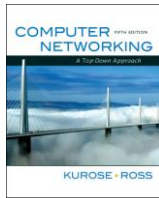


Introducción a las Redes de Computadoras

Capítulo 6 Redes Inalámbricas y Móviles



Nota acerca de las transparencias del curso:

Estas transparencias están basadas en el sitio web que acompaña el libro y han sido modificadas por los docentes del curso.

All material copyright 1996-2010 J.F. Kurose and K.W. Ross, All Rights Reserved

Computer Networking: A Top Down Approach 5th edition, Jim Kurose, Keith Ross Addison-Wesley, April 2009.

Int. Redes de Computadoras - Redes inalámbricas y móviles 6-1

Capítulo 6: Redes Inalámbricas y Móviles

Contexto:

- El número de servicios telefónicos celulares (móviles) excede al número de servicios telefónicos fijos
 - 5.300 millones frente a 1.200 millones

	(millions)					
Fixed telephone lines	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Developed	570	565	546	521	511	506*
Developing	68*	715	726	719	704	691*
World	1259	1280	1271	1240	1215	1197*

	(millions)					
Mobile cellular subscriptions	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Developed	1001	1139	1250	1342	1409	1436*
Developing	1216	1617	2104	2670	3243	3840*
World	2217	2756	3354	4012	4652	5282*

* Fuente: ITU - octubre 2010

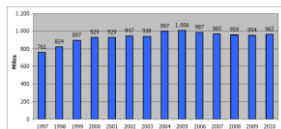
Int. Redes de Computadoras - Redes inalámbricas y móviles 6-2

Capítulo 6: Redes Inalámbricas y Móviles

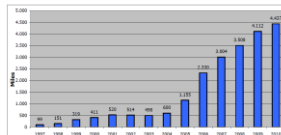
Contexto:

- Uruguay

1. Líneas de telefonía fija en servicio



7. Cantidad de servicios móviles



* Fuente: URSEC - diciembre 2010

Int. Redes de Computadoras - Redes inalámbricas y móviles 6-3

Capítulo 6: Redes Inalámbricas y Móviles

Contexto:

- Redes de computadoras: *laptops, celulares, iPADS, tablets*, que prometen acceso a Internet todo el tiempo y en todo lugar
- Dos importantes conceptos
 - *inalámbrica*: comunicación sobre enlace inalámbrico
 - *movilidad*: el usuario del terminal móvil se desplaza y puede cambiar el punto de conexión a la red

Int. Redes de Computadoras - Redes inalámbricas y móviles 6-4

Capítulo 6 Agenda

6.1 Introducción

Inalámbrico

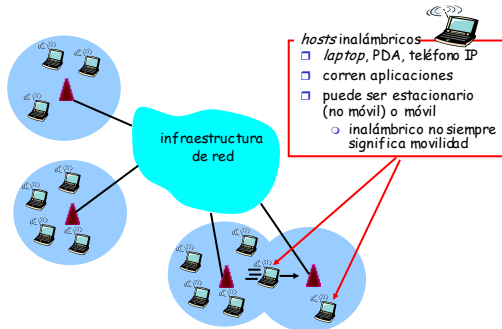
- 6.2 enlaces inalámbricos, características
- 6.3 redes LAN inalámbricas IEEE 802.11 ("Wi-Fi®") y algo más

Movilidad

- 6.5 Principios: direccionamiento y *routing* para los usuarios móviles
- 6.6 IP Móvil
- 6.8 Movilidad y protocolos de capas superiores
- 6.9 Resumen

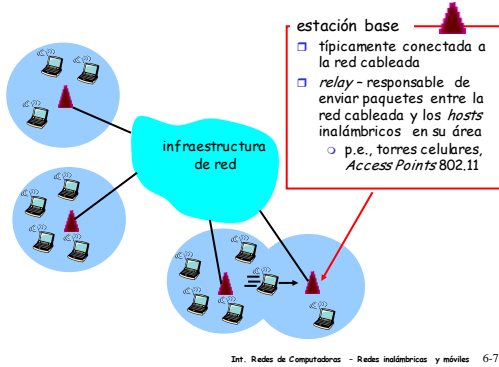
Int. Redes de Computadoras - Redes inalámbricas y móviles 6-5

