

Acceso al medio

Area de Ingeniería Telemática
<http://www.tlm.unavarra.es>

Redes
4º Ingeniería Informática

Hoy...

1. Introducción a las redes
2. Tecnologías para redes de área local
3. Conmutación de circuitos
4. Tecnologías para redes de área extensa y última milla
5. Encaminamiento
6. Arquitectura de conmutadores de paquetes
- 7. Control de acceso al medio**
 - Transporte extremo a extremo

Temario

- Introducción
- Arquitecturas, protocolos y estándares
- Conmutación de paquetes
- Conmutación de circuitos
- Tecnologías
- **Control de acceso al medio en redes de área local**
- Servicios de Internet

Material

Capítulo 16 de

W. Stallings,

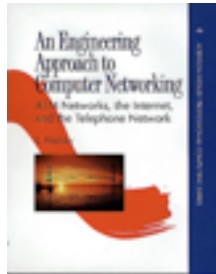
Data and Computer Communications



Capítulo 7 de

S. Keshav

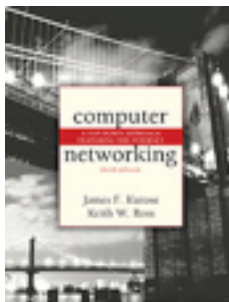
**An Engineering Approach to
Computer Networks**



Capitulo 5 de

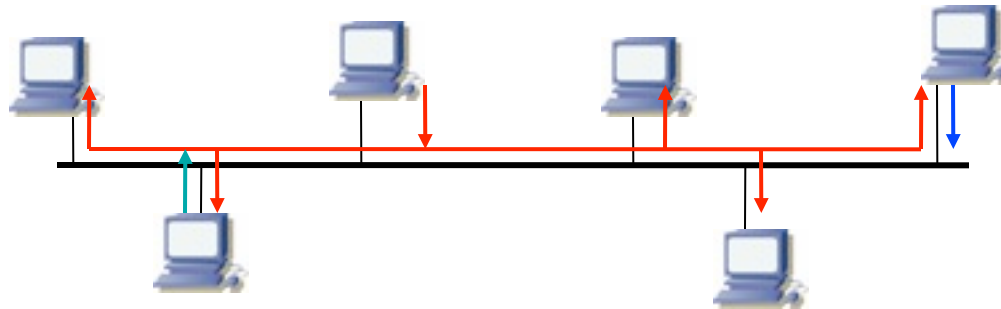
J.F. Kurose & K.W. Ross

**Computer Networking. A top-down
approach featuring the Internet**



Acceso al medio

- Red basada en un medio compartido (de broadcast)
 - Todos oyen lo que envío
 - Para enviar una trama a un nodo concreto indico su dirección (nivel de enlace/ethernet)



- Pero... ¿y si hay varios intentando enviar a la vez?
- Problema del **Acceso al Medio**

Mecanismos de esperas, colisiones, turnos... (ya se ha comentado que el de Ethernet se llama CSMA/CD)... pero empecemos por el principio...

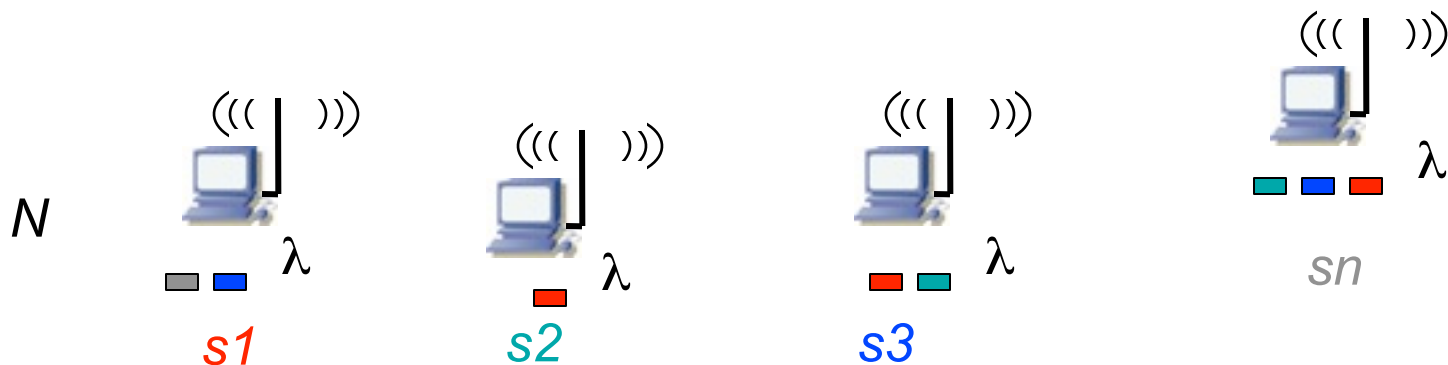
Problema más simple

- Se planteo originalmente en redes por radio
- N estaciones que pueden enviar y recibir tramas por radio
- Las estaciones tienen mensajes para otras estaciones

Nivel de enlace

Generan paquetes a enviar de forma aleatoria... caracterizadas por una variable aleatoria y con tasa media de λ tramas por unidad de tiempo

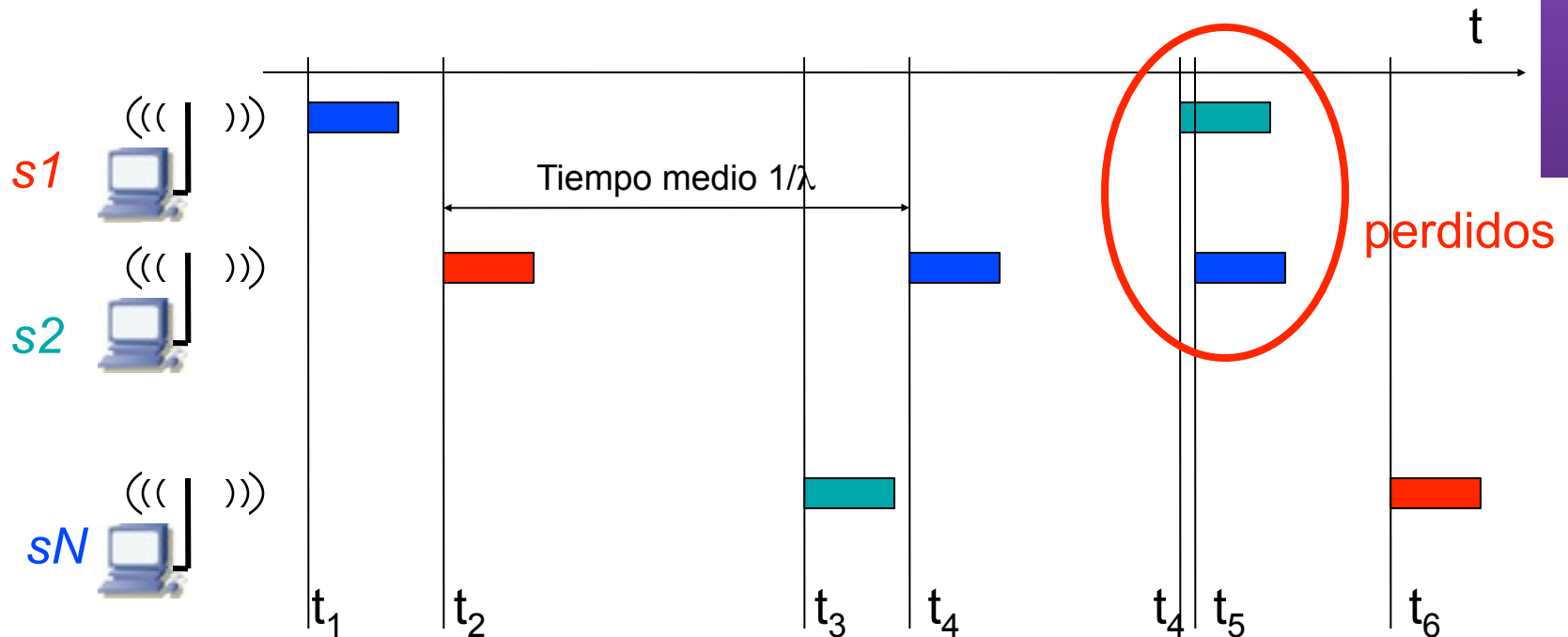
- ¿Cuántas tramas podemos conseguir que lleguen a su destino?



