

Redes Locales Industriales: Redes 802.11 (Wifi)



Rafael Estepa Alonso
Universidad de Sevilla



Redes WLAN: Conceptos Básicos

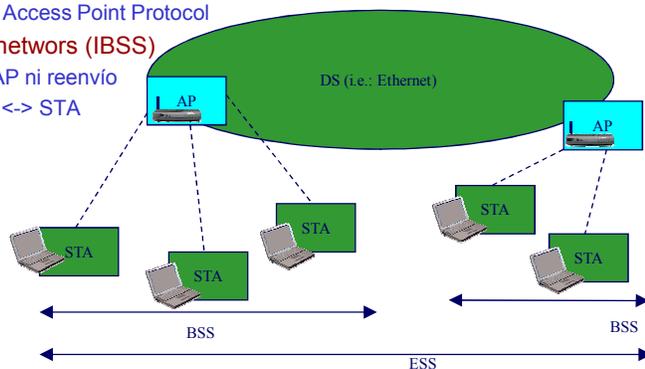
- **Redes LAN: medio compartido (espectro radioeléctrico)**
 - Medio Especial: Regulación Estatal e Internacional (ITU-R)
 - ▶ Diversas Bandas de Frecuencias Reservadas (bajo licencia)
 - Televisión Digital Terrestre (TDT), Radiodifusión, Telefonía Móvil, ...
 - » No podemos utilizarlas para transmitir
 - ▶ Bandas de Frecuencias de uso libre: no hay licencia. Ptx limitada.
- **Ventajas:**
 - ▶ Despliegue rápido y en lugares donde el cable no puede llegar
 - Coste decreciente (Mercado en masa)
 - ▶ Flexible y reconfigurable. Permite Movilidad del usuario.
- **Inconvenientes**
 - ▶ Más lento que el cable (menor ancho de banda)
 - ▶ Alcance variable
- **Distintas tecnologías 802. inalámbricas (802.11, 802.15.4, ...)**
 - Definen diferentes niveles PHY y MAC adecuados para cada situación
 - ▶ Punto de equilibrio entre distancia(alcance), ancho de banda y consumo

Sobre las redes Wifi 802.11

- IEEE 802.11:
 - Conjunto de normas del IEEE que definen las capas física y de acceso al medio de una red inalámbrica que usa las bandas de 2.4 ó 5.2 GHz para proporcionar tasas de 11 a 540 Mb/s
 - Objetivo principal: gran ancho de banda
 - ▶ ¿Sustituir en un futuro las redes Ethernet?
 - Engloba distintas capas PHY (han ido evolucionando de 11 a 540 Mb/s)
 - ▶ 802.11, 802.11a, 802.11b, 802.11g, 802.11n
- WiFi Alliance:
 - Asociación de fabricantes de equipos 802.11 creada para resolver problemas de interoperabilidad
 - ▶ Certifican que un producto de un fabricante es conforme a la norma 802.11
 - WiFi: Marca registrada de la WiFi Alliance de que indica que un dispositivo es conforme a la norma

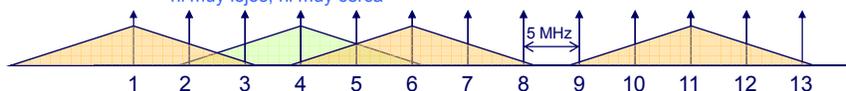
Redes 802.11: Conceptos Básicos

- Terminología y Escenarios del estándar 802.11
 - Nodo: APs (access points) and STA (stations)
 - BSS (Basic service set) = STA + AP (deben estar asociados)
 - ▶ Power Saving Mode, Reenvío por el AP (doble consumo BW)
 - DS (Distribution system) and ESS (Extended Service Set)
 - ▶ Inter Access Point Protocol
 - Ad-hoc networks (IBSS)
 - ▶ Sin AP ni reenvío
 - ▶ STA <-> STA



