

Acceso al medio

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

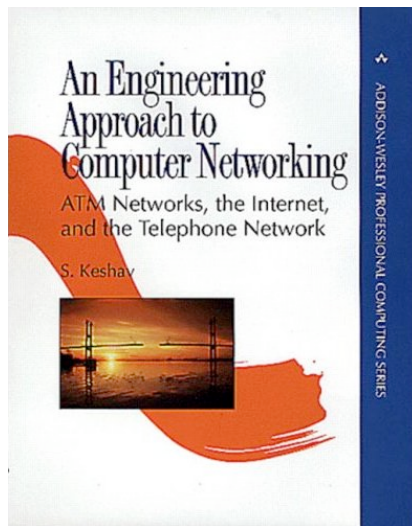
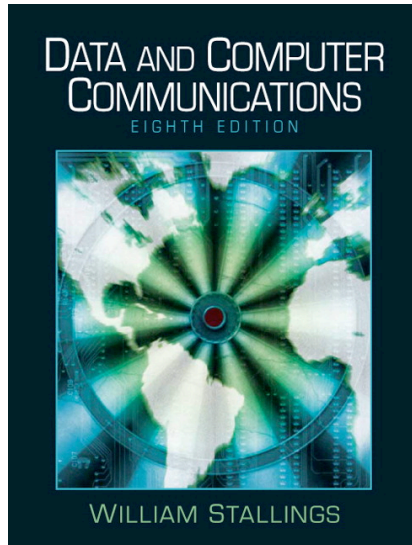
Arquitectura de Redes, Sistemas y Servicios
3º Ingeniería de Telecomunicación

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

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



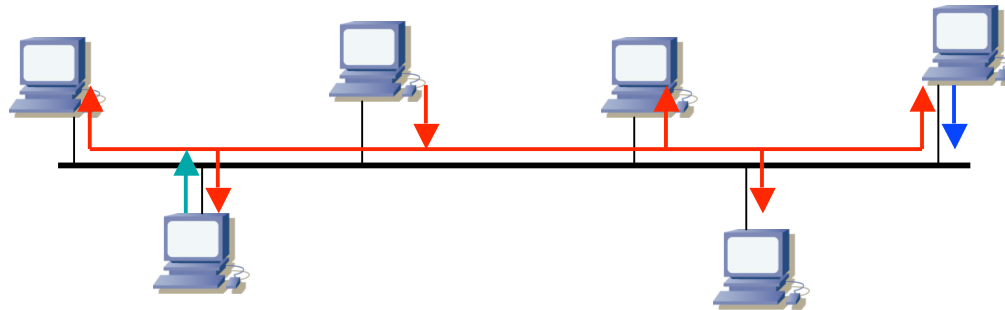
Material

Capítulo 16 de
W. Stallings,
Data and Computer Communications

Capítulo 7 de
S. Keshav
**An Engineering Approach to
Computer Networks**

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...

