

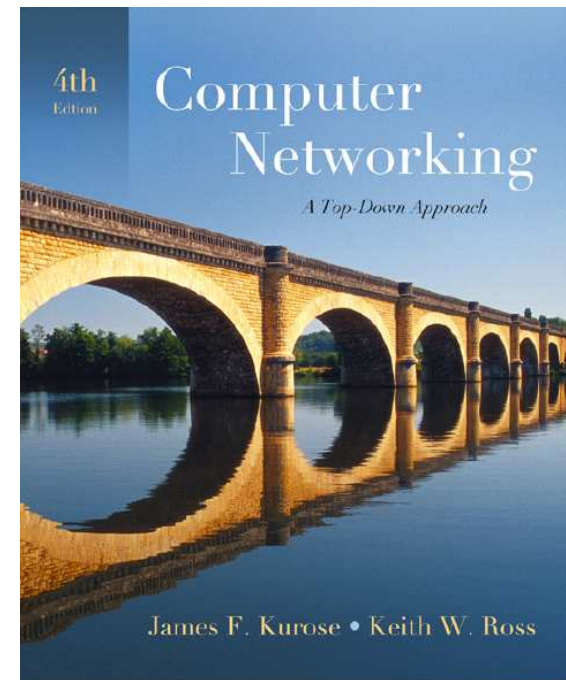
Introducción a las Redes de Computadoras

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 1996-2007
J.F Kurose and K.W. Ross, All Rights Reserved



*Computer Networking:
A Top Down Approach
4th edition.*

Jim Kurose, Keith Ross
Addison-Wesley, July
2007.

Capítulo 6: Redes Inalámbricas y Móviles

Background:

- ❑ El número de servicios telefónicos celulares (móviles) excede al número de servicios telefónicos fijos
 - 4.000 millones frente a 1.200 millones
- ❑ Redes de computadoras: *laptops, palmtops, PDAs, Internet-enabled phones* prometen acceso a Internet todo el tiempo y en todo lugar
- ❑ dos importantes (pero diferentes) conceptos
 - *inalámbrica*: comunicación sobre enlace inalámbrico
 - *movilidad*: el usuario móvil cambia el punto de conexión a la red

Capítulo 6 Agenda

□ 6.1 Introducción

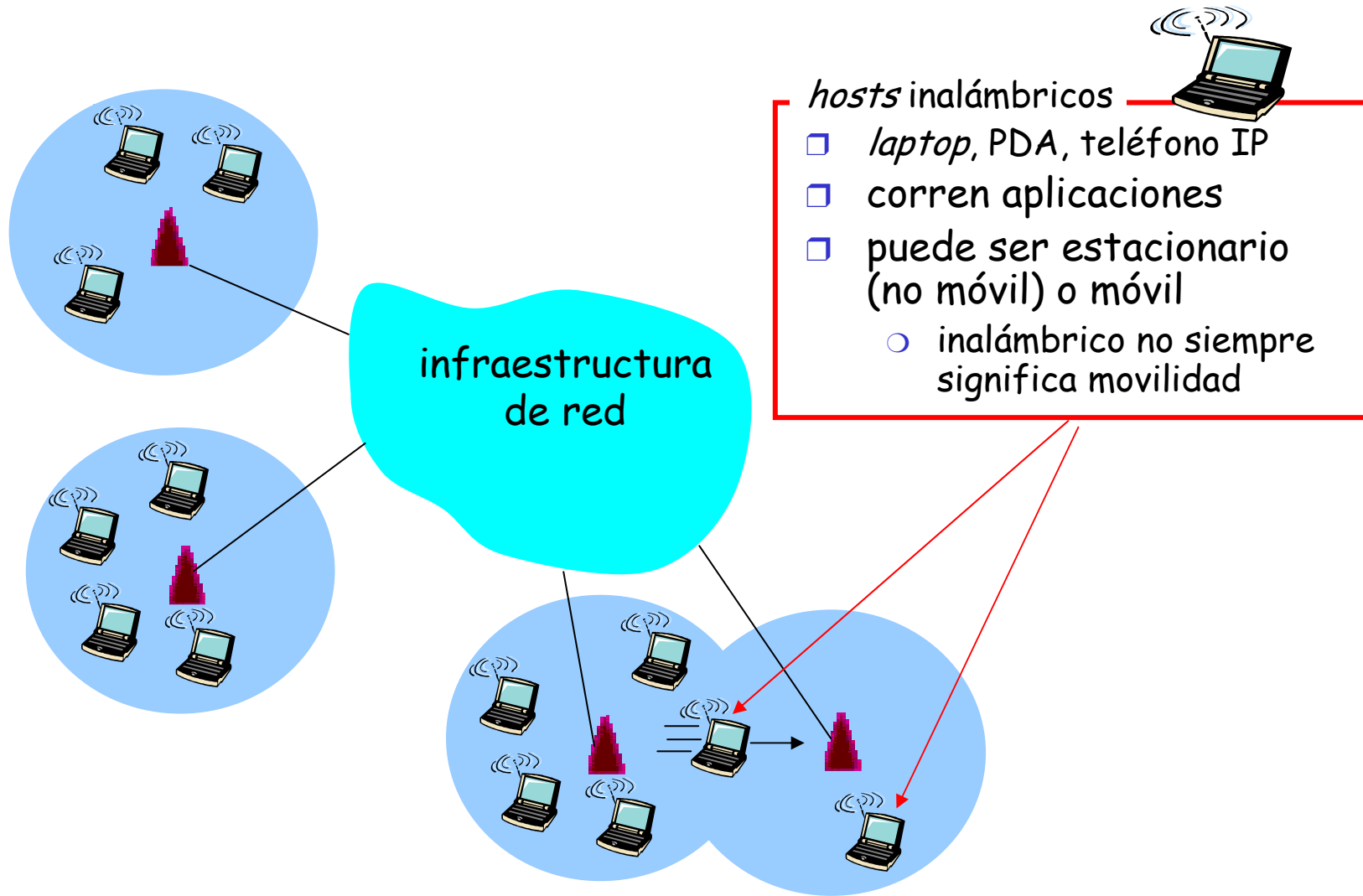
Inalámbrico

- 6.2 enlaces inalámbricos, características
- 6.3 redes LAN inalámbricas IEEE 802.11 ("Wi-Fi"®) y algo más
- 6.4 acceso celular a Internet
 - arquitectura
 - *standards*

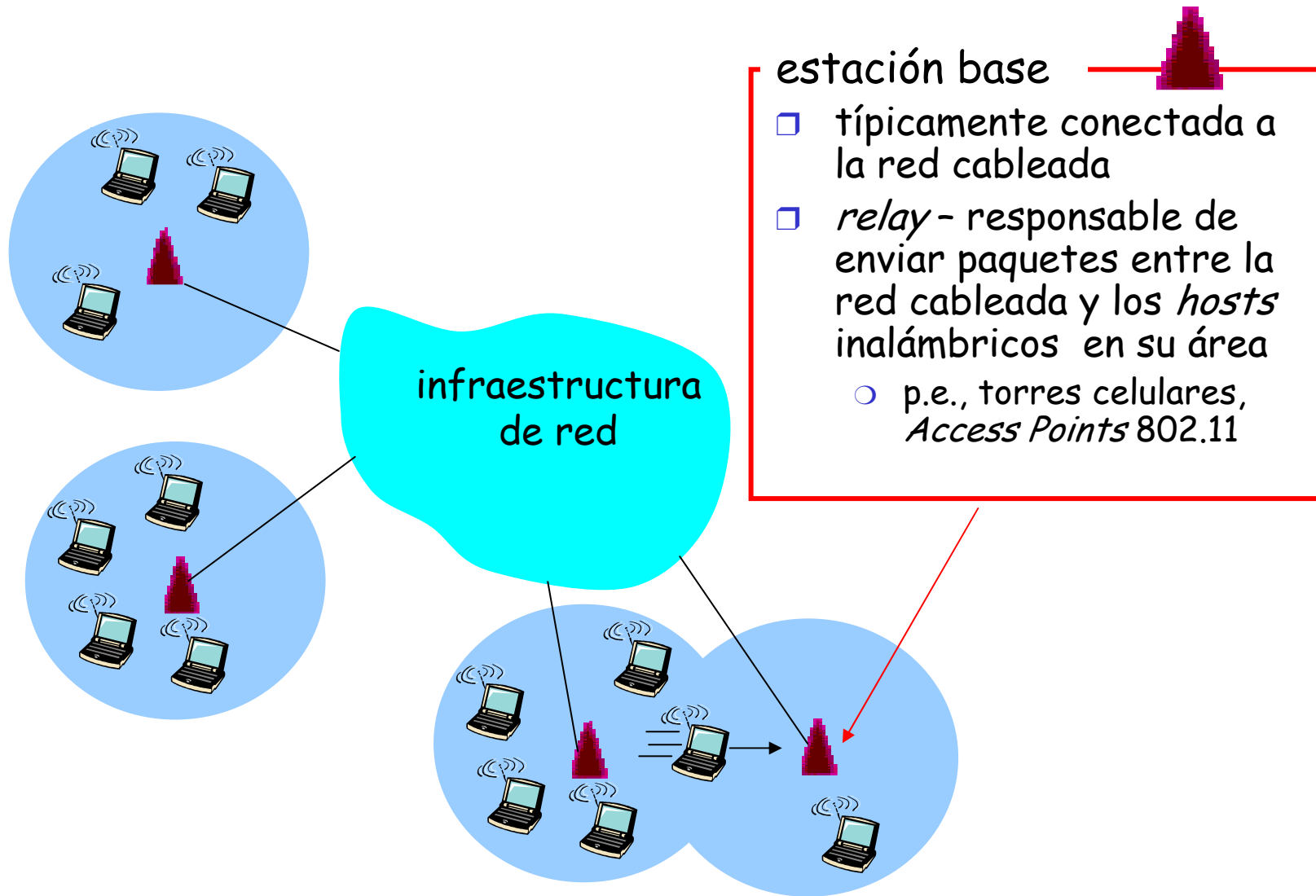
Movilidad

- 6.5 Principes: direccionamiento y *routing* para los usuarios móviles
- 6.6 IP Móvil
- 6.7 Manejando la movilidad en redes celulares
- 6.8 Movilidad y protocolos de capas superiores
- 6.9 Resumen