Primera aproximación

- Si tengo un paquete para transmitir... lo envío
 - Si tengo suerte llegara
 - Si otro transmite a la vez no llegara ninguno de los dos
 - Si en media el tiempo que tarda en llegar el siguiente paquete a alguien es menor que el tiempo que tardo en transmitirlo bastantes llegaran a sus destinos

Supongamos que el tiempo de propagación es muy pequeño...



ALOHA

- Desarrollado para redes de paquetes por radio
- En la universidad de Hawai
- Cuando la estación tiene una trama para transmitir... la envía
 - La trama incluye la identificación del destino que debe recibirla
 - La trama incluye un código de detección de errores (Frame Check Sequence)
- Si recibo una trama correctamente (FCS=ok) envío una trama de confirmación (ACK) al emisor
 - La trama de ACK es una trama pequeña (poco más que el destino y una indicación de que es un ACK)
- Después escucha durante un tiempo (un poco más que el máximo RTT)
 - Si recibe un ACK la considera transmitida (y pasa a transmitir la siguiente que le llegue)
 - Si no recibe un ACK vuelve a enviar la misma
 - Si lleva n intentos de retransmisión sin recibir ACK la da por perdida (y pasa a transmitir la siguiente que le llegue)
- La trama se puede corromper por ruido o por mezclarse con otra trama enviada por otra estación (colisión)
- Cualquier solapamiento de dos tramas causa una colisión

Prestaciones ALOHA

- N estaciones
- Mensajes de tamaño fijo s bytes
- Capacidad del canal C bytes/segundo
- Cada estación genera mensajes siguiendo una proceso de Poisson con parámetro λ (en media λ mensajes por segundo)

- Los mensajes ocupan el canal un tiempo fijo $m=s/C$
- La carga ofrecida (intensidad de tráfico) al medio compartido será

Una estación: $\rho_i = m \lambda$

Todas las estaciones: $\rho = N m \lambda$

- Ej: Mensajes de $200B$ enviados a $1Mbps$ $m=1.6ms$

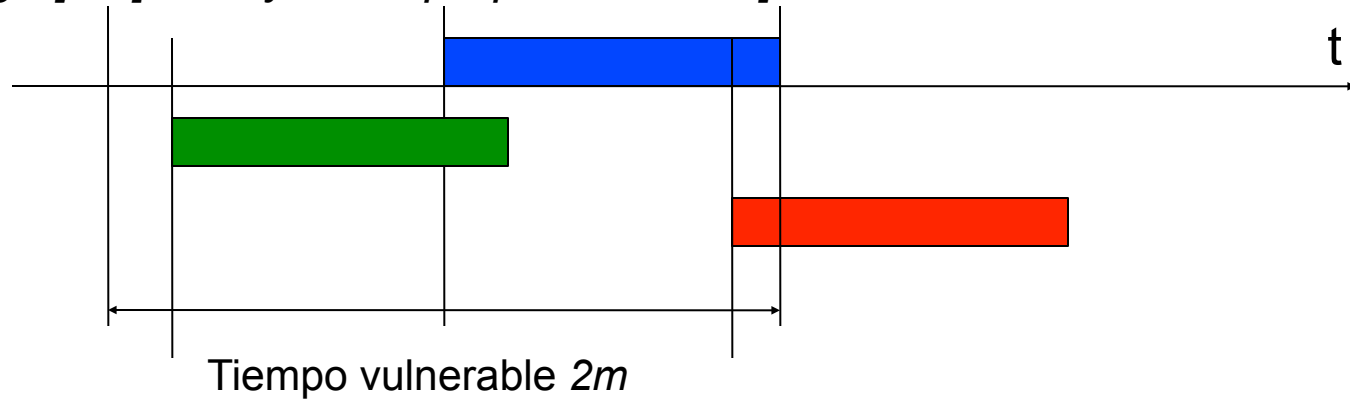
$N=20$ $\lambda=5$ mensajes/s $\rho = 0.16$ 16% del tiempo ocupado

$N=20$ $\lambda=20$ mensajes/s $\rho = 0.64$ 64% ¿muchas perdidas?

Prestaciones ALOHA

- ¿Cual es la probabilidad de que un mensaje llegue al otro extremo?

$P[\text{llegar}] = P[\text{no haya otro paquete "cerca"}]$



- Un paquete desde m segundos antes hasta m segundos despues nos est

- Nu
par $P_{2mN\lambda}[k] = \frac{(2mN\lambda)^k}{k!} e^{-2mN\lambda}$ v.a. de Poisson con