Elementos de una red inalámbrica

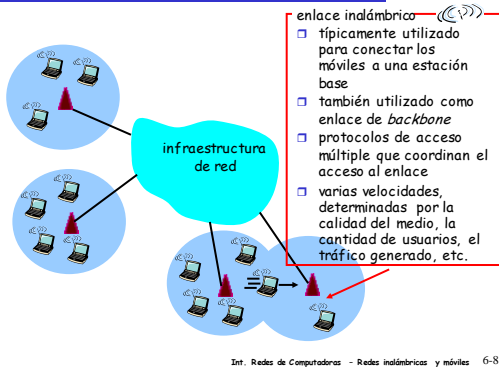


Int. Redes de Computadoras - Redes inalámbricas y móviles 6-6

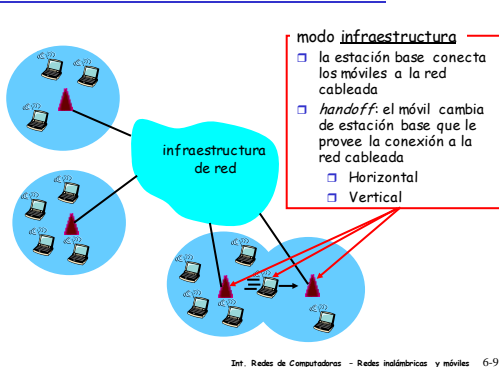
Elementos de una red inalámbrica



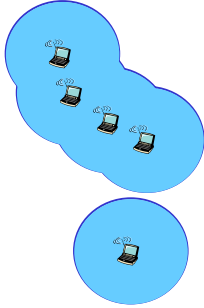
Elementos de una red inalámbrica



Elementos de una red inalámbrica



Elementos de una red inalámbrica



- modo *ad hoc*
- sin estaciones base
 - En principio, los nodos sólo pueden transmitir a otros nodos en el área de cobertura
 - Los nodos se organizan en una red encaminamiento a través de ellos mismos
 - Otras cosas a resolver:
 - Direccionamiento
 - DNS
 - Routing

Int. Redes de Computadoras - Redes inalámbricas y móviles 6-10

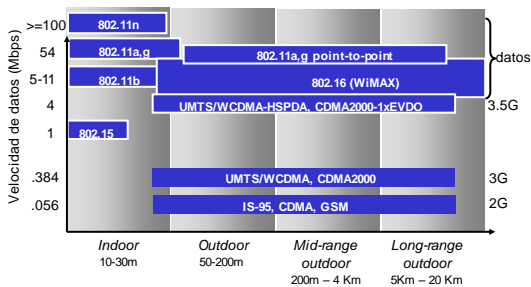
Taxonomía de una red inalámbrica

	único salto	múltiples saltos
infraestructura (p.e., APs)	<i>host</i> conectados a una estación base (Wi-Fi™, WiMAX™, celular) la cual lo conecta a Internet	el <i>host</i> podría tener que atravesar varios nodos <i>wireless</i> para conectarse a Internet: red <i>mesh</i>
no infraestructura	sin estación base, sin conexión a Internet (Bluetooth, redes Wi-Fi™ <i>ad hoc</i>)	no hay estación base, puede existir conexión a Internet. Son redes "stub". Los nodos deben hacer <i>relay</i> de los mensajes a través de otros para alcanzar el destino MANET, VANET

MANET: Mobile (multihop) Ad hoc NETWORKS
VANET: Vehicular Ad hoc NETWORKS

Int. Redes de Computadoras - Redes inalámbricas y móviles 6-11

Características de los estándares de enlace inalámbricos



Int. Redes de Computadoras - Redes inalámbricas y móviles 6-12

Características de un enlace inalámbrico (1)

Diferencias respecto a un enlace cableado...