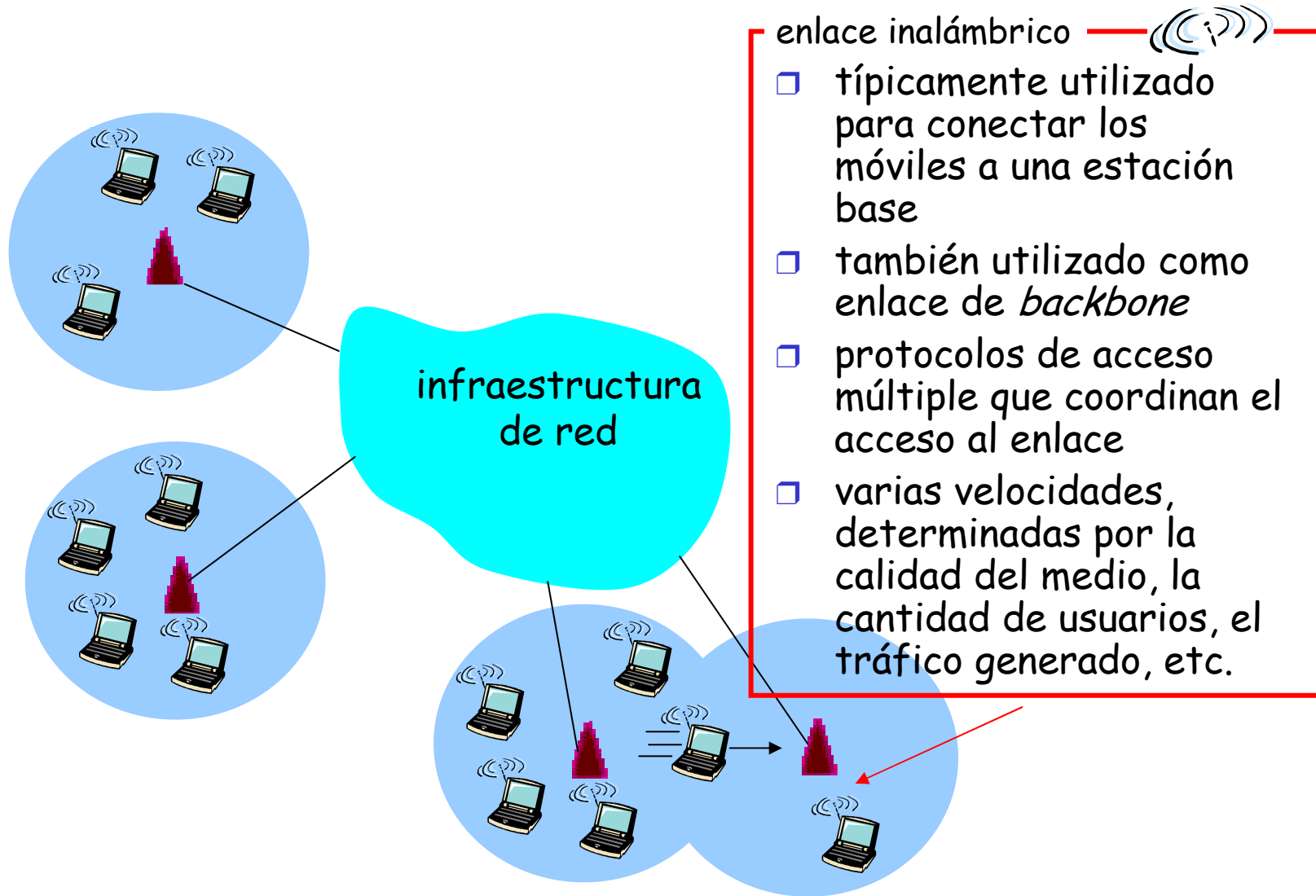
Elementos de una red inalámbrica



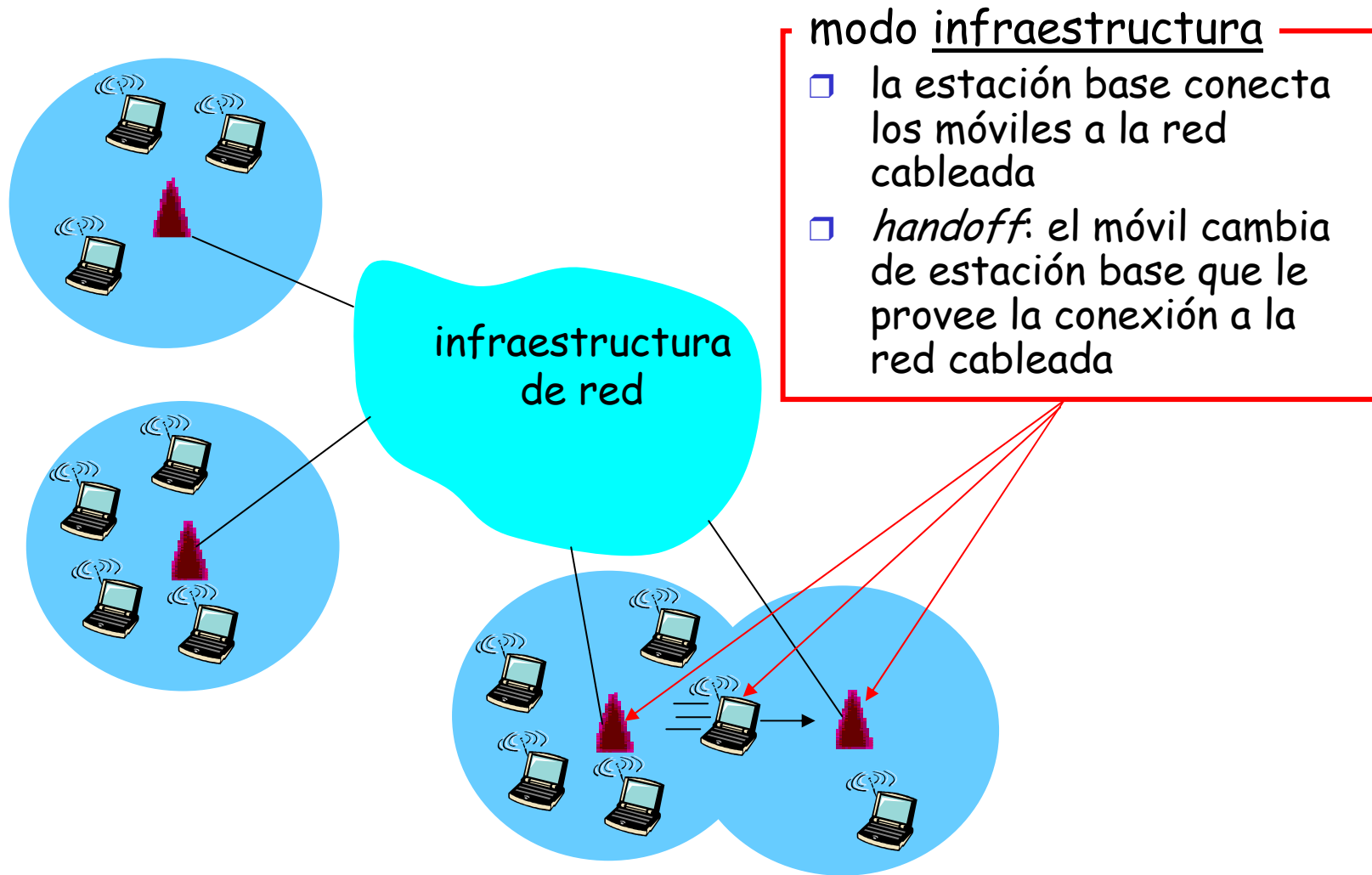
Elementos de una red inalámbrica



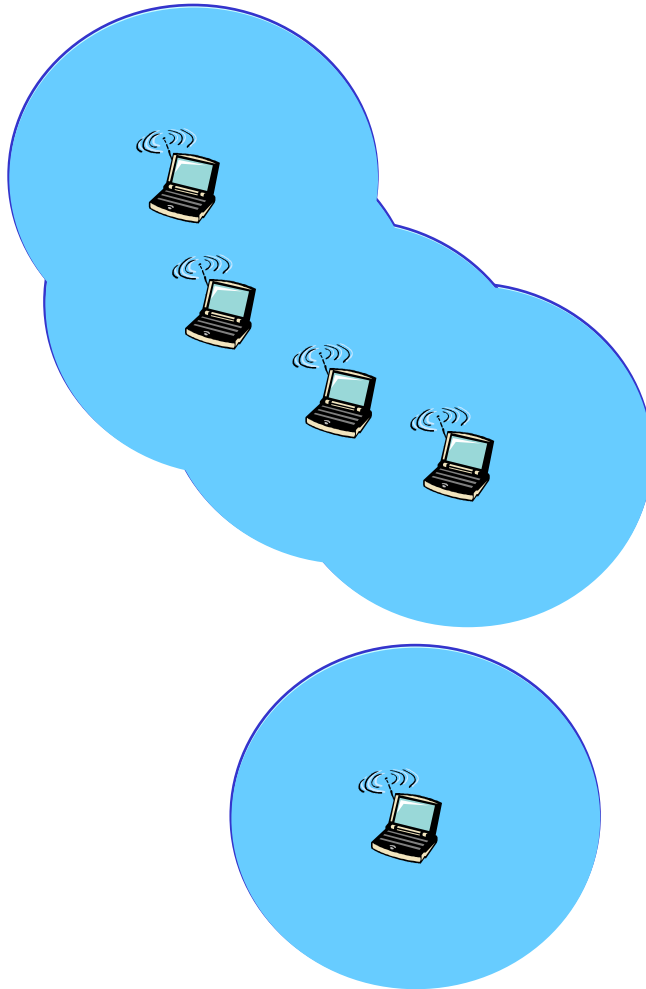
Elementos de una red inalámbrica



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 ellos mismos en una red encaminamiento a través de ellos mismos
- ❑ Otras cosas a resolver:
 - Direccionamiento
 - DNS
 - Routing

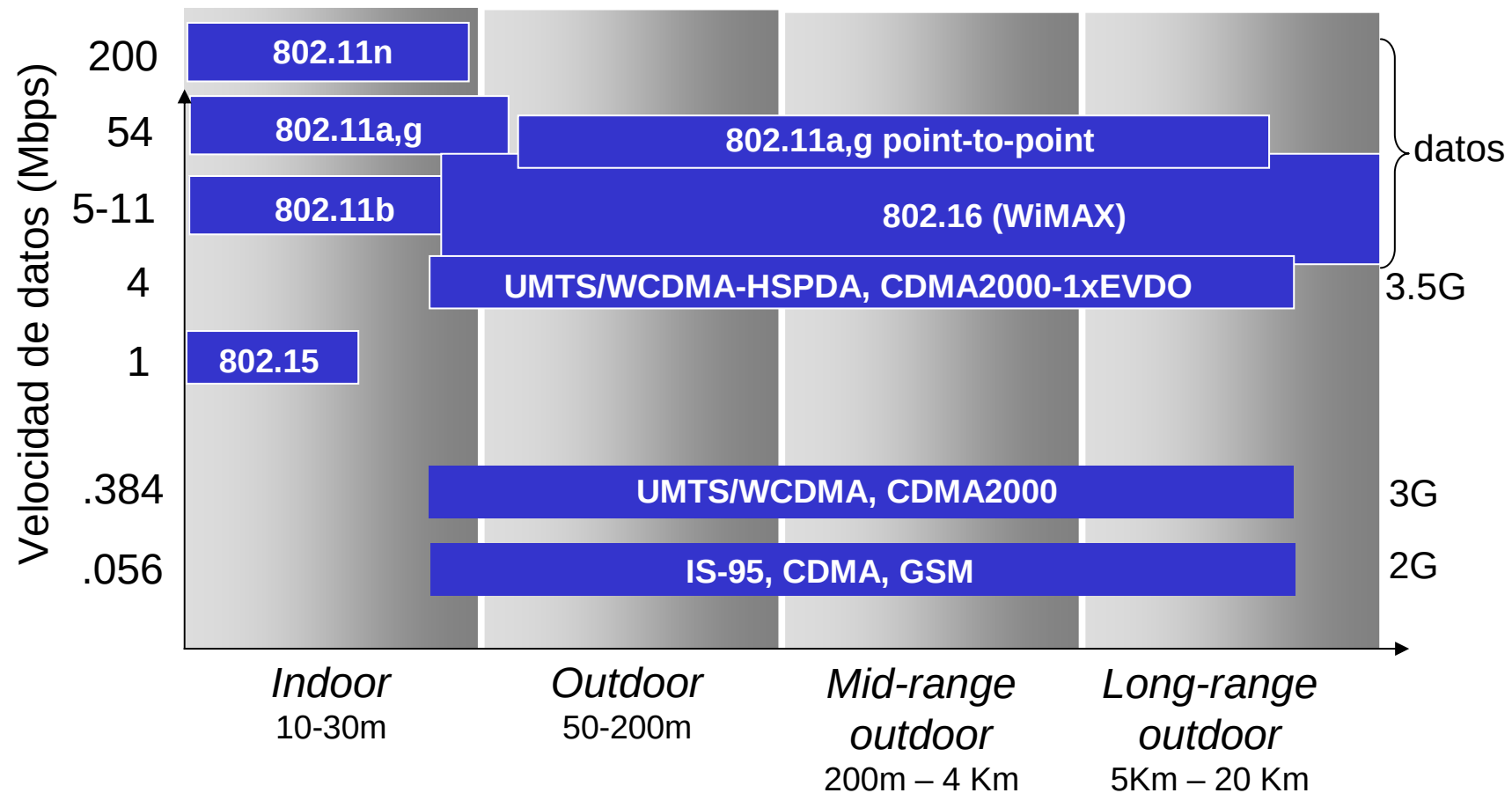
Taxonomía de una red inalámbrica

	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 relay de los mensajes a través de otros para alcanzar el destino MANET, VANET