Capa física 802.11b

- Banda ISM (2.4 GHz)
 - Banda de acceso libre: potencia máxima de transmisión limitada
 - ▶ Facilita la reutilización de las frecuencias
 - dividida en 14 canales con 5 MHz entre portadoras
 - canales permitidos dependientes del país
 - ▶ CNAF UN-51: 1-13 en España
- Modulación: DSSS, QPSK
 - ancho de banda aprox: 22 MHz
 - canales no alejados se solapan
 - ▶ restricciones en la planificación de puntos de acceso radio
 - escoger canales sin solape
 - ni muy lejos, ni muy cerca



Tasas: 11 Mb/s (1, 2, 5.5). Cada una distinta modulación.

ait

5

Capas física 802.11a/g/n

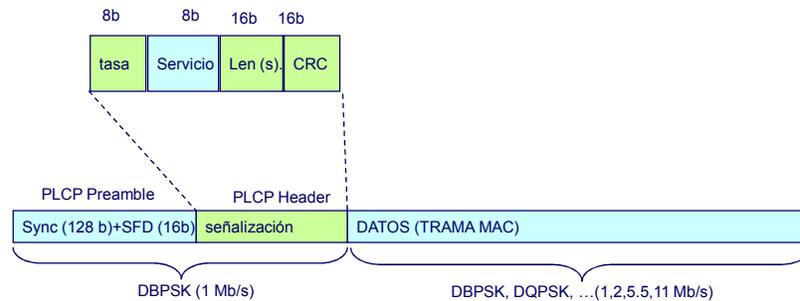
- 802.11g:
 - 2.4 GHz, misma que 802.11b
 - ▶ Usa 3 canales no solapados
 - Retrocede a DSSS, QPSK por compatibilidad con 802.11b
 - Tasa: 54 Mb/s (11-6)
- 802.11a:
 - 5.2 GHz, menor alcance, menos interferencias, más capacidad
 - ▶ 3 bandas de 100MHz, se usan las dos primeras (200 MHz)
 - 8 canales de 20 MHz sin solapes
 - ▶ Canalización 20 MHz entre portadoras
 - ▶ Por canal: 48 subportadoras (+4 pilotos) en 20MHz (312.5 KHz por canal)
 - ▶ BPSK, QPSK, 16QAM ó 64 QAM
 - Tasa: 54 Mb/s (6, 12, 24)
- 802.11n: transmisión MIMO con 3 antenas (diversidad de caminos)
 - 5.2 GHz o 2.4 GHz. Cada canal (40 MHz).
 - ▶ Permite hasta 600 Mb/s

ait

6

Formato de la trama física

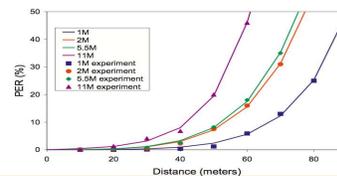
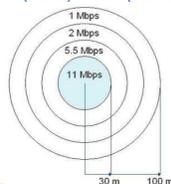
- Funciones
 - Sincronización del receptor (preámbulo)
 - Indicación de la modulación usada en la parte de datos
- Formato dependiente de la capa física (subcapa PLCP)
 - Ej: 802.11b preámbulo largo: 192 us (también hay corto: 96 us)



Capa física: FAQ (I)

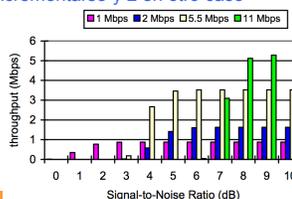
- ¿Por qué hay distintas tasas dentro de una norma física?
 - Cuanto mayor tasa hace falta mayor SNR para decodificarla
 - ▶ Sensibilidad en el Receptor: nivel mínimo (en ausencia de ruido) de la señal recibida para obtener una BER (o FER) determinada. ETSI ES 200 131
 - Ejemplo: 802.11g
 - ▶ Cada fabricante
 - Su propia tabla
 - ▶ Con la distancia entre TX y RX se atenúa la señal: $P_{rx} < 20 \text{ dBm}$.
 - Friis: $P_{rx} \text{ (dBm)} = P_{tx} \text{ (dBm)} + G_{ant} \text{ (TX y RX)} - 92,44 - 20 \log f \text{ (GHz)} - 20 \log d \text{ (km)}$