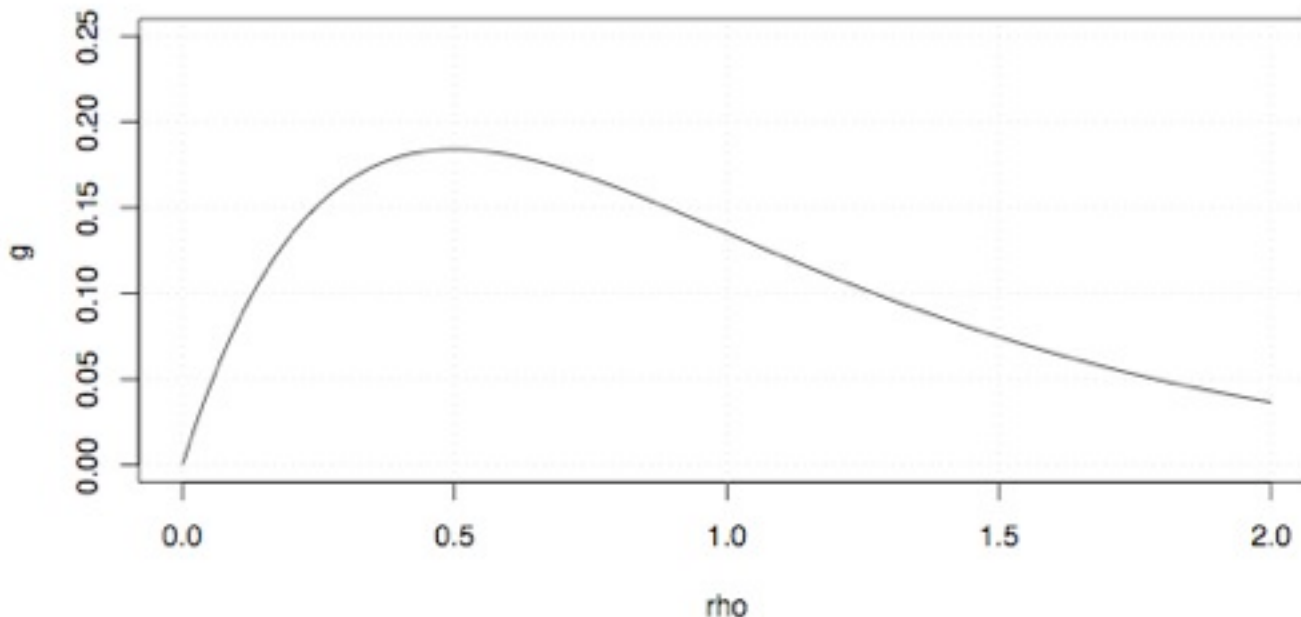
$$P_{2mN\lambda}[0] = e^{-2mN\lambda}$$

Prestaciones ALOHA

- Tráfico ofrecido $\rho = Nm\lambda$
- Mensajes que llegan $\lambda' = \lambda P[\text{llegar}] = \lambda e^{-2mN\lambda}$
- Tráfico aprovechado (cursado, goodput)

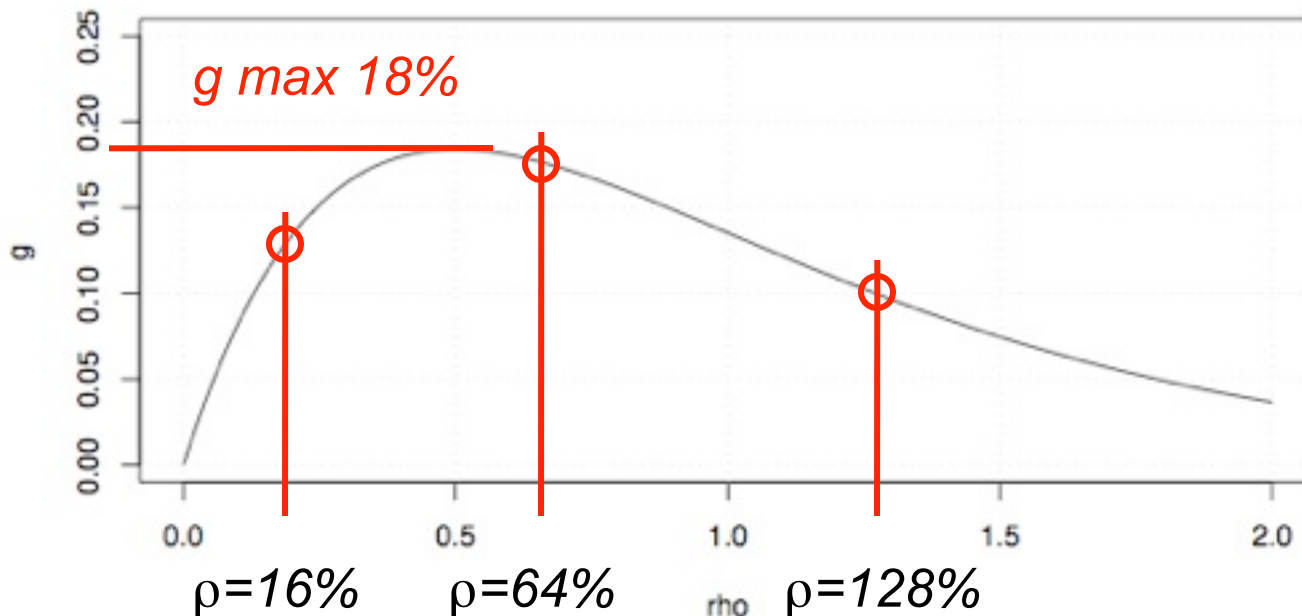
$$g = Nm\lambda' = Nm\lambda e^{-2mN\lambda} = \rho e^{-2\rho} = \rho e^{-2\rho}$$

$$g=f(\rho)$$



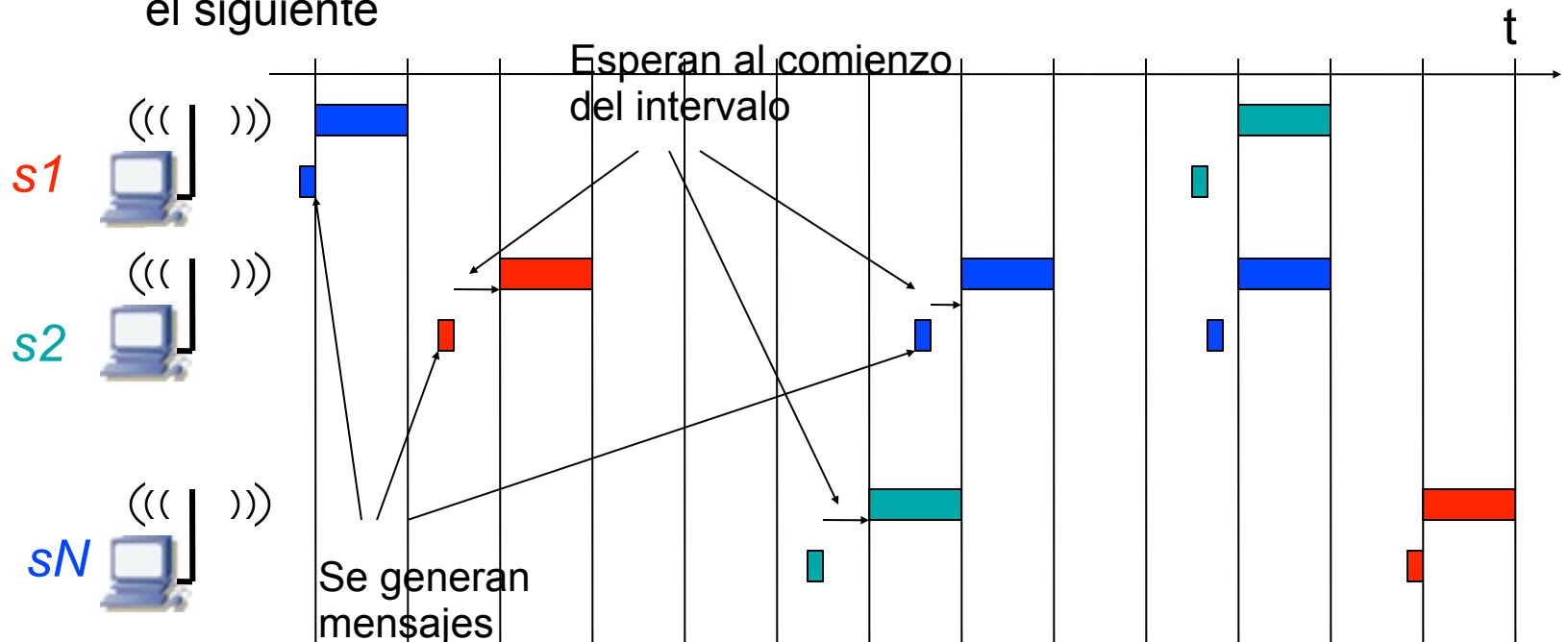
Prestaciones ALOHA

- Máximo goodput $\sim 18\%$ (para $\rho=50\%$)
- No parece muy eficiente
- Si transmitimos al canal 1Mbps como mucho tendremos 180Kbps para repartir entre todos los que transmitan...
- Por otra parte si la velocidad es aceptable ALOHA resuelve el problema del acceso al medio