MANET: Mobile (multihop) Ad hoc NETWORKS

VANET: Vehicular Ad hoc NETWORKS

Características de los estándares de enlace inalámbricos



Características de un enlace inalámbrico (1)

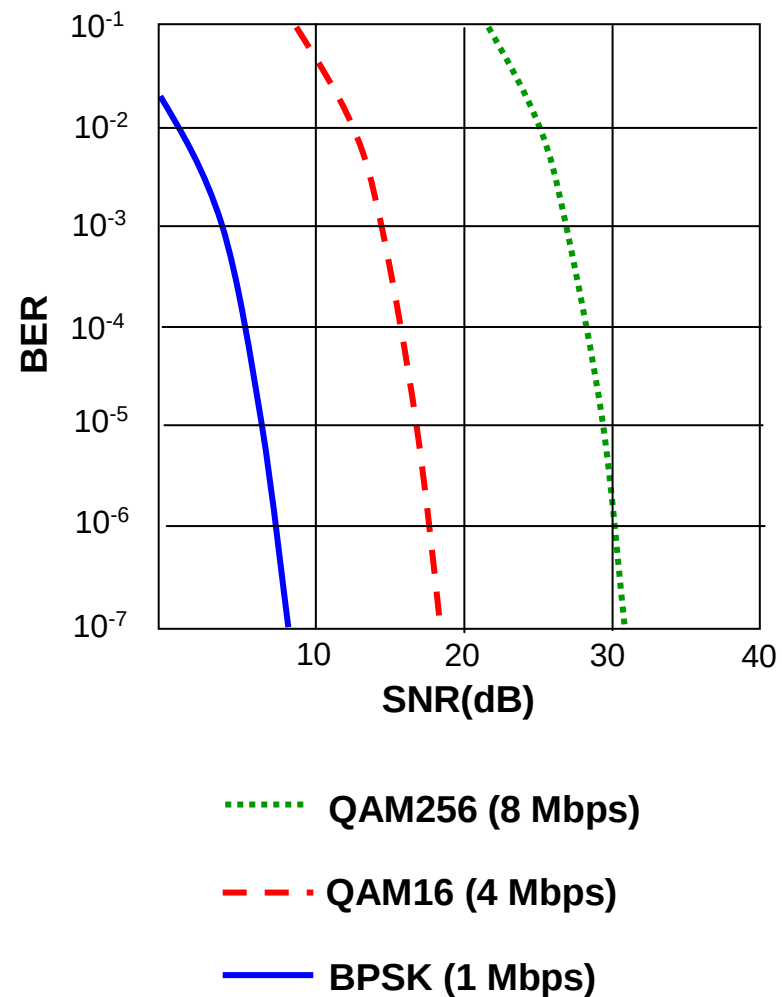
Diferencias respecto a un enlace cableado...

- **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*)
- **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
- **propagación *multipath*:** la señal de radio se refleja en objetos, llegando a destino en tiempos ligeramente distintos

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

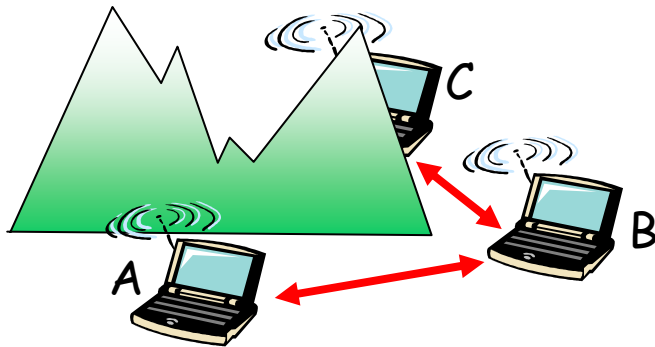
Características de un enlace inalámbrico (2)

- SNR: Relación Señal Ruido
 - SNR grande - es sencillo extraer la señal del ruido (es algo bueno)
- *SNR versus BER*
 - *Dado un esquema de modulación:* incremento en la potencia $\rightarrow$ incremento en SNR $\rightarrow$ decremento en BER
 - *dada la SNR:* elegir la técnica de modulación que cumpla los requerimientos de BER, buscando el mayor *throughput*
 - la SNR puede cambiar con la movilidad: adaptar dinámicamente la capa física (técnica de modulación, velocidad)



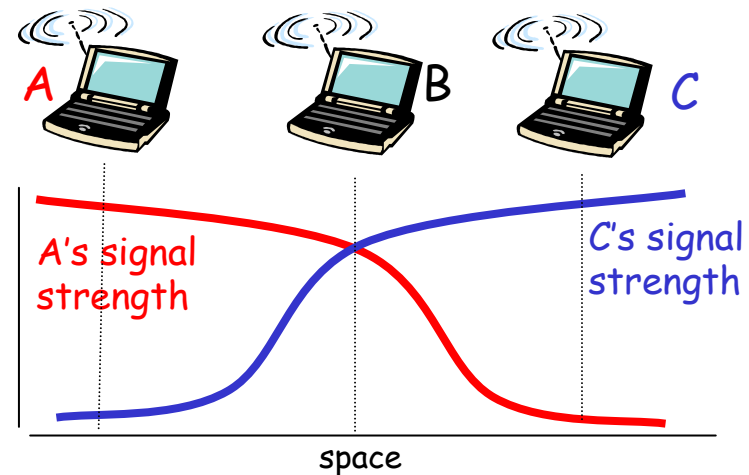
Características de las redes inalámbricas

- ❑ 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

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

□ 6.4 acceso celular a Internet

- arquitectura
- *standards*

Movilidad

□ 6.5 Principios: direccionamiento y *routing* para usuarios móviles

□ 6.6 IP Móvil

□ 6.7 Manejando la movilidad en redes celulares

□ 6.8 Movilidad y protocolos de capas superiores

□ 6.9 Resumen

Redes LAN inalámbricas IEEE 802.11

❑ 802.11b

- 2.4 GHz: espectro no licenciado
- hasta 11 Mbps

❑ 802.11g

- 2.4 GHz
- hasta 54 Mbps

❑ 802.11a

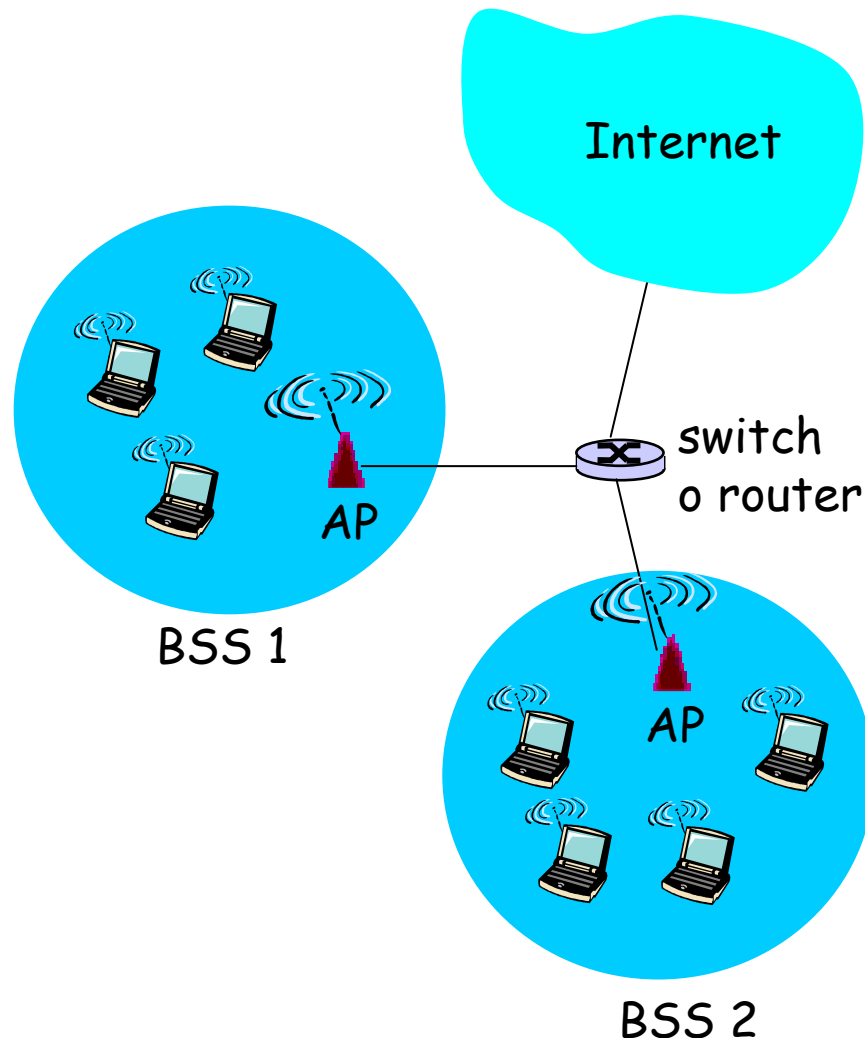
- rango 5-5.8 GHz no lic.
- hasta 54 Mbps

❑ 802.11n: múltiples antenas

- 2.4 y 5 GHz
- hasta 200 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*

Arquitectura LAN 802.11

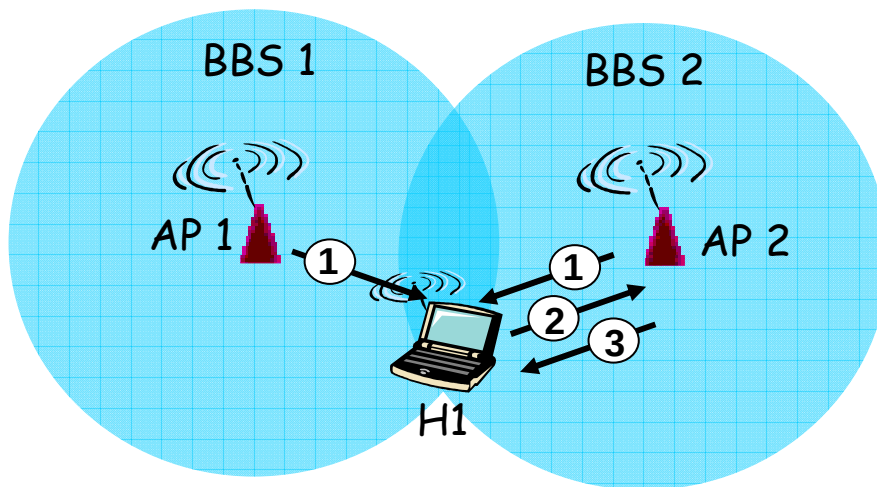


- los *host* inalámbricos se comunican con la estación base
 - estación base = Access Point (AP)
- **Basic Service Set (BSS)** ("celda") en el modo infraestructura contiene:
 - *hosts* inalámbricos
 - Access Point (AP): estación base
 - modo *ad hoc*: sólo *hosts*