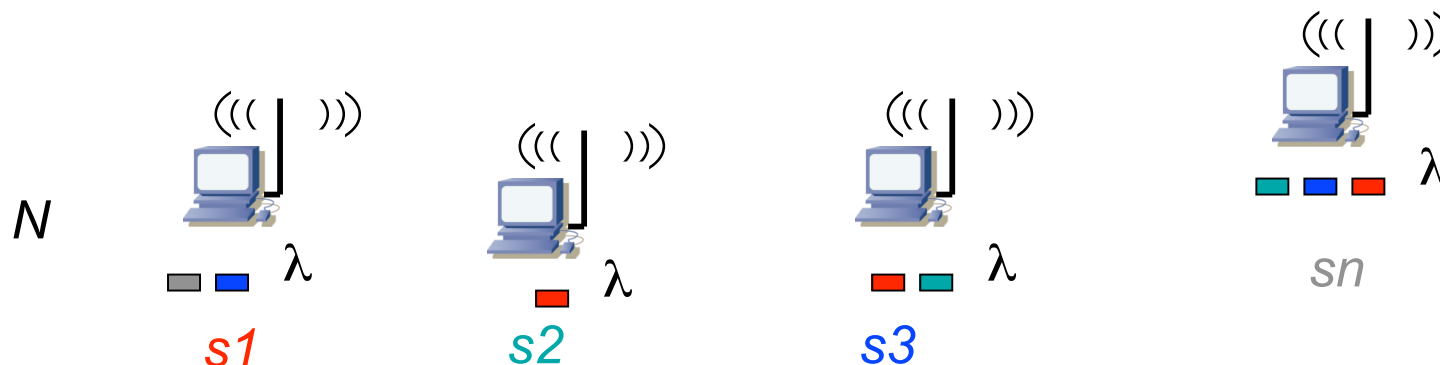
Problema más simple

- 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

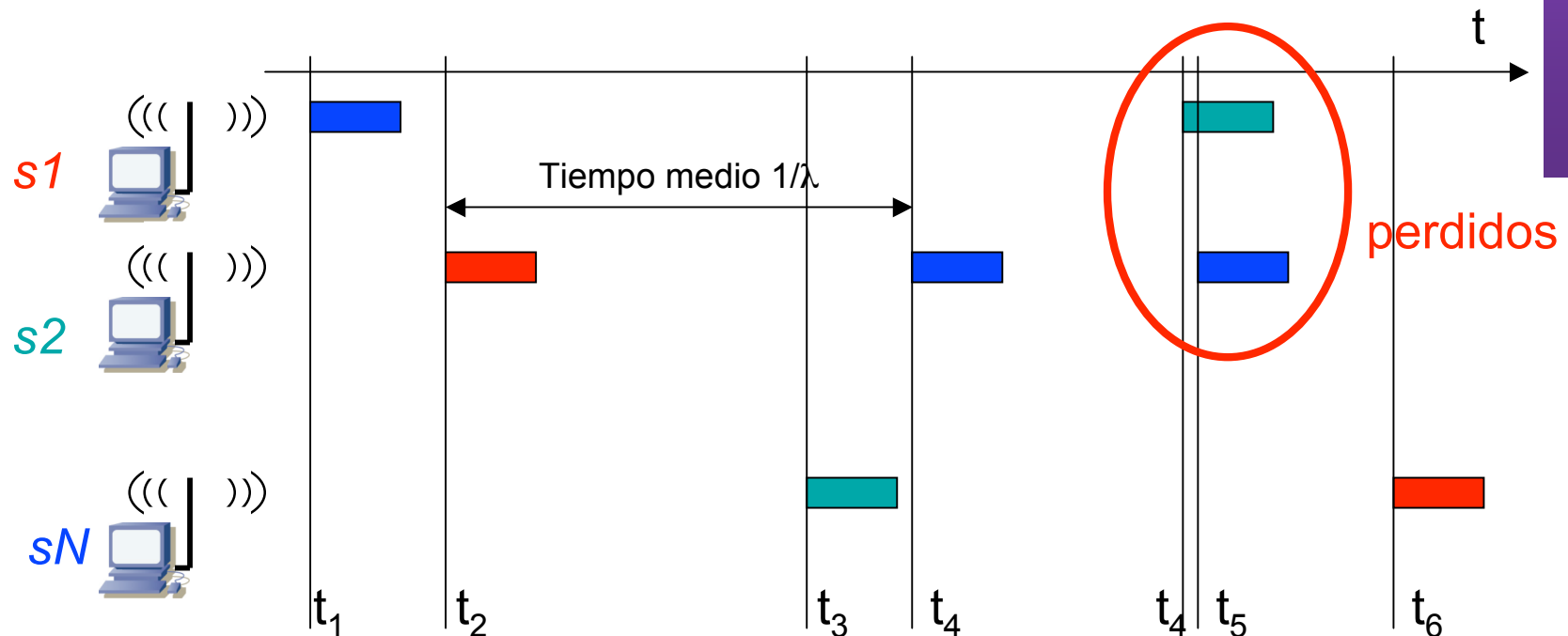
- ¿Cuántas tramas podemos conseguir que lleguen a su destino?



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 llegan 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 un 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 $m=1.6ms$

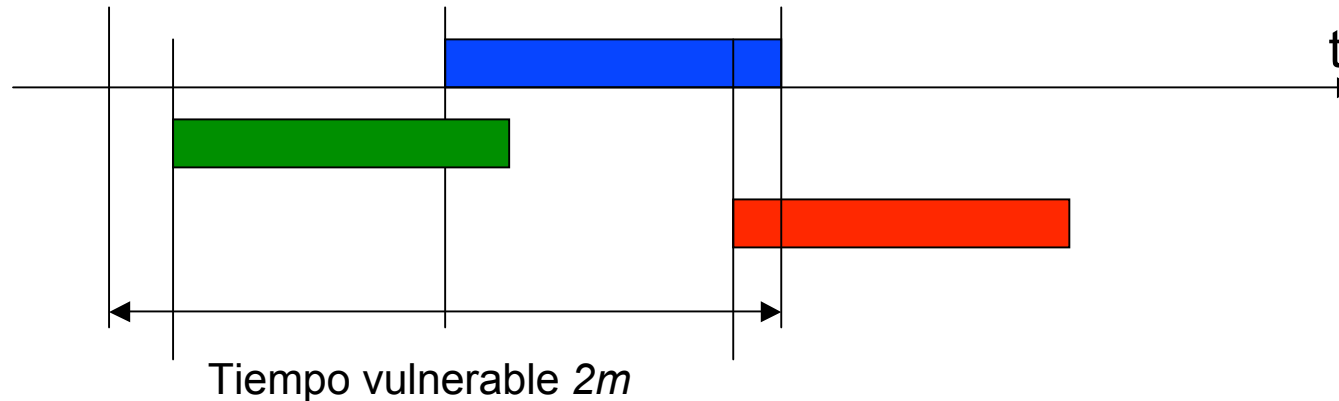
$$N=20 \quad \lambda=5 \text{ mensajes/s} \quad \rho = 0.16 \quad 16\% \text{ del tiempo ocupado}$$

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

$$N=40 \quad \lambda=20 \text{ mensajes/s} \quad \rho = 1.28 \quad 128\% \quad \text{No caben}$$

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 estropea el envío
- Numero de paquetes que llegan en $\Delta t = 2m$ es un v.a. de Poisson con parámetro $2mN\lambda$

$$P_{2mN\lambda}[k] = \frac{(2mN\lambda)^k}{k!} e^{-2mN\lambda}$$

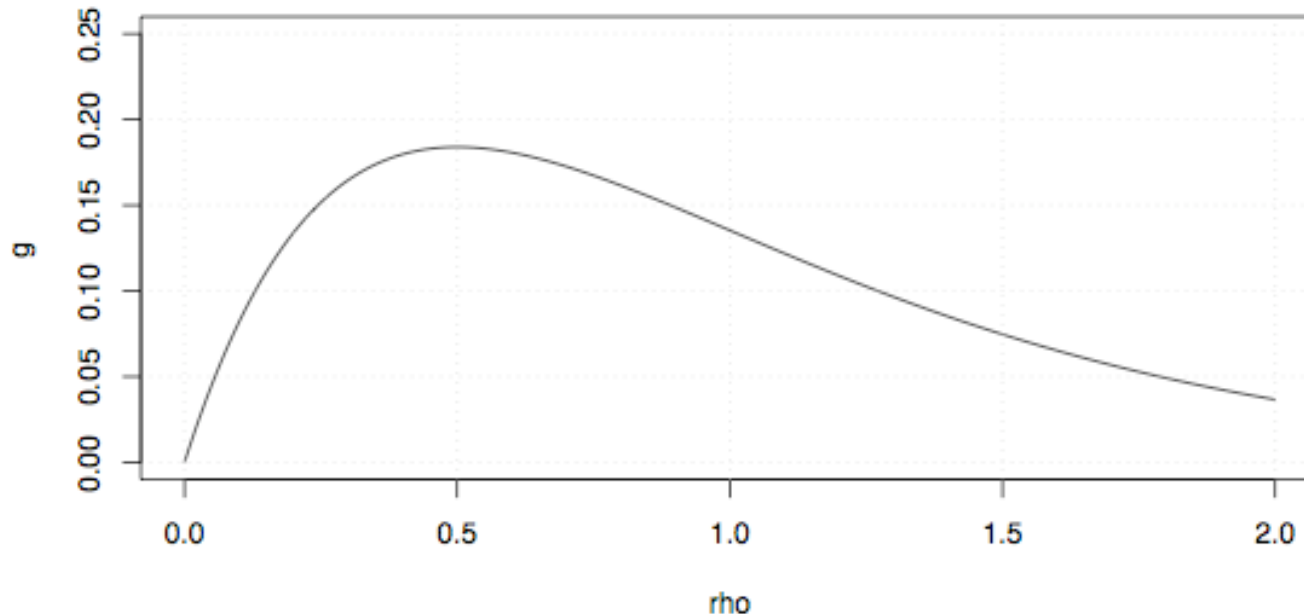
- Probabilidad de 0 llegadas en $\Delta t = 2m$ $P_{2mN\lambda}[0] = e^{-2mN\lambda}$