Mejorando ALOHA

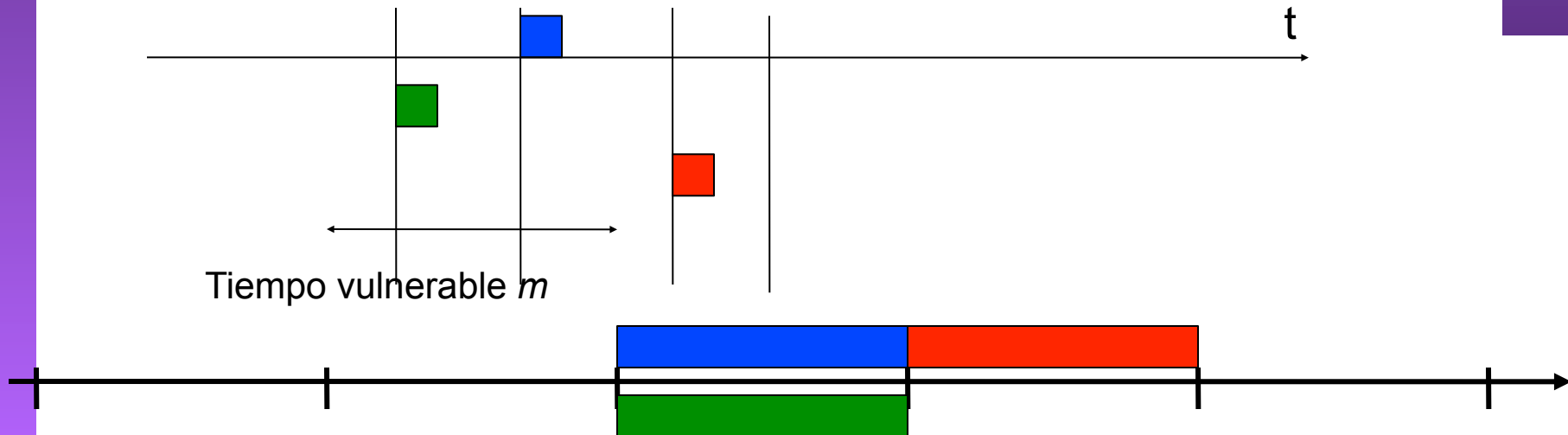
- Mejora típica **ALOHA ranurado**
- Dispositivos sincronizados en el tiempo. Existen intervalos temporales (slots) conocidos por todas las estaciones
Slots de la duración de la trama
- Algoritmo: Igual que ALOHA
 - Salvo que sólo se puede empezar a transmitir al principio del slot.
 - Si un paquete se genera en un slot deberá esperar a que comience el siguiente



ALOHA ranurado

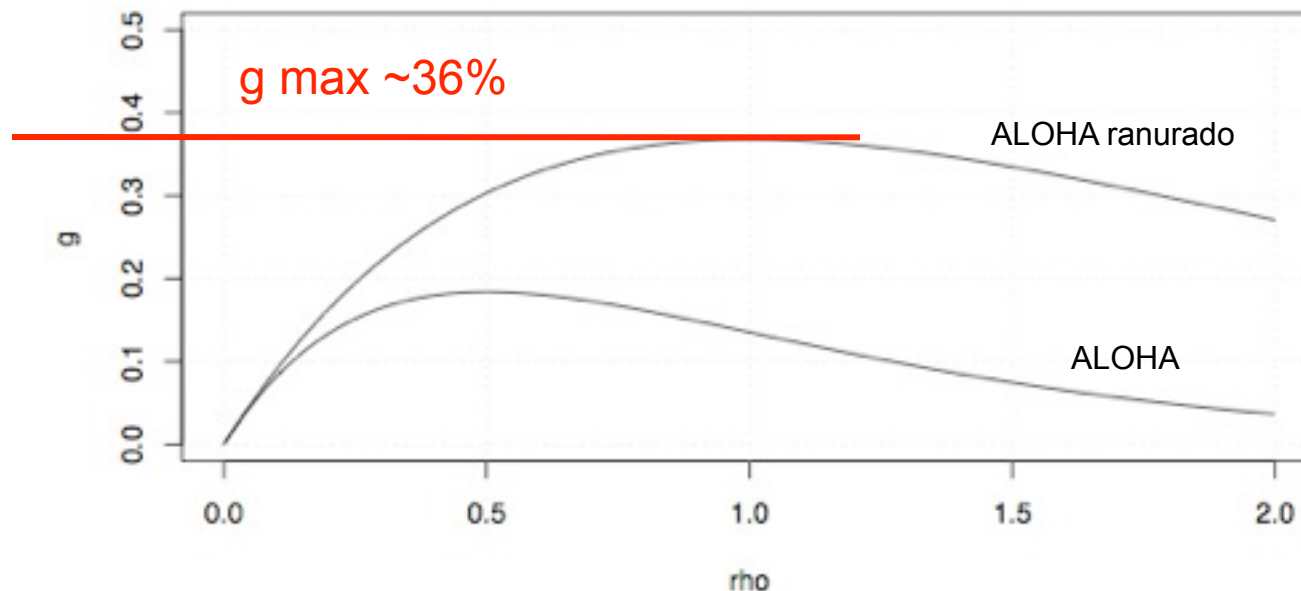
- La trama colisionará con los paquetes que llegan en el mismo slot
- Si llegan cerca pero en el siguiente slot esperarán
- El tiempo vulnerable es ahora m
- La probabilidad de no colisionar es ahora la probabilidad de que se produzcan 0 llegadas en un tiempo m

