tx}}$$

$$a = \frac{RTT/2}{M/C}$$

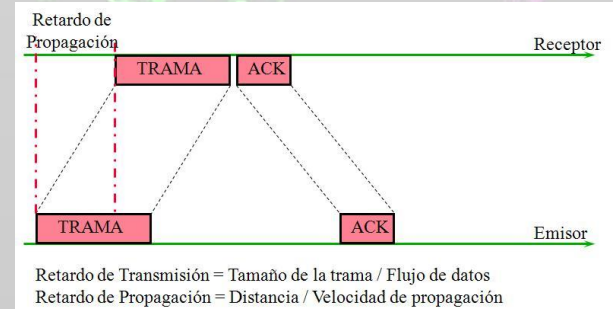
Probabilidad de error: p (Se construye con la probabilidad de pérdida de paquete y la probabilidad de pérdida de asentimiento)

$$p = 1 - (1 - B_p)(1 - B_a)$$

Porcentaje de tasa efectiva:

$$U = \frac{1 - p}{1 + 2a}$$

Tasa efectiva = Porcentaje de tasa efectiva x Velocidad del enlace



Esquema del protocolo

Reparto del ancho de banda

TEORÍA

PROTOCOLOS DE RECONOCIMIENTO

VENTANA DESLIZANTE:

FORMULARIO

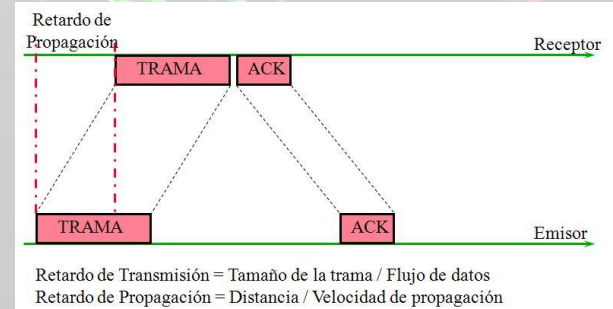
Cociente entre tiempo de propagación y tiempo de transmisión :

$$a = \frac{t_{prop}}{t_{tx}}$$

Porcentaje de tasa efectiva:

$$U = \frac{S_{tam}}{1 + 2a}$$

Tasa efectiva = Porcentaje de tasa efectiva x Velocidad del enlace



Esquema del protocolo

Reparto del ancho de banda

TEORÍA

TÉCNICAS DE CODIFICACIÓN

¿PARA QUÉ SIRVE LA CODIFICACIÓN?:

- La Capa de Enlace de Datos envía sucesiones de ceros y unos binarios que contienen los datos a transmitir junto a las cabeceras necesarias para el funcionamiento correcto de los diferentes protocolos.
- Una computadora es un dispositivo eléctrico/electrónico, que funciona a base de impulsos de corriente eléctrica continua.
- Por lo tanto es preciso una transformación de dígitos binarios en impulsos de electricidad continua.
- El mecanismo general de transformar información (datos) en "algo" que la represente y que sea apto para su transmisión por un medio cualquiera se denomina codificación, y a esos "algo" que representan la información se les conoce con el nombre de señales.
- Para codificar datos binarios por medio de señales de corriente continua se pueden usar diversos métodos, como la determinación de un determinado voltaje (3 voltios) para representar un 1 y otro voltaje menor (0 voltios) para representar un cero.

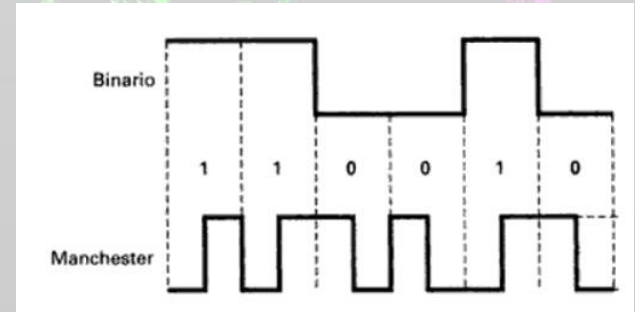
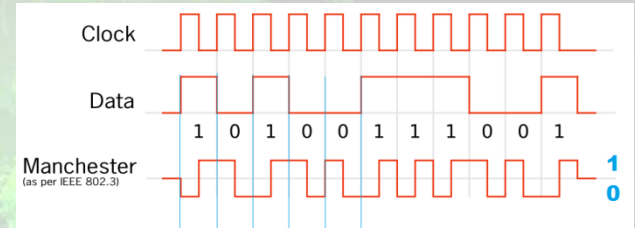
Reparto del ancho de banda

TEORÍA

TÉCNICAS DE CODIFICACIÓN

MÁNCHESTER o BIFASE-L:

- Manchester es una técnica de señalización/codificación.
- Es un método de codificación eléctrica de una señal binaria en el que en cada tiempo de bit hay una transición entre dos niveles de señal. Es una codificación autosincronizada, ya que en cada bit se puede obtener la señal de reloj, lo que hace posible una sincronización precisa del flujo de datos. Una desventaja es que consume el doble de ancho de banda que una transmisión asíncrona. Hoy en día hay numerosas codificaciones (8b/10b) que logran el mismo resultado pero consumiendo menor ancho de banda que la codificación Manchester.
- Esta codificación se usa cuando no hay reloj de sistema en una línea separada. En ella, cada celda de bit se divide en dos partes: la primera mitad contiene el complemento del valor del bit. y la segunda mitad contiene el valor real del bit. Así, una transición de bajo a alto en medio de una celda de bit representa un 1 lógico, y una transición de alto a bajo representa un 0 lógico.
- En la figura se ve el formato de codificación Manchester; el formato asegura que haya una transición de señal en cada celda de bit. y se amplía la recuperación de reloj. A esta técnica de recuperar un reloj a partir de la corriente de bits de datos se llama a veces autosincronización.



Esquema del protocolo

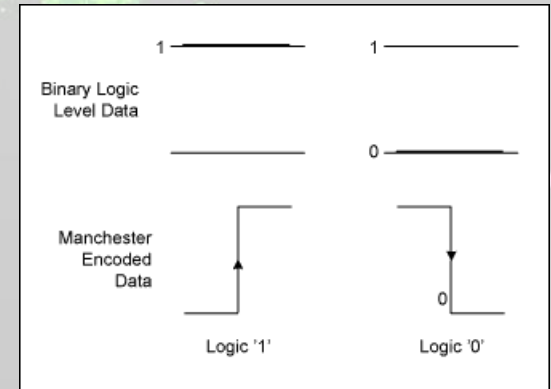
Reparto del ancho de banda

TEORÍA

TÉCNICAS DE CODIFICACIÓN

MÁNCHESTER o BIFASE-L:

- El formato Manchester también asegura que la corriente de bits codificados tendrá valor alto 50% del tiempo, y bajo 50% del tiempo, reduciendo así la carga desarrollada a través de la capacitancia inherente de la transmisión.
- Ejemplos:
 - El esquema of bits " 0 1 1 1 1 0 0 1 " se codifica como " 01 10 10 10 10 01 01 10".
 - El esquema de bits " 1 0 1 0 1 etc" se codifica como "10 01 10 01 10 " puede también expresarse como "1 00 11 00 11 0 ". Así en una red ethernet de 10 Mbps, la secuencia de preámbulo se codfica como una onda cuadrada de 5 MHz (es decir medio ciclo cada periodo de bit de 0.1 microsegundos).



Esquema del protocolo

Reparto del ancho de banda

TEORÍA

TÉCNICAS DE CODIFICACIÓN

CODIFICACIÓN MÁNCHESTER NORMAL:

- Transición en mitad del intervalo de duración del bit.
- La transición sirve como procedimiento de sincronización y de transmisión de datos:
 - 1: Transición de bajo a alto en mitad del intervalo
 - 0: Transición de alto a bajo en mitad del intervalo
- Para representar un 1, la tarjeta de red emite un voltaje en forma de señal cuadrada que baja de $+0,85V$ a $-0,85V$. El 0 se representa con una señal que sube de $-0,85V$ a $+0,85V$.
- La no-transmisión (idle) puede ser reconocida fácilmente cuando el voltaje en la línea es 0.
- Utilizado por IEEE 802.3 (LAN Ethernet con bus CSMA/CD).

Reparto del ancho de banda

TEORÍA

TÉCNICAS DE CODIFICACIÓN

CODIFICACIÓN MÁNCHESTER DIFERENCIAL:

- La transmisión a mitad del intervalo se utiliza tan sólo para proporcionar sincronización:
 - 0: Transición al principio del intervalo del bit
 - 1: Ausencia de transición al principio del intervalo del bit
- Es un esquema de codificación diferencial.
- La componente continua siempre es nula, independientemente de la proporción de unos y ceros que contenga la secuencia original.
- Otra ventaja de la ausencia de componente continua es la eliminación de fenómenos de corrosión electrolítica en los conectores y de fallos en los mismos.
- Utilizado por IEEE 802.5 (LAN paso de testigo en anillo).
- Las redes Token Ring de 4/16 Mbps también emplean la codificación Manchester diferencial. TokenRing usa el método de codificación Manchester diferencial para codificar la información de reloj y de bits de datos en símbolos de bit.

Medios físicos de transmisión

TEORÍA

CUADRO GENERAL

Medio de transmisión	Razón de datos total	Ancho de banda (f1 – f2)	Distancia operativa (Km)
Cable de par trenzado	4 Mbps	3 MHz	2 a 10
Cable coaxial	10 Mbps	350 MHz	1 a 10
Cable de fibra óptica	2 Gbps	2 GHz	10 a 100

Medios físicos de transmisión

TEORÍA

CABLE DE PAR TRENZADO

El cable de par trenzado consiste en un conjunto de pares de hilos de cobre, conductores cruzados entre sí, con el objetivo de reducir el ruido de diafonía. A mayor número de cruces por unidad de longitud, mejor comportamiento ante el problema de diafonía. Existen dos tipos básicos de pares trenzados:

- **Apantallado, blindado o con blindaje:** Shielded Twisted Pair (STP).
- **No apantallado, sin blindar o sin blindaje:** Unshielded Twisted Pair (UTP).

Existe un código de colores para los cables del par trenzado, en función del número de pares que tengan:

- Para cables de red se suelen usar hasta 4 pares.
- Para cables telefónicos se pueden llegar a usar 25 pares.



Medios físicos de transmisión

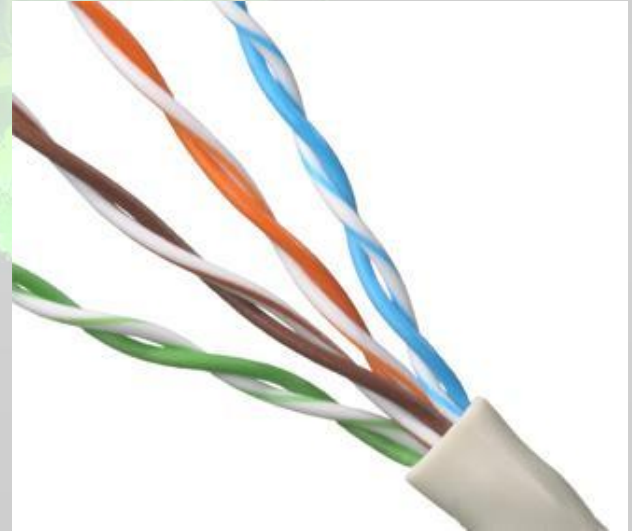
TEORÍA

CABLE DE PAR TRENZADO

Vistos en detalle, existen 4 tipos de cables de par trenzado: UTP, FTP, STP Y F-STP:

1. Cable UTP (Unshielded Twisted Pair - Par trenzado no apantallado).

- Es el cable de pares trenzados mas utilizado, no posee ningún tipo de protección adicional a la recubierta de PVC y tiene una impedancia de 100 Ohm. El conector más utilizado en este tipo de cable es el RJ45, parecido al utilizado en teléfonos RJ11 (pero un poco mas grande), aunque también puede usarse otros (RJ11, DB25,DB11, entre otros), dependiendo del adaptador de red.
- Es sin duda el que hasta ahora ha sido mejor aceptado, por su costo accesibilidad y fácil instalación. Sin embargo a altas velocidades puede resultar vulnerable a las interferencias electromagnéticas del medio ambiente.