Parameter	Data rate	Value for a FER $\leq 10\%$ at a PSDU length of 1 000 bytes
Rx Sensitivity	6 Mbit/s	-82 dBm
	9 Mbit/s	-81 dBm
	12 Mbit/s	-79 dBm
	18 Mbit/s	-77 dBm
	24 Mbit/s	-74 dBm
	36 Mbit/s	-70 dBm
	48 Mbit/s	-66 dBm
	54 Mbit/s	-65 dBm



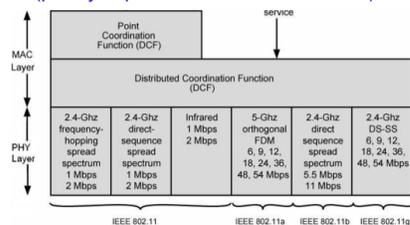
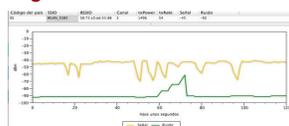
Capa física: FAQ (II)

- ¿Cómo se elige la tasa de la capa física?
 - Opción 1: Configuración manual (fijo la tasa). No responde a cambios
 - Opción 2: Algoritmo automático (fuera de norma). Ajuste dinámico (t)
 - ▶ Pretenden maximizar el caudal o throughput del usuario
 - $\text{Throughput} = \text{Packet Rate} * \text{Packet Length} * (1 - \text{Packet Loss Ratio})$
 - A mayor tasa, mayor snr necesitaré para mantener un Packet Loss Ratio.
 - ▶ Basados en la capa de enlace (pérdidas de tramas)
 - Ejemplo: ARF, Sample Rate, AARF (Adaptative ARF)
 - ARF: (Muy simple. Uno de los más extendidos en las tarjetas 802.11)
 - » Si Ndown paquetes consecutivos no reciben el ACK : bajar tasa + timer
 - » Si Nup paquetes consecutivos reciben ACK o expira el timer: subir tasa
 - » $Nup = 10, Ndown = 1$ si acaba de incrementarse y 2 en otro caso
 - ▶ Basados en la capa física
 - Medidas de SNR para estimar la tasa
 - Ejemplo: HRC, RBAR, OBAR



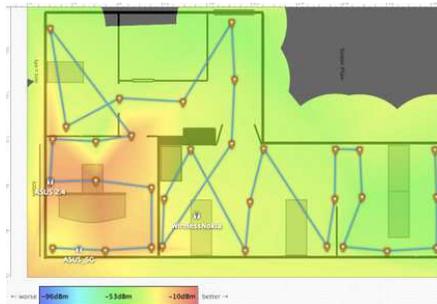
Capa física: FAQ (III)

- ¿Por qué capa física me puedo decidir?
 - Por la que usted quiera siempre que su STA/AP la soporte
 - ▶ La banda de 5.2 GHz (802.11 a/n) suele estar menos congestionada (menor ruido) pero tiene menor alcance en interiores que la banda de 2.4GHz (802.11 b/g/n).
 - ▶ Si su AP soporta 802.11n, esta es la mejor (decida la banda en función del SNR que encuentre). Si no la 802.11 a(5.2 GHz) o 802.11g (2.4GHz)
- Dentro de una capa física, ¿qué canal elijo para mi BSS?
 - El que tenga mayor relación SNR (menor interferencia/ruido)
 - ▶ Ruido será cualquier señal no deseada (por ejemplo: otras BSS en el canal)
 - O en canales con solapan
 - Se puede medir (wifi-scan)
 - Algunos AP: Selección automática



Capa física: FAQ (IV)

- ¿Cuántos AP debo poner? ¿dónde? Planificación.
 - Es muy difícil la predicción de la SNR que se obtendrá en un punto
 - ▶ Los modelos de pérdidas en interiores nos complejos e imprecisos.
 - Aproximación empírica: medida de señal en distintos puntos
 - ▶ Se ubican los AP y se hace un mapa de nivel de señal en cada punto
 - En función de los resultados se reubican y se aumenta/disminuye e número
 - » Hasta alcanzar una tasa objetivo para las STA en cada punto
 - ▶ Cada AP distinto canal
 - Sin solape.