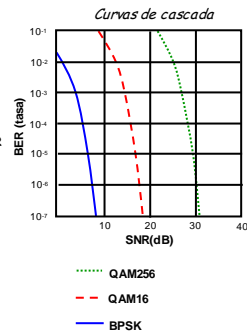
- o **Decremento de la potencia de la señal:** la señal de radio se atenúa a medida que se propaga, por los obstáculos y por la distancia (*path loss*)
- o **interferencia de otras fuentes:** frecuencias de redes inalámbricas estandarizadas (p.e., 2.4 GHz) compartidas por otros dispositivos (p.e., teléfono) y tecnologías: dispositivos (motores, microondas) que interfieren
- o **propagación multipath:** la señal de radio se refleja en objetos, llegando a destino en tiempos ligeramente distintos

... hacen la comunicación a través de un enlace inalámbrico más dificultosa (incluso en un punto a punto)

Int. Redes de Computadoras - Redes inalámbricas y móviles 6-13

Características de un enlace inalámbrico (2)

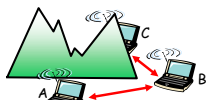
- SNR: Relación Señal Ruido
 - o SNR grande - es sencillo extraer la señal del ruido (es algo bueno)
- SNR versus BER
 - o **Dado un esquema de modulación:** incremento en la potencia → incremento en SNR → decremento en BER
 - o **dada la SNR:** elegir la técnica de modulación que cumpla los requerimientos de BER, buscando el mayor *throughput*
 - o la SNR puede cambiar con la movilidad: adaptar dinámicamente la capa física (técnica de modulación, velocidad)
 - o BER: Bit Error Rate
 - o QAM: Quadrature Amplitude Modulation
 - o BPSK: Binary Phase Shift Keying



Int. Redes de Computadoras - Redes inalámbricas y móviles 6-14

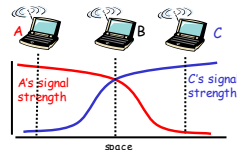
Características de las redes inalámbricas

- Múltiples emisores y receptores inalámbricos crean problemas adicionales (más allá del acceso múltiple): colisiones



Problema de la estación oculta:

- B y A se escuchan entre sí
- B y C se escuchan entre sí
- A y C no se pueden escuchar entre sí
- Implica que A y C no se enteran de su interferencia en B



Atenuación (*fading*) de la señal:

- B y A se escuchan entre sí
- B y C se escuchan entre sí
- A, C no puede escuchar al otro, interfiriendo en B

Int. Redes de Computadoras - Redes inalámbricas y móviles 6-15

Capítulo 6: Agenda

6.1 Introduction

Inalámbrico

6.2 enlaces inalámbricos, características

6.3 redes LAN inalámbricas IEEE 802.11 ("Wi-Fi" @) y algo más

Movilidad

6.5 Principios: direccionamiento y *routing* para usuarios móviles

6.6 IP Móvil

6.8 Movilidad y protocolos de capas superiores

6.9 Resumen

Int. Redes de Computadoras - Redes inalámbricas y móviles 6-16

Redes LAN inalámbricas IEEE 802.11

- **802.11b**
 - 2.4 GHz: espectro no licenciado
 - hasta 11 Mbps
- **802.11a**
 - rango 5-5.8 GHz no lic.
 - hasta 54 Mbps
- **802.11g**
 - 2.4 GHz
 - hasta 54 Mbps
- **802.11n**: múltiples antenas
 - 2.4 y 5 GHz
 - Más de 100 Mbps

- Todos utilizan CSMA/CA para acceso múltiple
- Todos tienen versión de red "estación base" y "ad-hoc"
- Capas de Enlace y Física
- *Dual-mode, tri-mode*
- *Destination Address - Destination location*

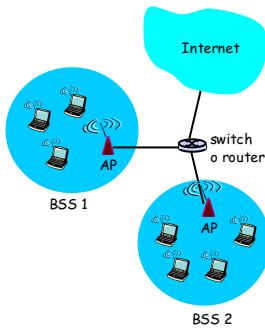
Int. Redes de Computadoras - Redes inalámbricas y móviles 6-17

Redes LAN inalámbricas IEEE 802.11

- 802.11-2007
 - Sopa de letras: a, b, d, g, h, i, j, e
- 802.11k: Medición de recursos de radio (2008)
- 802.11n: High Throughput (2009)
- 802.11p: Acceso wireless en vehículos (2010)
- 802.11r: Fast BSS Transition (2008)
- 802.11s: Mesh (draft)
- 802.11w: Tramas de gestión protegidas (2009)
- 802.11y: Frecuencias en USA (2008)
- 802.11z: Extensiones a DLS (2010)