Medios físicos de transmisión

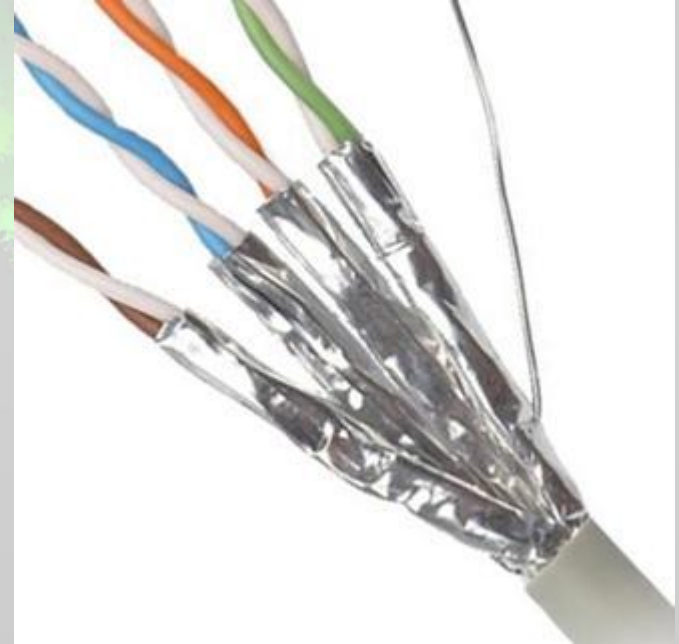
TEORÍA

CABLE DE PAR TRENZADO

Vistos en detalle, existen 4 tipos de cables de par trenzado:

2. Cable STP (Shielded Twisted Pair- Par trenzado apantallado)

- En este caso, cada par va recubierto por una malla conductora que actúa de apantalla frente a interferencias y ruido eléctrico. Su impedancia es de 150 Ohm.
- El nivel de protección del STP ante perturbaciones externas es mayor al ofrecido por UTP. Sin embargo es más costoso y requiere más instalación. La pantalla del STP para que sea más eficaz requiere una configuración de interconexión con tierra (dotada de continuidad hasta el terminal), con el STP se suele utilizar conectores RJ49.
- Es utilizado generalmente en las instalaciones de procesos de datos por su capacidad y sus buenas características contra las radiaciones electromagnéticas, pero el inconveniente es que es un cable robusto, caro y difícil de instalar.



Medios físicos de transmisión

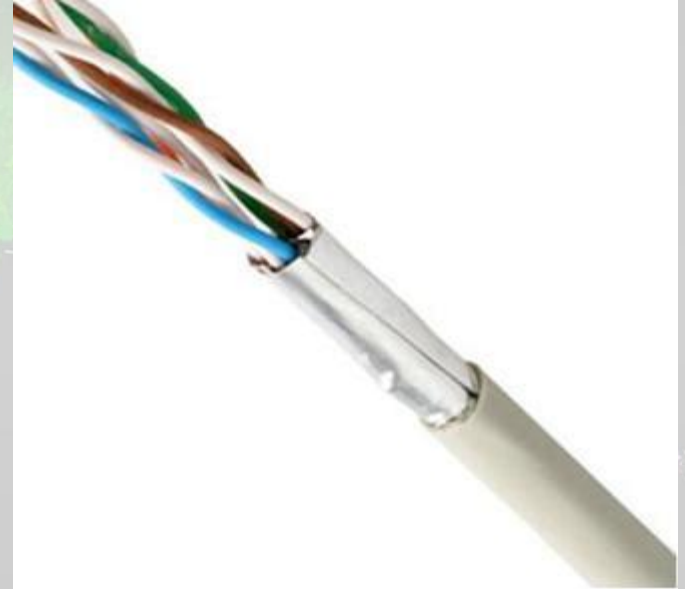
TEORÍA

CABLE DE PAR TRENZADO

Vistos en detalle, existen 4 tipos de cables de par trenzado:

3. Cable FTP (Foiled Twisted Pair- Par trenzado con pantalla global)

- En este tipo de cable como en el UTP, sus pares no están apantallados, pero sí dispone de una apantalla global para mejorar su nivel de protección ante interferencias externas. Su impedancia típica es de 120 Ohm y sus propiedades de transmisión son mas parecidas a las del UTP. Además puede utilizar los mismos conectores RJ45.
- Tiene un precio intermedio entre el UTP y STP.



Medios físicos de transmisión

TEORÍA

CABLE DE PAR TRENZADO

Vistos en detalle, existen 4 tipos de cables de par trenzado:

4. Cable SFTP o SF – UTP

- SFTP significa Par Trenzado Completamente Blindado para proyección. Este es un tipo especial de cable que utiliza múltiples versiones de blindaje metálico para bloquear la interferencia externa de interrumpir las señales transmitidas a través de los cables. Incorpora los métodos empleados por otros cables para lograr la máxima protección.



Medios físicos de transmisión

TEORÍA

CABLE DE PAR TRENZADO

Existen varias categorías de cable de red, según su capacidad:

CATEGORÍA	ANCHO DE BANDA	TRANSFERENCIA MÁXIMA
1	0,4 MHz	4 Mbps
2	4 MHz	4 Mbps
3	16 MHz	10 Mbps
4	20 MHz	16 Mbps
5	100 MHz	100 Mbps
6	250 MHz	1000 Mbps
7	600-1000 MHz	10Gbps
8	---	---

Medios físicos de transmisión

TEORÍA

CABLE DE PAR TRENZADO

Existen varias categorías de cable de red, según su capacidad:

Categoría	Ancho de banda (MHz)	Aplicaciones	Notas
Cat. 1		Líneas telefónicas y módem de banda ancha.	No descrito en las recomendaciones del EIA/TIA. No es adecuado para sistemas modernos.
Cat. 2	4 CG CANDE	Cable para conexión de antiguos terminales como el IBM 3270 .	No descrito en las recomendaciones del EIA/TIA. No es adecuado para sistemas modernos.
Cat. 3	16 MHz Clase C	10BASE-T and 100BASE-T4 Ethernet	Descrito en la norma EIA/TIA-568. No es adecuado para transmisión de datos mayor a 16 Mbit/s.
Cat. 4	20 MHz	16 Mbit/s Token Ring	
Cat. 5	100 MHz Clase D	10BASE-T y 100BASE-TX Ethernet	
Cat. 5e	100 MHz Clase D	100BASE-TX y 1000BASE-T Ethernet	Mejora del cable de Categoría 5. En la práctica es como la categoría anterior pero con mejores normas de prueba. Es adecuado para Gigabit Ethernet
Cat. 6	250 MHz Clase E	1000BASE-T Ethernet	Transmite a 1000Mbps. Cable más comúnmente instalado en Finlandia según la norma SFS-EN 50173-1.
Cat. 6a	250 MHz (500MHz según otras fuentes) Clase E	10GBASE-T Ethernet	

Medios físicos de transmisión

TEORÍA

CABLE DE PAR TRENZADO

Existen varias categorías de cable de red, según su capacidad:

Categoría	Ancho de banda (MHz)	Aplicaciones	Notas
Cat. 7	600 MHz Clase F		Cable U/FTP (sin blindaje) de 4 pares.
Cat. 7a	1000 MHz Clase F	Para servicios de telefonía, Televisión por cable y Ethernet 1000BASE-T en el mismo cable.	Cable S/FTP (pares blindados, cable blindado trenzado) de 4 pares. Norma en desarrollo.
Cat. 8	1200 MHz	Norma en desarrollo. Aún sin aplicaciones.	Cable S/FTP (pares blindados, cable blindado trenzado) de 4 pares.
Cat. 9	25000 MHz	Norma en creación por la UE.	Cable S/FTP (pares blindados, cable blindado trenzado) de 8 pares con milar y poliamida.
Cat. 10	75000 MHz	Norma en creación por la G.E.R.A(RELATIONSHIP BETWEEN COMPANIES ANONYMA G) e IEEE.	Cable S/FTP (pares blindados, cable blindado trenzado) de 8 pares con milar y poliamida.

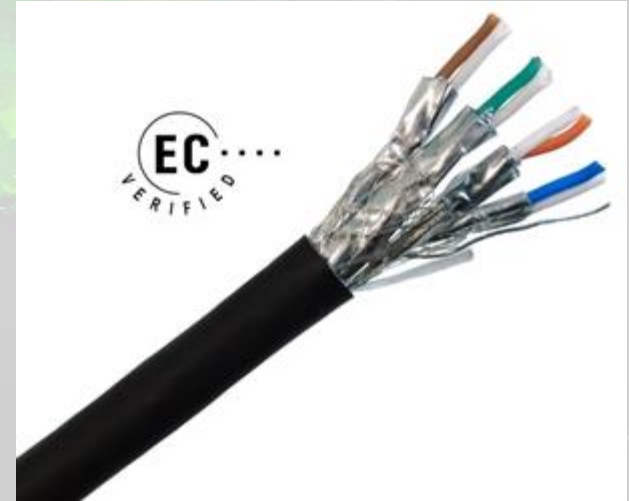
Medios físicos de transmisión

TEORÍA

CABLE DE PAR TRENZADO

Existen algunas variantes menores del cable par trenzado

- Par trenzado cargado: es un par trenzado al cual se le añade intencionadamente inductancia, muy común en las líneas de telecomunicaciones, excepto para algunas frecuencias. Los inductores añadidos son conocidos como bobinas de carga y reducen la distorsión.
- Par trenzado sin carga: los pares trenzados son a título individual en régimen de esclavo para aumentar la robustez del cable.
- Cable trenzado de cinta: es una variante del estándar de cable de cinta donde los conductores adyacentes están en modo esclavo y trenzados. Los pares trenzados son ligeramente esclavos unos de los otros en formato de cinta. Periódicamente a lo largo de la cinta hay pequeñas secciones con no trenzados habilitados conectores y cabeceras pcb para ser terminadas usando la típica técnica de cable de cinta IDC.

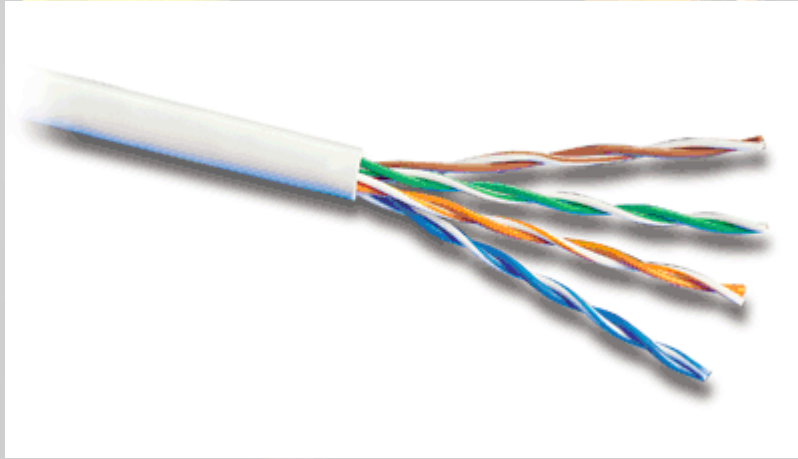


Medios físicos de transmisión

TEORÍA

CABLE DE PAR TRENZADO

Cable de categoría 5:



CATEGORÍA 5

Medios físicos de transmisión

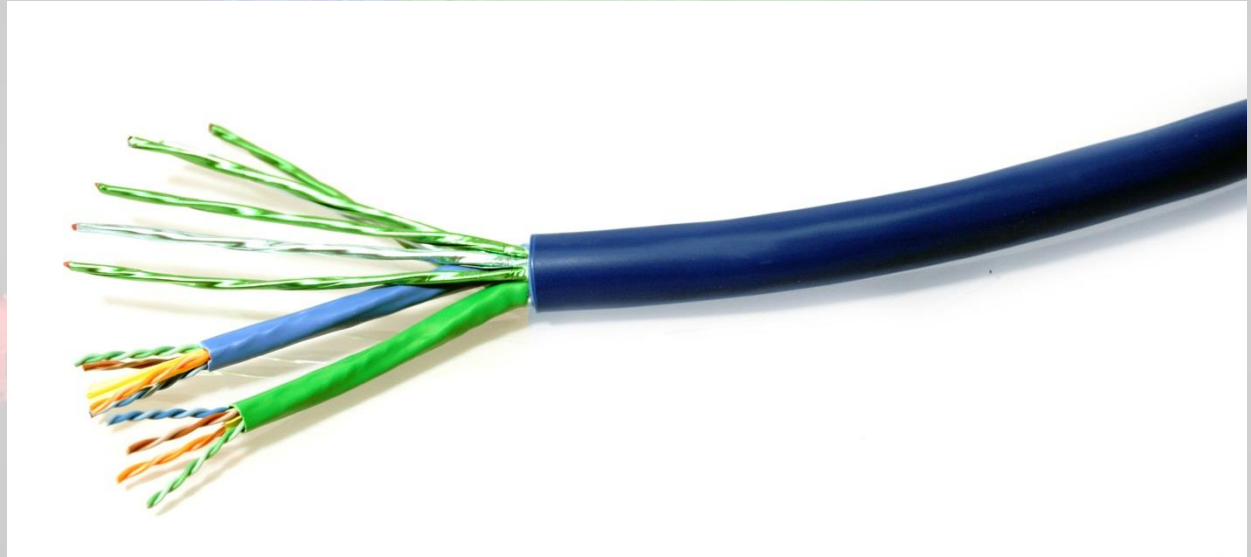
TEORÍA

CABLE DE PAR TRENZADO

Cable de categoría 6:



Categoría 6



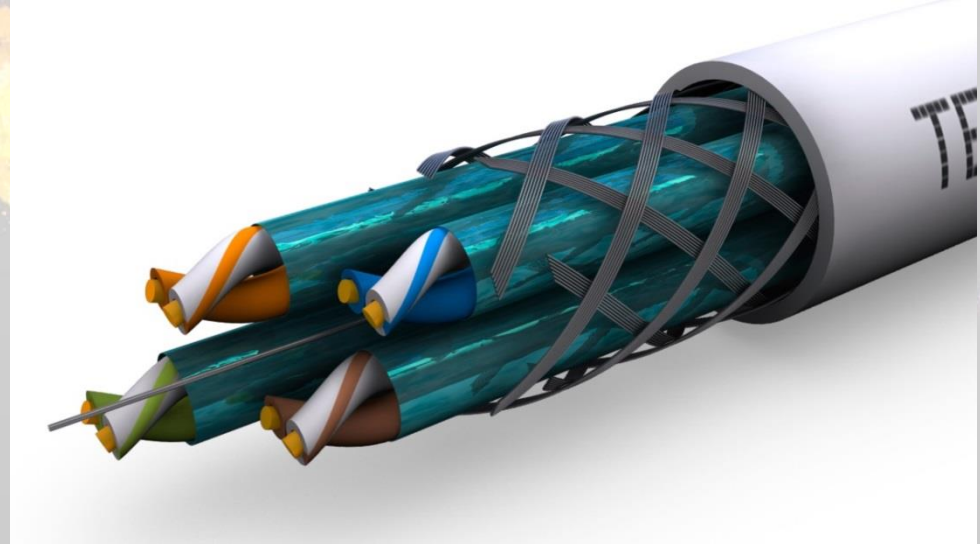
Elementos de categoría 6

Medios físicos de transmisión

TEORÍA

CABLE DE PAR TRENZADO

Cable de categoría 7:



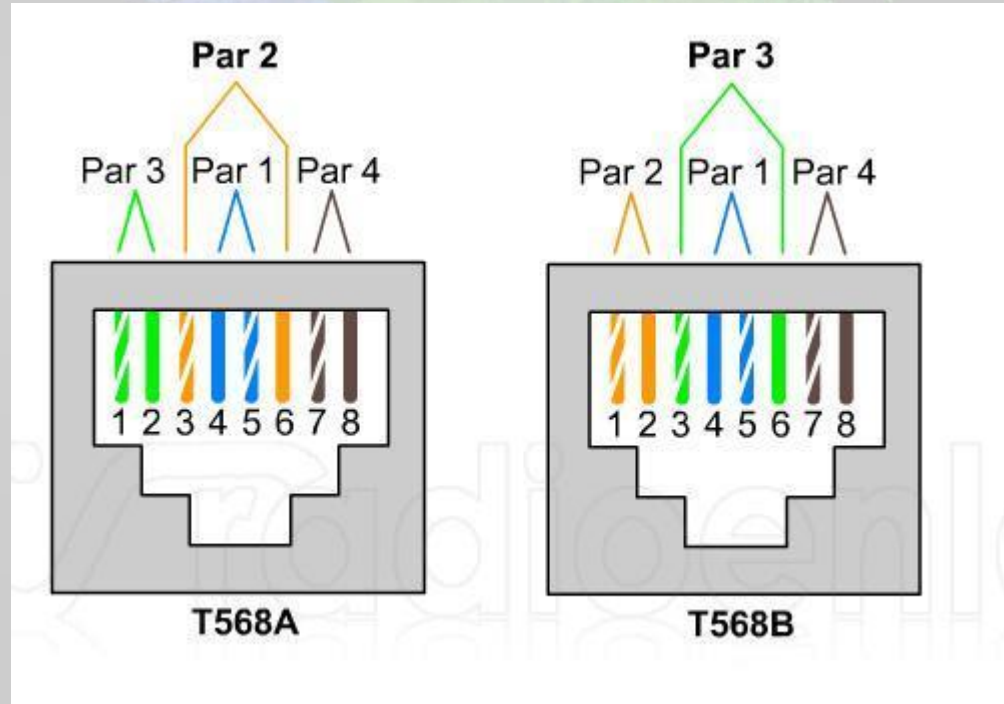
Elementos de categoría 7

Medios físicos de transmisión

TEORÍA

CABLE DE PAR TRENZADO

Existen dos clases de configuraciones para los pines de los conectores del cable trenzado denominadas T568A y T568B:

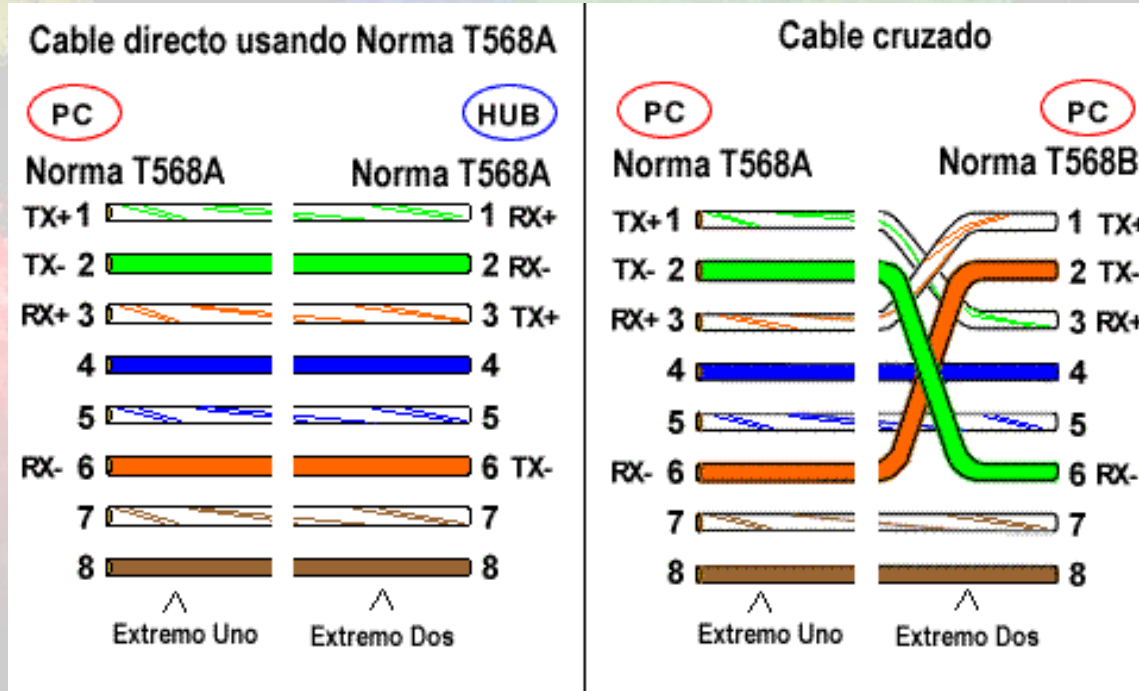


Medios físicos de transmisión

TEORÍA

CABLE DE PAR TRENZADO

Existen dos clases de configuraciones para los pines de los conectores del cable trenzado denominadas T568A y T568B:



Medios físicos de transmisión

TEORÍA

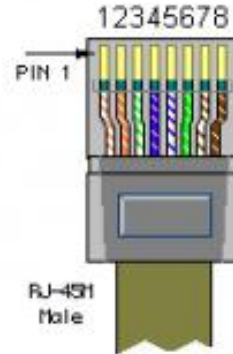
CABLE DE PAR TRENZADO

Existen dos clases de configuraciones para los pines de los conectores del cable trenzado denominadas T568A y T568B:

Crossover Cable	
RJ-45 PIN	RJ-45 PIN
1 Rx+	3 Tx+
2 Rc-	6 Tx-
3 Tx+	1 Rc+
6 Tx-	2 Rc-

Straight Through Cable	
RJ-45 PIN	RJ-45 PIN
1 Tx+	1 Rc+
2 Tx-	2 Rc-
3 Rc+	3 Tx+
6 Rc-	6 Tx-

1-orange/white
2-orange
3-green/white
4-blue
5-blue/white
6-green
7-brown/white
8-brown

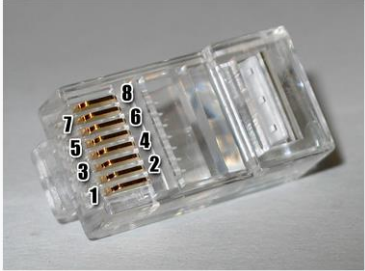


Medios físicos de transmisión

TEORÍA

CABLE DE PAR TRENZADO

Existen dos clases de configuraciones para los pines de los conectores del cable trenzado denominadas T568A y T568B:

Patilla	T568A Par	T568B Par	Cable	T568A Color	T568B Color	Patillas en la cara del conector (el terminal se invierte)
1	3	2	tip	 blanco/linea verde	 blanco/linea naranja	
2	3	2	ring	 verde	 naranja	
3	2	3	tip	 blanco/linea naranja	 blanco/linea verde	
4	1	1	ring	 azul	 azul	
5	1	1	tip	 blanco/linea azul	 blanco/linea azul	
6	2	3	ring	 naranja	 verde	
7	4	4	tip	 blanco/linea marrón	 blanco/linea marrón	
8	4	4	ring	 marrón	 marrón	

Medios físicos de transmisión

TEORÍA

CABLE DE PAR TRENZADO

Las claves para crimpar bien los cables de red:



Medios físicos de transmisión

TEORÍA

CABLE DE PAR TRENZADO

A los conectores RJ45 para categoría 6 y 7 se les debe llamar de otra forma:

- RJ45* Define the physical sizes of connectors and slots. All RJ45 (RJ45S, etc.) are similar, but at them at all is hemp in different places, only at RJ45 any is not present. From RJ45 "were then inherited" corresponding ANSI.
- RJ48* Adds to RJ45 layout and colors of pairs for T1 and other purely differential channels.
- EIA/TIA-568B Actually specifies RJ48 on coiling and for convenience of teapots-assemblers white wires with a strip are replaced with the strips colored entirely in color. We tell, was white with orange - - became orange entirely.



Teoría sobre redes: Red Ethernet

ÍNDICE

Medios de transmisión

TEORÍA

BANDA BASE, BANDA ANCHA Y BANDA

- En Telecomunicaciones, el término **banda base** se refiere a la banda de frecuencias producida por un transductor, tal como un micrófono, un manipulador telegráfico u otro dispositivo generador de señales que no es necesario adaptarlo al medio por el que se va a transmitir.
- **Banda base** es la señal de una sola transmisión en un canal, banda ancha significa que lleva más de una señal y cada una de ellas se transmite en diferentes canales, hasta su número máximo de canal.
- En los **sistemas de transmisión**, la banda base es generalmente utilizada para modular una **portadora**. Durante el proceso de demodulación se reconstruye la señal banda base original. Por ello, podemos decir que la banda base describe el estado de la señal antes de la modulación y de la multiplexación y después de la demultiplexación y demodulación.
- Las frecuencias de **banda base** se caracterizan por ser generalmente mucho más bajas que las resultantes cuando éstas se utilizan para modular una portadora o subportadora. Por ejemplo, es señal de banda base la obtenida de la salida de video compuesto de dispositivos como grabadores/reproductores de video y consolas de juego, a diferencia de las señales de televisión que deben ser moduladas para poder transportarlas vía aérea (por señal libre o satélite) o por cable.
- En transmisión de facsímil, la **banda base** es la frecuencia de una señal igual en ancho de banda a la comprendida entre la frecuencia cero y la frecuencia máxima de codificación. En otras palabras, si el espectro de frecuencia de una señal se localiza alrededor de la frecuencia $f = 0$ Hz, se dice que la señal es de “banda base”.