802.11: Canales, asociación

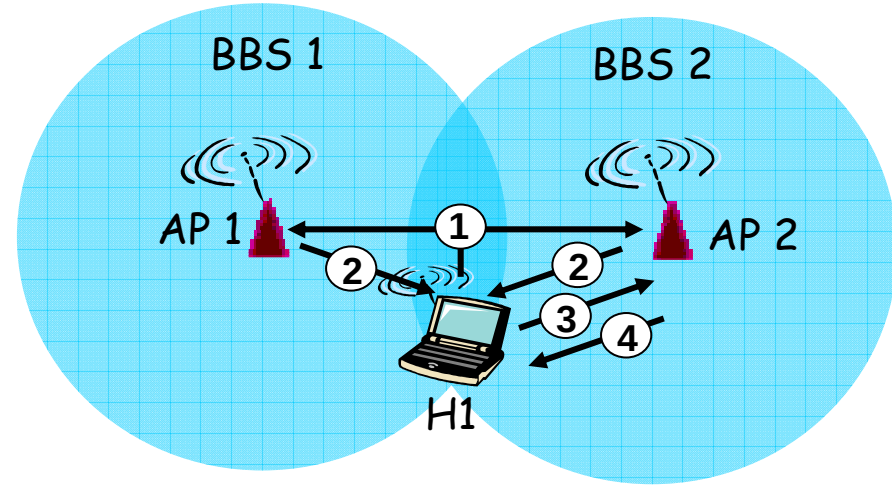
- ❑ 802.11b: espectro 2.4 - 2.483,5 GHz dividido en 14 canales en diferentes frecuencias
 - el administrador selecciona la frecuencia del AP
 - posible interferencia: el canal puede ser el mismo que el elegido por el AP vecino
- ❑ *Host*: se debe **asociar** con el AP
 - *scanning* de canales, escuchando 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

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

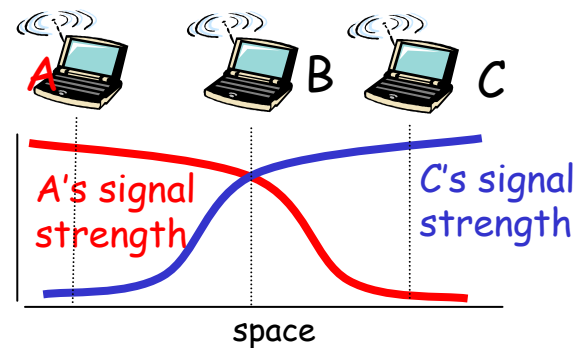
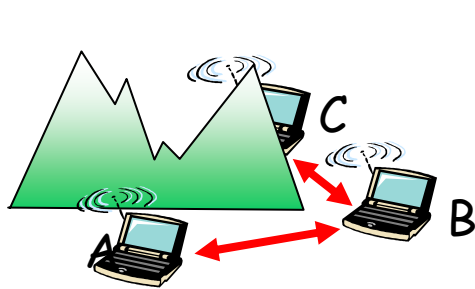


Scanning activo:

- (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

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)

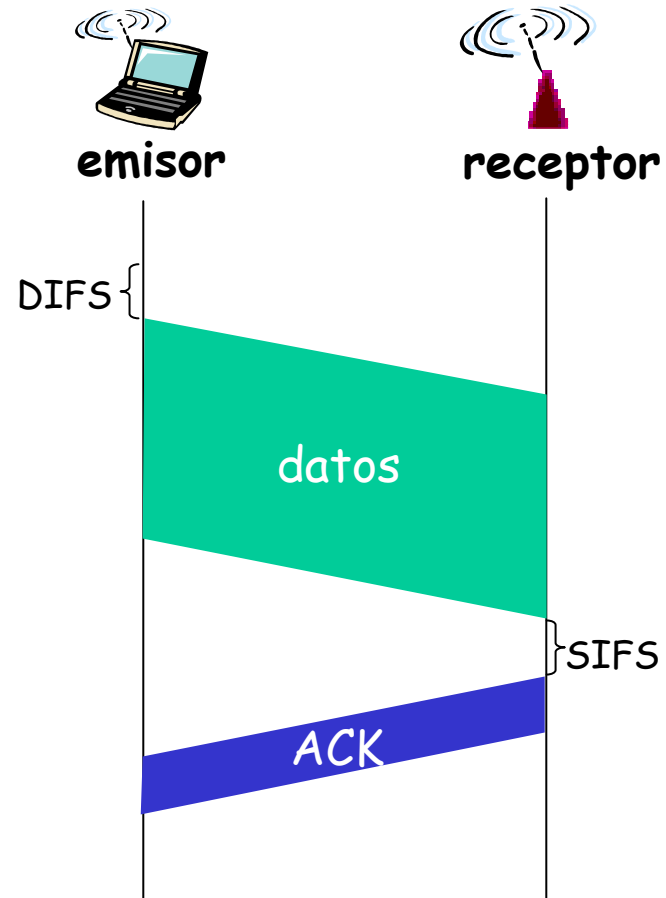
2 si el canal se escucha ocupado entonces

- 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

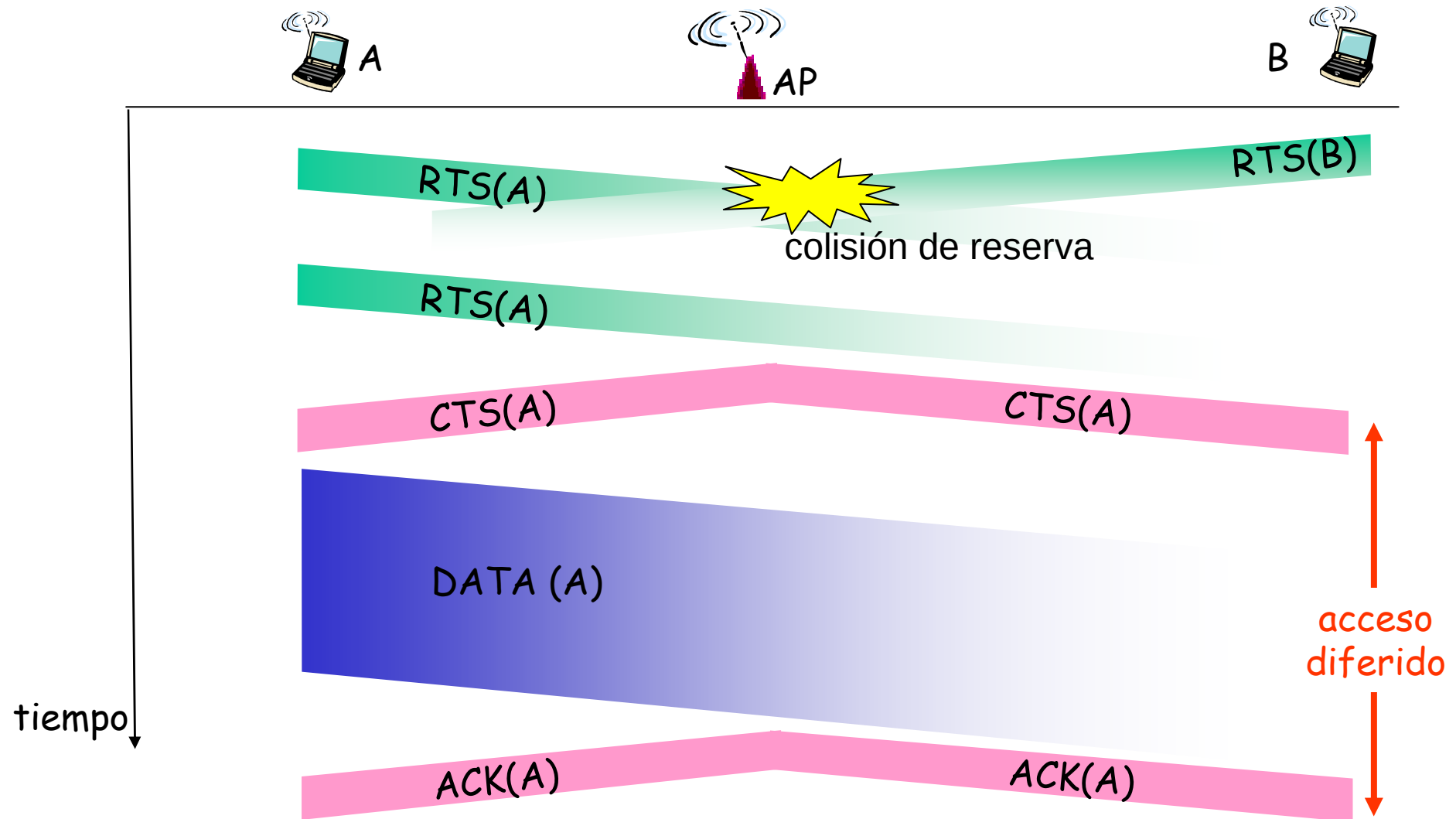
Evitando colisiones (más)

idea: permitir al emisor "reservar" el canal en lugar del envío randómico de tramas de datos: evita colisiones para tramas de datos largas

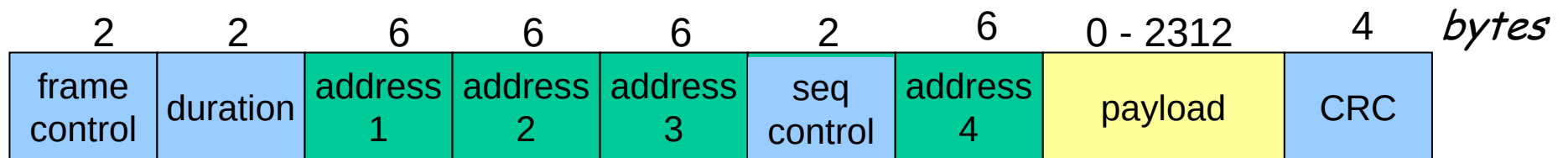
- ❑ el emisor primero transmite una pequeña trama *Request-To-Send (RTS)* hacia la BS, utilizando CSMA
 - las RTSs podrían colisionar con otras (pero son cortas)
- ❑ la BS hace *broadcast* de una trama *Clear-To-Send (CTS)* en respuesta al RTS
- ❑ el CTS es escuchado por todas las estaciones
 - el emisor 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

