

Capítulo 7

Redes inalámbricas y móviles

(La movilidad queda para otro curso)

*Esta presentación está basada en el material complementario al texto:
7° Edición: Computer Networking: A Top Down Approach
Jim Kurose & Keith Ross*

Capítulo 7: Redes Inalámbricas y Móviles

Antecedentes previos:

- ❑ # subscriptores de teléfonos inalámbricos (móviles) ahora supera # subscriptores de teléfonos cableados (5 a 1)!
- ❑ # de dispositivos inalámbricos conectados a Internet iguala al # de dispositivos cableados conectados a Internet.
 - laptops, teléfonos con acceso a Internet
- ❑ Dos desafíos importantes (pero diferentes)
 - **Inalámbrico**: Comunicaciones sobre enlaces inalámbricos
 - **Movilidad**: Manejo de usuarios que cambian su punto de entrada a la red

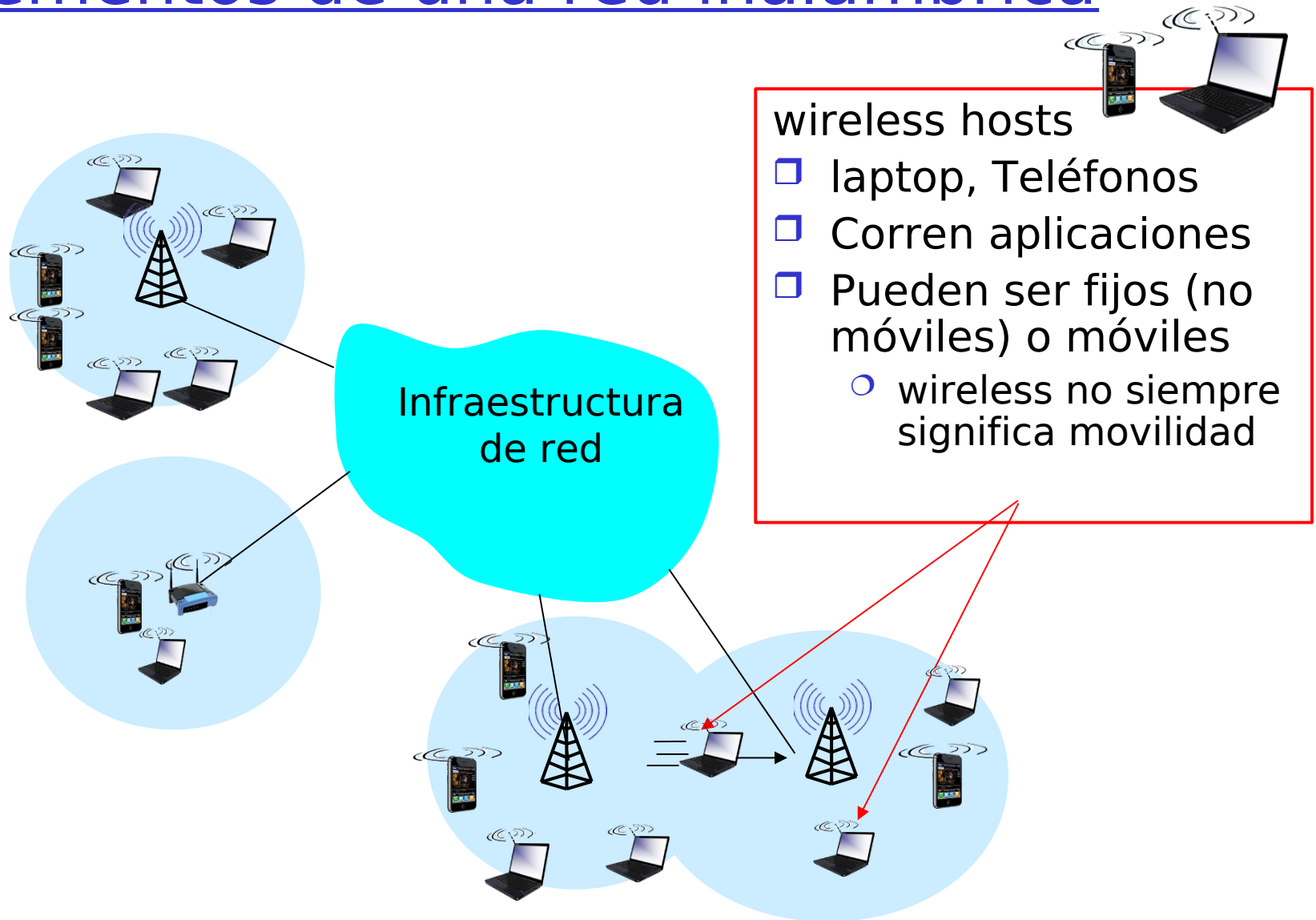
Capítulo 7: Contenidos

7.1 Introducción

Wireless

- ❑ 7.2 Enlaces Wireless, características
- ❑ 7.3 IEEE 802.11 wireless LANs (“wi-fi”)
- ❑ Otros tópicos quedan fuera de este curso

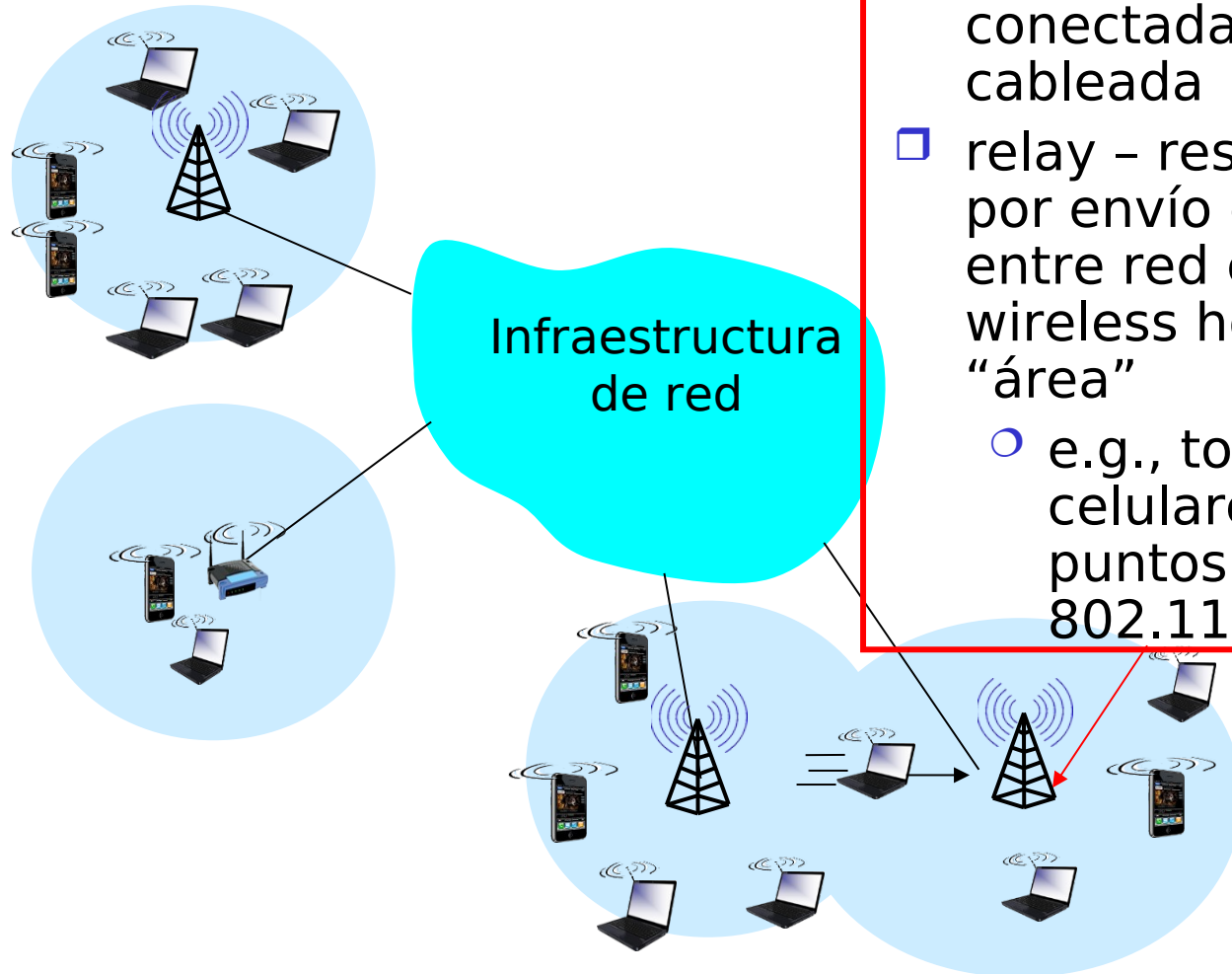
Elementos de una red inalámbrica



wireless hosts

- ❑ laptop, Teléfonos
- ❑ Corren aplicaciones
- ❑ Pueden ser fijos (no móviles) o móviles
 - wireless no siempre significa movilidad