Medios de transmisión

TEORÍA

TAMAÑO MÍNIMO DE TRAMA

- El tiempo que la señal tarda en ir y volver debe ser siempre menor que el tiempo de emisión de la trama mínima:
- Ethernet: Trama mínima: 64 bytes (512 bits)
- => Tiempo de ida y vuelta máximo: 51,2 μ s (10 Mb/s) 5,12 μ s (100 Mb/s)
- [tiempo para detectar la colisión quien envía en el caso peor]
- Criterios:
 - A 180.000 Km/s (velocidad de la luz en fibra y cobre) la distancia máxima es de unos 4,6 Km para 10 Mb/s y 460 m para 100 Mb/s, lo que supone un retraso de 5.5555 μ s/Km.
 - Actualmente con UTP-Cat5 los medios tiende a una velocidad mayor, 200.000 Km/s, lo que supone un retraso de 5 μ s/Km.
 - El estándar fija el tamaño mínimo de trama para que pueda detectar la colisión, ya que si finalizara de transmitir, dejaría de escuchar y por tanto no vería si hay o no colisión.

Protocolos más frecuentes

TEORÍA

TAMAÑO MÍMO DE TRAMA

- Los protocolos más frecuentes de TCP/IP son:

Modelo de referencia OSI Suite o Conjunto de protocolos de TCP/IP

Nivel	Función	Protocolo				
1	Aplicación	Telnet	FTP	TFTP	SMTP	DNS
2	Presentación					
3	Sesión					
4	Transporte	TCP		UDP		
5	Red	IP	ICMP	RIP	OSPF	EGP
				ARP		RARP
6	Enlace de datos					
7	Físico	Ethernet	Token Ring		Otros medios	

Protocolos más frecuentes

TEORÍA

TAMAÑO MÍMO DE TRAMA

- Los protocolos más frecuentes son:

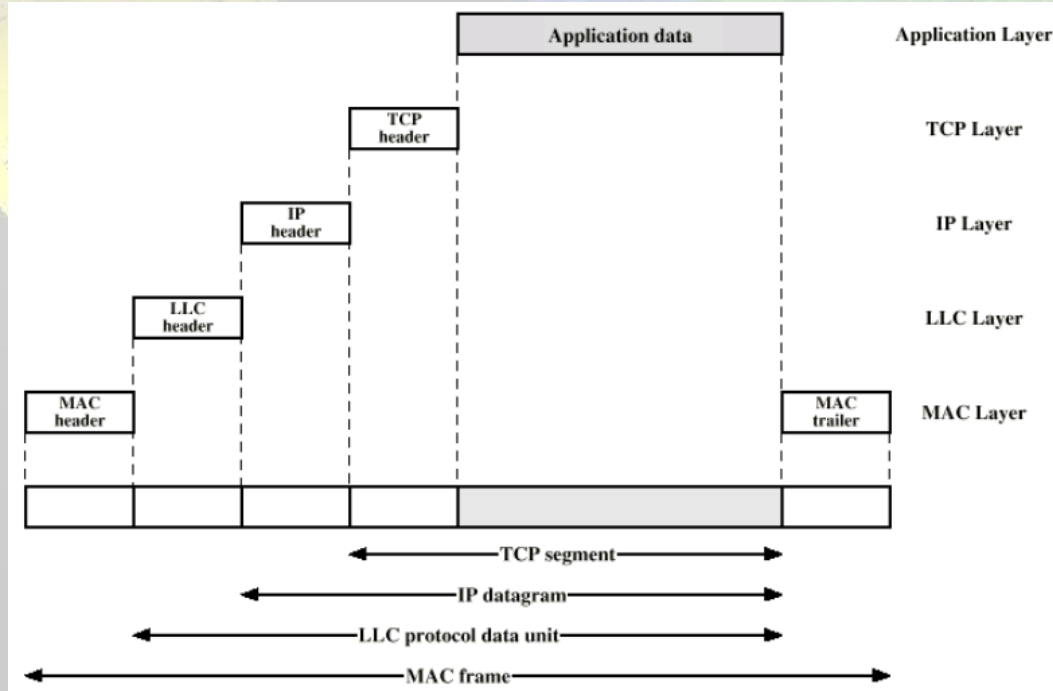
Protocolo	Servicio
Protocolo Internet (IP)	Proporciona servicios para la entrega de paquetes entre nodos.
Protocolo de control de mensajes de Internet (ICMP).	Regula la transmisión de mensajes de error y control entre los <i>hosts</i> y los <i>routers</i> .
Protocolo de resolución de direcciones (ARP).	Asigna direcciones Internet a direcciones físicas.
Protocolo de resolución de direcciones por réplica (RARP).	Asigna direcciones físicas a direcciones Internet.
Protocolo de control de transmisión (TCP).	Proporciona servicios de envío de flujos fiables entre los clientes.
Protocolo de <i>datagrama</i> de usuario (UDP).	Proporciona servicio de entrega de <i>datagramas</i> no fiable entre clientes.
Protocolo de transferencia de archivos (FTP).	Proporciona servicios de nivel de aplicación para la transferencia de archivos.
TELNET	Proporciona un método de emulación de terminal.
Protocolo de información de encaminamiento (RIP)	Permite el intercambio de información de rutas de vectores de distancia entre <i>routers</i> .
Protocolo abrir la vía más corta primero (OSPF)	Permite el intercambio de información de rutas de estado del enlace entre <i>routers</i> .
Protocolo Gateway Externo (EGP)	Permite el intercambio de información de rutas entre <i>routers</i> externos.

Protocolos más frecuentes

TEORÍA

TAMAÑO MÍNIMO DE TRAMA

- La ubicación de algunos de estos protocolos en la arquitectura de red TCP/IP:



Protocolos más frecuentes

TEORÍA

TRAMAS LLC (CONTROL DE ACCESO LÓGICO)

- Tipología:

Código	Formato	Orden	Respuesta	LLC1	LLC2	LLC3	Descripción
1	I	X	X		X		Trama de datos
RR	S	X	X		X		Receptor preparado
RNR	S	X	X		X		Receptor no preparado
REJ	S	X	X		X		Rechazo simple (vuelta tras N)
UI	u	X		X			Información no numerada
XID	u	X	X	X			Intercambio ID
TEST	u	X	X	X			Test
SABME	u	X			X		Establecimiento de modo asincrono balanceado extendido (módulo 128)
DISC	u	X			X		Petición de desconexión
UA	u		X		X		Reconocimiento no numerado
DM	u		X		X		Establecimiento de modo de desconexión
FRMR	u		X		X		Rechazo de trama
ACÓ						X	Trama de datos + ACK 0
AC1						X	Trama de datos + ACK 1

- I = Información ; S = Supervisión ; u = no numeradas

Protocolos más frecuentes

TEORÍA

TRAMAS LLC (CONTROL DE ACCESO LÓGICO)

- Formato de PDUs. Comandos o respuestas de :
 - I - Información
 - S - Supervisión
 - N - No numeradas

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10-16
Information transfer command/response (I-format PDU)	0	N(S)							P/F	N(R)
Supervisory commands/responses (S-format PDUs)	1	0	S	S	X	X	X	X	P/F	N(R)
Unnumbered commands/responses (U-format PDUs)	1	1	M	M	P/F	M	M	M		

N(S) = sender send sequence number (Bit 2=lower-order-bit)
N(R) = sender receive sequence number (Bit 10=lower-order-bit)
S = supervisory function bit
M = modifier function bit
X = reserved and set to zero
P/F = poll bit—command LLC PDUs
final bit—response LLC PDUs
(1=poll/final)

Formulario

TEORÍA

HERRAMIENTA DE AYUDA

FORMULARIO GENERAL:

FORMULARIO GENERAL PARA PROBLEMAS DE ASIGNACIÓN DE ANCHO DE BANDA, TRANSMISIÓN DE DATOS, ETC.



ÍNDICE

Formulario

TEORÍA

RETARDO TOTAL EN UN NODO

1. Retardo de procesamiento:
2. Retardo de encolamiento:
3. Retardo de transmisión:
4. Retardo de propagación:

$$d_{\text{nodo}} = d_{\text{proc}} + d_{\text{cola}} + d_{\text{trans}} + d_{\text{prop}}$$

ALOHA

Probabilidad de no colisión:
(Donde G es la carga de tráfico)

$$P(0) = e^{-G}$$

Fórmula general de la salida S:

Máxima salida S del ALOHA ranurado :

$$S = G \cdot P(0) = G \cdot e^{-G}$$
$$S_{\text{max}} = \frac{1}{e} \approx 0.368$$

Máxima salida de ALOHA simple:

$$S_{\text{max}} = \frac{1}{2e} \approx 0.184$$

Probabilidad de que n paquetes
lleguen en el tiempo de 2:

$$P(n) = \frac{(2G)^n e^{-2G}}{n!}$$

Probabilidad de que 1 paquete
llegue sin colisión:

$$P(0) = e^{-2G}$$

NOTACIÓN ALOHA Y CSMA

G Offered Load o Carga ofrecida :

Expected number of transmission and retransmission attempts (from all users) per time unit

S Throughput o Salida :

Expected number of successful transmission per time unit

Relation between throughput and offered load:

$$S = G * \text{Prob[frame suffers no collision]}$$

Prob[k packets are generated in t frame times] =

Depens on system: aloha, csma

τ Máximo retardo de preparación

$\beta = \tau / D_{\text{tp}}$ Tiempo de minislot

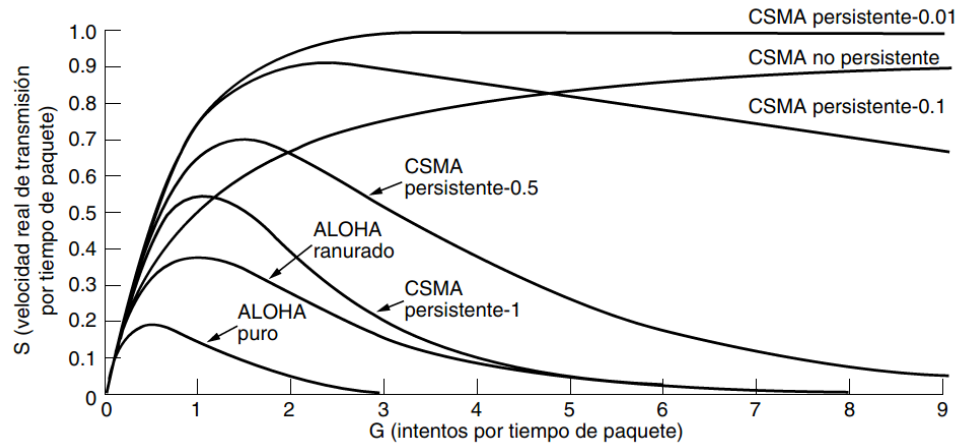
q_r Probabilidad de que nodos inactivos inicien transmisión

Con Protocolo Persistente: $q_r = 1$

Con Protocolo No persistente: $q_r < 1$

Formulario

TEORÍA



FÓRMULAS GENERALES CSMA/CD

S Throughput o Salida :

Throughput (S) =

Utilization (U)/(Busy + Idle times)

$$S = U/(B+I)$$

$$S \approx \frac{Pe^{-\lambda\tau}}{\frac{1}{\lambda} + J + 3\tau + e^{-\lambda\tau}(P - J + 2\tau)}$$

Formulario

TEORÍA

CSMA

SIFS < PIFS < DIFS

Función de coordinación	Parámetros temporales
DCF	SIFS DIFS
PCF	SIFS PIFS

CSMA 1-PERSISTENTE:

- Para CSMA 1-PERSISTENTE no ranurado tenemos que la salida es:

$$S_{th} = \frac{G[1 + G + \alpha G(1 + G + \alpha G/2)]e^{-G(1+2\alpha)}}{G(1+2\alpha) - (1 - e^{-\alpha G}) + (1 + \alpha G)e^{-G(1+\alpha)}}$$

- Para CSMA 1-PERSISTENTE ranurado tenemos que la salida es:

$$S_{th} = \frac{G(1 + \alpha - e^{-\alpha G})e^{-G(1+\alpha)}}{(1 + \alpha)(1 - e^{-\alpha G}) + \alpha e^{-G(1+\alpha)}}$$

CSMA :

- Probabilidad de transmisión con éxito con 0 intentos:

$$p(0 \text{ intentos en } \tau) = e^{-aG}$$

- Tiempo medio entre transiciones de estado cuando el sistema está en el estado n:

$$T(n) = \beta + (1 - e^{-\lambda\beta} (1 - q_r)^n)$$

- Si q_r es pequeño:

$$(1 - q_r)^n \sim e^{-q_r n}$$

$$T(n) = \beta + (1 - e^{-\lambda\beta - nq_r})$$

CSMA NO PERSISTENTE NO RANURADO:

- Salida:

$$S = \frac{G \cdot e^{-aG}}{G(1+2a) + e^{-aG}}$$

Formulario

TEORÍA

PROTOCOLOS DE RECONOCIMIENTO

PARADA Y ESPERA SIN ERRORES (STOP AND WAIT):

Tiempo de propagación normalizado :

$$a = \frac{t_{prop}}{t_{tx}}$$

Porcentaje de tasa efectiva:

$$U = \frac{1}{1 + 2a}$$

Tasa efectiva = Porcentaje de tasa efectiva x Velocidad del enlace

PARADA Y ESPERA CON ERRORES (STOP AND WAIT):

Tiempo de propagación normalizado (Cociente entre tiempo de propagación y tiempo de transmisión) :

$$a = \frac{t_{prop}}{t_{tx}}$$

$$a = \frac{RTT/2}{M/C}$$

Probabilidad de error: p (Se construye con la probabilidad de pérdida de paquete y la probabilidad de pérdida de asentimiento)

$$p = 1 - (1 - B_p)(1 - B_a)$$

Porcentaje de tasa efectiva:

$$U = \frac{1 - p}{1 + 2a}$$

Tasa efectiva = Porcentaje de tasa efectiva x Velocidad del enlace

Formulario

TEORÍA

Scheme	Throughput	MAX	Condition
Slotted Aloha	Ge^{-G}	1/e	G=1
Unslotted Aloha	Ge^{-2G}	1/2e	G=1/2
CSMA slotted Aloha	$\frac{g(n)e^{-g(n)}}{\beta + (1 - e^{-g(n)})}$	$\frac{1}{1 + \sqrt{2\beta}}$	$g(n) = \sqrt{2\beta}$
CSMA unslotted Aloha	$\frac{e^{-G(n)}}{1/G(n) + (1 + \beta)}$	$\frac{1}{1 + 2\sqrt{\beta}}$	$G(n) = \beta^{-1/2}$
Slotted CSMA/CD	$\frac{g(n)e^{-g(n)}}{\beta + g(n)e^{-g(n)} + \beta(1 - (1 + g(n))e^{-g(n)})}$	$\frac{1}{1 + 3.31\beta}$	$g(n)=0.77$
Unslotted CSMA/CD	$\frac{e^{-\beta G}}{\beta + 1/G + 2\beta(1 - e^{-\beta G}) + e^{-\beta G}}$	$\frac{1}{1 + 6.2\beta}$	$\beta G = 0.43$

Formulario

TEORÍA

ROUND ROBIN: TIEMPO PROCESO TOTAL

$$tp = tProceso + [(tProcesoultimo - tProceso) - (tProcesoultimo - tProcesoproximo)] + tProceso$$

ETHERNET:

PROBABILIDAD

SI CADA ESTACIÓN TRANSMITE DURANTE UNA RANURA DE CONTENCIÓN CON UNA PROBABILIDAD P , LA PROBABILIDAD A DE QUE UNA ESTACIÓN ADQUIERA EL CANAL DURANTE ESA RANURA ES DE:

$$A = kp(1 - p)^{k-1}$$

EFICIENCIA DEL CANAL

Si la trama promedio tarda P segundos en transmitirse, cuando muchas estaciones tienen tramas por enviar, $2t$ es el intervalo promedio de contención y A es la probabilidad de que una estación adquiera el canal durante una ranura, entonces:

$$\text{Eficiencia del canal} = \frac{P}{P + 2t/A}$$

Solucionario de problemas

1. Problemas de comunicaciones de datos (velocidad de transmisión, velocidad de propagación y retardos)
2. Problemas de ALOHA (a menudo basados en los anteriores)
3. Problemas de CSMA (a menudo basados en los anteriores)
4. Problemas de colas M/M/1
5. Problemas de colas M/M/s
6. Problemas de colas M/M/1/k
7. Problemas de Distribuciones Poisson de envío de paquetes a un sistema, a un canal o a un router
8. Problemas de Tasa de acierto en caché o transmisiones (protocolos varios)
9. Problemas de cálculo de retardos para el Algoritmo Back-Off
10. Problemas de Sistemas de Distribución P2P
11. Problemas de Torres de Protocolo
12. Descartados:
 1. Problemas de Direcccionamiento IP
 2. Problemas de Subnetting
 3. Problemas de Supernetting
 4. Problemas de codificación Manchester

A photograph of two students, a man and a woman, in a laboratory setting. They are both wearing blue nitrile gloves and are focused on connecting or managing a dense array of network cables plugged into a rack-mounted switch. The woman is in the foreground, looking upwards at the cables, while the man is slightly behind her, also looking at the equipment. The background shows other lab equipment, including a water dispenser and various tools on a table.

Posibles problemas del capítulo 1: INTRODUCCIÓN A LAS REDES DE COMPUTADORAS

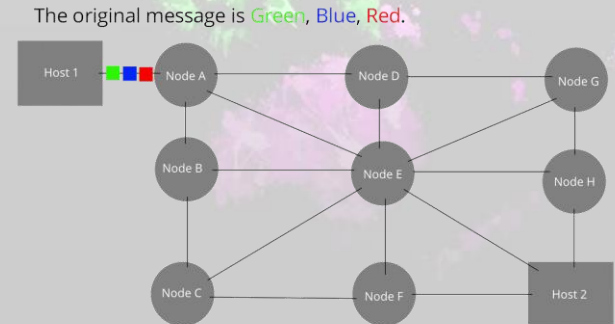
[ÍNDICE](#)

Redes de comunicaciones

ALGUNOS EJERCICIOS DE PRÁCTICA

1. Se desean transmitir 10.000 bytes de datos entre dos estaciones A y B. La transmisión se realiza por medio de paquetes que contienen 1000 bytes de datos más una cabecera de control de 24 bytes. Las estaciones se conectan por medio de una red de conmutación de manera que entre A y B hay 4 nodos de conmutación y una distancia total de 500 Km. La velocidad de transmisión es de 64 Kbps y la propagación se realiza a 200.000 Km/s. Se pide calcular:

- Tiempo total para que B reciba los 10.000 bytes si la red utiliza conmutación de circuitos.
- Tiempo total para que B reciba los 10.000 bytes si la red utiliza conmutación de paquetes y se asume que los nodos de conmutación no introducen retardos en la transmisión.
- Tiempo total para que B reciba los 10.000 bytes en el mismo caso anterior salvo que se utilizan paquetes con 100 bytes de datos más la cabecera de control de 24 bytes.



Redes de comunicaciones

EJERCICIOS ADICIONALES

TRANSMISIÓN Y PROPAGACIÓN EN REDES DE COMUNICACIONES:

- 1.- Un archivo contiene 2 millones de bytes. ¿Cuánto tiempo cuesta descargar este archivo por un canal de 56Kbps (MODEM 56K)? ¿Y por uno de 1Mbps (ADSL 1M)?
- 2.- El monitor de una computadora tiene una resolución de 1200 por 1000 pixeles. Si cada píxel usa 1024 colores, ¿cuántos bits son necesarios para enviar todo el contenido de una captura de pantalla?
- 3.- El monitor de una computadora tiene una resolución de 1200 por 1000 pixeles. Si cada píxel usa 1024 colores, ¿cuánto tiempo tardaría cada captura de pantalla en ser transmitido por un canal de 1Mbps?. ¿Y si el modo fuera FullHD?

Redes de comunicaciones

EJERCICIOS ADICIONALES

TRANSMISIÓN Y PROPAGACIÓN EN REDES DE COMUNICACIONES:

4.- ¿Cuál es el retardo total (latencia) de una trama de 5 millones de bits que se envía por un enlace con 10 routers, cada uno de los cuales tiene un tiempo de encolamiento de 2 microsegundos y un tiempo de procesamiento de 1 microsegundo? La longitud del enlace es de 2000km, y la velocidad de propagación dentro del enlace es $2 \cdot 10^8$ m/s. El enlace tiene un ancho de banda de 5 Mbps ¿Qué componente del retardo total es dominante? ¿Cuál es despreciable?

5.- Tenemos un enlace de 2 km de longitud con capacidad 100Kbps, por el que queremos transmitir un paquete de 1250 bytes. Suponiendo que la velocidad de propagación en este enlace es de $2 \cdot 10^8$ m/s. ¿Qué retardo es mayor: el de transmisión o el de propagación? ¿Qué ocurriría si la capacidad del enlace aumenta a 100Mbps? ¿Y si aumenta a 10Gbps?

Redes de comunicaciones

EJERCICIOS ADICIONALES

REDES DE COMUNICACIONES POR COMPUTADORA

- 1.- Para una red con n dispositivos, ¿cuál es el número de enlaces de cable necesarios para una malla, un anillo, un bus y una topología en estrella?
- 2.- Para cada una de las cuatro redes siguientes, diga qué ocurriría si falla una conexión:
 - a.- Cinco dispositivos en topología de malla.
 - b.- Cinco dispositivos en topología de estrella (sin contar el bus).
 - c.- Cinco dispositivos en topología de bus.
 - d.- Cinco dispositivos en topología de anillo.

Redes de comunicaciones

EJERCICIOS ADICIONALES

REDES DE COMUNICACIONES POR COMPUTADORA:

3.- El rendimiento es inversamente proporcional al retardo. Cuando se usa Internet, ¿cuáles de las aplicaciones siguientes son más sensibles al retardo?

- a.- Enviar un email.
- b.- Copiar un archivo.
- c.- Navegar por Internet.

A hand is shown typing on a laptop keyboard. The background is a blue-toned image featuring a world map with glowing nodes and connecting lines, overlaid with binary code (0s and 1s).

Problemas sobre: LAS REDES LOCALES

Aloha

CSMA/CD

ÍNDICE

Redes de comunicaciones

EJERCICIOS ADICIONALES PARA EL TEMA 2

CONTROL DE ACCESO AL MEDIO:

1.- Una red con canal compartido utiliza un mecanismo de **Aloha puro** para transmitir sus paquetes. Esta red la componen **10** estaciones que transmiten tramas de **1250** bits, y un canal compartido de **1Mbps** de capacidad.

Se pide calcular:

- A. El tráfico ofrecido por cada estación G , suponiendo que cada una ofrece al sistema $a=2$ tramas por segundo.
- B. El tráfico total ofrecido en toda la red G y el tráfico realmente cursado S .
- C. La eficiencia del sistema si en lugar de 10 estaciones hubiera 100.

Redes de comunicaciones

EJERCICIOS ADICIONALES PARA EL TEMA 2

CONTROL DE ACCESO AL MEDIO:

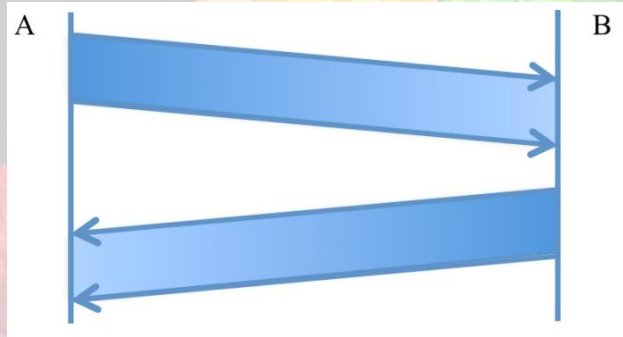
2.- Calcule el rendimiento de una red **Aloha ranurada** donde **N=10000** estaciones comparten un canal de **1Mbps**, y donde cada estación envía una trama de **100** bytes por minuto.