Int. Redes de Computadoras - Redes inalámbricas y móviles 6-18

Arquitectura LAN 802.11



- los *host* inalámbricos se comunican con la estación base
 - estación base = Access Point (AP)
- **Basic Service Set (BSS)** ("celda") en el modo infraestructura contiene:
 - *hosts* inalámbricos
 - Access Point (AP): estación base
 - modo *ad hoc*: sólo *hosts*

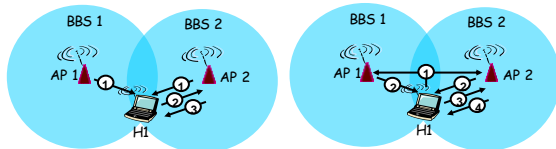
Int. Redes de Computadoras - Redes inalámbricas y móviles 6-19

802.11: Canales, asociación

- 802.11b: espectro 2.4 - 2.483,5 GHz dividido en 14 canales en diferentes frecuencias
 - el administrador selecciona la frecuencia del AP
 - posible interferencia: el canal puede ser el mismo que el elegido por el AP vecino
- *Host*: se debe **asociar** con el AP
 - *scanning* de canales, escuchando las tramas *beacon* conteniendo el SSID: *Service Set Identifier*, su dirección MAC y otra información
 - selecciona el AP al que se asociará
 - puede existir **autenticación**
 - el AP puede tener corriendo un DHCP para que la estación pueda obtener la dirección IP dentro de la subred del AP

Int. Redes de Computadoras - Redes inalámbricas y móviles 6-20

802.11: scanning pasivo/activo



Scanning pasivo:

- (1) Tramas **Beacon** enviadas por los APs
- (2) Envío de la trama **Association Request** de H1 a AP seleccionado
- (3) Envío de la trama **Association Response** de AP a H1

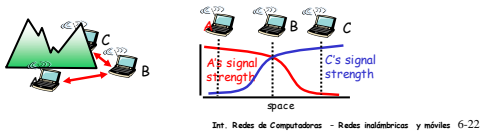
Scanning activo:

- (1) Broadcast de la trama **Probe Request** de H1
- (2) Tramas **Probes Response** enviadas por los APs
- (3) Trama **Association Request** enviada de H1 al AP seleccionado
- (4) Trama **Association Response** enviada del AP seleccionado a H1

Int. Redes de Computadoras - Redes inalámbricas y móviles 6-21

IEEE 802.11: acceso múltiple

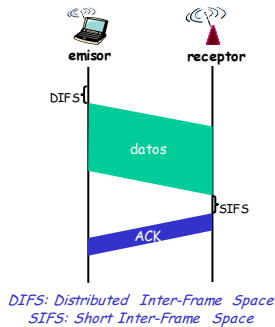
- evitado de colisiones: 2 o más estaciones transmitiendo al mismo tiempo
- 802.11: CSMA - escuchar antes de transmitir
 - No colisionar con las transmisiones de otros nodos
- 802.11: *no* hay detección de colisión
 - dificultad para recibir (*sense collisions*) cuando está transmitiendo debido a la atenuación de las señales transmitidas (*fading*)
 - no puede percibir todas las colisiones en todos los casos: *hidden terminal, fading*
 - objetivo: *evitar colisiones* - CSMA/C(ollision)A(voidance)



Protocolo MAC de IEEE 802.11: CSMA/CA

- emisor 802.11**
- 1 si el canal se escucha libre por DIFS entonces transmite la trama entera (no hay CD)
 - 2 si el canal se escucha ocupado entonces
 - lanza *random backoff time*
 - el *timer* realiza cuenta regresiva mientras el canal está libre (*backoff remanente*)
 - transmite cuando el *timer* expira
 - si no recibe el *ACK*, incrementa el intervalo de *backoff* randómico y espera canal libre y *timer* cero antes de transmitir

- receptor 802.11**
- si la trama es recibida OK retorna *ACK SIFS* después (el *ACK* es necesario debido al problema de la estación oculta)