Prestaciones ALOHA

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

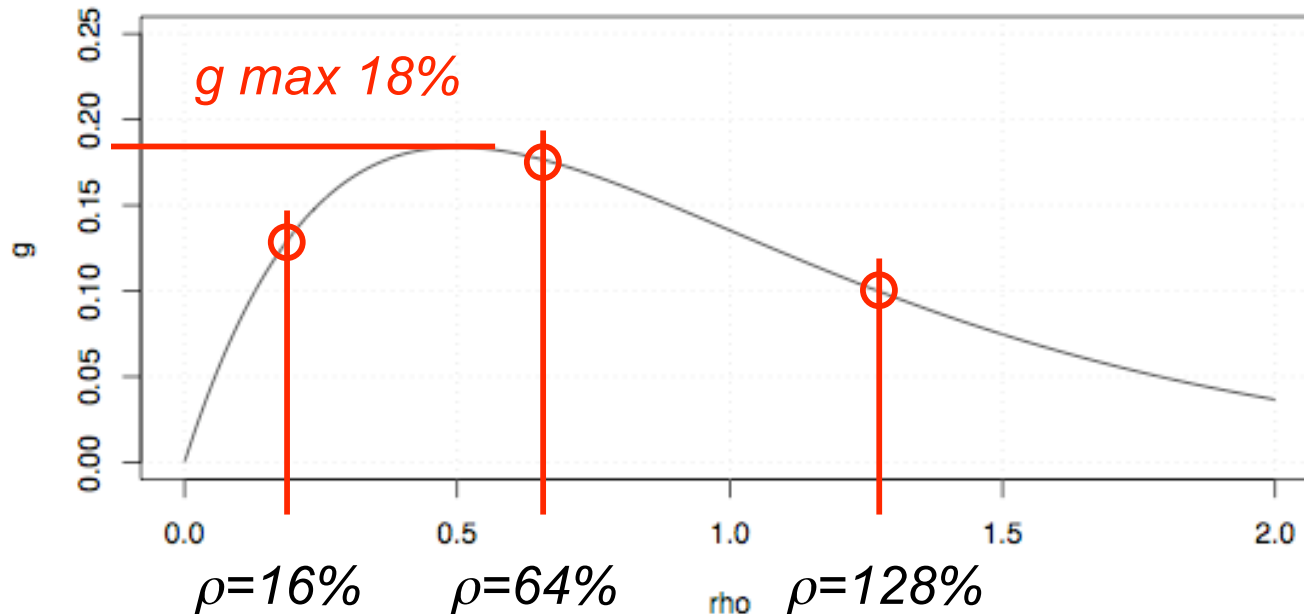
$$g = Nm\lambda' = Nm\lambda e^{-2mN\lambda} = \rho e^{-2mN\lambda} = \rho e^{-2\rho}$$