Compare este resultado con el que se obtendría si se utilizara **Aloha puro**.

Redes de comunicaciones

ALGUNOS EJERCICIOS DE PRÁCTICA

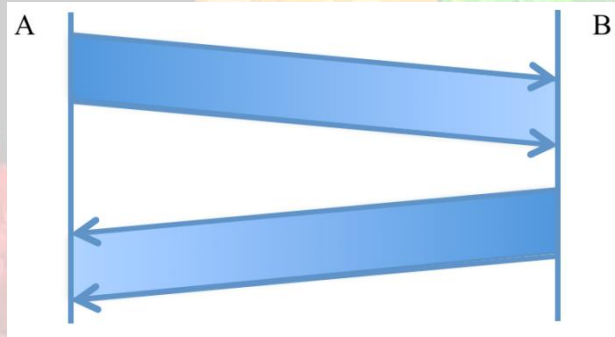
1. Una red CSMA/CD formada por un único segmento que transmite a 100 Mbps. ¿Cuál será la distancia máxima entre estaciones si la longitud mínima de la trama es de 40 bytes?. Se supone que la velocidad de propagación es de 200.000 Km/s.



Redes de comunicaciones

ALGUNOS EJERCICIOS DE PRÁCTICA

2. En una red CSMA/CD de un solo segmento que transmite a 20 Mbps la distancia máxima admisible entre estaciones es de 2 Km. La velocidad de propagación es de 200.000 Km/s. Se pide responder a: ¿Cuál será la longitud mínima de la trama?

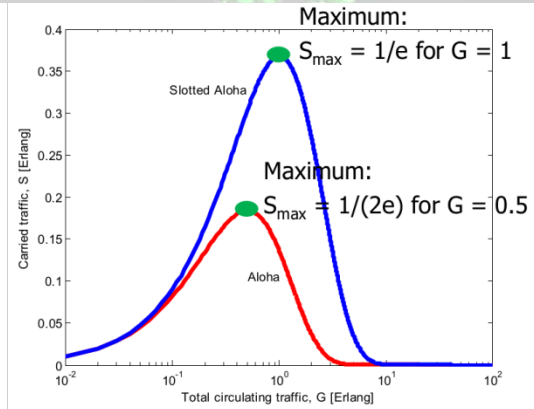
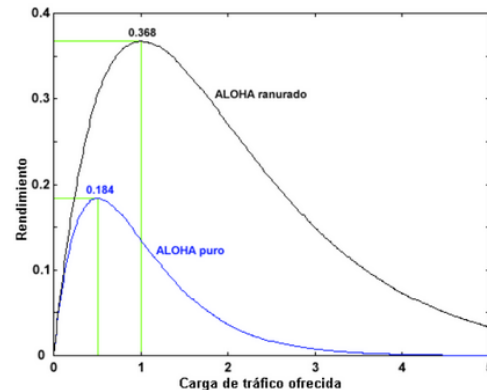
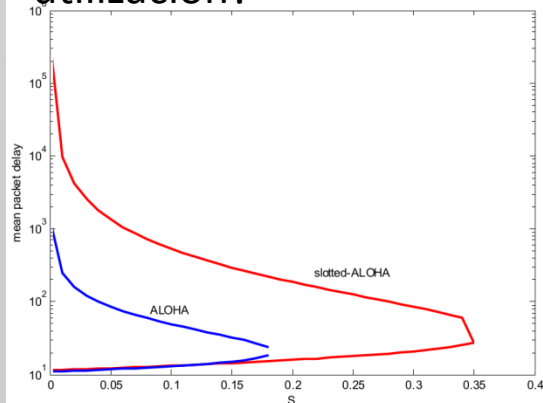


Redes de comunicaciones

ALGUNOS EJERCICIOS DE PRÁCTICA

3. Cien (100) estaciones comparten un canal de transmisión de 256 Kbps utilizando el protocolo ALOHA puro. Las tramas transmitidas son de 128 bytes. Suponiendo que todas las estaciones generan el mismo tráfico, se pide calcular:

- ¿Cuántas transmisiones por segundo debe intentar cada estación para conseguir la máxima utilización del canal (18.4%)?
- ¿Qué porcentaje de tramas se transmite correctamente cuando se consigue la máxima utilización?

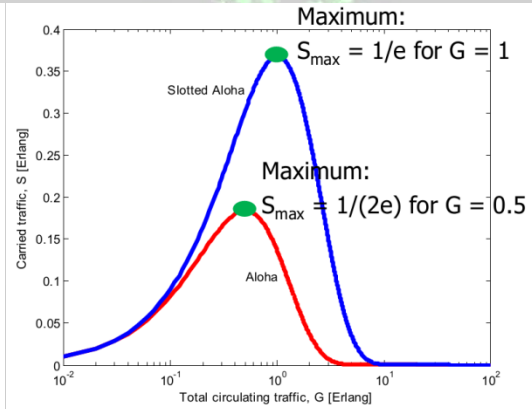
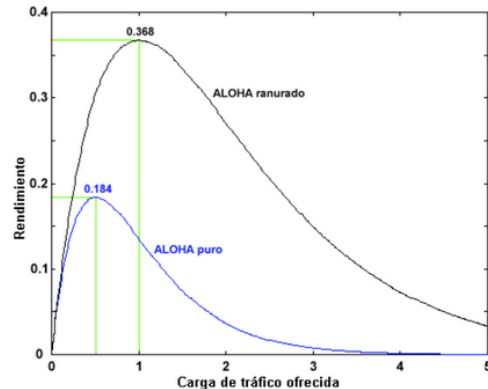
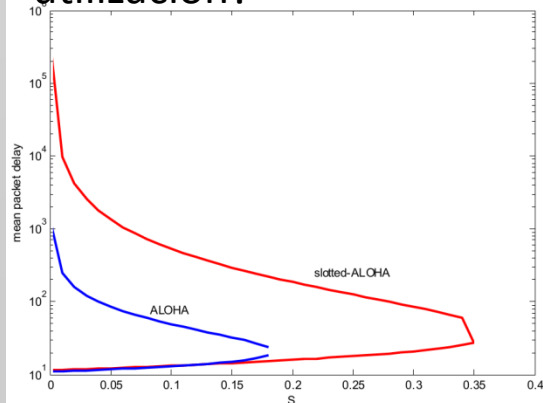


Redes de comunicaciones

ALGUNOS EJERCICIOS DE PRÁCTICA

4. Cien (100) estaciones comparten un canal de transmisión de 256 Kbps utilizando el protocolo ALOHA ranurado. Las tramas transmitidas son de 128 bytes. Suponiendo que todas las estaciones generan el mismo tráfico, se pide calcular:

- ¿Cuántas transmisiones por segundo debe intentar cada estación para conseguir la máxima utilización del canal (36.4%)?
- ¿Qué porcentaje de tramas se transmite correctamente cuando se consigue la máxima utilización?

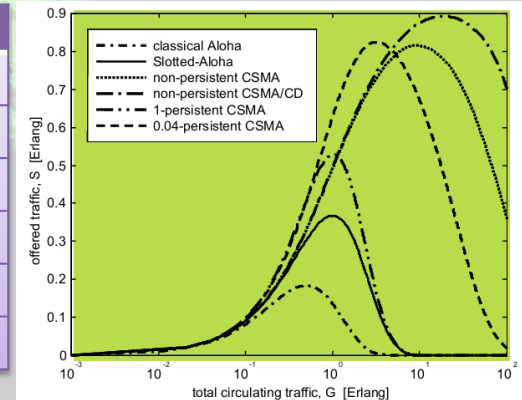


Redes de comunicaciones

ALGUNOS EJERCICIOS DE PRÁCTICA

5. Una red CSMA/CD transmite a 1 Mbps. La velocidad de propagación es de 200.000 Km/s. ¿Cuál será la distancia máxima entre estaciones si la longitud mínima de la trama es de 40 bytes y entre las dos estaciones existe un elemento que introduce un retardo de 50 μ s?

1000^n	10^n	Prefijo	Símbolo	Equivalencia corta & larga		Factor de conversión
$1000^{-1/3}$	10^{-1}	deci	d	Décimo		0.1
$1000^{-2/3}$	10^{-2}	centi	c	Centésimo		0.01
1000^{-1}	10^{-3}	mili	m	Milésimo		0.001
1000^{-2}	10^{-6}	micro	μ	Millonésimo		0.000 001
1000^{-3}	10^{-9}	nano	n	Billonésimo	Milmillonésimo	0.000 000 001
1000^{-4}	10^{-12}	pico	p	Trillonésimo	Billonésimo	0.000 000 000 001



Redes de comunicaciones

ALGUNOS EJERCICIOS DE PRÁCTICA

6. Una red CSMA/CD transmite a 1 Mbps. La velocidad de propagación es de 200.000 Km/s. ¿Cuál será la distancia máxima entre estaciones si la longitud mínima de la trama es de 40 byte y entre las dos estaciones existe un elemento que introduce un retardo de 100 bit?

1000 ⁿ	10 ⁿ	Prefijo	Símbolo	Equivalencia corta & larga		Factor de conversión
1000 ^{-1/3}	10 ⁻¹	deci	d	Décimo		0.1
1000 ^{-2/3}	10 ⁻²	centi	c	Centésimo		0.01
1000 ⁻¹	10 ⁻³	mili	m	Milésimo		0.001
1000 ⁻²	10 ⁻⁶	micro	μ	Millonésimo		0.000 001
1000 ⁻³	10 ⁻⁹	nano	n	Billonésimo	Milmillonésimo	0.000 000 001
1000 ⁻⁴	10 ⁻¹²	pico	p	Trillonésimo	Billonésimo	0.000 000 000 001

Redes de comunicaciones

EJERCICIOS AÑADIDOS

PROBLEMA DE CSMA:

9.- Una red utiliza el mecanismo de acceso CSMA (CARRIER SENSE MULTIPLE ACCESS)/CD no persistente, no ranurado. El retardo de propagación puede considerarse nulo. El número medio de escuchas por paquete es 1,6. Se pregunta cuál sería el caudal, a elegir entre:

a) 0,375

b) 0,425

c) 0,525

d) 0,655

Redes de comunicaciones

EJERCICIOS AÑADIDOS

PROBLEMA DE CSMA:

10.- Cincuenta estaciones utilizan un mecanismo de acceso CSMA (CARRIER SENSE MULTIPLE ACCESS) no persistente, no ranurado. Cada estación realiza 2,8 escuchas del canal cada segundo. El retardo de propagación es $130 \mu\text{s}$ y el tiempo de transmisión de un paquete 5 ms.

Se pide: El número medio de paquetes por segundo transmitidos con éxito en cada estación, a elegir entre:

a) 0,7 paq/s

b) 1,0 paq/s

c) 1,3 paq/s

d) 1,6 paq/s

Redes de comunicaciones

EJERCICIOS AÑADIDOS

PROBLEMA DE CSMA:

11.- En una red con acceso múltiple CSMA (CARRIER SENSE MULTIPLE ACCESS), el tiempo de propagación normalizado vale 0,01, y la probabilidad de transmisión con éxito 0,992.

Se pide:

El número medio de observaciones que hace una estación por paquete servido, a elegir entre:

a) 2,581 escuchas

b) 1,112 escuchas

c) 1,826 escuchas

d) 3,697 escuchas

Redes de comunicaciones

EJERCICIOS AÑADIDOS

PROBLEMA DE CSMA:

12.- Cien (100) estaciones utilizan el mecanismo de acceso CSMA (CARRIER SENSE MULTIPLE ACCESS) no persistente no ranurado. Cada estación genera 3 paq/s. El retardo de propagación es $0,1 \mu s$. En la red se realizan 1200 escuchas/s (paquetes nuevos y retransmisiones).