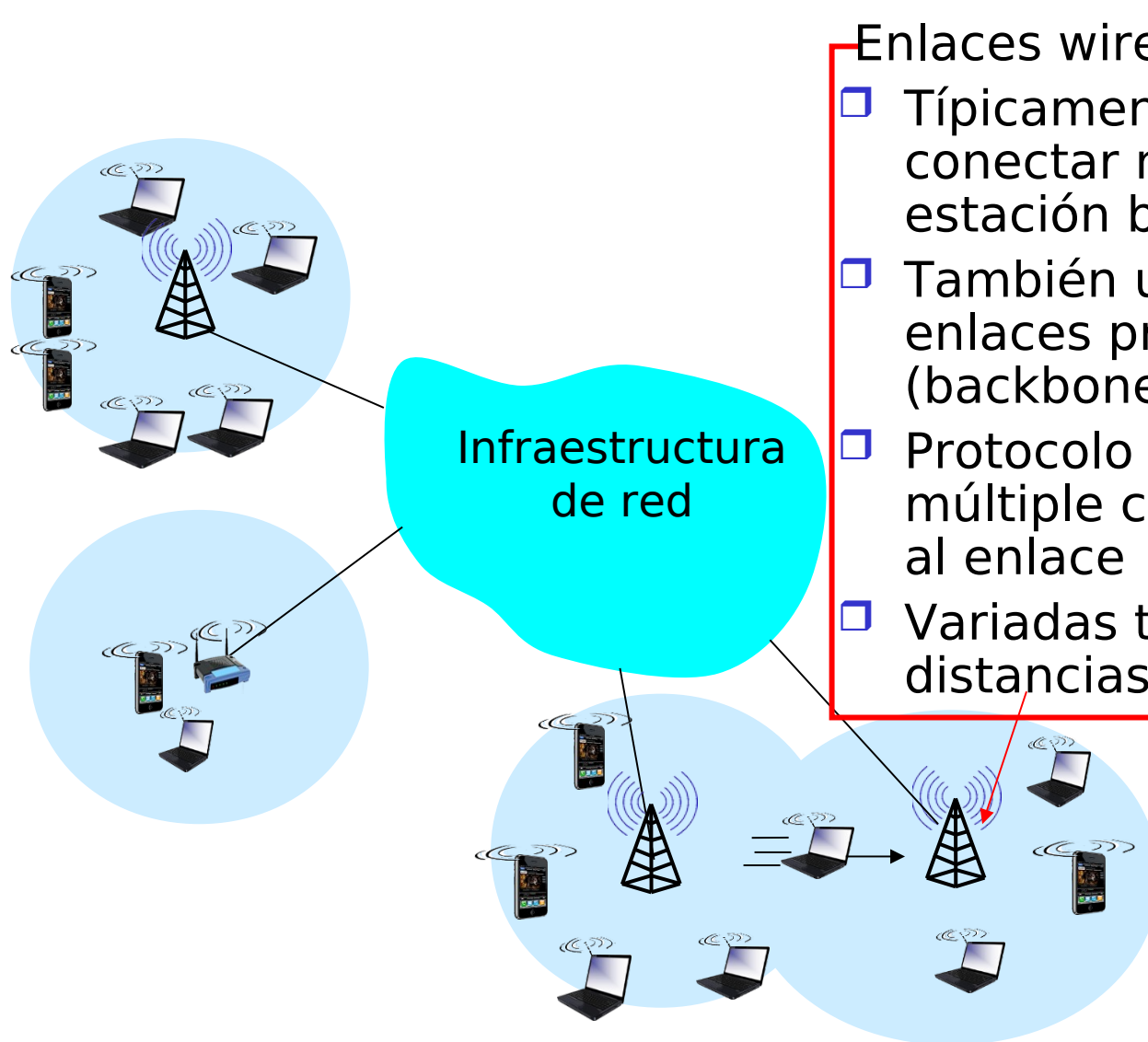
Elementos de una red inalámbrica



Estación base

- Típicamente conectada a red cableada
- relay - responsables por envío de paquetes entre red cableada y wireless host(s) en su "área"
 - e.g., torres celulares, (APs) puntos de acceso 802.11

Elementos de una red inalámbrica



Enlaces wireless 

- Típicamente usados para conectar móvil(es) a estación base
- También usados como enlaces principales (backbone)
- Protocolo de acceso múltiple coordina acceso al enlace
- Varias tasas y distancias de transmisión

Características de estándares de enlaces inalámbricos (6° Edición 2013)