$$P_{mN\lambda}[0] = e^{-mN\lambda}$$



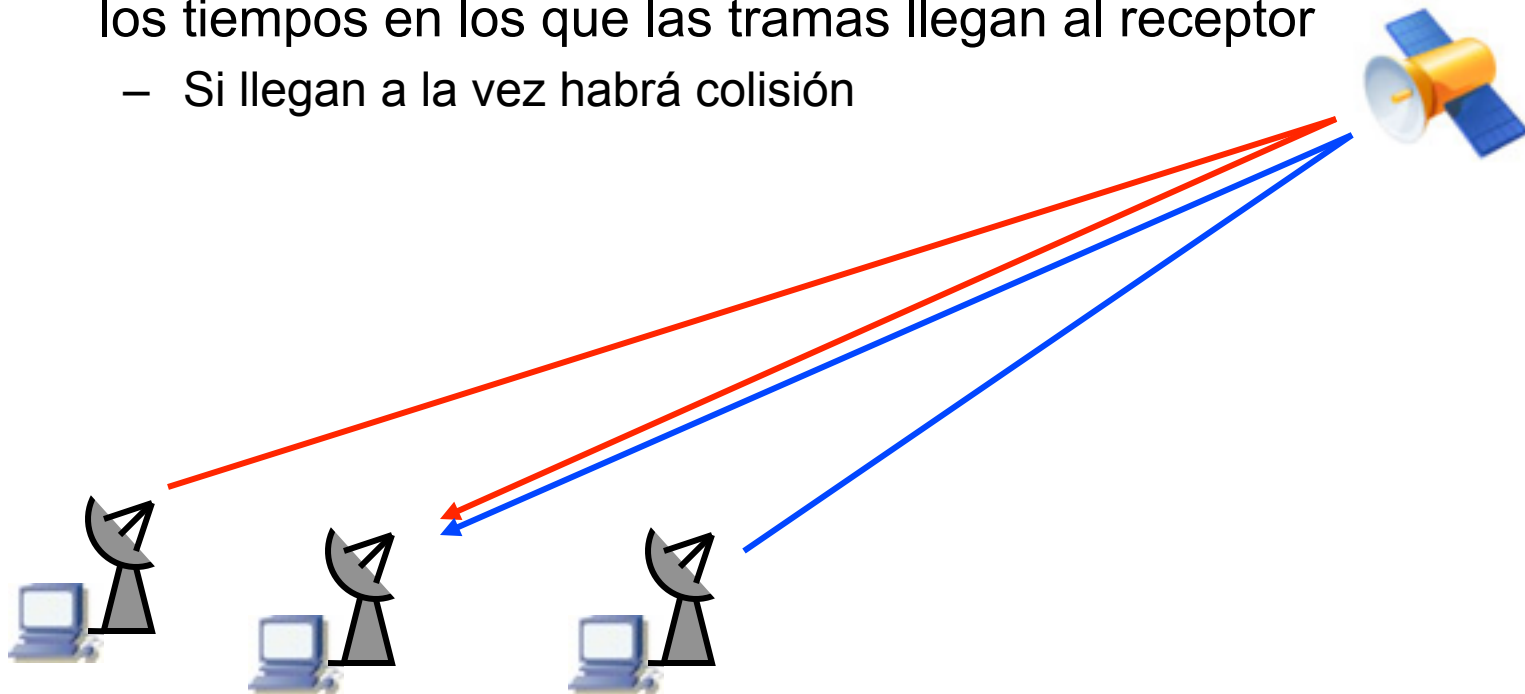
ALOHA ranurado

- El goodput en función de la carga ahora sera $g = \rho e^{-\rho}$
- Mejora el de ALOHA
- El máximo alcanzable es ahora $\sim 36\%$
- Desventaja: es más complejo, tener sincronización en los nodos no siempre es facil



Tiempo de propagación

- Estábamos suponiendo en los dibujos que el tiempo de propagación era pequeño
- ¿Que pasa si no lo es?
 Nada. Es más difícil de dibujar. Pero ALOHA funciona igual
- De hecho protocolos de tipo ALOHA se usan en escenarios de comunicación por satélite
- El análisis de las colisiones es equivalente, lo que importa son los tiempos en los que las tramas llegan al receptor
 - Si llegan a la vez habrá colisión



ALOHA's resumiendo

- Resuelven el problema de acceso al medio de forma simple
- No son demasiado eficientes (máximos de 18%-36%)
- Funcionan independientemente de que el tiempo de propagación sea grande o pequeño comparado con el de transmisión
- ¿Podemos mejorar esto?

Mejorando ALOHA

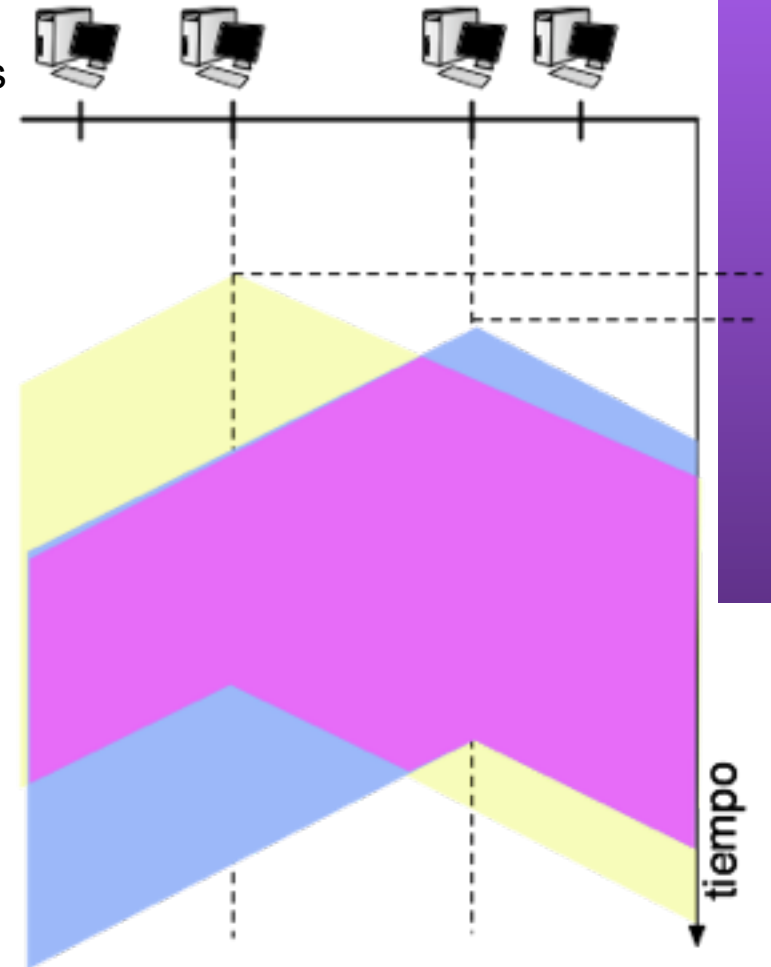
- ¿Podemos mejorar el protocolo si el tiempo de propagación es pequeño comparado con el de transmisión?
- Hay una mejora obvia...

Mirar antes de enviar

- Solo tiene sentido si la transmisión se mantendrá más tiempo que el que tardo en decidir si hay una transmisión es decir (propagación \ll transmisión)
- Y qué hago si el medio esta ocupado?
 - Espero a que este libre y envío entonces?
 - Espero un tiempo aleatorio?