DIFS: Distributed Inter-Frame Space
SIFS: Short Inter-Frame Space

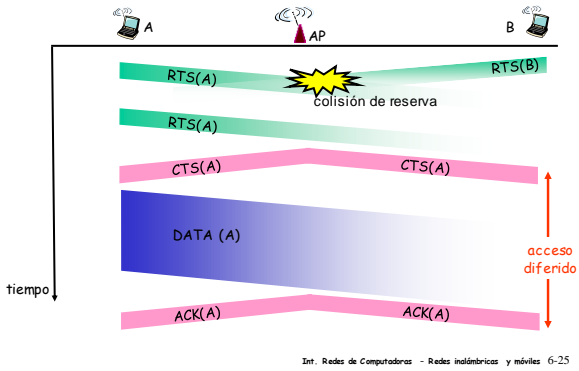
Evitando colisiones (más)

- idea:* permitir al emisor "reservar" el canal en lugar del envío randómico de tramas de datos: evita colisiones para tramas de datos largas
- el emisor primero transmite una pequeña trama *Request-To-Send (RTS)* hacia la BS, utilizando CSMA
 - las RTSs podrían colisionar con otras (pero son cortas)
 - la BS hace *broadcast* de una trama *Clear-To-Send (CTS)* en respuesta al RTS
 - el CTS es escuchado por todas las estaciones
 - el emisor transmite la trama de datos
 - las otras estaciones difieren sus transmisiones

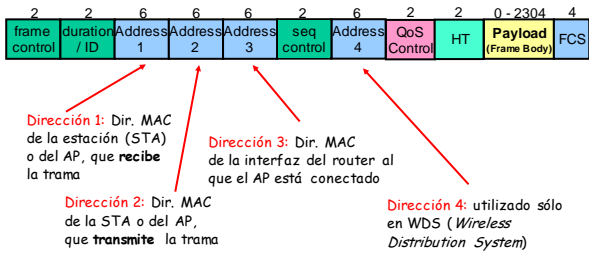
Evitar que las tramas de datos colisionen completamente, utilizando pequeñas tramas de reserva.
Opcional su uso, no su respeto

Int. Redes de Computadoras - Redes inalámbricas y móviles 6-24

Evitado de colisión: intercambio RTS-CTS



Trama 802.11: direccionamiento



Contenido de los campos Direcciones

Cuatro campos de direcciones para indicar: BSSID, SA, DA, TA, RA

To DS	From DS	Address 1	Address 2	Address 3	Address 4
0	0	RA = DA	TA = SA	BSSID	N/A
0	1	RA = DA	TA = BSSID	SA	N/A
1	0	RA = BSSID	TA = SA	DA	N/A
1	1	RA	TA	DA	SA

Int. Redes de Computadoras - Redes inalámbricas y móviles 6-27

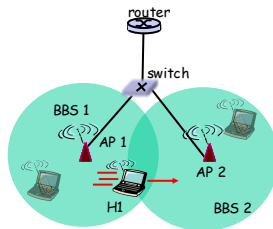
Tipos de tramas

Type value b3 b2	Type description	Subtype value b7 b6 b5 b4	Subtype description
10	Data	0000	Data
10	Data	0001	Data + CF-Ack
10	Data	0010	Data + CF-Poll
10	Data	0011	Data + CF-Ack + CF-Poll
10	Data	0100	Null (no data)
10	Data	0101	CF-Ack (no data)
10	Data	0110	CF-Poll (no data)
10	Data	0111	CF-Ack + CF-Poll (no data)
10	Data	1000	QoS Data
10	Data	1001	QoS Data + CF-Ack
10	Data	1010	QoS Data + CF-Poll
10	Data	1011	QoS Data + CF-Ack + CF-Poll
10	Data	1100	QoS Null (no data)
10	Data	1101	Reserved
10	Data	1110	QoS CF-Poll (no data)
10	Data	1111	QoS CF-Ack + CF-Poll (no data)
11	Reserved	0000-1111	Reserved