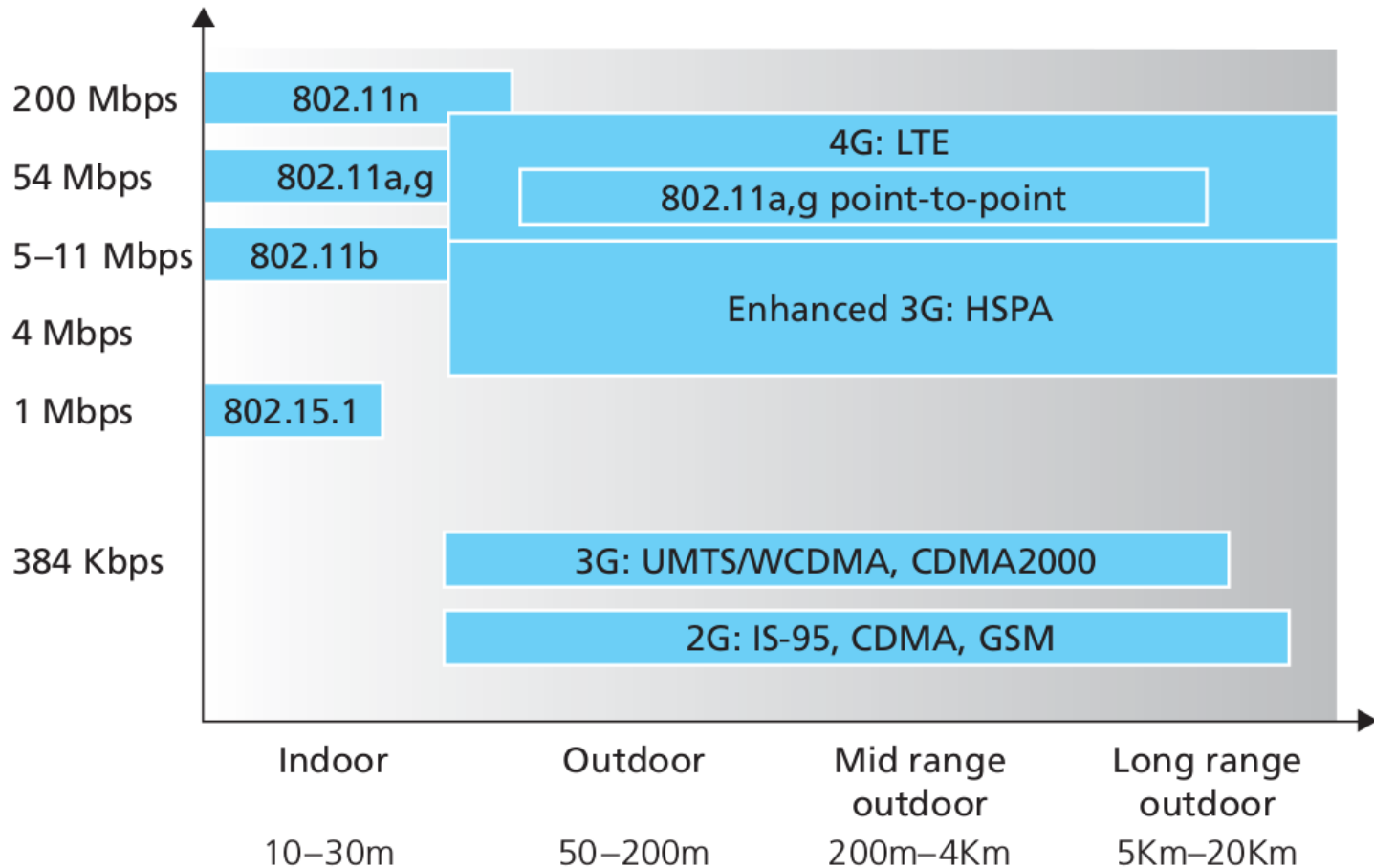
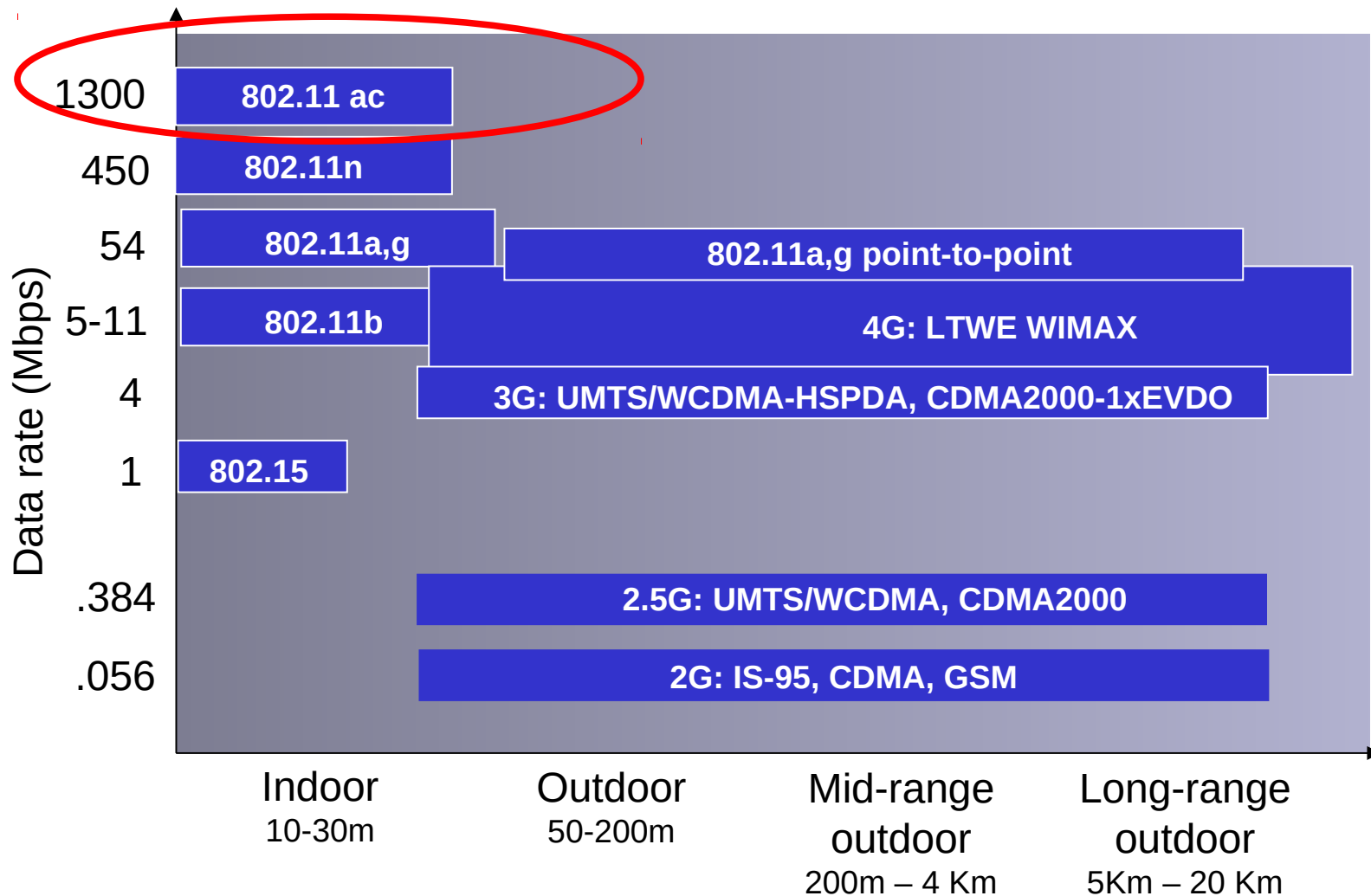
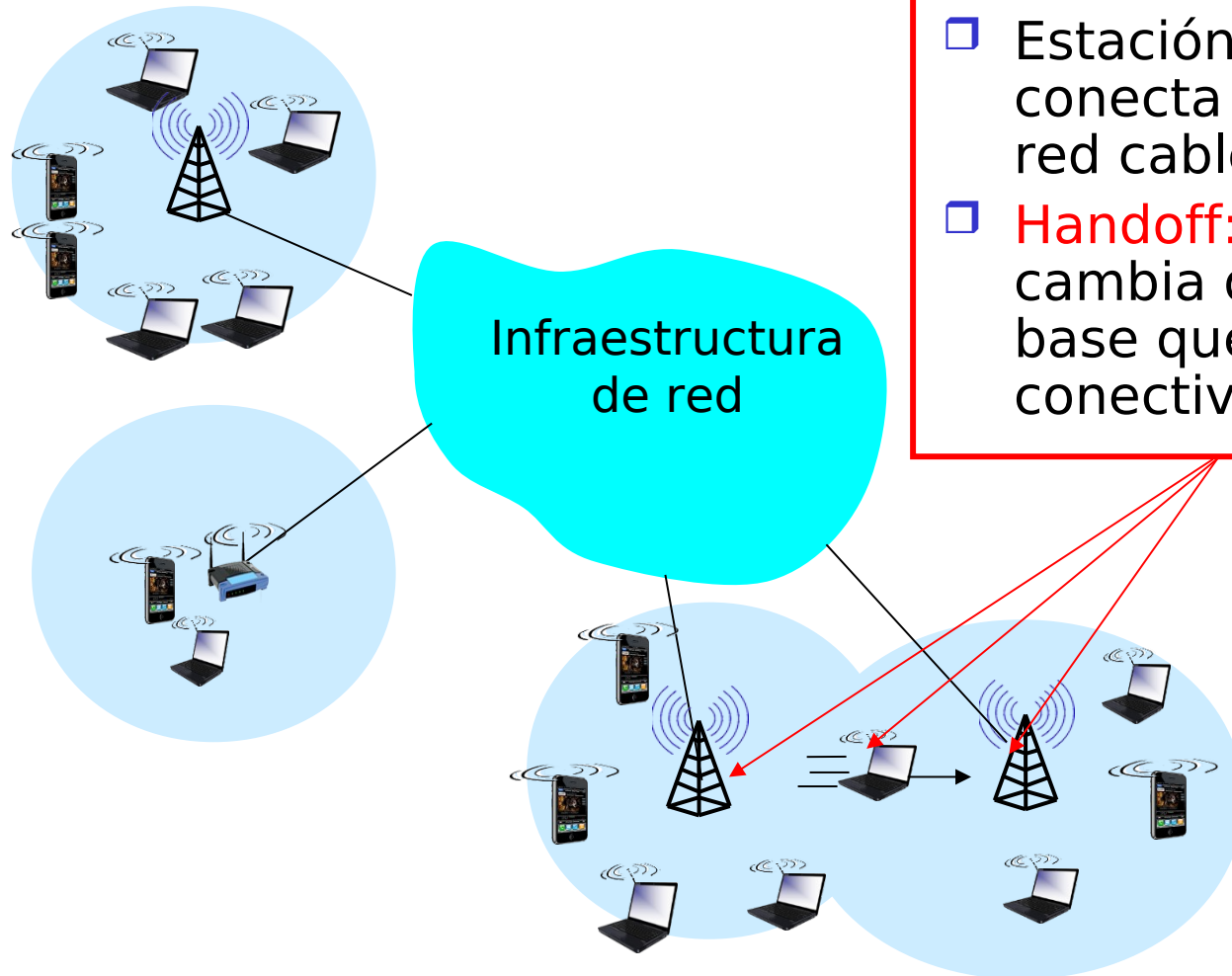