$$g = f(\rho)$$



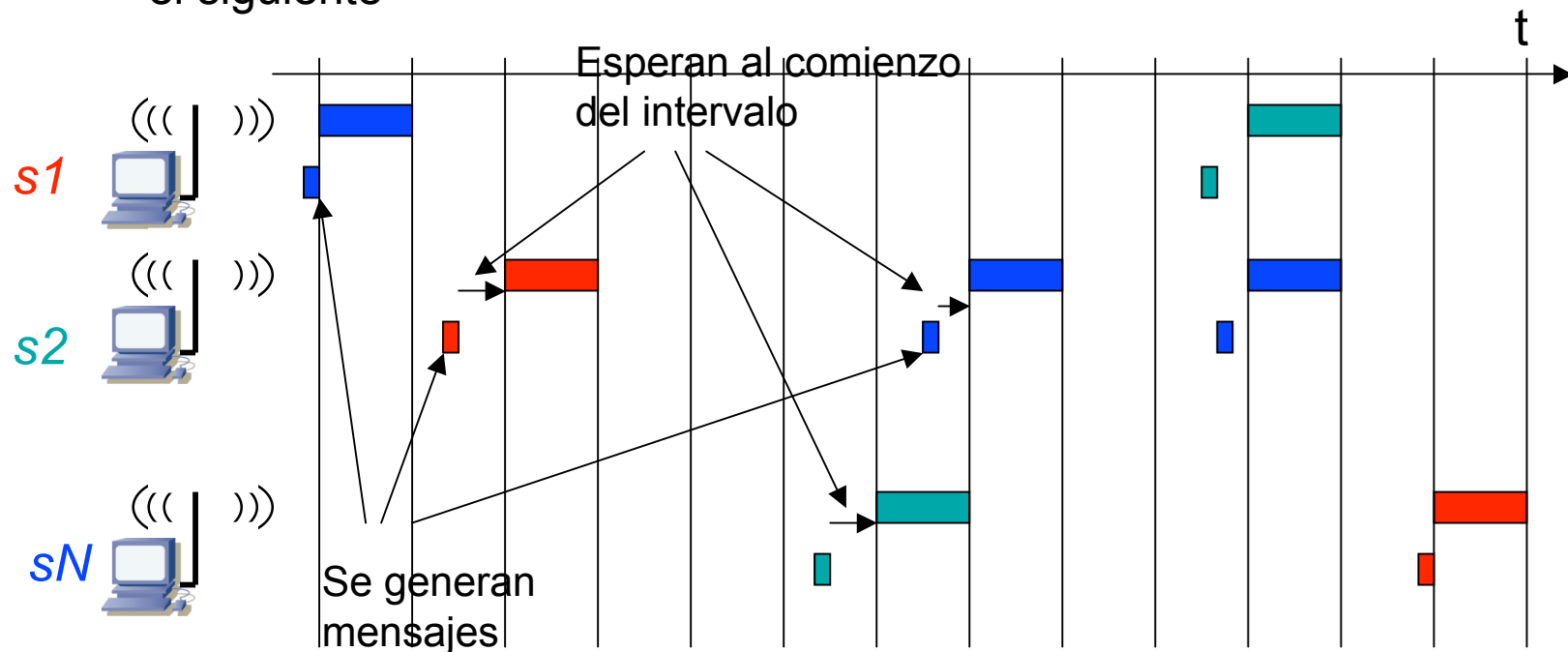
Prestaciones ALOHA

- 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

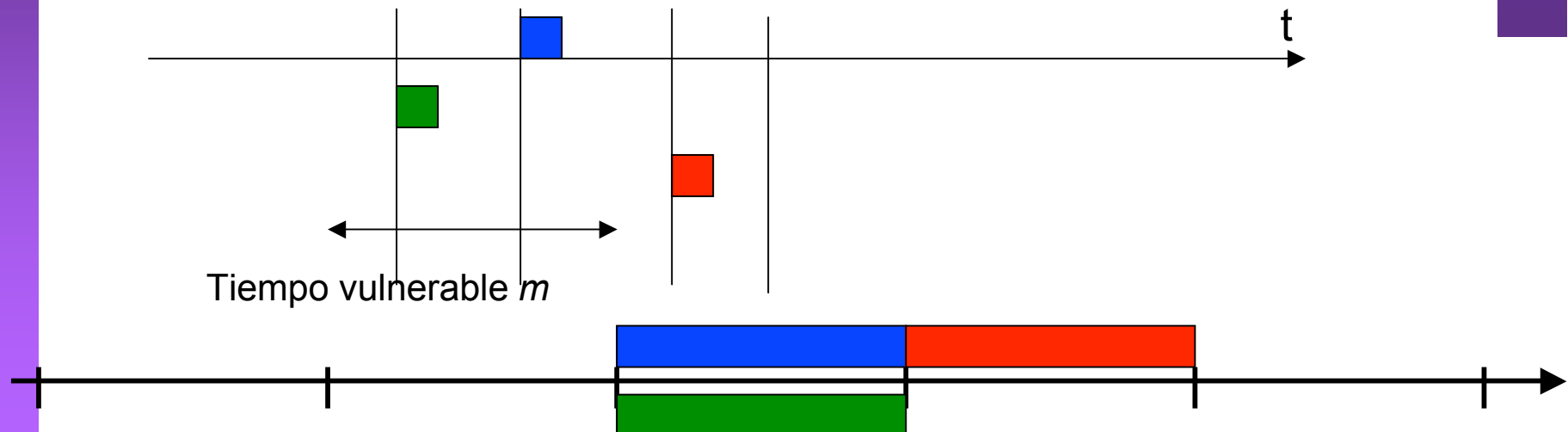
- Mejora típica **ALOHA ranurado**
- Dispositivos sincronizados en el tiempo. Existen intervalos temporales (slots) conocidos por todas las estaciones
Slots de la duración de la trama
- Algoritmo: Igual que ALOHA
 - Salvo que sólo se puede empezar a transmitir al principio del slot.
 - Si un paquete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



ALOHA ranurado

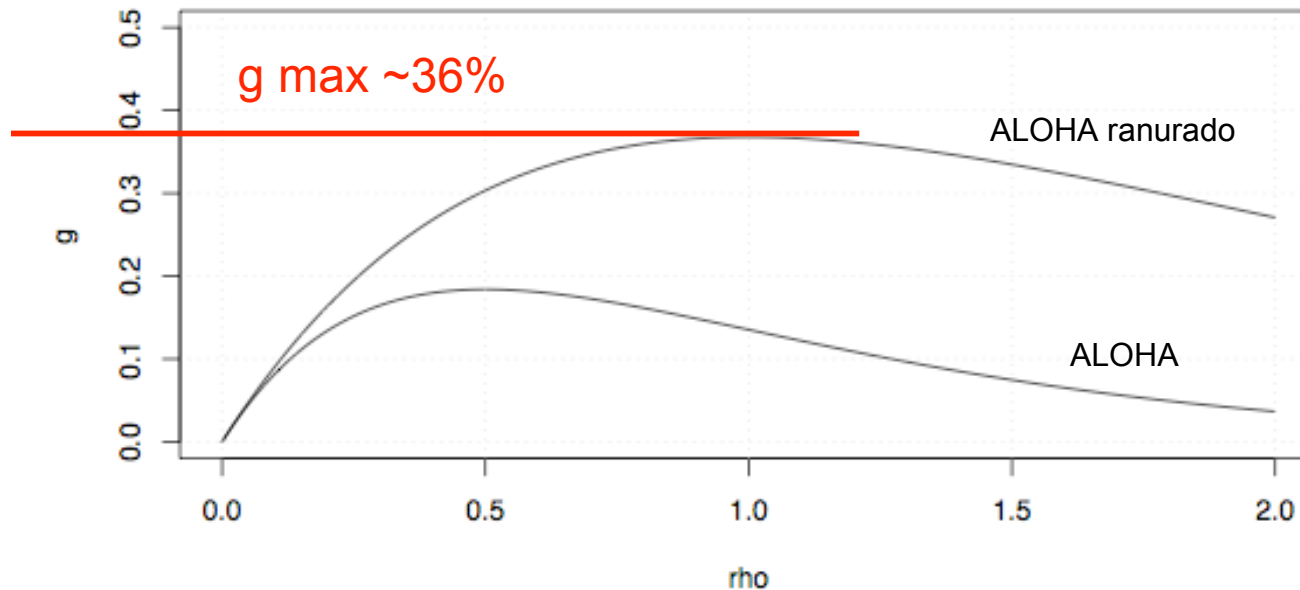
- La trama colisionará con los paquetes que llegan en el mismo slot
- Si llegan cerca pero en el siguiente slot esperarán
- El tiempo vulnerable es ahora m
- La probabilidad de no colisionar es ahora la probabilidad de que se produzcan 0 llegadas en un tiempo m