Evitado de colisión: intercambio RTS-CTS



Trama 802.11: direccionamiento



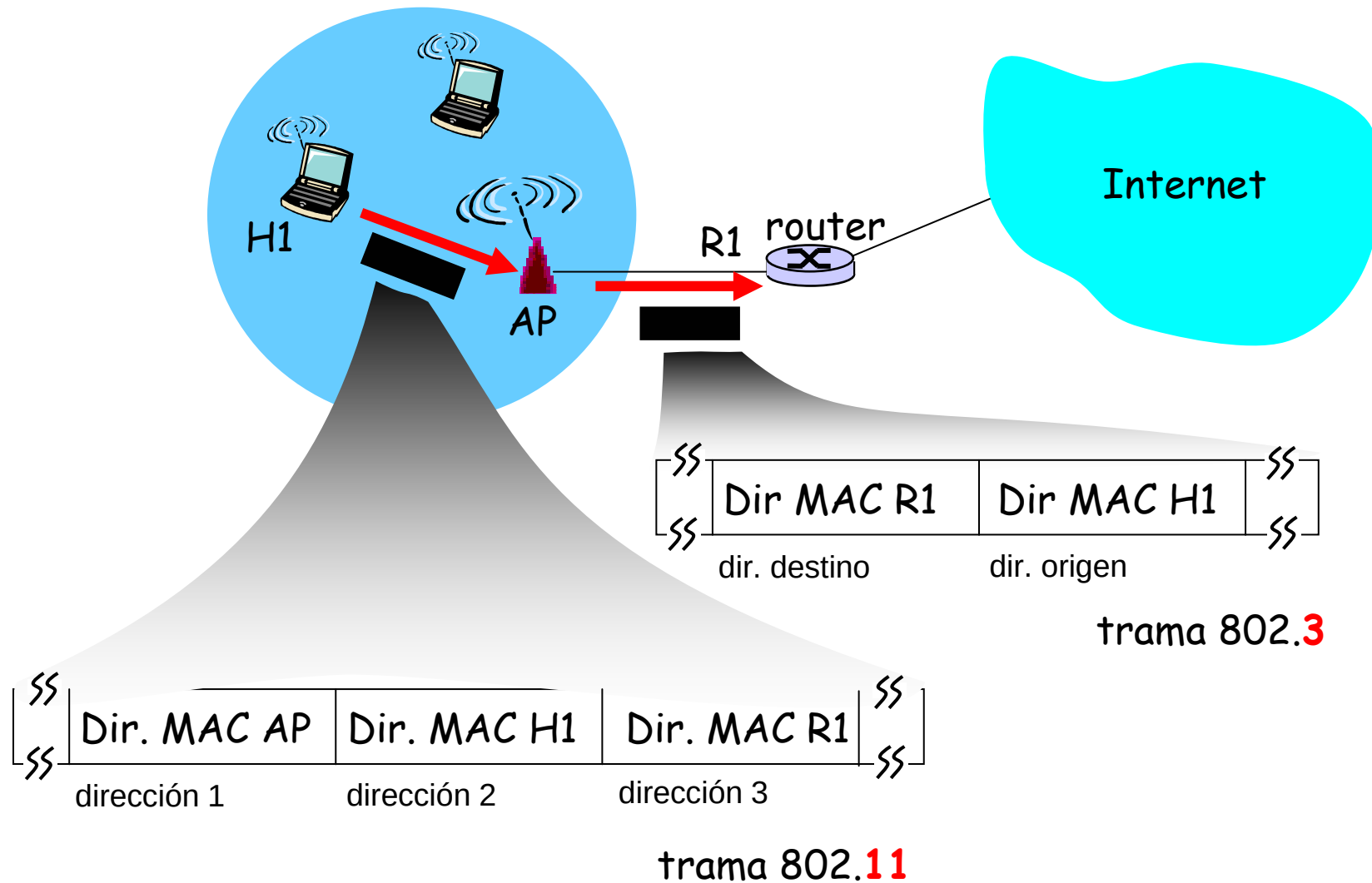
Dirección 1: Dir. MAC de la estación (STA) o del AP, que **recibe** la trama

Dirección 2: Dir. MAC de la STA o del AP, que **transmite** la trama

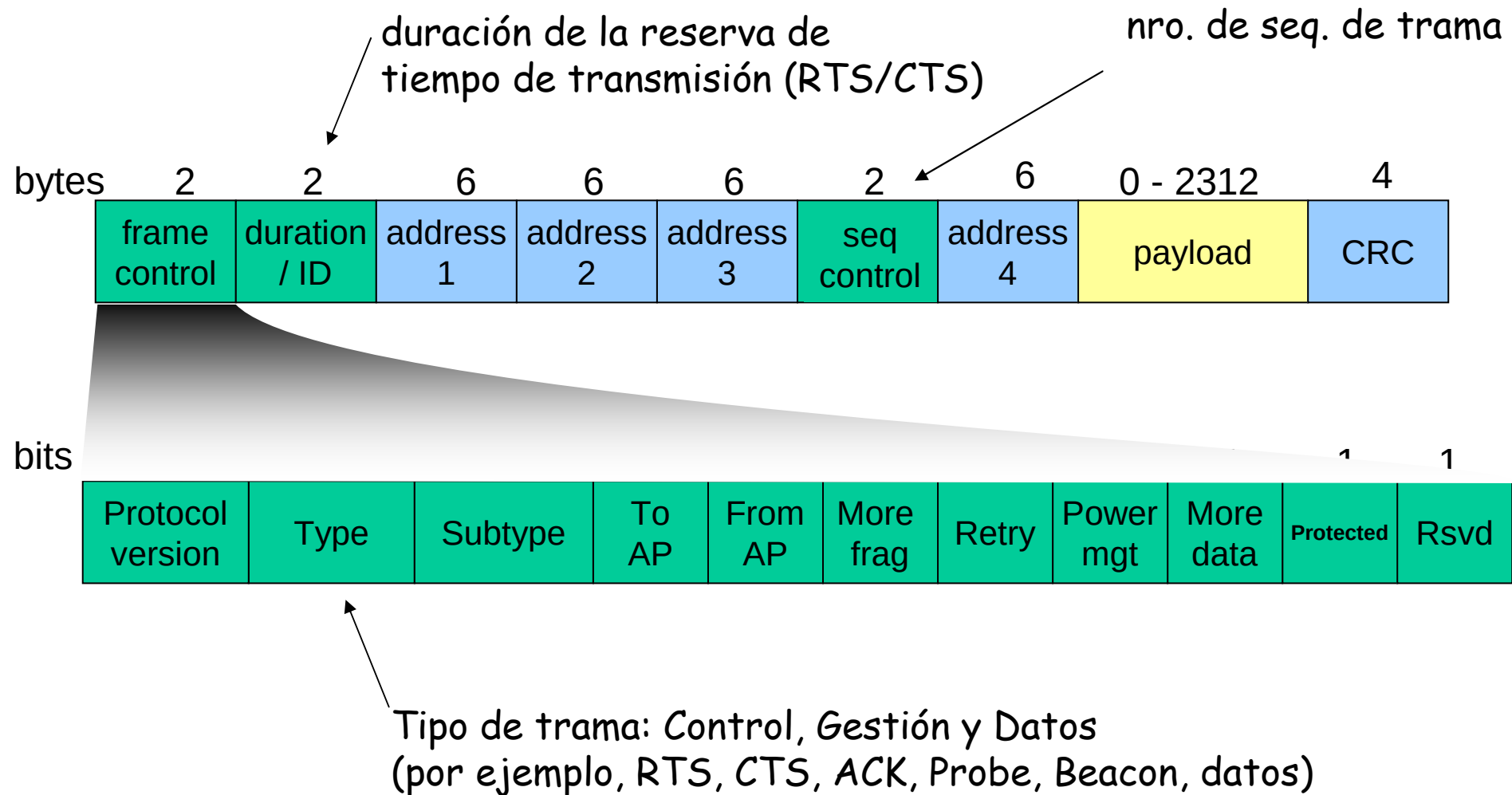
Dirección 3: Dir. MAC de la interfaz del router al que el AP está conectado

Dirección 4: utilizado sólo en WDS (*Wireless Distribution System*)

Trama 802.11: direccionamiento

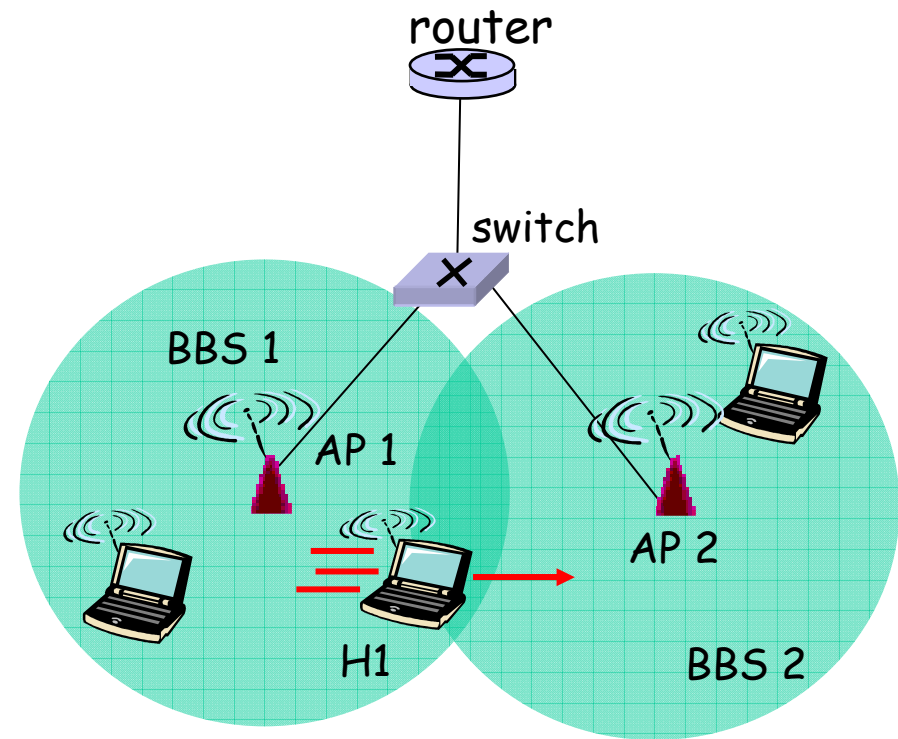


Trama 802.11: más



802.11: movilidad en la misma subred

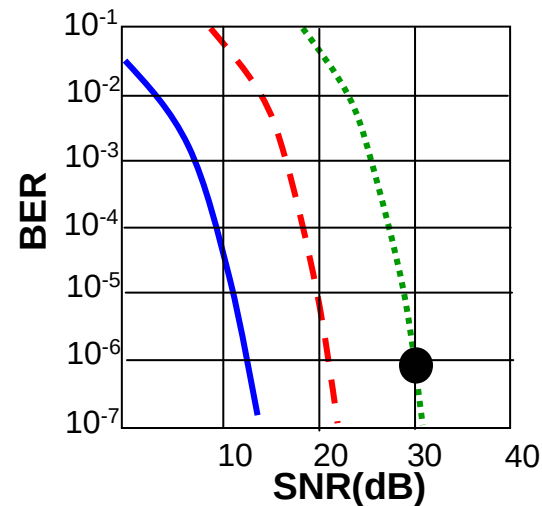
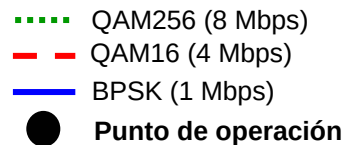
- H1 permanece en la misma subred IP: la dirección IP puede ser la misma
- *switch*: ¿Qué AP está asociado con H1?
 - *self-learning* (Ch. 5): el *switch* observa la trama de H1 y "recuerda" qué puerto del *switch* puede ser utilizado para alcanzar a H1



802.11: capacidades avanzadas

Adaptación de velocidad

- El AP y la estación, dinámicamente cambian la velocidad de transmisión (técnica de modulación de la capa física) a medida que la STA se mueve y la SNR varía
- Soluciones propietarias



1. A medida que la STA se aleja del AP, SNR baja, BER sube
2. Cuando BER sube mucho, se cambia a una velocidad de transmisión menor pero con menor BER