Figure 6.2 ♦ Link characteristics of selected wireless network standards

Características de estándares de enlaces inalámbricos (7° Edición 2016)



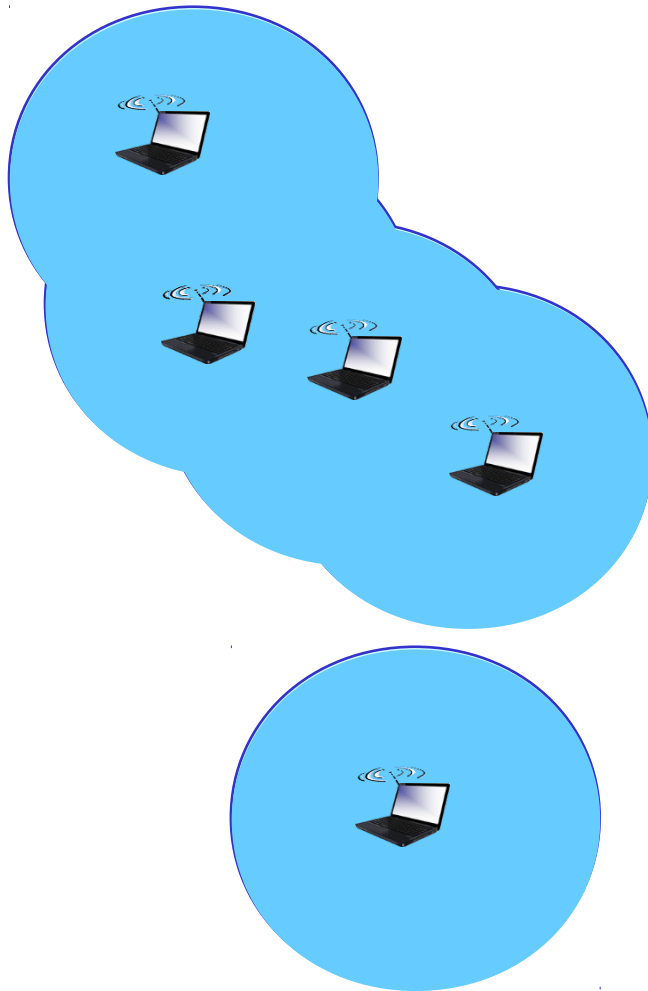
Elementos de una red inalámbrica



Modo infraestructura

- ❑ Estación base conecta móviles a la red cableada
- ❑ **Handoff:** móvil cambia de estación base que provee conectividad

Elementos de una red inalámbrica



Modo Ad hoc

- ❑ no hay estación base
- ❑ Nodos solo pueden transmitir a otros dentro de su cobertura
- ❑ nodos se organizan en red entre ellos, proveen servicios de ruteo.

Taxonomía de redes inalámbricas

	single hop	multiple hops
infraestructura (e.g., APs)	host conectados a estación base (WiFi, WiMAX, celular) la cual los conecta a Internet	host podrían pasar a través de varios nodos inalámbricos para conectarse a Internet: <i>mesh net</i>
Sin infraestructura	No hay estación base no hay conexión a Internet (Bluetooth, ad hoc nets)	No hay estación base, no hay conexión a Internet. Podrían pasar por varios nodos para llegar a un nodo inalámbrico dado MANET, VANET

Capítulo 7: Contenidos

7.1 Introducción

Wireless

- ❑ 7.2 Enlaces Wireless, características
- ❑ 7.3 IEEE 802.11 wireless LANs (“wi-fi”)
- ❑ Otros tópicos quedan fuera de este curso

Características de los enlaces inalámbricos (1)

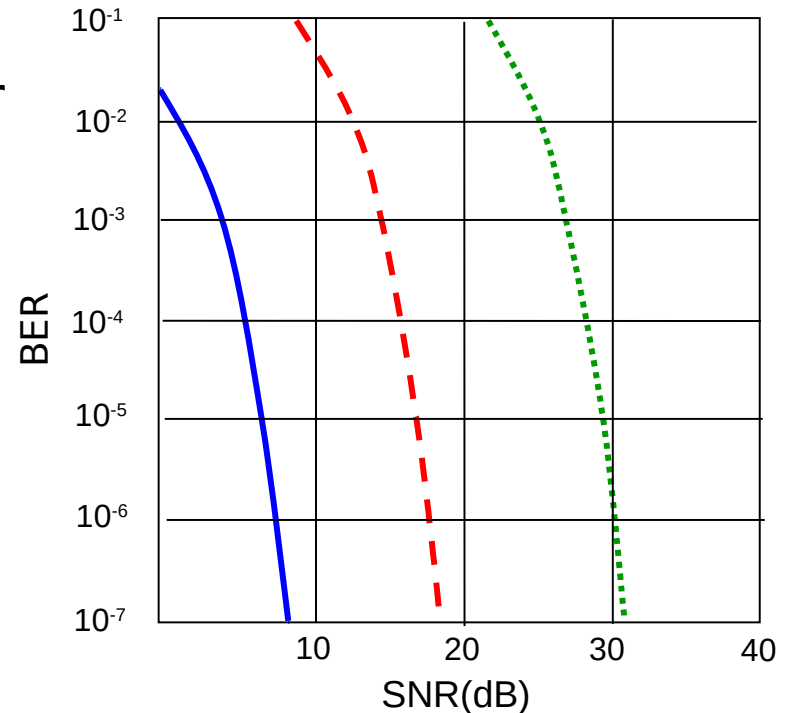
Diferencias con enlaces cableados

- **Potencia de la señal reducida:** señales de radio se atenúan al propagarse (pérdidas de enlace)
- **interferencia de otras fuentes:** frecuencias estándares de redes wireless (e.g., 2.4 GHz) compartidas con otros dispositivos (e.g., teléfonos); otros como motores.
- **Propagación multitrayectoria:** señal de radio se refleja en objetos y tierra, llega a destino con diferencias de tiempo

... Hacen las comunicaciones vía enlaces inalámbricos (incluso punto a punto) mucho más difíciles.

Características de enlaces inalámbricos (2)

- SNR: signal-to-noise ratio
 - gran SNR – facilita extraer señal del ruido (“algo bueno”)
- *Compromiso SNR versus BER (bit error rate)*
 - *Dado una capa física:* subir potencia → aumenta SNR → reduce BER
 - *Dado SNR:* elegir capa física que cumpla requerimiento BER, generando mayor throughput
 - SNR puede cambiar con movilidad → se debe adaptar la capa física dinámicamente. (técnica de modulación, tasa)



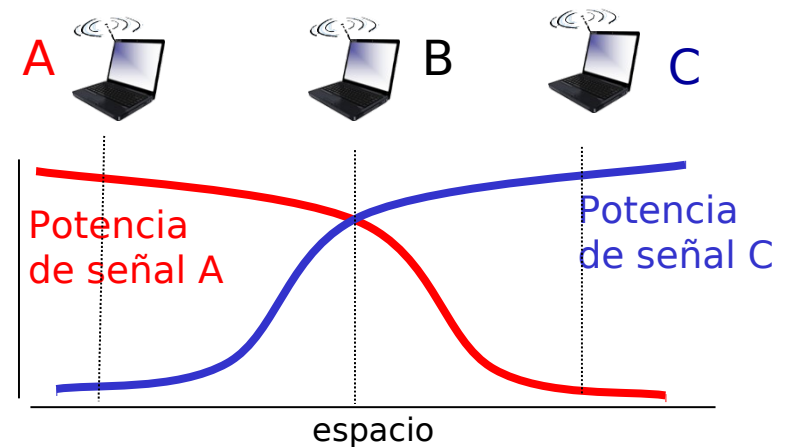
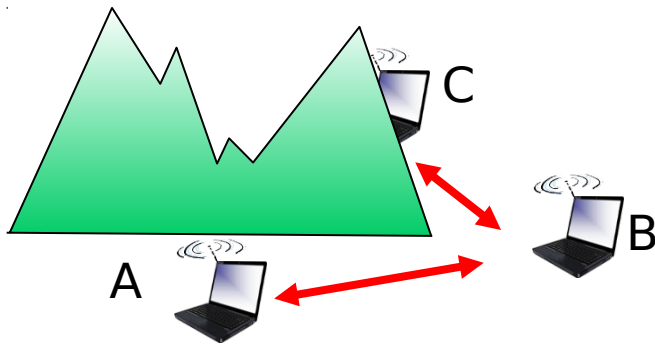
..... QAM256 (8 Mbps)