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



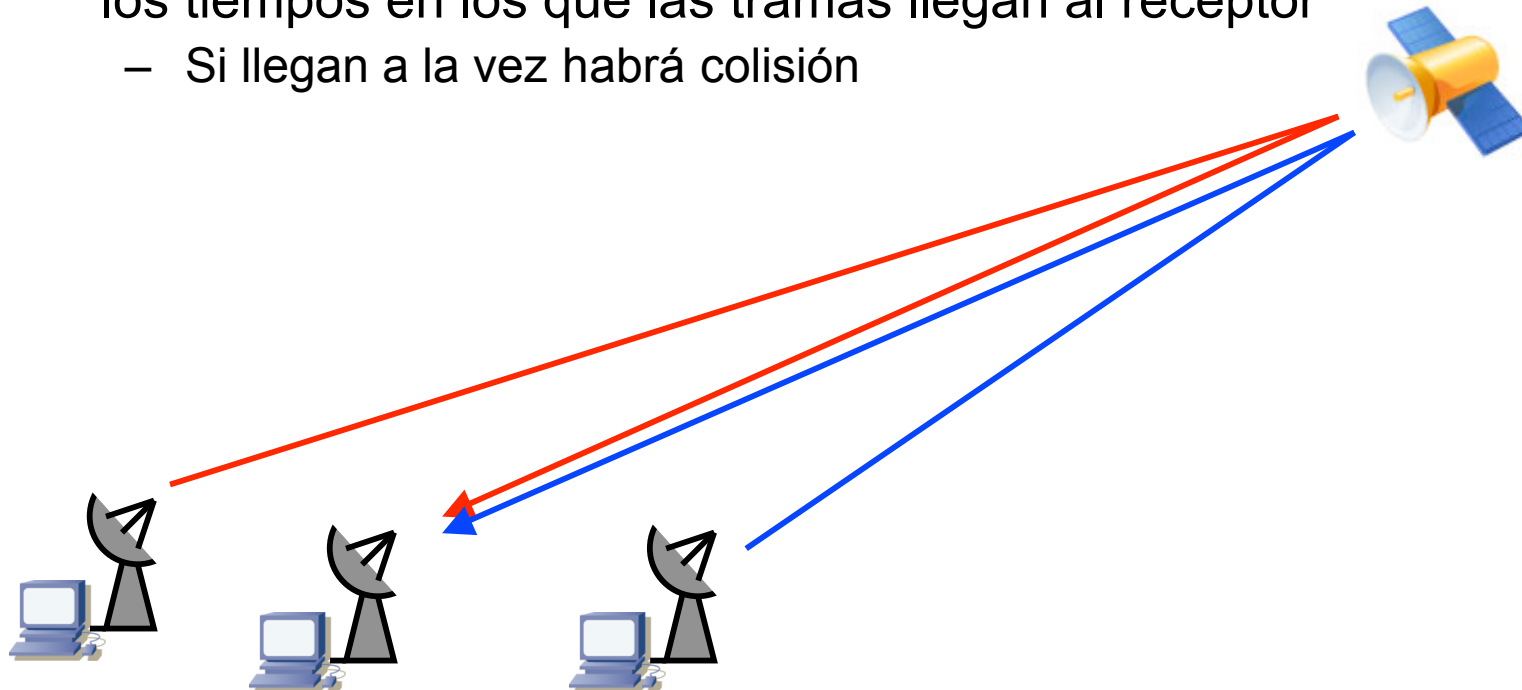
ALOHA ranurado

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



Tiempo de propagación

- Estabamos suponiendo en los dibujos que el tiempo de transmisión 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 si el tiempo de propagación es pequeño comparado con el de transmisión?

Mejorando ALOHA

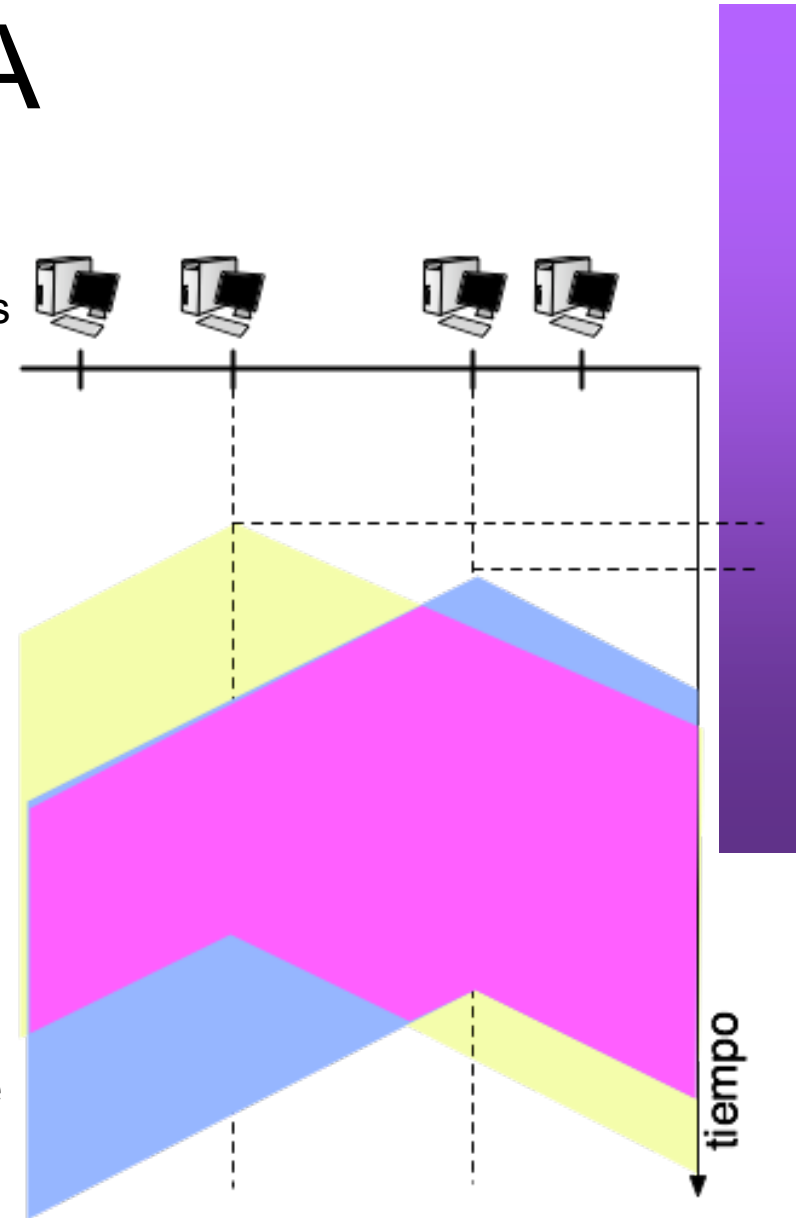
- ¿Podemos mejorar el protocolo si el tiempo de propagación es pequeño comparado con el de transmisión?
- Hay una mejora obvia...