Se pide:

El tiempo de transmisión de un paquete, elegir entre:

a) 1 ms

b) 1,5 ms

c) 2 ms

d) 2,5 ms

Redes de comunicaciones

EJERCICIOS AÑADIDOS

PROBLEMA DE CSMA:

13.- Una red utiliza el mecanismo de acceso CSMA (CARRIER SENSE MULTIPLE ACCESS) no persistente, no ranurado. Se considera que el retardo de propagación es nulo. El canal está ocupado el 60% del tiempo.

Se pide:

El número medio de intentos de transmisión por paquete (escuchas por paquete), a elegir entre:

a) 1,3

b) 1,7

c) 2,1

d) 2,5

Redes de comunicaciones

EJERCICIOS AÑADIDOS

PROBLEMA DE CSMA:

14.- Una red utiliza el mecanismo de acceso CSMA no persistente, no ranurado. El retardo de propagación es $1 \mu\text{s}$. El número medio de intentos de acceso al canal vale 500 escuchas/s. El tiempo de transmisión de un paquete es $250 \mu\text{s}$. (constante).

Se pide la tasa de paquetes cursados, a elegir entre:

a) 345 paq/s

b) 444 paq/s

c) 555 paq/s

d) 654 paq/s

Redes de comunicaciones

EJERCICIOS AÑADIDOS

PROBLEMA DE CSMA:

15.- A un concentrador cuyo enlace de salida tiene capacidad de 80 Mbps. Llegan paquetes de 2 tipos:

Tipo 1: Longitud constante igual a 10 octetos. Tasa de llegada $5 \cdot 10^5$ paq/s.

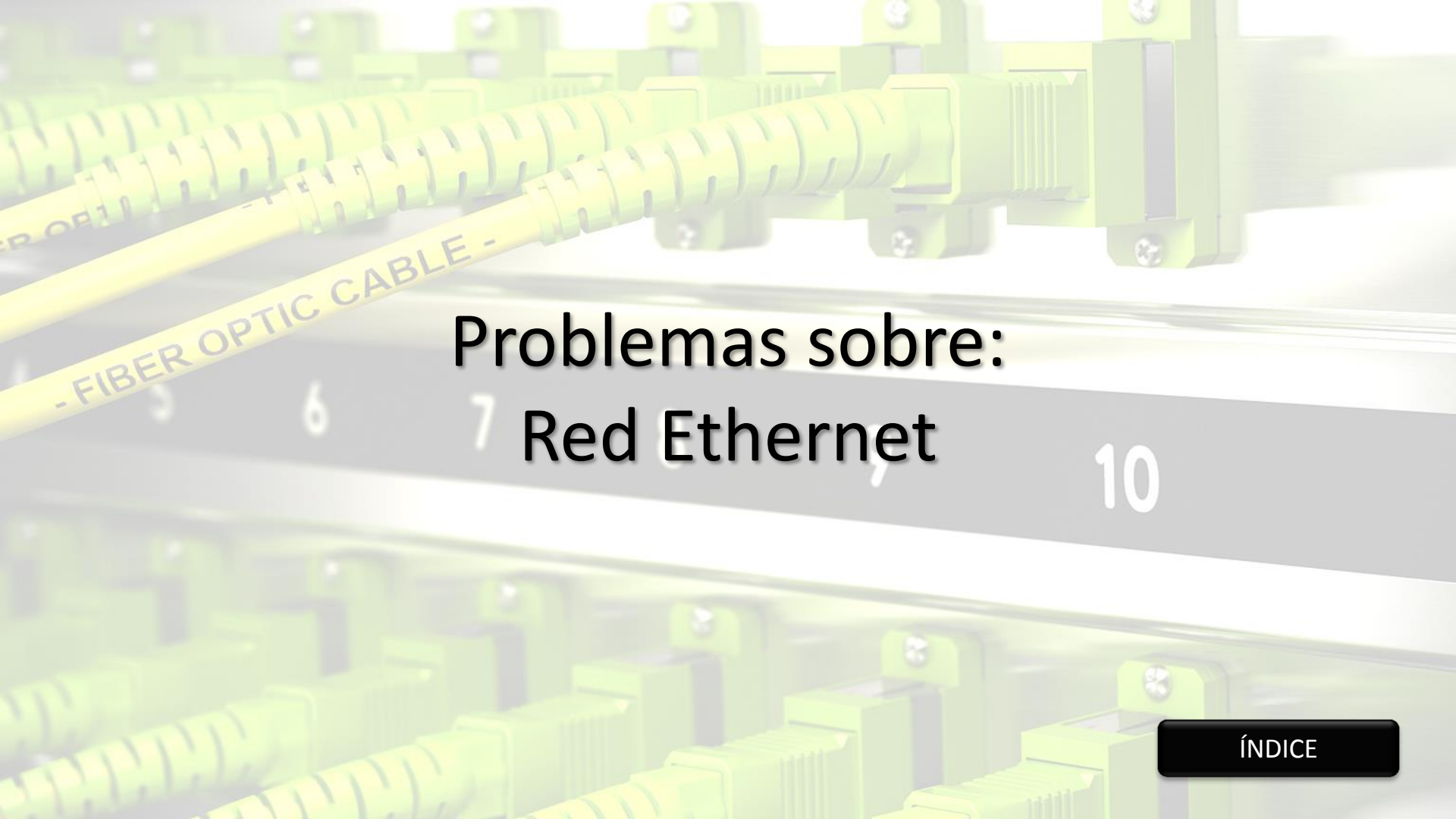
Tipo 2: Longitud igual a 25 octetos (exponencial). Tasa de llegada 10^5 paq/s.

La calidad de servicio de los paquetes de tipo 1 impone que el tiempo de transferencia de dichos paquetes sea inferior a $2 \cdot 10^{-6}$ s, para ello se da prioridad a los paquetes tipo 1 sobre los de tipo 2.

Se pide:

Respecto a los casos en que se podría cumplir esta calidad de servicio ¿cuál de las siguientes afirmaciones es verdadera?

- a) Sí la cumple, si tiene prioridad con expulsión y NO la cumple si tiene prioridad sin expulsión.
- b) NO la cumple, si tiene prioridad con expulsión y Sí la cumple si tiene prioridad sin expulsión.
- c) NO la cumple, aunque tenga prioridad con o sin expulsión.
- d) Sí se cumple, en ambos casos con prioridad, con y sin expulsión.



Problemas sobre: Red Ethernet

10

ÍNDICE

Redes de comunicaciones

ALGUNOS EJERCICIOS DE PRÁCTICA

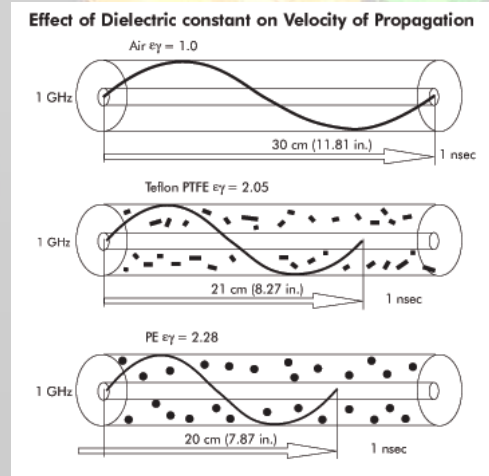
6. Una red CSMA/CD transmite a 1 Mbps. La velocidad de propagación es de 200.000 Km/s. ¿Cuál será la distancia máxima entre estaciones si la longitud mínima de la trama es de 40 bytes y entre las dos estaciones existe un elemento que introduce un retardo de 100 bits?

1000 ⁿ	10 ⁿ	Prefijo	Símbolo	Equivalencia corta & larga		Factor de conversión
1000 ^{-1/3}	10 ⁻¹	deci	d	Décimo		0.1
1000 ^{-2/3}	10 ⁻²	centi	c	Centésimo		0.01
1000 ⁻¹	10 ⁻³	mili	m	Milésimo		0.001
1000 ⁻²	10 ⁻⁶	micro	μ	Millonésimo		0.000 001
1000 ⁻³	10 ⁻⁹	nano	n	Billonésimo	Milmillonésimo	0.000 000 001
1000 ⁻⁴	10 ⁻¹²	pico	p	Trillonésimo	Billonésimo	0.000 000 000 001

Redes de comunicaciones

ALGUNOS EJERCICIOS DE PRÁCTICA

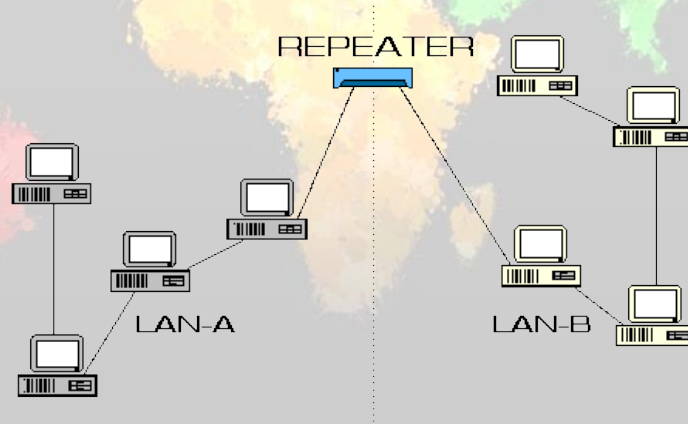
1. Tomando como velocidad de propagación 200.000 Km/s y un tamaño mínimo de trama Ethernet de 64 bytes, calcula la distancia máxima entre estaciones para las velocidades de transmisión 10 Mbps, 100 Mbps, 1 Gbps y 10 Gbps.



Redes de comunicaciones

ALGUNOS EJERCICIOS DE PRÁCTICA

2. Tomando como velocidad de propagación 200.000 Km/s y un tamaño mínimo de trama Ethernet de 64 bytes, calcula la distancia máxima entre estaciones para las velocidades de transmisión 10 Mbps, 100 Mbps y 1 Gbps, teniendo en cuenta que existe un repetidor que introduce un retardo de $2 \mu\text{s}$.

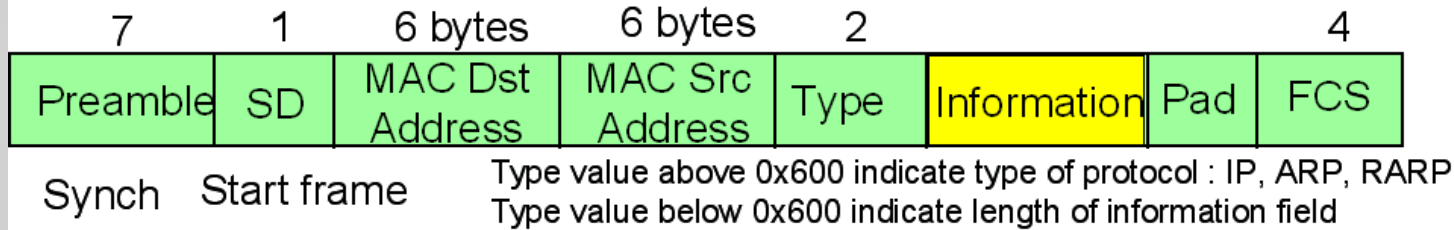


Redes de comunicaciones

ALGUNOS EJERCICIOS DE PRÁCTICA

3. En una red Ethernet se transmiten tramas con una media de 200 bytes de datos. Se pide calcular la pérdida de rendimiento que supone la cabecera y la cola de la trama.

Ethernet Frame: Pages 401-2. 64 --1518 bytes



Redes de comunicaciones

ALGUNOS EJERCICIOS DE PRÁCTICA

4. En una red Ethernet de 100 Mbps se transmiten tramas con una media de 100 bytes de datos. Se pide calcular la pérdida de rendimiento debido al intervalo entre tramas.

Los dispositivos Ethernet deben permitir un periodo de reposo (**interframe gap; IFG**) entre la transmisión de una trama y la siguiente. El tiempo mínimo es de 96 tiempos de bit (tiempo necesario para enviar 96 bits).

Este retardo se introduce para dar a los equipos en una red Ethernet un 'respiro' entre tramas y poder llevar a cabo las funciones propias de ethernet de 'limpieza' en la tarjeta de red.