- - - QAM16 (4 Mbps)

— BPSK (1 Mbps)

Características de las redes Inalámbricas

Transmisores y receptores inalámbricos múltiples crean problemas adicionales (además de acceso múltiple):



Problema del terminal oculto

- B, A se escuchan
- B, C se escuchan
- A, C no se escuchan, A, C no saben de su interferencia en B

Decaimiento de señal:

- B, A se escuchan
- B, C se escuchan
- A, C no se escuchan e interfieren en B

Capítulo 7: Contenidos

7.1 Introducción

Wireless

- ❑ 7.2 Enlaces Wireless, características
- ❑ 7.3 IEEE 802.11 wireless LANs (“wi-fi”)
- ❑ Otros tópicos quedan fuera de este curso

IEEE 802.11 Wireless LAN

❑ 802.11b

- 2.4-2.5 GHz espectro de radio “no licenciado”
- hasta 11 Mbps
- Direct sequence spread spectrum (DSSS) en capa física
 - Todos los hosts usan el mismo código de chip

❑ 802.11a

- Rango 5-6 GHz
- hasta 54 Mbps

❑ 802.11g

- Rango 2.4-2.5 GHz
- hasta 54 Mbps

❑ 802.11n

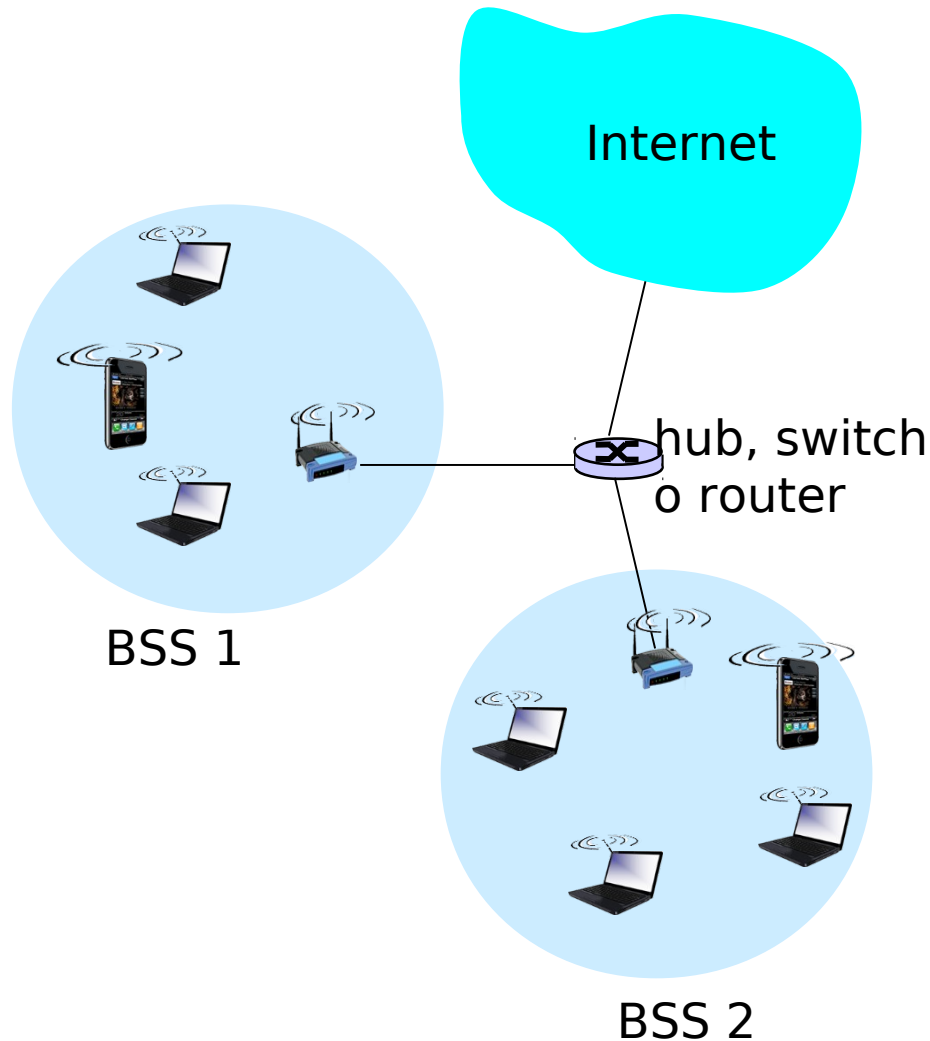
- Antenas múltiples
- Rango 2.4-2.5 GHz
- Hasta ~400 Mbps

❑ 802.11 ac

- Antenas múltiples
- Rango 5 GHz
- Hasta 1.3 Gbps

- ❑ Todos usan CSMA/CA para acceso múltiple
- ❑ Todos tienen versiones con estación base y ad-hoc

802.11 Arquitectura LAN



- ❑ Hosts inalámbricos se comunican con estación base
 - Estación base= access point (AP)
- ❑ Basic Service Set (BSS) (aka "cell") en modo infraestructura contiene:
 - Hosts inalámbricos
 - access point (AP): Estación base
- ❑ Modo ad hoc: solo hosts

aka: **also known as**

802.11: Canales, asociación

- 802.11b: 2.4GHz-2.485GHz espectro dividido en 11 canales de frecuencias diferentes
 - Administrador de AP elige frecuencia (canal).
 - Posible interferencia: canal puede ser el mismo que el de AP vecino!

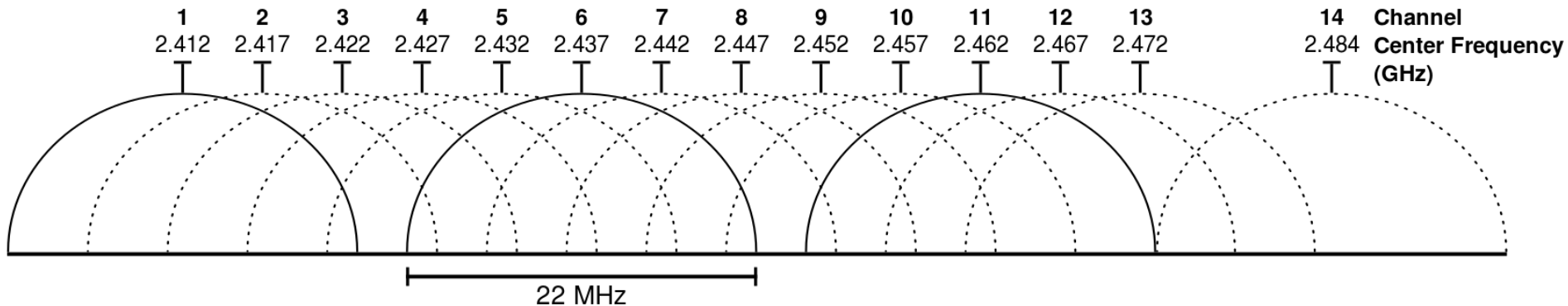


Image by Michael Gauthier, Wireless Networking in the Developing World

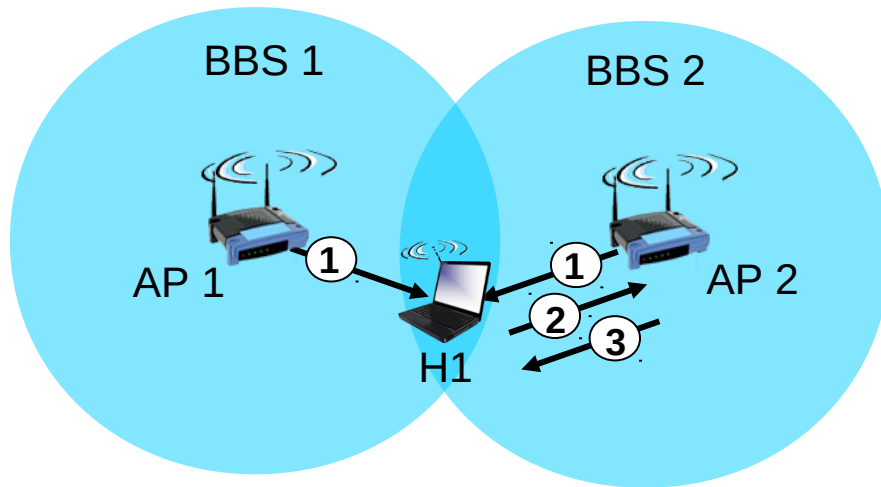
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:2.4_GHz_Wi-Fi_channels_\(802.11b,g_WLAN\).png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:2.4_GHz_Wi-Fi_channels_(802.11b,g_WLAN).png)