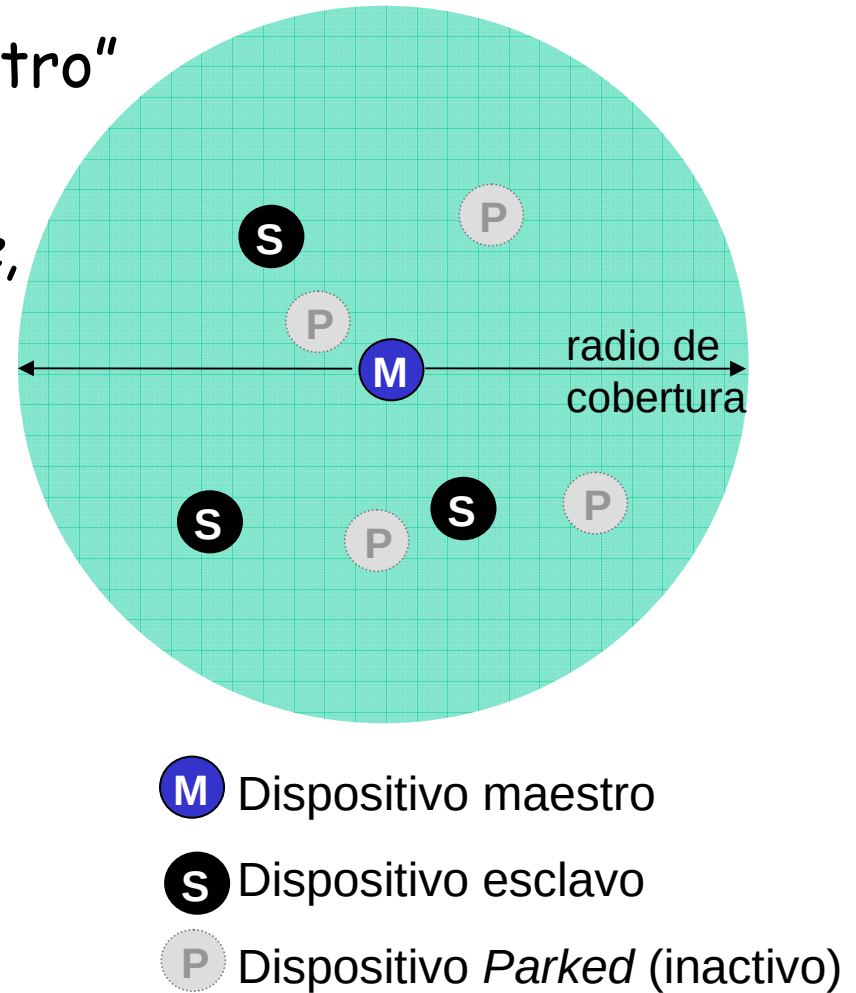
802.11: capacidades avanzadas

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)

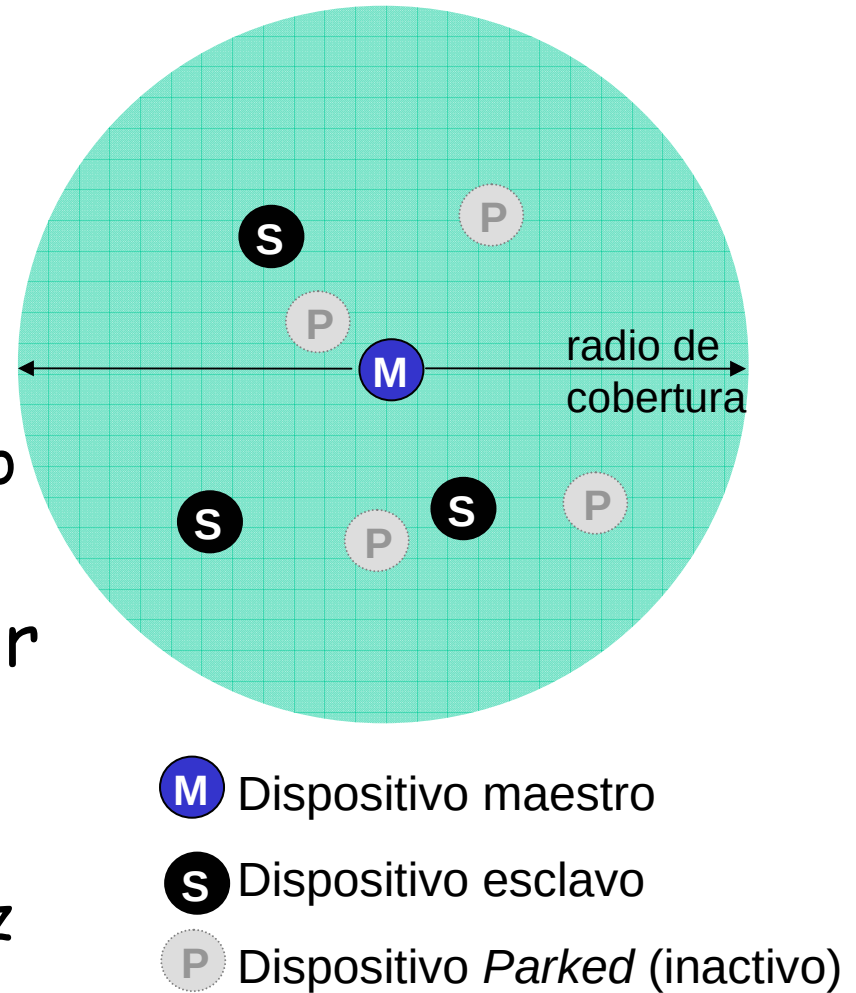
IEEE 802.15: Redes de Área Personal (PAN)

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



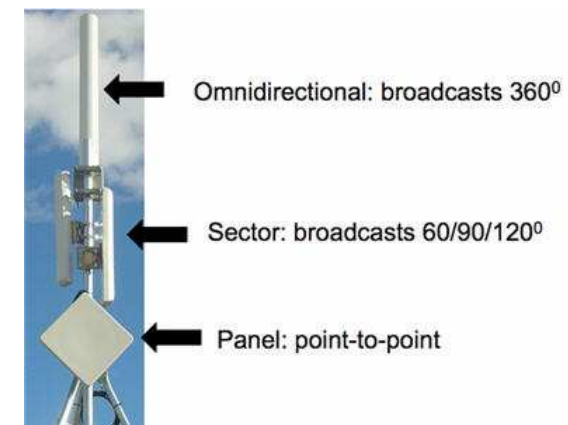
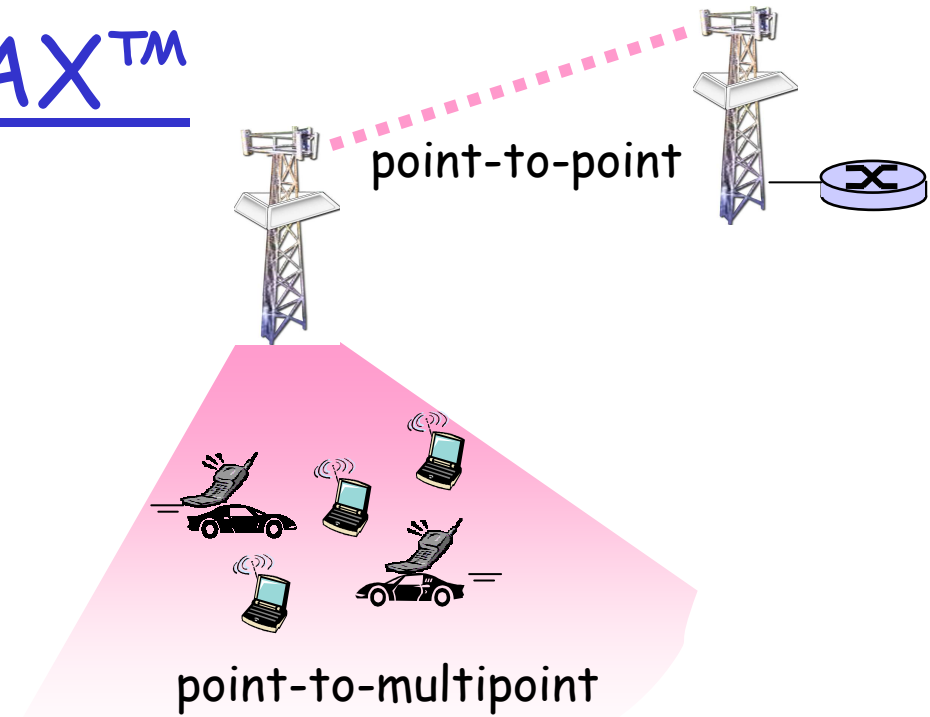
IEEE 802.15: Redes de Área Personal (PAN)

- ❑ 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



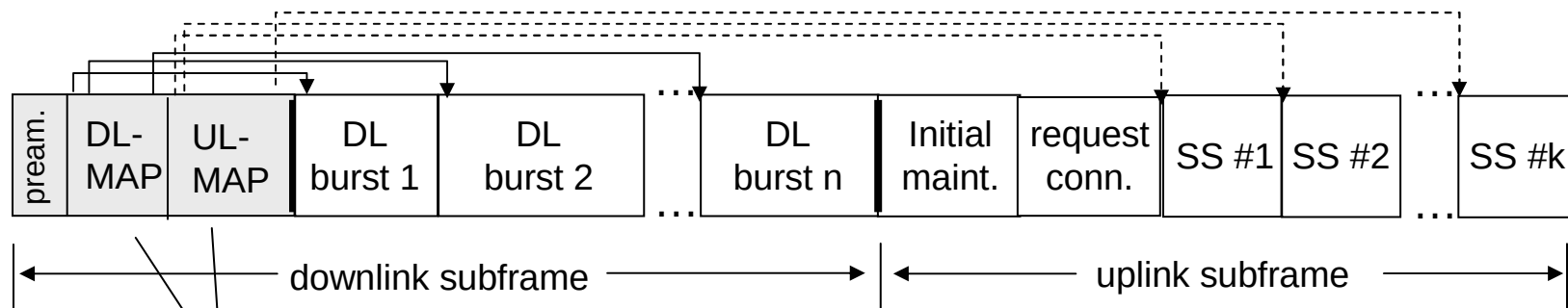
IEEE 802.16: WiMAX™

- ❑ *World Interoperability for Microwave Access*
- ❑ Fijo: 802.16-2004
- ❑ Móvil: 802.16e
- ❑ similar a 802.11 & celular:
modelo de estación base
 - transmisiones hacia y desde la estación base
 - *backhaul*: antena punto a punto
- ❑ a diferencia de 802.11:
 - rango ~ 10 Km ("ciudad en lugar de plaza de comidas")
 - ~14 Mbps



WiMAX: downlink, uplink scheduling

- ❑ trama de transmisión
 - *downlink subframe*: BS → nodo (SS)
 - *uplink subframe*: nodo (SS) → BS



la BS le indica a los nodos (*Subscribers Stations*) asociados quienes y dónde reciben (DL-MAP) y quienes envían (UL-MAP) y cuando

- ❑ Puede trabajar TDM y FDM
- ❑ *Connection Oriented Service: Connection ID*
- ❑ Cada CID con su QoS

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

□ 6.4 acceso celular a Internet

- arquitectura
- *standards*

Movilidad

□ 6.5 Principios: direccionamiento y *routing* para usuarios móviles

□ 6.6 IP Móvil

□ 6.7 manejando la movilidad en redes celulares

□ 6.8 movilidad y protocolos de capas superiores

□ 6.9 resumen

Acceso inalámbrico a Internet

□ Wi-Fi

- Relativamente madura y amplio despliegue
- LAN

□ WiMAX

- Relativamente inmadura y escaso despliegue
- MAN

□ ¿Entonces?: ¿redes celulares?