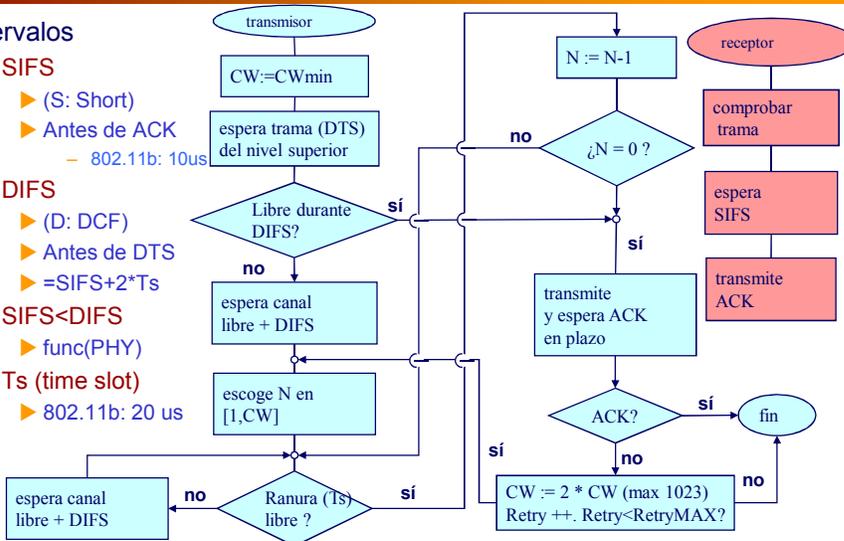
CAPA MAC 802.11

- Principales Servicios Ofrecidos por la Capa MAC
 - Envío de datos (2304 octetos máximo) en medio compartido
 - ▶ Entorno semiduplex con ruido y errores: asentimientos ACK
 - Tras un breve periodo de tiempo SIFS el receptor envía un ACK
 - » Si no llega, se intenta retransmitir un número máximo de veces
 - ▶ Dos modos de funcionamiento
 - DCF (Distributed Coordinated Function): CSMA/CA obligatorio
 - PCF (Point Coordinated Function): opcional (sobre DCF). Polling.
 - » Poco éxito comercial
 - ▶ Priorización de tráfico y QoS (802.11e)
 - Mejora sobre DCF (y PCF) para tráfico en tiempo real (Wifi Multimedia)
 - Seguridad
 - ▶ Confidencialidad, autenticación y control de acceso
 - Gestión
 - ▶ Establecer relación entre STA y AP
 - Búsqueda y selección de AP's por los distintos canales (escaneo)
 - Asociación (learning: dirección MAC de la estación para reenvío, aprendizaje de tasas soportadas, , ,), traspaso, gestión de potencia,...

CSMA/CA: esquema simplificado

Intervalos

- SIFS
 - ▶ (S: Short)
 - ▶ Antes de ACK
 - 802.11b: 10us
- DIFS
 - ▶ (D: DCF)
 - ▶ Antes de DTS
 - ▶ =SIFS+2*Ts
- SIFS < DIFS
 - ▶ func(PHY)
- Ts (time slot)
 - ▶ 802.11b: 20 us