802.11: Canales, asociación

- ❑ host: deben *asociarse* con AP
 - Rastrea canales, escuchando por *trama beacon* (trama faro) que contiene el nombre del AP (SSID) y dirección MAC
 - selecciona AP a cual asociarse
 - Puede efectuar autenticación [Capítulo 8]
 - Típicamente corre DHCP para obtener IP en la subred del AP

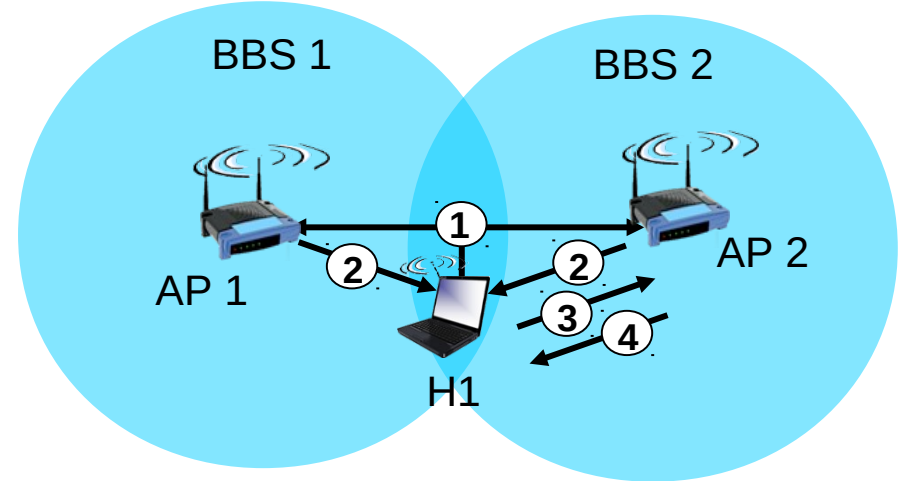
SSID: Service Set IDentification

802.11: Exploración pasiva/activa



Exploración pasiva:

- (1) Trama beacon enviada por APs
- (2) Trama association Request enviada: H1 al AP elegido
- (3) Trama association Response enviada desde AP a H1



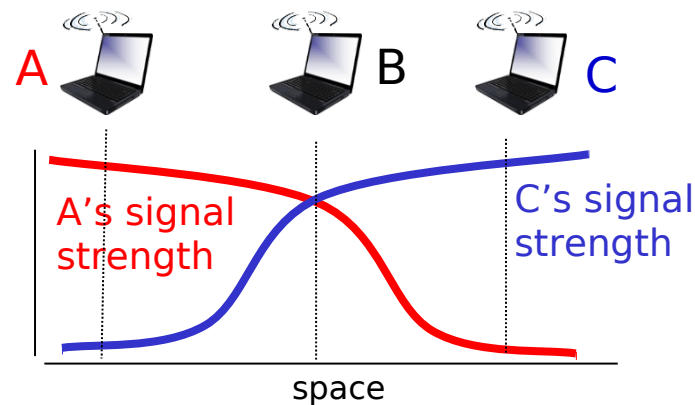
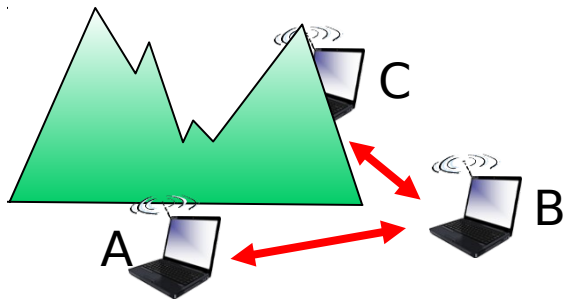
Exploración Activa:

- (1) Trama Probe Request difundida desde H1
- (2) Tramas Probe Response enviadas desde APs
- (3) Trama Association Request enviada: H1 a AP elegido
- (4) Trama Association Response enviada desde AP a H1

Móvil es pasivo o activo

IEEE 802.11: acceso múltiple

- ❑ Abolir colisiones: 2 o más nodos transmitiendo al mismo tiempo
- ❑ 802.11: CSMA - sensor antes de transmitir
 - Evita colisión con transmisión en curso de otros nodos
- ❑ 802.11: *no* usa detección de colisión!
 - Difícil para receptor (senear colisión) cuando está transmitiendo debido a pequeña señal recibida (desvanecimiento)
 - No puede senear todas la colisiones por: terminal oculto, desvanecimiento
 - meta: *abolir colisiones*: CSMA/C(ollision)A(voidance)



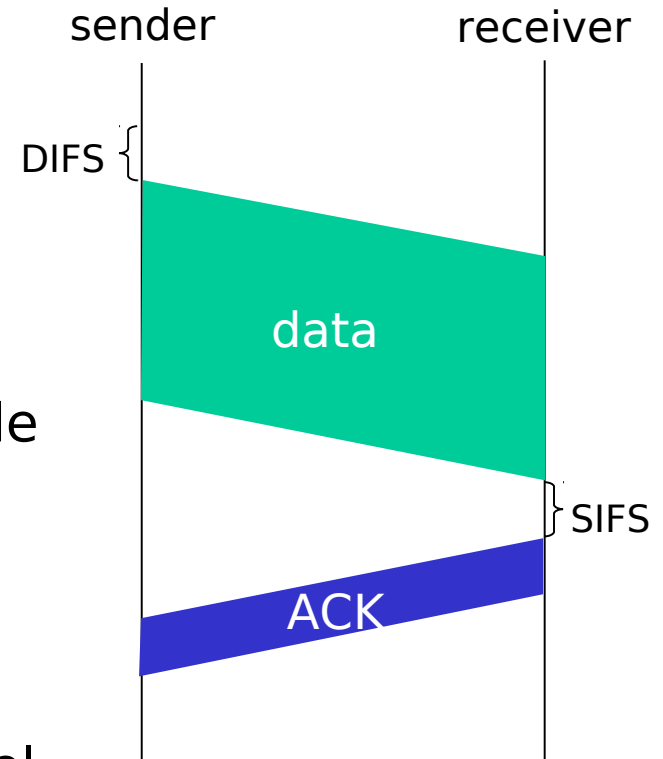
IEEE 802.11 Protocolo MAC: CSMA/CA

802.11 Tx

- 1 si sensa canal libre por **DIFS** entonces transmite trama entera (no CD)
- 2 si sensa canal ocupado entonces
 - Inicia tiempo de backoff aleatorio
 - Timer se decrementa mientras canal está libre
 - Transmite cuando el timer expira
 - Si no hay ACK, incrementa intervalo de backoff aleatorio, repite 2

802.11 Rx

- si trama recibida es OK retorna ACK después de **SIFS** (ACK necesario debido además a problema del terminal oculto)