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 hay 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

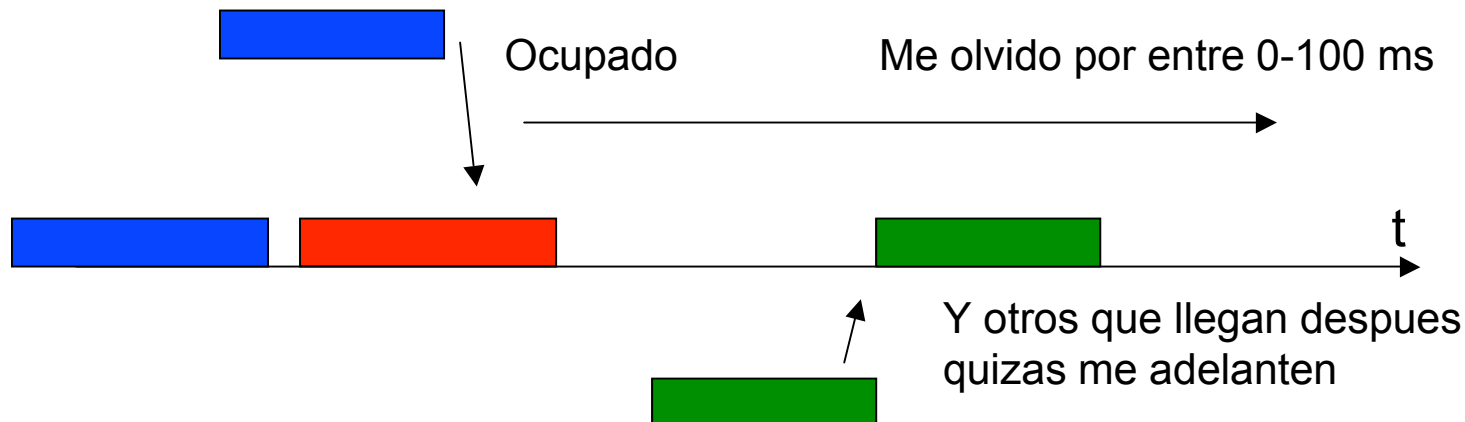
- ¿Qué hago si el canal esta libre?
- ¿Qué hago si se produce a pesar de todo una colision?

CSMA No persistente

- **Reglas:**
 - Si el medio esta libre, transmitir
 - Si el medio esta ocupado, espera un tiempo generado con una distribucion de probabilidad (retardo de retransmisión) e intentalo de nuevo
- **Ventaja**

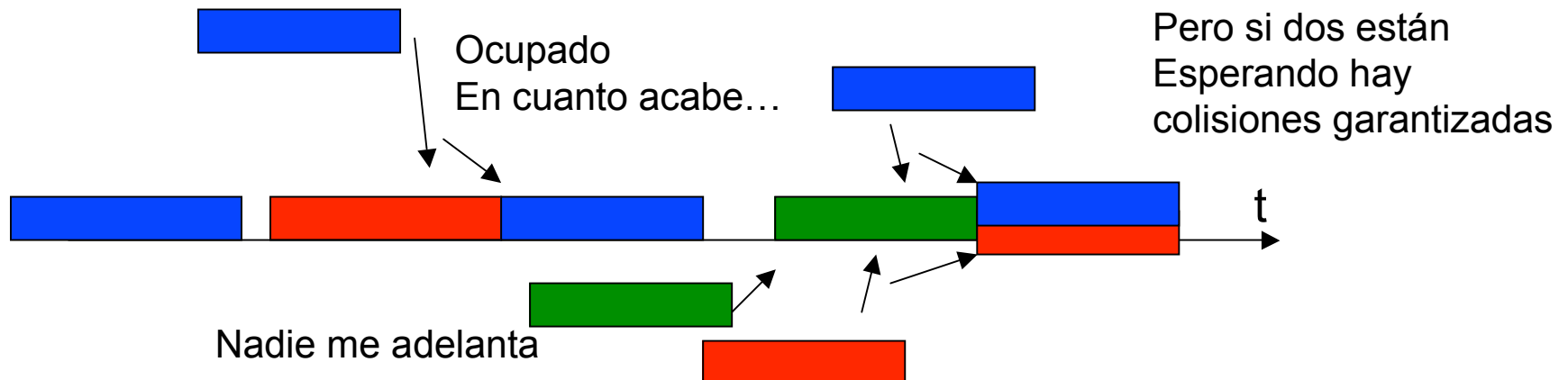
El retardo aleatorio reduce la probabilidad de colision
- **Pero...**