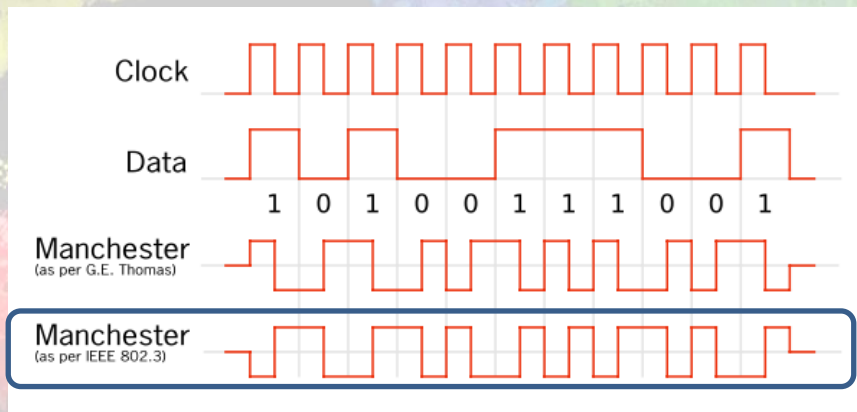
Este periodo de 96 tiempos de bit entre tramas se corresponde con: 9,6 μ s para 10Mb/Ethernet, 960 μ s para 100Mb/Ethernet, 96 ns para 1Gb/Ethernet y 9,6 ns para 10Gb/Ethernet

En la recepción está permitido que estos tiempos sean inferiores: 4,7 μ s para 10Mb/Ethernet, 64 μ s para 1Gb/Ethernet, 4 μ s para 10Gb/Ethernet

Redes de comunicaciones

ALGUNOS EJERCICIOS DE PRÁCTICA

Representa cómo se transmitiría en Ethernet el valor 95H en Manchester y Manchester Diferencial.



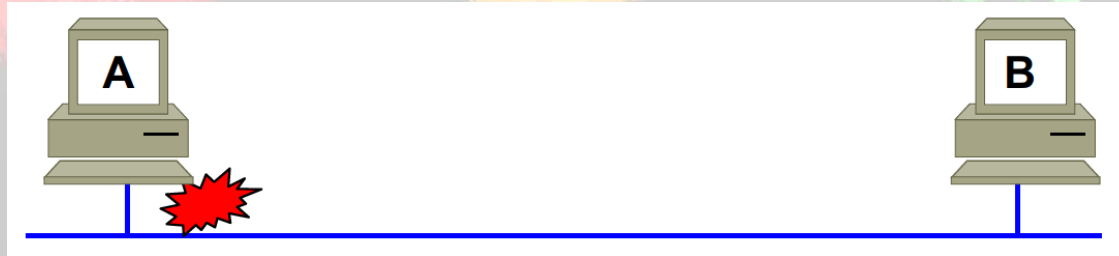
Hexadecimal	Binario
0	0000
1	0001
2	0010
3	0011
4	0100
5	0101
6	0110
7	0111
8	1000
9	1001
A	1010
B	1011
C	1100
D	1101
E	1110
F	1111

Redes de comunicaciones

ALGUNOS EJERCICIOS DE PRÁCTICA

6. Calcula los retardos totales medios introducidos por el algoritmo de backoff si se producen:

- a) 1 colisión
- b) 4 colisiones consecutivas
- c) 10 colisiones consecutivas
- d) 15 colisiones consecutivas



Redes de comunicaciones

ALGUNOS EJERCICIOS DE PRÁCTICA

Para 1 colisión, el tiempo de retardo máximo es:

$$\frac{T_1}{T_e} \in (0,1)$$

Para 2 colisiones consecutivas, el tiempo de retardo máximo es:

$$\frac{T_2}{T_e} = 1 + 2 = 3 = 2^2 - 1 = 4 - 1 = 3$$

Para 3 colisiones consecutivas, el tiempo de retardo máximo es:

$$\frac{T_3}{T_e} = 1 + 2 + 4 = 7 = 2^3 - 1 = 8 - 1 = 7$$

Para 4 colisiones consecutivas, el tiempo de retardo máximo es:

$$\frac{T_4}{T_e} = 1 + 2 + 4 + 8 = 15 = 2^4 - 1 = 16 - 1 = 15$$

6. Calcula los retardos totales medios introducidos por el algoritmo de backoff si se producen:

- a) 1 colisión
- b) 4 colisiones consecutivas
- c) 10 colisiones consecutivas
- d) 15 colisiones consecutivas

Redes de comunicaciones

ALGUNOS EJERCICIOS DE PRÁCTICA

6. Calcula los retardos totales medios introducidos por el algoritmo de backoff si se producen:

a) 1 colisión

b) 4 colisiones consecutivas

c) 10 colisiones consecutivas

d) 15 colisiones consecutivas

Para 5 colisiones consecutivas, el tiempo de retardo máximo es:

$$\frac{T_5}{T_e} = 1 + 2 + 4 + 8 + 16 = 31 = 2^5 - 1 = 32 - 1 = 31$$

Para 6 colisiones consecutivas, el tiempo de retardo máximo es:

$$\frac{T_6}{T_e} = 1 + 2 + 4 + 8 + 16 + 32 = 63 = 2^6 - 1 = 64 - 1 = 63$$

Para 7 colisiones consecutivas, el tiempo de retardo máximo es:

$$\frac{T_7}{T_e} = 1 + 2 + 4 + 8 + 16 + 32 + 64 = 127 = 2^7 - 1 = 128 - 1 = 128$$

Para 8 colisiones consecutivas, el tiempo de retardo máximo es:

$$\frac{T_8}{T_e} = 1 + 2 + 4 + 8 + 16 + 32 + 64 + 128 = 255 = 2^8 - 1 = 256 - 1 = 255$$

Redes de comunicaciones

ALGUNOS EJERCICIOS DE PRÁCTICA

6. Calcula los retardos totales medios introducidos por el algoritmo de backoff si se producen:

- a) 1 colisión
- b) 4 colisiones consecutivas
- c) 10 colisiones consecutivas
- d) 15 colisiones consecutivas

Para 9 colisiones consecutivas, el tiempo de retardo máximo es:

$$\frac{T_9}{T_e} = 1 + 2 + 4 + 8 + 16 + 32 + 64 + 128 + 256 = 511 = 2^9 - 1 = 512 - 1 = 511$$

Para 10 colisiones consecutivas, el tiempo de retardo máximo es:

$$\begin{aligned}\frac{T_{10}}{T_e} &= 1 + 2 + 4 + 8 + 16 + 32 + 64 + 128 + 256 + 512 = 1023 = 2^{10} - 1 \\ &= 1024 - 1 = 1023\end{aligned}$$

Para 11 colisiones consecutivas, el tiempo de retardo máximo es igual que para 10:

$$\frac{T_{11}}{T_e} = \frac{T_{10}}{T_e} = 1023$$

Para 12 colisiones consecutivas, el tiempo de retardo máximo es igual que para 10:

$$\frac{T_{12}}{T_e} = \frac{T_{10}}{T_e} = 1023$$

Redes de comunicaciones

ALGUNOS EJERCICIOS DE PRÁCTICA

6. Calcula los retardos totales medios introducidos por el algoritmo de backoff si se producen:

a) 1 colisión

b) 4 colisiones consecutivas

c) 10 colisiones consecutivas

d) 15 colisiones consecutivas

Para 13 colisiones consecutivas, el tiempo de retardo máximo es igual que para 10 :

$$\frac{T_{13}}{T_e} = \frac{T_{10}}{T_e} = 1023$$

Para 14 colisiones, el tiempo de retardo máximo es igual que para 10:

$$\frac{T_{14}}{T_e} = \frac{T_{10}}{T_e} = 1023$$

Para 15 colisiones, el tiempo de retardo máximo es igual que para 10:

$$\frac{T_{15}}{T_e} = \frac{T_{10}}{T_e} = 1023$$

Redes de comunicaciones

ALGUNOS EJERCICIOS DE PRÁCTICA

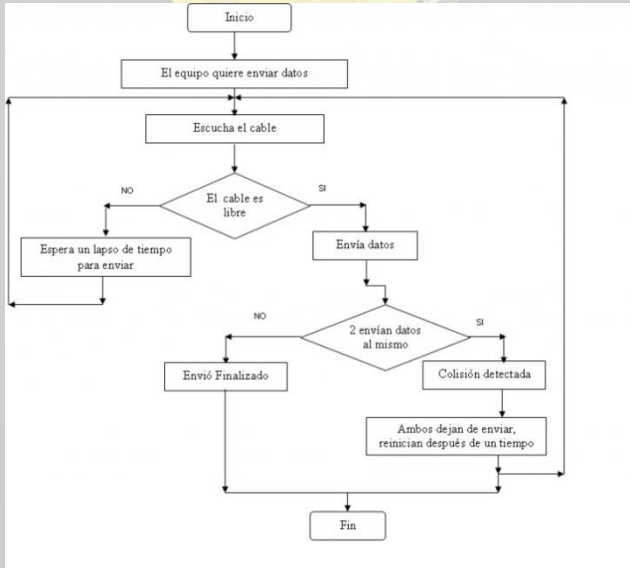
7. Dos estaciones A y B de una red Ethernet de 1000 Mbps están situadas a una distancia de 150 metros y separadas por un repetidor que introduce un retardo de $1\ \mu\text{s}$. La velocidad de propagación es de 200.000 Km/s. En un momento dado, A detecta una colisión provocada por las dos estaciones A y B.

Se pide calcular:

- a) Tiempo mínimo desde que A comienza a transmitir hasta que detecta la colisión.
- b) Tiempo máximo desde que A comienza a transmitir hasta que detecta la colisión.
- c) Tiempo medio desde que A comienza a transmitir hasta que detecta la colisión.
- d) Número de bytes transmitidos por A en cada uno de los casos anteriores.
- e) Tiempo que tarda la estación B en detectar la colisión desde que empezó a transmitir en cada uno de los tres casos a), b) y c) anteriores.

Redes de comunicaciones

ALGUNOS EJERCICIOS DE PRÁCTICA



Esquema del proceso de transmisión en CSMA/CD

7. Dos estaciones A y B de una red Ethernet de 1000 Mbps están situadas a una distancia de 150 metros y separadas por un repetidor que introduce un retardo de $1 \mu s$. La velocidad de propagación es de 200.000 Km/s. En un momento dado, A detecta una colisión provocada por las dos estaciones A y B. Calcula:

- Tiempo mínimo desde que A comienza a transmitir hasta que detecta la colisión.
- Tiempo máximo desde que A comienza a transmitir hasta que detecta la colisión.
- Tiempo medio desde que A comienza a transmitir hasta que detecta la colisión.
- Número de bytes transmitidos por A en cada uno de los casos anteriores.
- Tiempo que tarda la estación B en detectar la colisión desde que empezó a transmitir en cada uno de los tres casos a), b) y c) anteriores.



Redes de comunicaciones

ALGUNOS EJERCICIOS DE PRÁCTICA

En una red Ethernet hay en un momento dado una probabilidad de un 10 % de que cuando una estación transmita una trama se produzca una colisión. Se supone que la probabilidad es la misma durante las retransmisiones provocadas por colisiones anteriores. Se desprecia la posibilidad de que se produzcan 3 o más colisiones seguidas al intentar transmitir una misma trama.

Se pide calcular cuánto tarda en promedio una estación en poder transmitir una trama teniendo en cuenta exclusivamente el algoritmo estándar de recuperación de colisiones.

NOTA: En una **red Ethernet** clásica de tamaño moderado que utiliza hubs, aproximadamente entre el 40% y el 50% del ancho de banda se consume en la recuperación por colisiones.

Redes de comunicaciones

ALGUNOS EJERCICIOS DE PRÁCTICA

9. Una estación Ethernet está situada en un extremo de un segmento 1000BaseLX de 1 Km. La estación comienza a transmitir una trama. La velocidad de propagación es de 180.000 Km/s.

Calcula cuántos bits de la trama pueden estar en un momento dado en la red.

Redes de comunicaciones

ALGUNOS EJERCICIOS DE PRÁCTICA

10. Una estación Ethernet está situada en un extremo de una red formada por dos segmentos 1000BaseLX conectados mediante un repetidor que introduce un retardo de $2 \mu\text{s}$. La longitud total de la red es de 2000 metros. Calcula cuántos bits de la trama pueden estar en un momento dado en la red. La velocidad de propagación es de 180.000 Km/s.