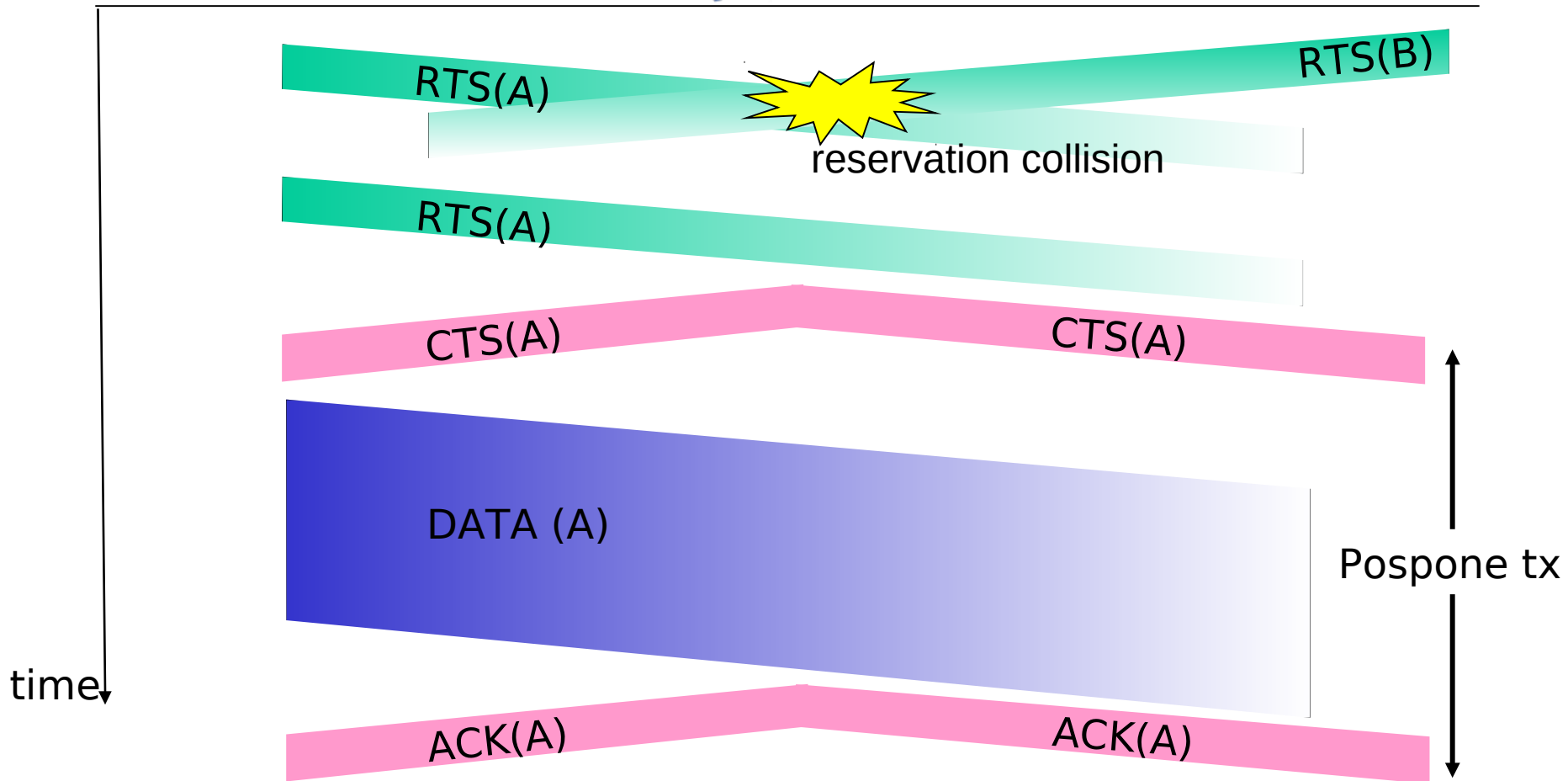
Abolición de colisiones (cont.)

idea: permitir a Tx “reservar” el canal en lugar de usar acceso aleatorio de tramas: abolir colisiones de largas tramas de datos.

- ❑ Tx primero transmite request-to-send (RTS) *pequeño* a BS (AP) usando CSMA
 - RTSs pueden colisionar entre sí (pero son cortos)
- ❑ BS difunde un clear-to-send CTS en respuesta a RTS
- ❑ CTS es escuchado por todos los nodos
 - Tx transmite su trama
 - Otras estaciones posponen su transmisión

Permite abolir colisiones de tramas de datos completamente usando paquetes de reserva pequeños!

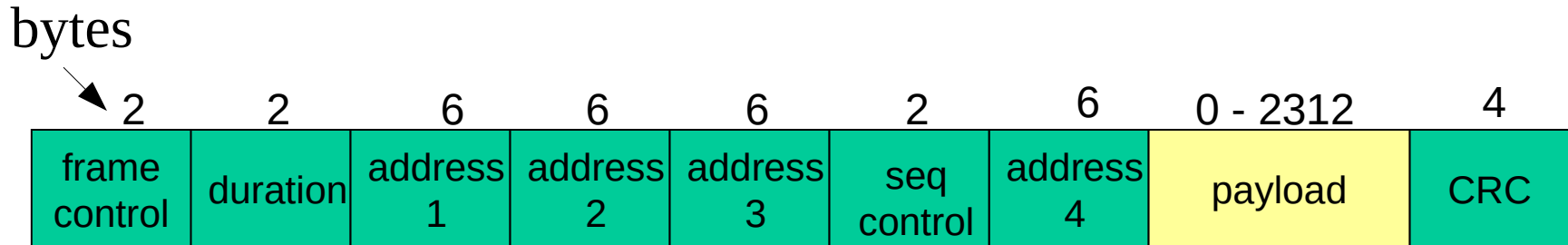
Abolición de Colisiones: RTS-CTS



- ¿Qué mecanismo propone Wifi para resolver el problema de terminal oculto?

- Wifi usa mensajes RTS (request to send) y CTS (clear to send) para reservar el canal y así permitir que a través de los CTS los terminales ocultos se enteren del uso del canal por parte de otro terminal. Además estos mensajes señalan el tiempo que el canal es reservado.
- Lo veremos con detención más adelante.

Trama 802.11: direccionamiento



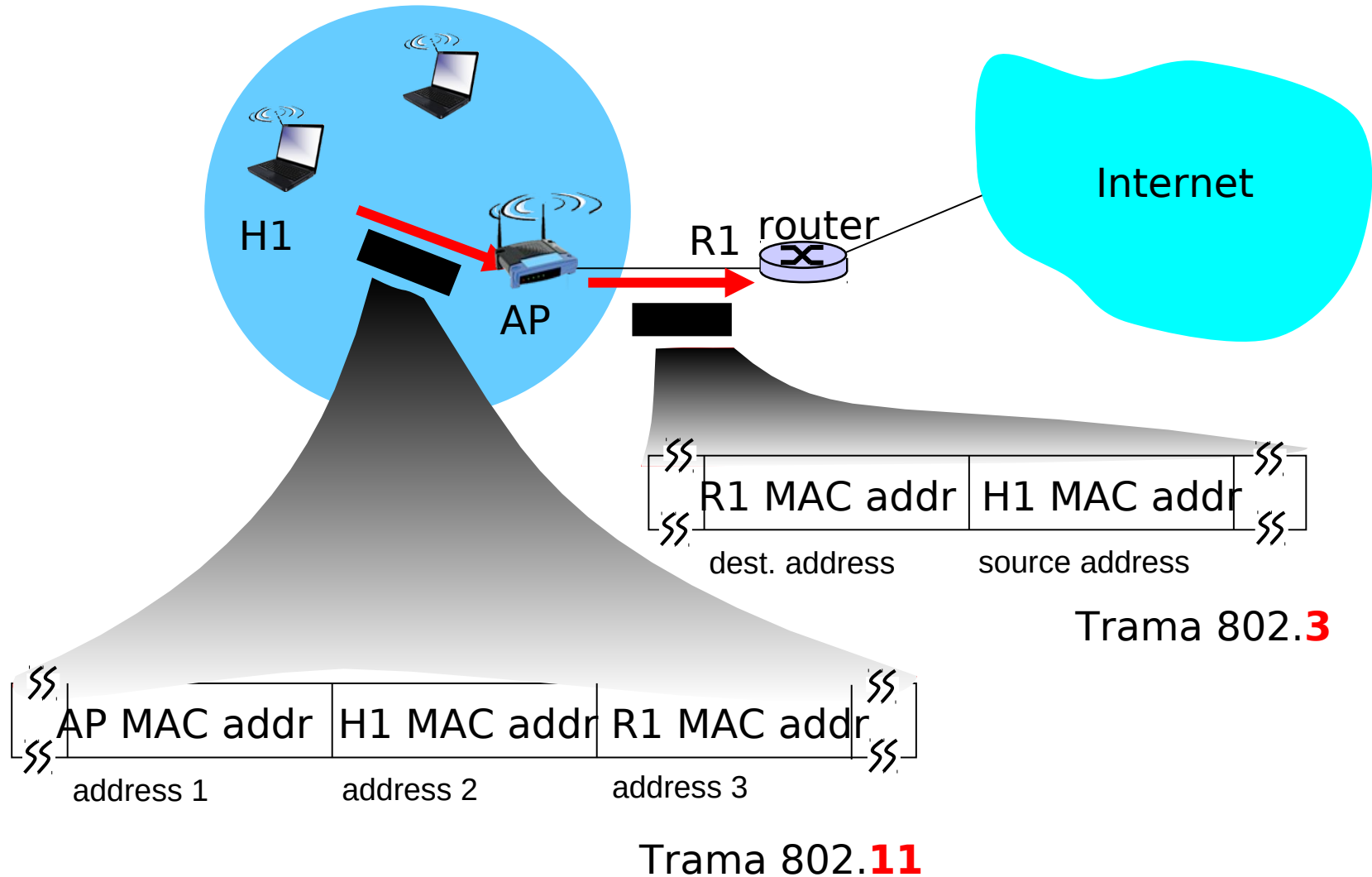
Address 1: dir. MAC del receptor de trama (host wireless o AP)