CSMA

- CSMA (Carrier sense multiple access)
 Acceso múltiple con detección de portadora
- Tiempo de propagación corto: Las estaciones saben rápido si otra estación está transmitiendo
- Primero escucha y espera a que el medio este libre (Carrier Sense)
- Si el medio esta libre -> transmite
 Si no espera
- Aun así puede haber colisiones porque el tiempo de propagación no es cero
 Si dos estaciones empiezan a transmitir al mismo tiempo (aproximadamente por el tiempo de propagación)
 = COLISION
- La utilización máxima depende del tiempo de propagación (longitud del medio) y de la longitud de la trama



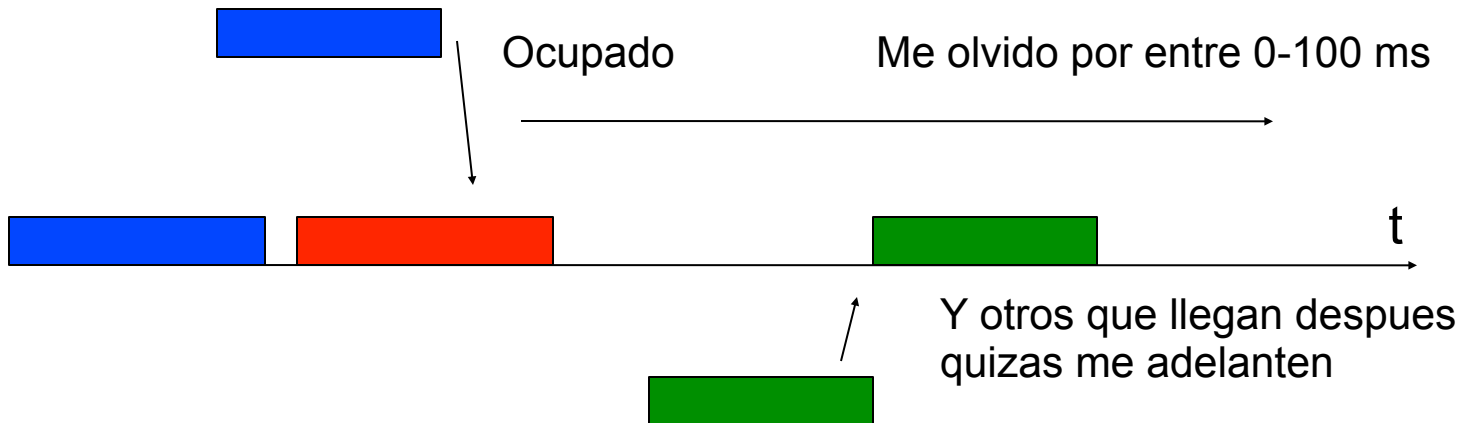
Variaciones de CSMA

Surgen de contestar a estas preguntas

- ¿Qué hago si el canal esta libre?
- ¿Qué hago si se produce a pesar de todo una colision?

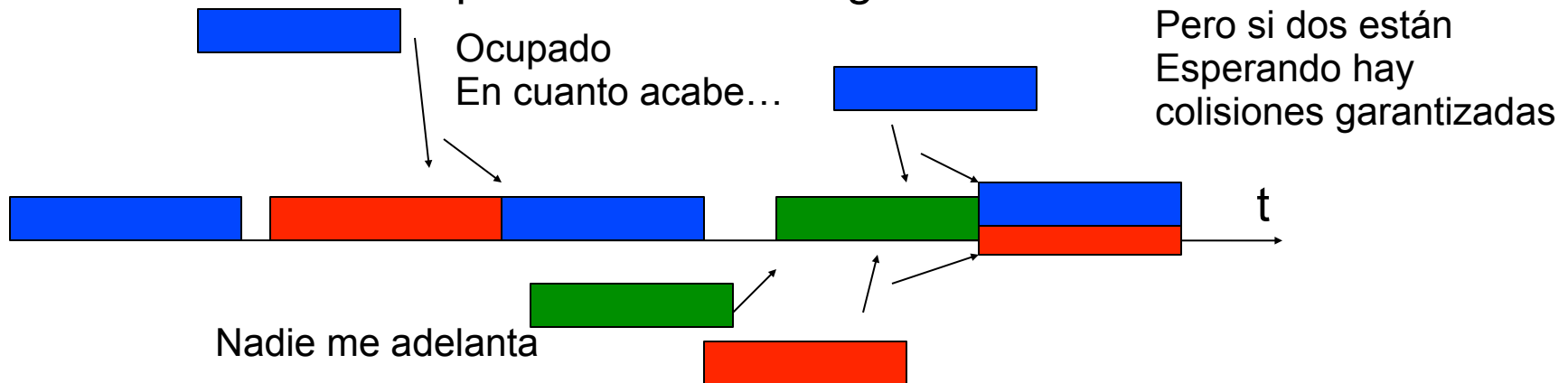
CSMA No persistente

- **Reglas:**
 - Si el medio esta libre, transmitir
 - Si el medio esta ocupado, espera un tiempo generado con una distribución de probabilidad (retardo de retransmisión) e intentalo de nuevo
- **Ventaja**
 El retardo aleatorio reduce la probabilidad de colisión
- **Pero...**
 Se desperdicia capacidad porque el medio se queda libre después de una transmisión
- Las estaciones no persistentes son respetuosas



CSMA 1-persistente

- Evita que el canal quede libre
- **Reglas**
 - Si el medio esta libre transmitir
 - Si el medio esta ocupado espera hasta que este libre; entonces transmite inmediatamente
- **Ventaja:**
 Aumenta la utilización del canal (no se desperdicia tiempo)
- **Pero...**
 Si hay 2 o mas estaciones esperando la colision esta garantizada
- Las estaciones 1-persistentes son egoistas



CSMA p-persistente

- Compromiso para intentar reducir las colisiones y que el canal no quede vacío
- **Reglas:**
 - Si el medio está libre transmite con probabilidad p y espera una unidad de tiempo con probabilidad $(1-p)$
 - Si el medio está ocupado espera hasta que este libre y repite el paso 1
 - Si la transmisión se retrasa una unidad de tiempo repite el paso 1
- Pendiente: elegir el valor efectivo de p para evitar inestabilidad en alta carga

Valor de p ?

- n estaciones esperando transmitir
- Al final de la transmisión el número esperado de estaciones será np
 - Si $np > 1$ en media habrá una colisión
- Si hay una colisión esas n estaciones se sumarán a las que lleguen nuevas y aumenta la probabilidad de colisión
- Eventualmente todas las estaciones intentan retransmitir y el throughput tiende a cero
- Así que debe cumplirse que $np < 1$ para los picos esperados de n
 - Si esperamos mucha carga, p debe ser pequeño
 - Pero p pequeño quiere decir que las estaciones esperan mucho para transmitir

Qué algoritmo de persistencia?

- IEEE 802.3 (Ethernet) usa 1-persistente
- No persistente y p-persistente tienen problemas de eficiencia
- 1-persistent parece más inestable que p-persistente
 - Porque las estaciones son egoistas
 - Pero el tiempo desperdiciado en las colisiones es pequeño
- Se puede solucionar utilizando un tiempo de backoff (tiempo sin volver a intentarlo)
 - Con un tiempo de backoff aleatorio es poco probable que vuelvan a colisionar de nuevo en el siguiente intento
- También se puede recuperar el tiempo de la colisión:

Detección de colisiones

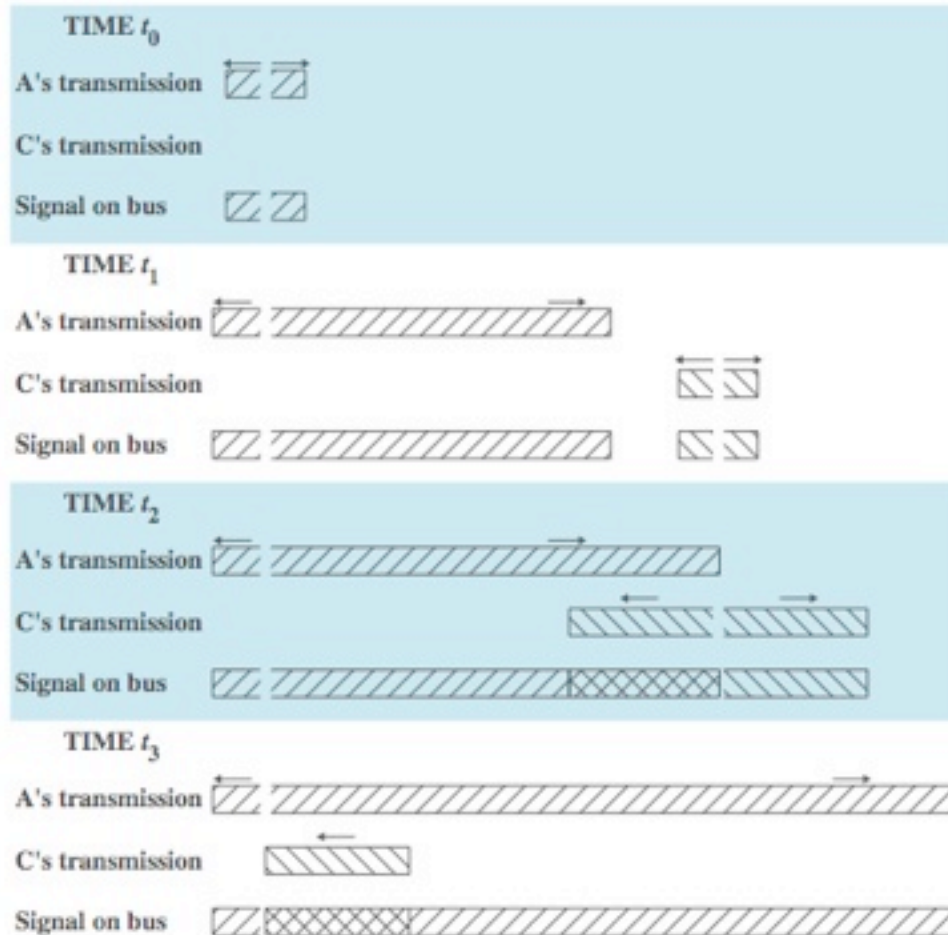
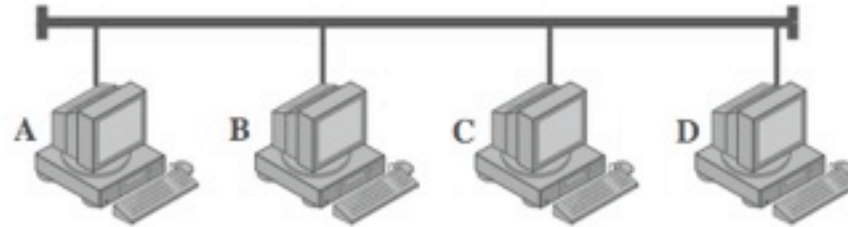
CSMA/CD

- Con CSMA, la colisión ocupa el medio durante el tiempo de transmisión
- Se puede mejorar si las estaciones son capaces de recibir a la vez que transmiten
 - No siempre es posible
 - Determinado hardware por ejemplo antenas o receptores no permiten a la vez enviar y escuchar el medio
- CSMA/CD reglas:
 - Si el medio está libre transmitir
 - Si está ocupado esperar a que este libre y transmitir
 - **Si veo una colisión dejar de transmitir**
 - Después esperar un tiempo aleatorio y retransmitir
- CD = Detección de colisión (collision detection)

Detección de colisión

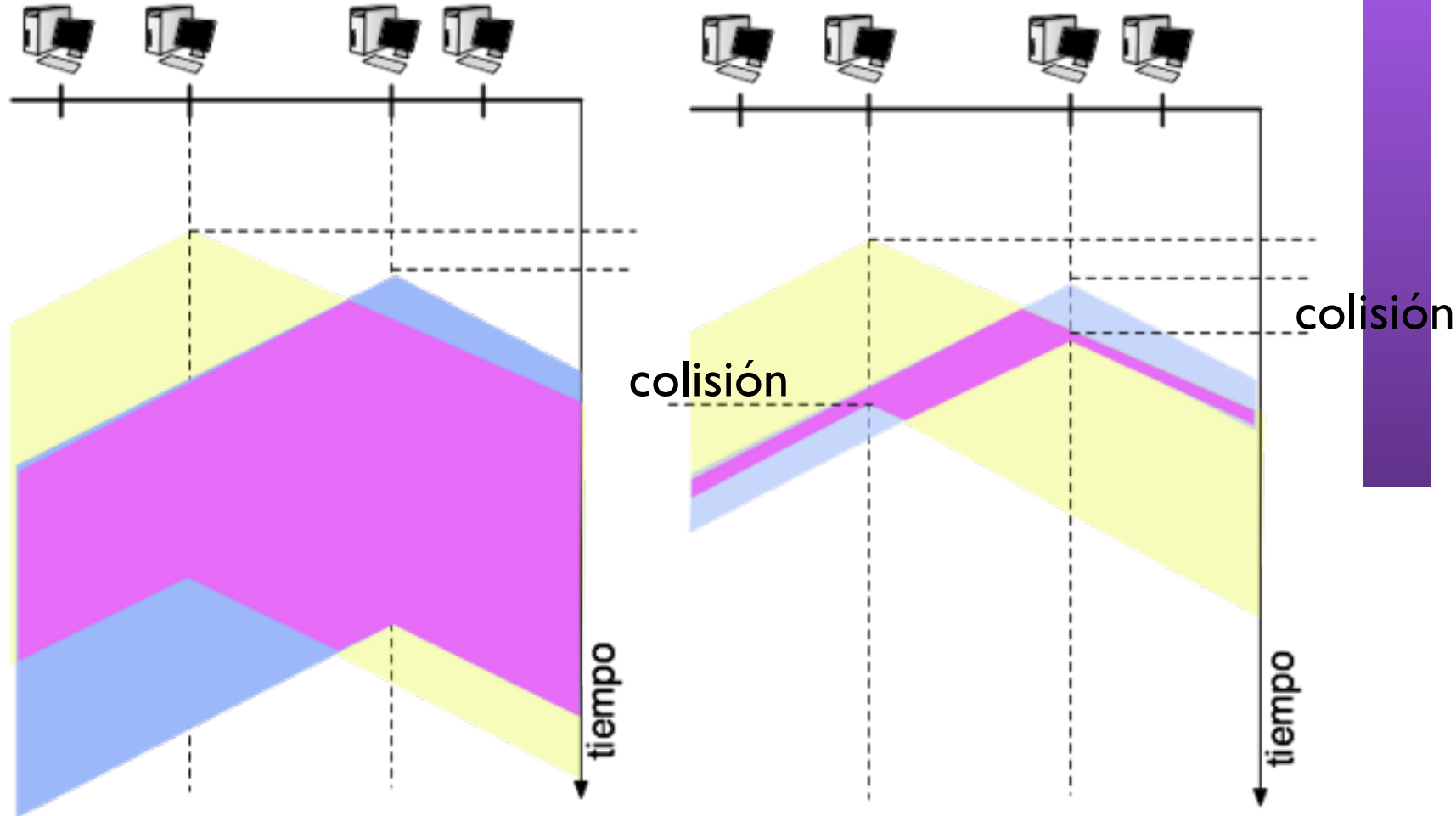
- Bus en banda base
 - La colisión produce mayor voltaje
 - Si la señal del cable es mayor que la que está generando la estación detecta colisión
 - La señal se atenúa con la distancia
 - Límite de 500m (10Base5) o 200m (10Base2)
- En par trenzado (topología en estrella)
 - Actividad en más de un puerto es una colisión
 - Se usa una señal especial para indicar colisión