ait

13

CSMA/CA: Figura sobre acceso básico

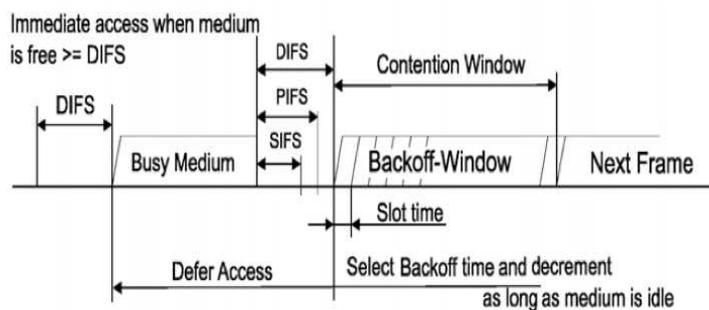


Figure 9-11—Basic access method

ait

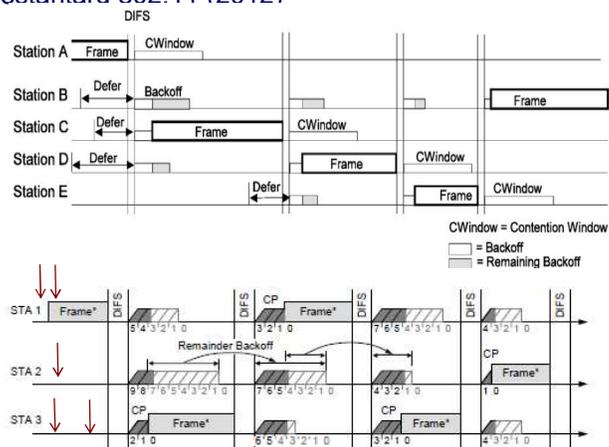
14

CSMA/CA: Detalles de la norma

- También hay que realizar el proceso de backoff si...
 - Se envía una trama de datos con (more fragments=0)
 - ▶ Se realiza tras la recepción del ACK o la expiración del temporizador de ACK Timeout.
 - Se envía una trama de gestión o de control tipo PS-Poll
- Cuando una STA recibe una trama con FCS incorrecto
 - En lugar de esperar DIFS en el proceso de backoff, utilizará EIFS (Extended-DIFS).
- En general, la recomendación 802.11 indica que:
 - **“Justo cuando el medio queda libre tras un periodo ocupado es cuando existe mayor probabilidad de colisión, pues varias estaciones podrían estar esperando. En tal caso se realiza el proceso de backoff para evitar las colisiones”**

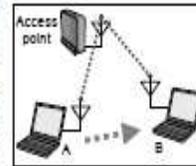
CSMA/CD: Ejemplo 2

- Del estándar 802.11 (2012)

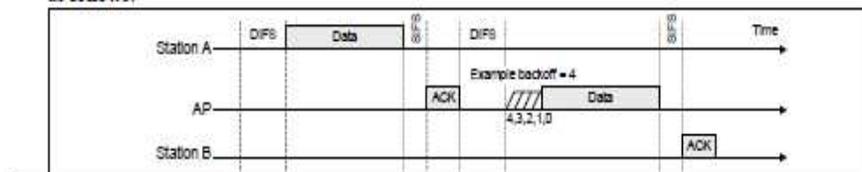


CSMA/CD: Ejemplo con AP

Suppose we have an 802.11 Infrastructure BSS with an access point and two mobile STAs, *A* and *B*. Consider a scenario where *A* has a single packet to send to *B* and show precise time diagram for each of the three nodes from the start to the completion of the packet transmission. For each station, select a reasonable number of backoff slots (if any) to count down before the station commences its transmission. Assume that all nodes are using the basic transmission mode and the channel is error free.



Since this is an Infrastructure BSS, all stations must communicate through the AP. The time diagram is as follows:

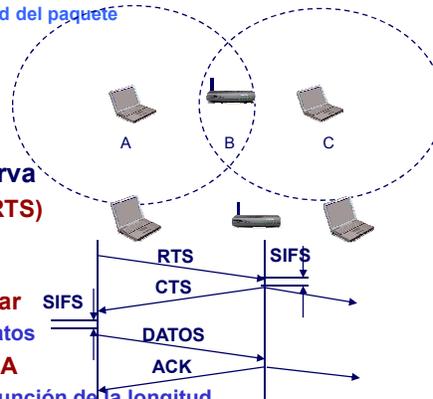


ait

17

CAPA MAC 802.11

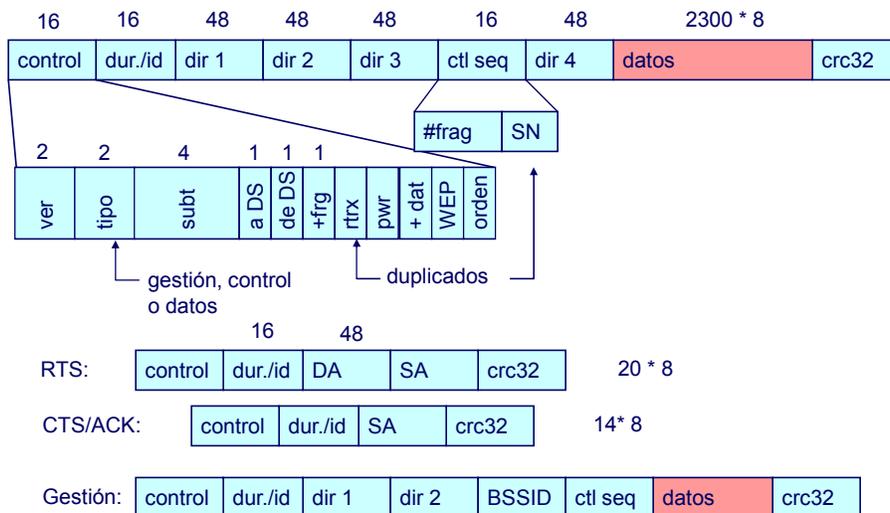
- Problema del Nodo Escondido (Hidden Node)
 - La estación C observa siempre el canal idle cuando transmite A
 - ▶ Las estaciones C y A nunca detectan ocupación: ¡colisiones!
 - Las colisiones desperdician mucho tiempo el canal
 - » Depende de la longitud del paquete
 - Para minimizar daños...
 - ▶ Utilizar fragmentación
- Solución: CSMA/CA con reserva
 - Antes de enviar se reserva (RTS)
 - ▶ Incluye la duración prevista
 - CTS También la incluye
 - La trama RTS puede colisionar
 - ▶ Más corta que la trama de datos
 - Opción configurable en la STA
 - ▶ Para todas las tramas O en función de la longitud



ait

18

Capa MAC: formato de tramas

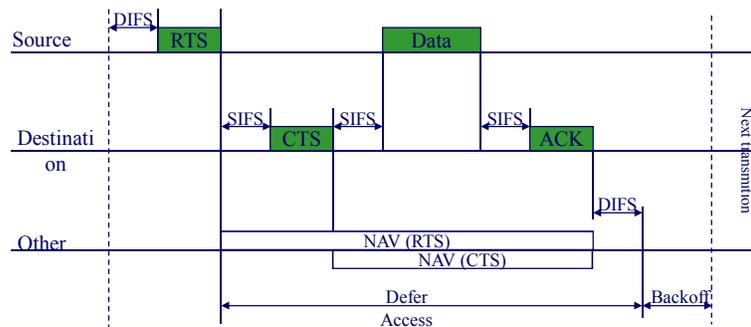


Formato de Tramas MAC

- Campos Más relevantes

- Duration

- ▶ Tiempo en microsegundos hasta que finalice la trama (incluyendo el ACK correspondiente). A cero para las tramas multicast
 - Si se utiliza RTS/CTS las demás estaciones lo establecen como canal no disponible (NAV)
 - ▶ Para las tramas de control será la ID de la entidad de la estación transmisora



Campos más relevantes trama MAC 802.11

- Direcciones
 - Dependেন del escenario de trabajo
 - ▶ Dentro de DS: RA y TA son los dos AP

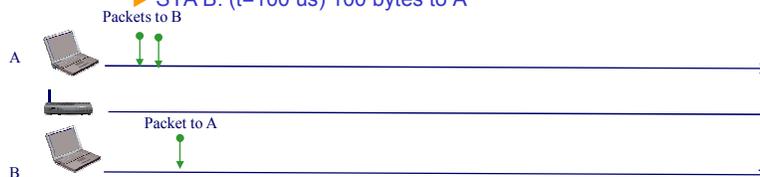
DS: Distribution System
 AP: Access Point
 DA: Destination Address
 SA: Source Address
 BSSID: Basic Service Set Identifier
 RA: Receiver Address
 TA: Transmitter Address

Function	To DS	From DS	Receiver		Transmitter	
			Address 1	Address 2	Address 3	Address 4
IBSS	0	0	RA = DA	SA	BSSID	N/A
From AP	0	1	RA = DA	BSSID	SA	N/A
To AP	1	0	RA = BSSID	SA	DA	N/A
Wireless DS	1	1	RA	TA	DA	SA

- Tramas de Gestión
 - Incluyen tramas baliza (beacon), probe, de asociación, autenticación, ...
 - ▶ Se generan y finalizan en la capa MAC.