Address 2: dir. MAC del transmisor de trama (host wireless o AP)

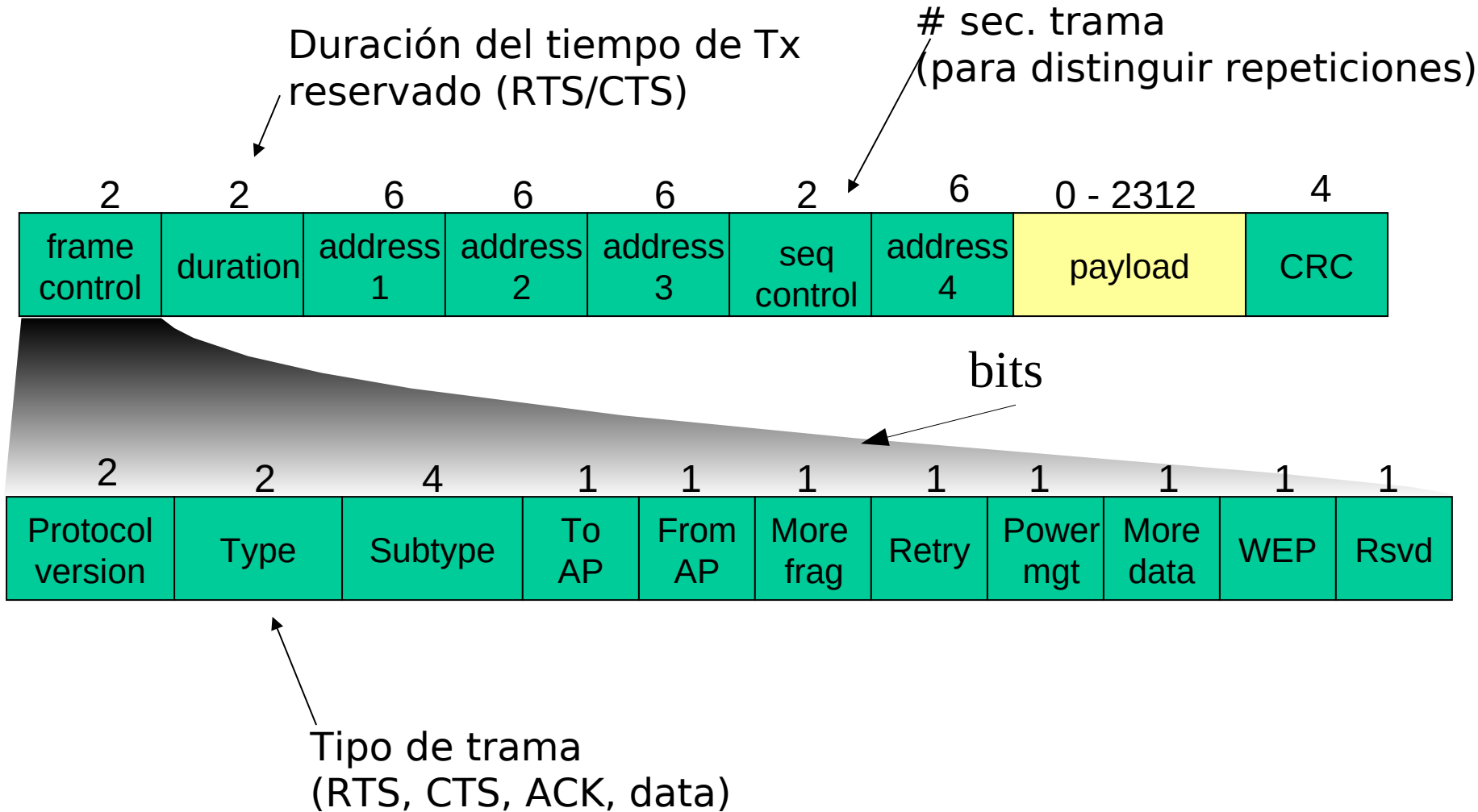
Address 3: dir. MAC De interfaz del router al cual el AP está conectado ¿Qué valor lleva este campo cuando se comunican dos hosts wireless?

Address 4: usada sólo en modo ad hoc

Trama 802.11: direccionamiento

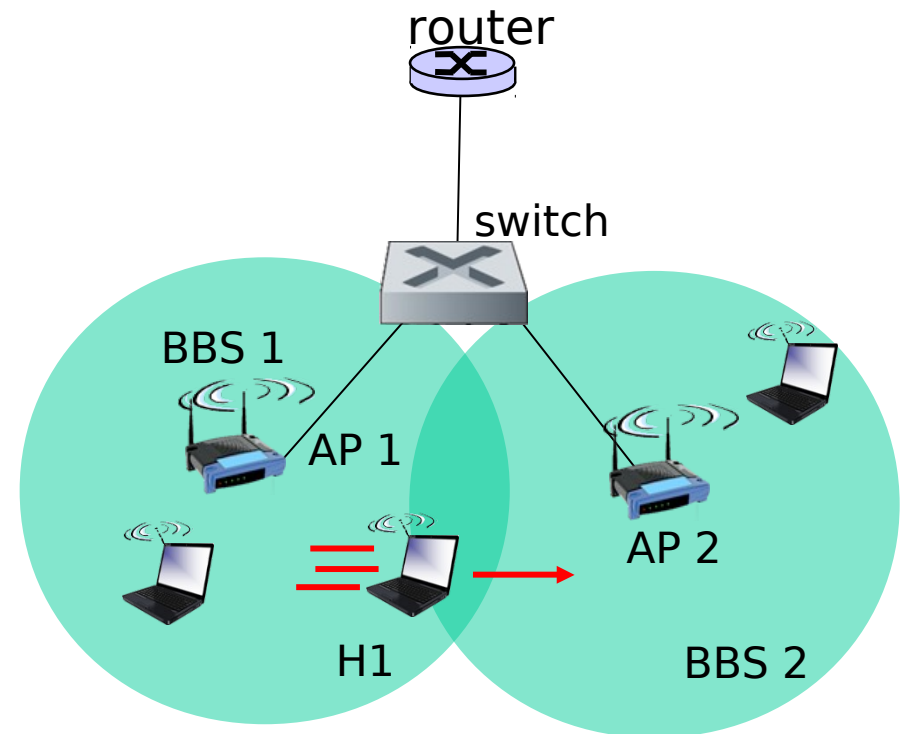


Trama 802.11: cont.



802.11: movilidad dentro de la misma subred

- ❑ H1 permanece en la misma subred IP: dir IP se mantiene igual
- ❑ switch: qué AP está asociado con H1?
 - Auto-aprendizaje (Ch. 6): switch verá tramas de H1 y recuerda qué puerta del switch es usada para llegar a H1
- ❑ Cuando H1 se asocia a AP2, el switch aprende nueva ubicación de H1



Capítulo 7: Contenidos

7.1 Introducción

Wireless

- ❑ 7.2 Enlaces Wireless, características
- ❑ 7.3 IEEE 802.11 wireless LANs (“wi-fi”)
- ❑ Otros tópicos quedan fuera de este curso