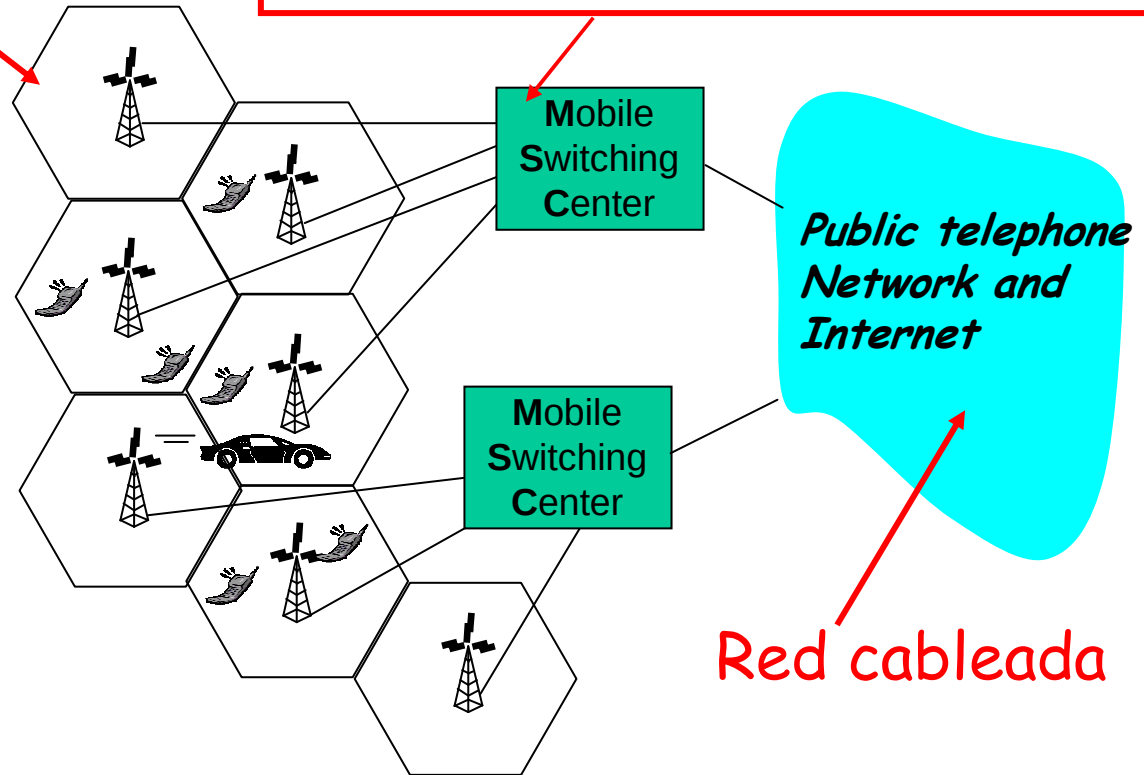
Componentes de la arquitectura de una red celular

celda

- ▣ cubre una región geográfica
- ▣ **base station** (BS) análogo a 802.11 AP
- ▣ **mobile users** se conecta a la red a través de la BS
- ▣ **air-interface:** protocolos de capa física y de capa de enlace entre el móvil (MS) y la BS

MSC

- ▣ conecta las celdas a la *wide area net*
- ▣ gestiona el establecimiento y la liberación de las llamadas
- ▣ gestiona la movilidad

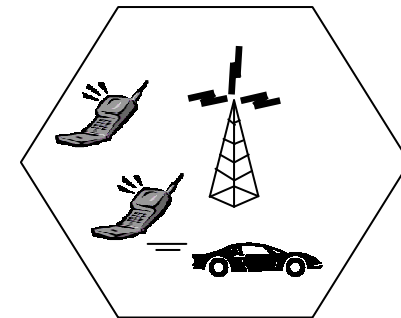


Redes celulares: el primer salto

- Dos técnicas para compartir el espectro de radio entre el móvil y la BS

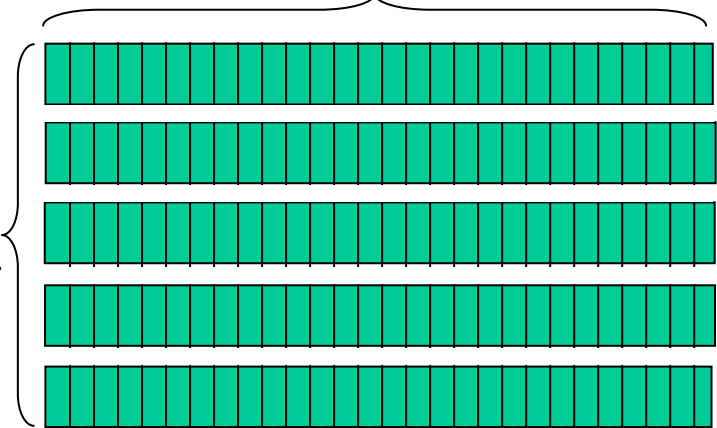
- **FDMA/TDMA combinada:**
divide el espectro en F canales de frecuencia y divide cada canal en T *time slots* $\rightarrow T \times F$ llamadas simultáneas

- **CDMA:** *Code Division Multiple Access*. Todos los usuarios comparten la misma frecuencia al mismo tiempo. A cada usuario se le asigna un "*código*"



time slots

Bandas
de frecuencia

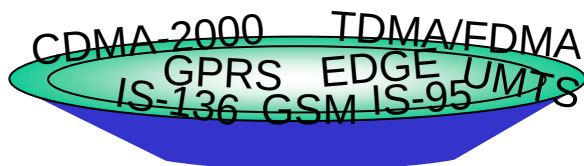


Estándares: muy breve inspección

Sistemas 1G: analógicos (AMPS); FDMA; voz

Sistemas 2G: digitales; voz

- ❑ IS-136 (D-AMPS): FDMA/TDMA combinado (USA)
- ❑ IS-95: CDMA o cdmaOne (USA y Corea)
- ❑ GSM (*Global System for Mobile communications*):
FDMA/TDMA combinado
 - Tecnología más difundida
 - 124 bandas de 200 kHz con 8 *time slots* cada una
 - Canales de control y de tráfico
 - Datos por conmutación de circuitos (hasta 9.6kbps)



**¡¡No se ahogue en un plato de sopa de siglas:
Utilícelo solamente como una referencia!!**

Estándares: muy breve inspección

Sistemas 2.5G: canales de voz y datos

- ❑ Para aquellos que no podían esperar por los servicios 3G: extensiones a 2G
- ❑ *General Packet Radio Service* (GPRS)
 - desarrollado a partir de GSM (puede ir también sobre CDMA e IS-136)
 - datos enviados en múltiples canales (si está disponible)
 - Conmutación de paquetes: desde 14,4 hasta 171,2 kbps
- ❑ **CDMA2000 1X** (fase 1)
 - velocidades de hasta 144 kbps
 - desarrollado a partir de IS-95

Sistemas 2.75G: voz y datos

- ❑ *Enhanced Data rates for Global (GSM) Evolution* (EDGE)
 - desarrollado a partir de GSM, utilizando un esquema de modulación mucho más eficiente
 - velocidades de hasta 384k

Estándares: muy breve inspección

Sistemas 3G: voz y datos

- Calidad de voz similar a telefonía fija, video streaming, ...
- Velocidades
 - 144 kbps en un auto hasta 120 Km/h (macrocelda)
 - 384 kbps uso exterior quieto o caminando (microcelda)
 - 2 Mbps uso interior (picocelda)
- **Estándares 3G definidos en ITU (IMT-2000)**
 - *Universal Mobile Telecommunications Service (UMTS)*
 - Evolución de GSM
 - Interfaz de aire: WCDMA ó EDGE
 - Servicio de datos: High Speed Uplink/Downlink Packet Access (HSDPA/HSUPA): hasta 14 Mbps; HSDPA: 3.5G; HSUPA: 3.75G
 - **CDMA2000: CDMA en TDMA slots**
 - Evolución de IS-95
 - servicio de datos: 1xEvolution Data Optimized (1xEVDO) del orden de 3 Mbps
 - USA y algo de Asia

Capítulo 6: Agenda

□ 6.1 Introducción

Inalámbrico

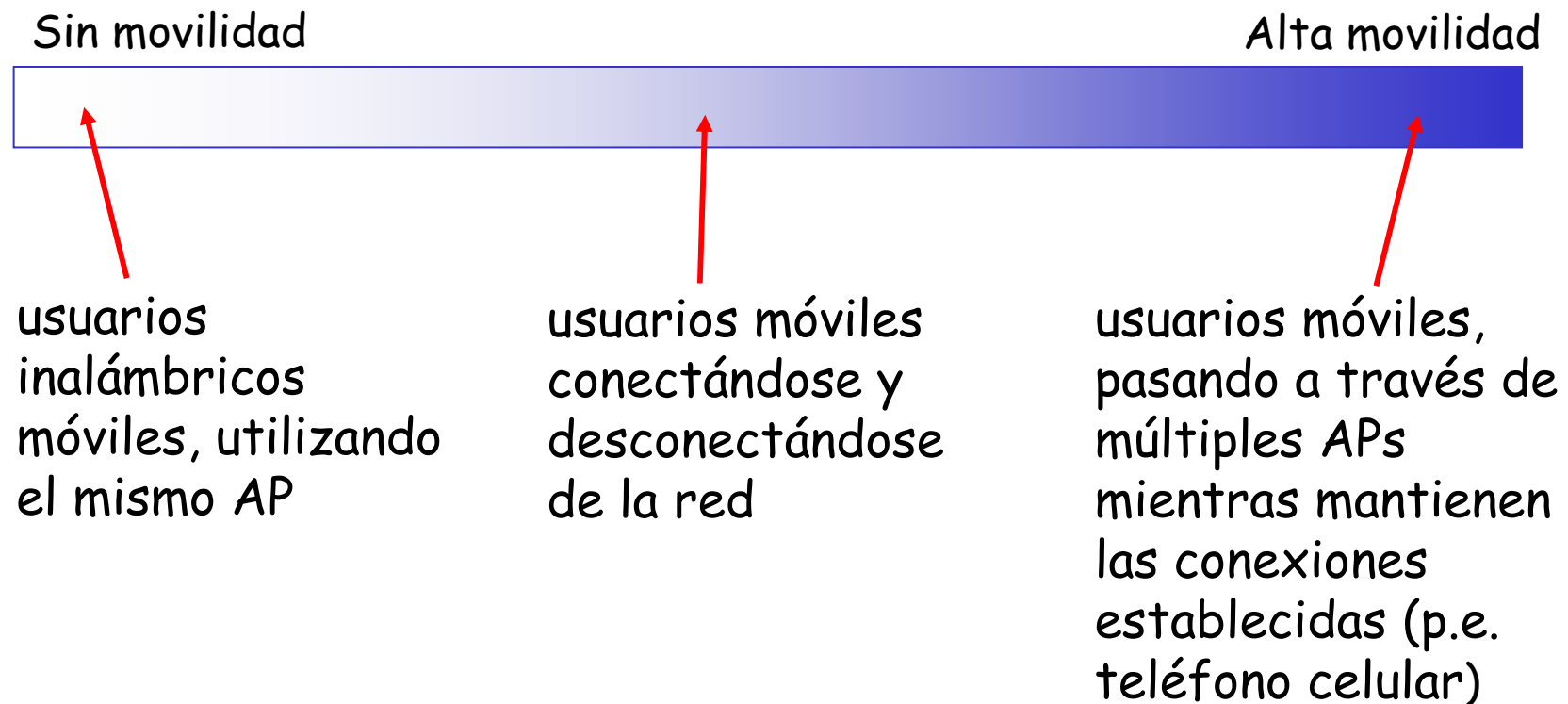
- 6.2 enlaces inalámbricos, características
- 6.3 redes LAN inalámbricas IEEE 802.11 ("Wi-Fi" ®) y algo más
- 6.4 acceso celular a Internet
 - arquitectura
 - *standards*