Se desperdicia capacidad porque el medio se queda libre despues de una transmision
- 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

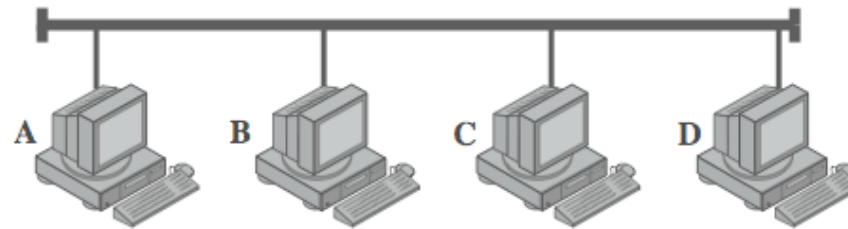
CSMA/CD

- 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 colision

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

CSMA/CD



TIME t_0

A's transmission

C's transmission

Signal on bus

TIME t_1

A's transmission

C's transmission

Signal on bus

TIME t_2

A's transmission

C's transmission

Signal on bus

TIME t_3

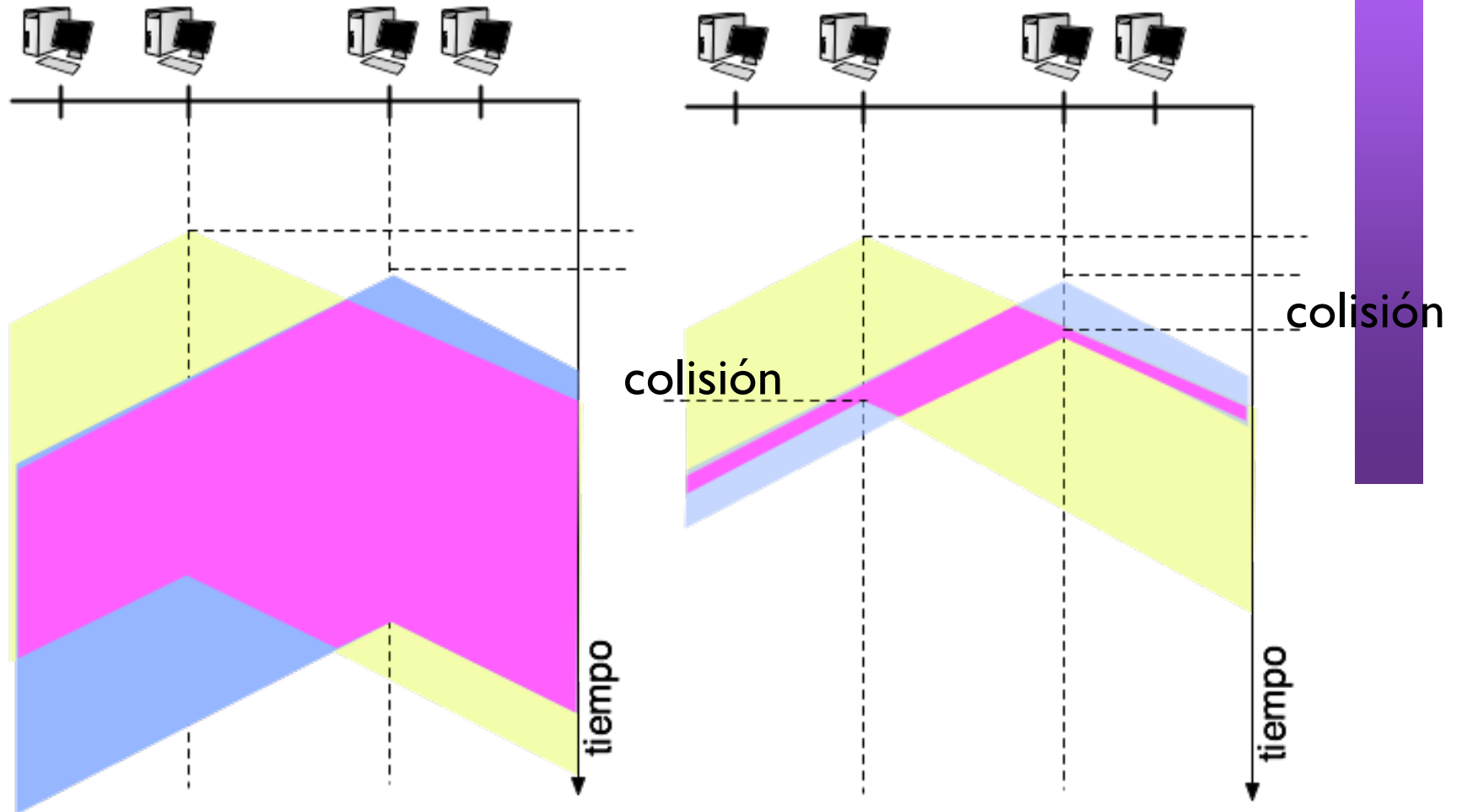
A's transmission

C's transmission

Signal on bus

CSMA/CD

- Cada dispositivo para al detectar la colisión

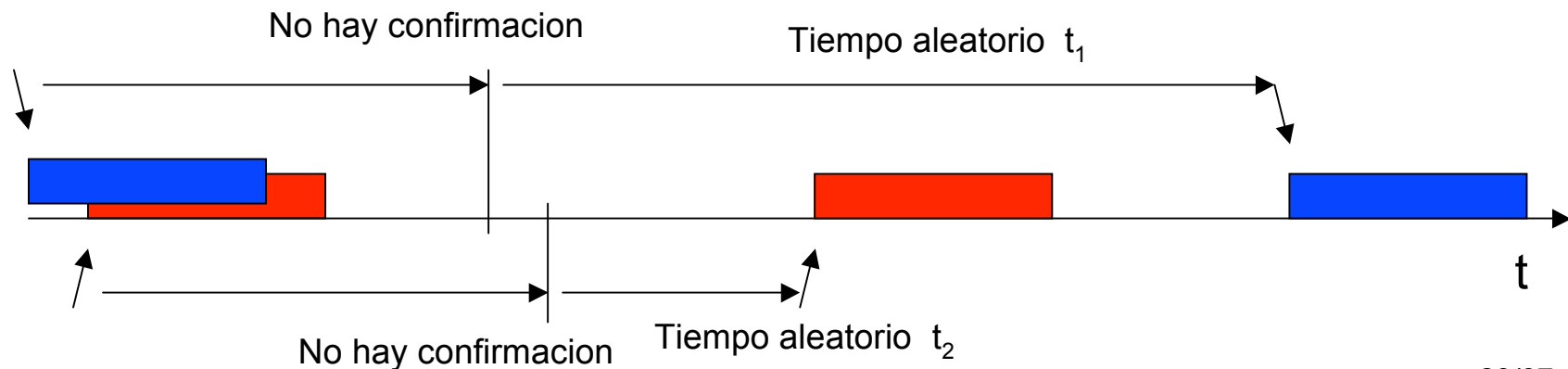


Backoff

- 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 después 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

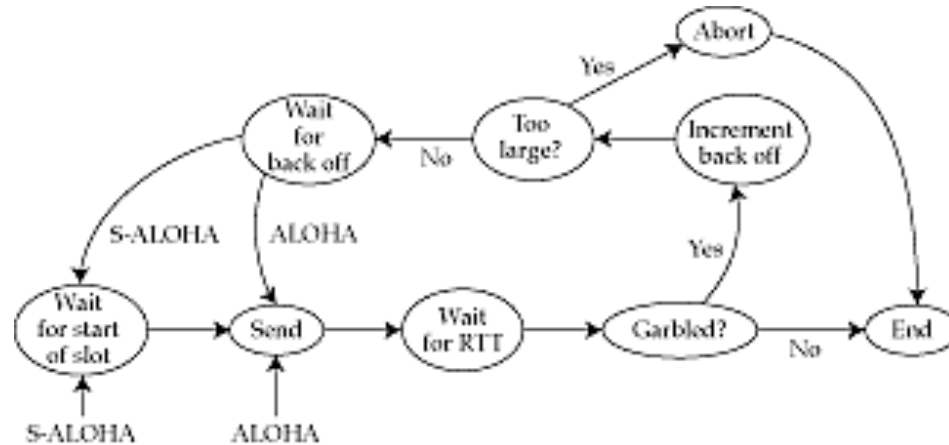
CSMA/CA

- Entornos en los que no se puede detectar colisiones
 - El receptor no funciona cuando el transmisor está enviando
 - Normalmente en redes inalámbricas
- Se utiliza evitación de colisiones (collision avoidance=CA)