Int. Redes de Computadoras - Redes inalámbricas y móviles 6-31

802.11: movilidad en la misma subred

- H1 permanece en la misma subred IP: la dirección IP puede ser la misma
- *switch*: ¿Qué AP está asociado con H1?
 - *self-learning* (Ch. 5): el *switch* observa la trama de H1 y "recuerda" qué puerto del *switch* puede ser utilizado para alcanzar a H1



Int. Redes de Computadoras - Redes inalámbricas y móviles 6-32

802.11: capacidades avanzadas

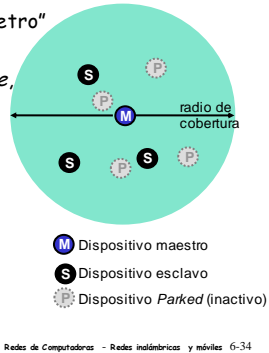
Gestión de Energía

- desde la STA al AP: "Me voy a dormir hasta dentro de x tramas *Beacon*"
 - el AP sabe que no debe transmitir tramas para esa STA
 - la STA se despierta antes del próximo *Beacon* "acordado"
- trama *Beacon*: contiene la lista de las estaciones que tienen tramas almacenadas en el AP, a la espera de ser enviadas
 - Si una STA tiene tramas almacenadas, no se puede ir a dormir otra vez, en caso contrario, sí
- Proceso de recuperación de las tramas
 - Trama PS-Poll (Power Save)

Int. Redes de Computadoras - Redes inalámbricas y móviles 6-33

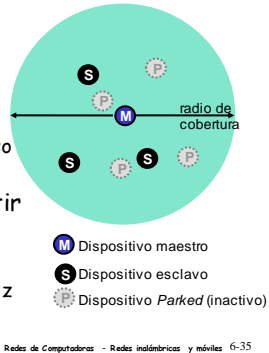
IEEE 802.15: Redes de Área Personal (PAN)

- alrededor de 10 m de "diámetro"
- WPAN
- sustitución de cables (*mouse*, teclado, *headphones*)
- *ad hoc*: no infraestructura
- sin colisiones
- TDM y TDD
 - Time Slots de 625 μ s
 - 79 canales de 1MHz
 - Efecto Full-duplex
 - Patrón de salto de frecuencia
 - Sincronismo en tiempo y en frecuencia

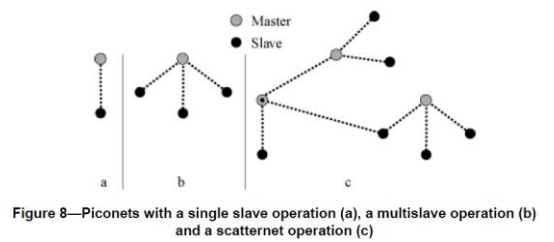


IEEE 802.15: Redes de Área Personal (PAN)

- Arquitectura
 - Piconet
 - Scatternet
- maestro/esclavo:
 - El maestro coordina el uso del medio
- 802.15: generado a partir de la Especificación Bluetooth™
 - espectro 2,4 -2.483,5GHz
 - hasta 721 kbps



IEEE 802.15: Redes de Área Personal (PAN)



IEEE 802.15: Redes de Área Personal (PAN)

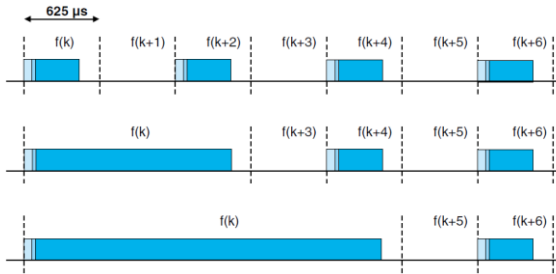


Figure 25—Single- and multislot packets

Int. Redes de Computadoras - Redes inalámbricas y móviles 6-37

IEEE 802.15: Redes de Área Personal (PAN)

- 802.15.1-2005: WPANs
- 802.15.2-2003: Coexistencia con otros dispositivos wireless operando en bandas no licenciadas
- 802.15.3-2003: High Rate
- 802.15.4-2006: Low Rate
- 802.15.5-2009: Mesh en WPANs

Int. Redes de Computadoras - Redes inalámbricas y móviles 6-38