CSMA/CD



CSMA/CD

- Cada dispositivo para al detectar la colisión

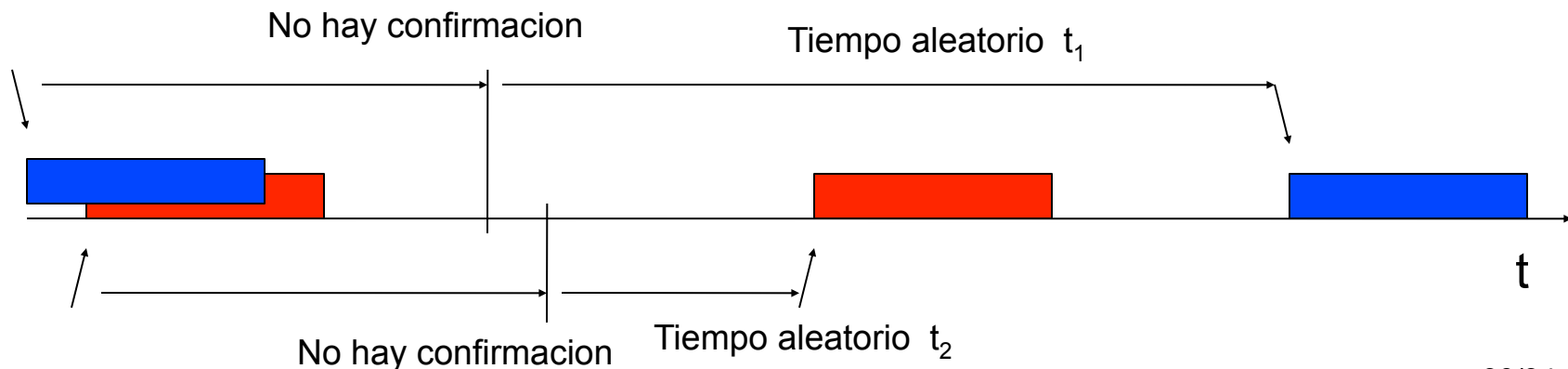


Backoff

- Antes de volver a transmitir en muchos protocolos se espera un tiempo aleatorio
 - Normalmente para evitar la coincidencia de varias estaciones que puedan querer transmitir a la vez

Le llamaremos **backoff**

- Por ejemplo en ALOHA se usa despues de una trama errónea para no volver a colisionar
- Consigue efectos parecidos al CSMA p-persistente
- Lo más simple es elegir un número aleatorio uniforme en un rango conocido
- En CSMA/CD se complica un poco



Binary Exponential Backoff

- IEEE 802.3 y Ethernet usan binary exponential backoff
- Las estaciones reintentan el envío de las tramas que colisionan
 - En los 10 primeros intentos el tiempo medio de espera se dobla
 - En los 6 siguientes el tiempo medio se mantiene constante
 - Después de 16 colisiones la estación desiste y da error para esa trama
- El algoritmo 1-persistente con binary exponential es eficiente para un amplio rango de cargas
 - Poca carga, ocupa el canal inmediatamente
 - Mucha carga, espera más tiempo y hay menos colisiones
- Problema: el backoff tiene un efecto last-in, first-out
 - Las estaciones con tramas nuevas tienen preferencia sobre las que ya llevan tiempo reintentando un envío
 - Captura del canal

Eficiencia de CSMA/CD

- Eficiencia de CSMA/CD

$$\eta = \frac{\text{Tiempo enviando datos que no colisionan}}{\text{Tiempo total}}$$

- Hay aproximaciones que dependen del parametro a

$$a = \frac{t_{propagacion}}{t_{transmision}}$$

$$\eta = \frac{1}{1 + 5a}$$

$$\eta = \frac{1}{1 + 3.44a}$$

ALOHA vs CSMA

- ¿Podríamos decir que ALOHA era la forma antigua y CSMA lo ha sustituido ya que es más eficiente?

- **NO**

- El orden de exposición ha sido ese y ALOHA apareció primero
- CSMA es una evolución adaptada para mejorar en el caso $t_{propagación} \ll t_{transmisión}$

Tipico en LANs pero no siempre se cumple

- Parámetro $a = t_{propagación} / t_{transmisión}$

$a \ll 1$ CSMA tienen sentido y su eficiencia es mejor que la de ALOHA

$a > 1$ ALOHA es simple y su eficiencia no depende de a

- Variantes de ALOHA se usan hoy en día
 - En telefonía móvil para realizar peticiones de recursos
 - En comunicaciones vía satélite
 - En redes de cable para peticiones de recursos de subida (ver DOCSIS)

Control de acceso: clasificación

- Esto no ha sido una clasificación exhaustiva
Hemos visto los protocolos más básicos/usados
- Diferentes tipos para diferentes redes de área local
- Según dónde se controle
 - **Centralizado** (un dispositivo decide quien transmite)
 - Más control, un único punto de fallo
 - **Distribuido** (se resuelve el derecho a transmitir sin dispositivo central (colisiones))
 - Más complejo pero mas robusto
- Según cómo se controle
 - **Síncrono** (modo circuito)
 - capacidad dedicada (por conexión)
 - No óptimo
 - Usado en GSM y en ciertos tipos de protocolos para satelites
 - **Asíncrono** (modo paquete)
 - En respuesta a la demanda, tengo un mensaje y reservo o compito con los demas para transmitirlo

Control de acceso al medio asíncrono

- Varias filosofías
- Round robin
 - A cada estación se le da el turno para transmitir
- Reserva
 - Divide el tiempo en slots
 - Petición y concesión de slots
 - Bueno para tráfico continuo
 - Reserva no implica centralizado

Hay técnicas de resolver reservas distribuidas basadas en ALOHA (R-ALOHA) tiempo destinado a pedirse el canal, el que consigue transmitir la reserva con ALOHA tiene derecho al slot de transmisión que viene después
- Contención
 - Las estaciones compiten por el tiempo
 - Bueno para tráfico a ráfagas
 - Simple de implementar
 - Tiende a colapsarse con mucha carga
 - ALOHA, S-ALOHA, CSMA, CSMA/CD, CSMA/CA son de estos

Ejemplos

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 inalambricas
		BTMA: MACA, MACAW	Redes inalambricas
		Token ring, FDDI	Redes de cable
		ALOHA, S-ALOHA, R-ALOHA	Satelite

Conclusiones

- Los protocolos de acceso al medio permiten a varios dispositivos compartir un mismo medio de transmisión de forma coordinada
- Protocolos basicos
 - ALOHA y slotted-ALOHA
 - CSMA, 1-persistente, p-persistente, no-persistente
 - CSMA/CD y veremos CSMA/CA
- Son de tipo distribuido y asíncrono. Tambien existen centralizados y síncronos. Aunque no se usan tanto en LANs