- Incluso antes de transmitir tramas que no han colisionado esperar un tiempo (IFS inter frame sequence) y después esperar un tiempo de evitación de colisión aleatorio (normalmente tipo backoff)
- Esto tiene problemas cuando no todas las estaciones se escuchan unas a otras (hidden terminal problema del terminal oculto)
- Mejoras para resolverlo
 - Enviar petición de reserva de canal RTS (request to send) al que el destino contesta con un CTS (clear to send) antes de enviar el mensaje. Eso permite que los terminales ocultos oigan o bien el RTS o bien el CTS y sepan que se está produciendo una transmisión

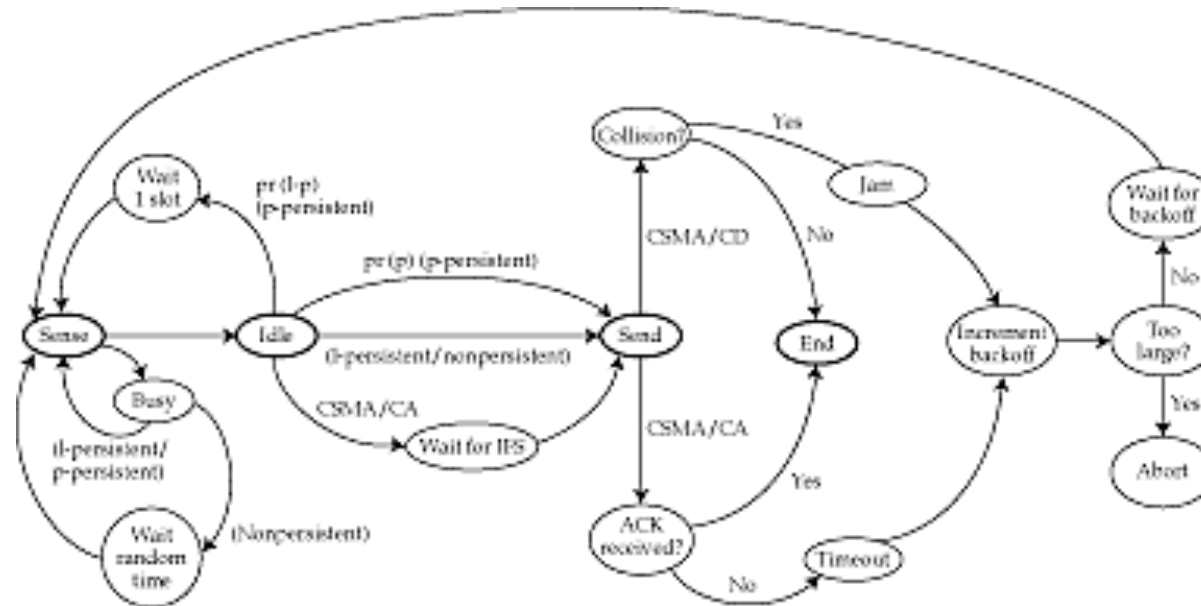


Resumiendo

- ALOHA



- CSMA



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 $t_{propagación} \ll t_{transmisión}$
Típico en LANs pero no siempre se cumple
- Parámetro $a = t_{propagación} / t_{transmisión}$
 $a \ll 1$ CSMA tiene 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
 - CDMA/CD y CSMA/CA
- Son de tipo distribuido y asíncrono. Tambien existen centralizados y síncronos. Aunque no se usan tanto en LANs
- **Próxima clase:**
 - Arquitectura de routers