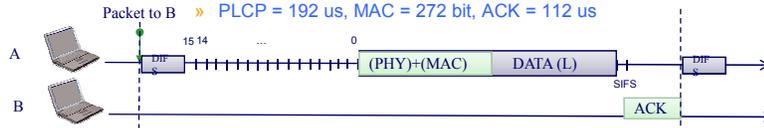
Ejercicio

- Con la norma 802.11b a 1Mb/s, considere el tiempo total que tardará en llevarse a cabo la siguiente comunicación.
 - Trama: 1264 us
 - ▶ preámbulo 192 us (capa física)
 - ▶ Capa MAC: 272 us (DATOS), 112 us (ACK)
 - ▶ Datos: 100 bytes = 800 us
 - DIFS = 50 us, SIFS=10 us, Ts=20 us, CWmin = 31
 - Valores aleatorios para CW (STA A: 5,2,4,4, STA B: 4,3,5, AP: 3,5,1)
 - Llegada de tramas
 - ▶ STA A: (t=0)100 bytes to B, (t=1 us) 100 bytes to B
 - ▶ STA B: (t=100 us) 100 bytes to A



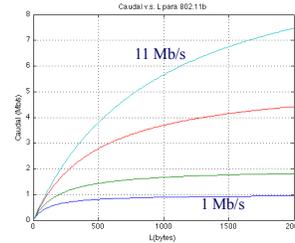
Rendimiento en el envío de datos (I)

- **Análisis del caso más favorable en 802.11b (sin reserva)**
 - **N = 1** (1 estación que transmite paquetes de longitud L (bits). Sin ruido)
 - ▶ Estación saturada (siempre tiene un paquete para transmitir)
 - $T_s = 20\mu s$, $SIFS = 10\mu s$, $DIFS = 50\mu s$, $CW_{min} = 31$ ($E[CW]=15$)
 - $PLCP = 192\ \mu s$, $MAC = 272\ bit$, $ACK = 112\ \mu s$



$$Caudal = \frac{L}{DIFS + E[CW] \cdot T_s + (PLCP + (MAC + L) / R_b) + SIFS + ACK}$$

- ▶ Paquetes de $L = 1000$ bytes (grandes)
 - Utilizo aprox. el 50% del R_b para 11Mb/s
- ▶ Paquetes de $L = 64$ bytes (pequeños)
 - 0.34 Mb/s ($R_b=1Mb/s$) (34% del R_b)
 - 0.68Mb/s ($R_b=11Mb/s$) (6% del R_b)
- ▶ En el mejor de los casos ($N=1$, no colisión, no error, no RTS/CTS)



aít

23

Rendimiento en el envío de datos (III)

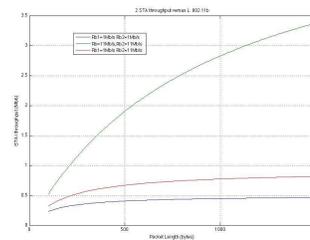
- **N estaciones heterogéneas saturadas 802.11b (sin reserva)**
 - Estación i: longitud paquete: L_i , Tasa Binaria: R_b_i
 - ▶ Supondremos que no existen colisiones ni errores por ruido (canal ideal)
 - Todas las estaciones tienen igual 'derecho' de ganar el canal
 - ▶ La estación i tendrá un caudal dado por:

$$Caudal / STA_i = \frac{L_i}{\sum_{j=1}^N (DIFS + E[CW] \cdot T_s) / N + (PLCP + (MAC + L_j) / R_b_j) + SIFS + ACK}$$

- ▶ Depende de la L_i y los R_b_i de TODAS LAS ESTACIONES.

- Ejemplo: $N=2$, $R_b_1 = 1Mb/s$, $R_b_2 = 11Mb/s$
 - » Las STA alejadas ($R_b=1Mb/s$)
 - » ¡Bajan el rendimiento a todos!
 - » Se debe cuidar la planificación
 - » Las STA con paquetes pequeños
 - » ¡Bajan el rendimiento a todos!

- Este es el caso más favorable
 - Ahora 'descontamos' colisiones y errores



aít

24

FIN DE LA CLASE

Preguntas ?