Movilidad

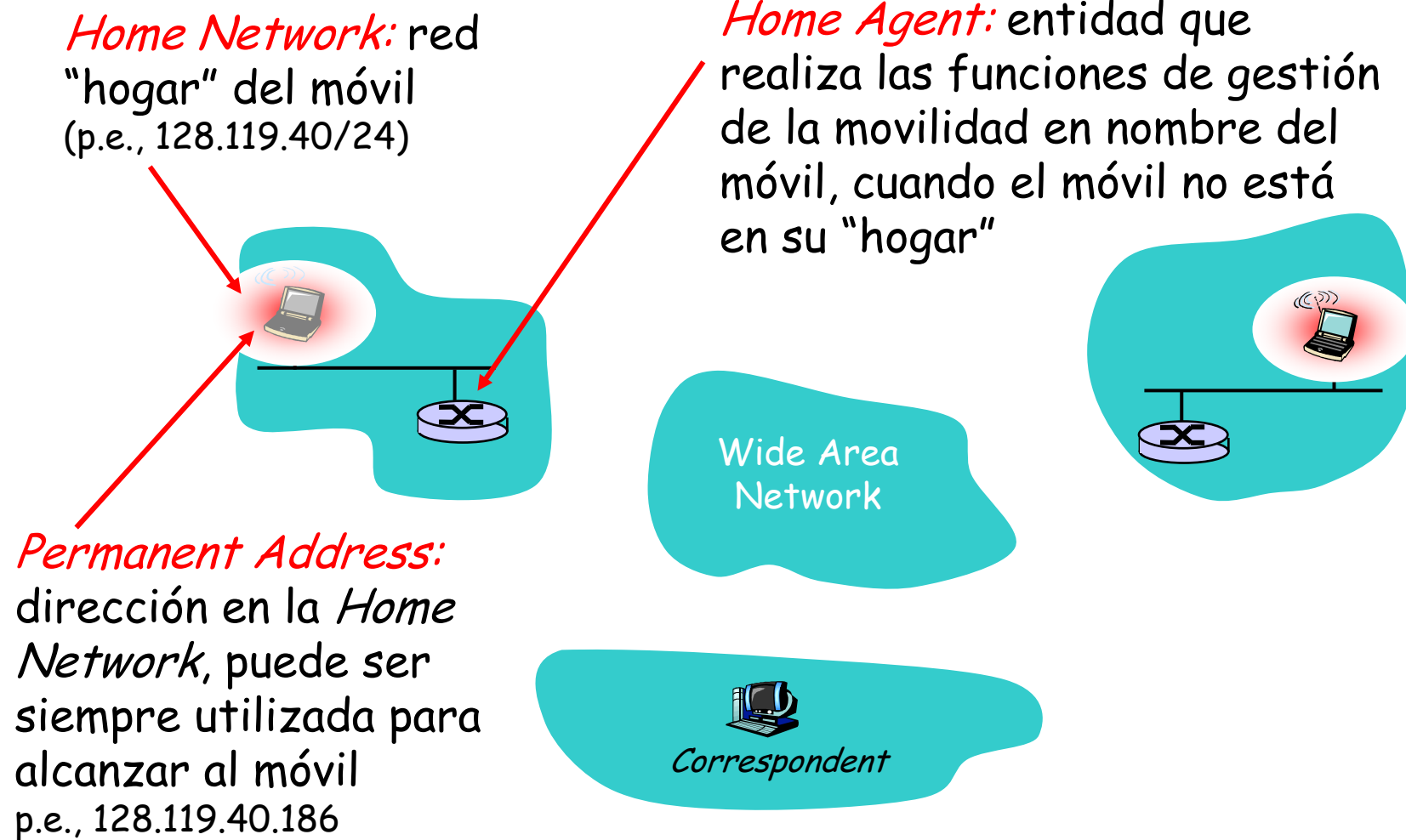
- 6.5 Principios: direccionamiento y *routing* para usuarios móviles
- 6.6 IP Móvil
- 6.7 manejando la movilidad en redes celulares
- 6.8 movilidad y protocolos de capas superiores
- 6.9 resumen

¿Qué es movilidad?

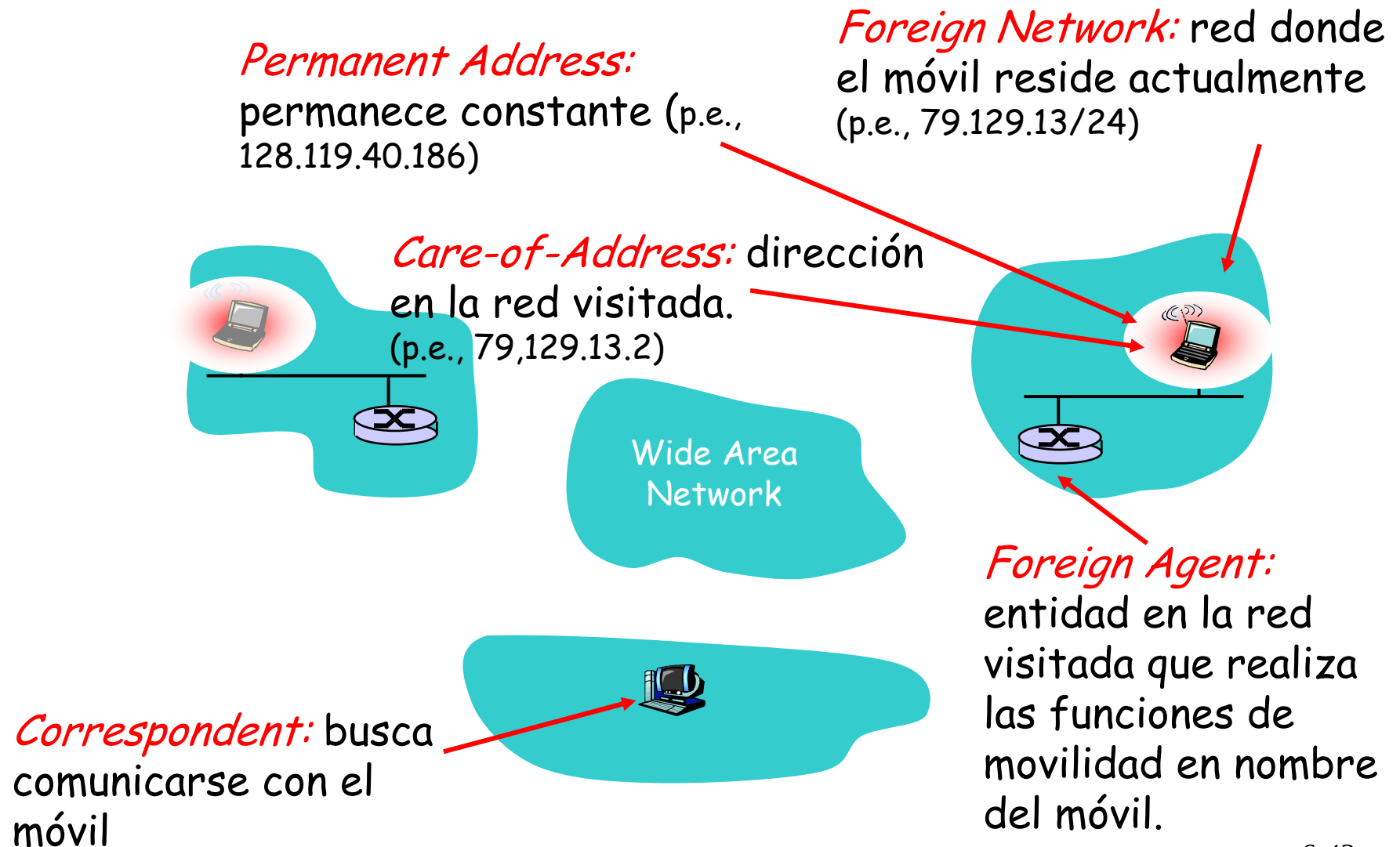
- Espectro de la movilidad, desde la perspectiva de la *red*:



Movilidad: Terminología



Movilidad: más Terminología



Movilidad: aproximación

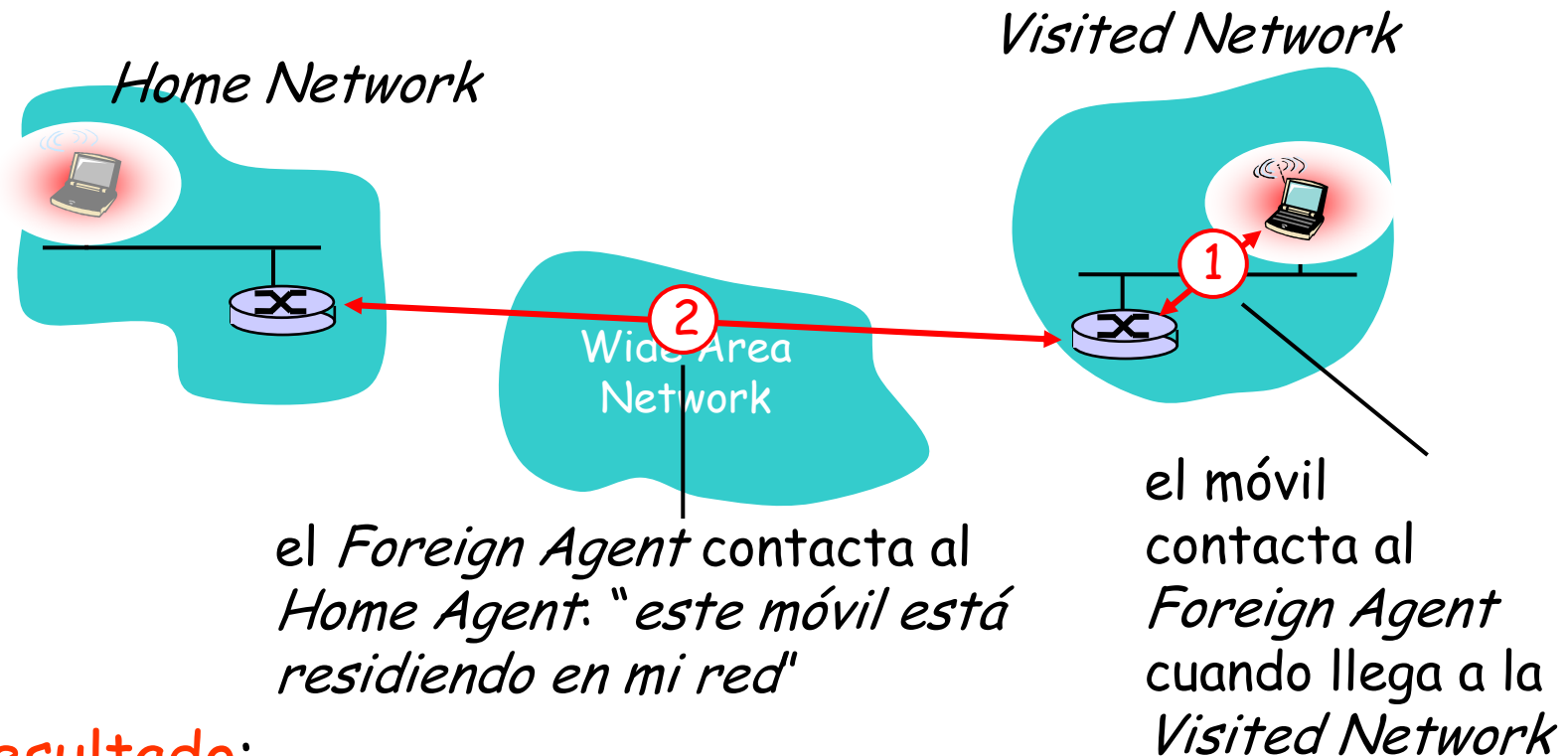
- *Dejar que el routing lo maneje:* los *routers* publican la *Permanent Address* del nodo móvil a través de los intercambios usuales de tablas de *routing*.
 - las tablas de *routing* indican dónde está localizado cada nodo móvil
 - no hay cambios en los *end-systems*
- *Dejar que los end-systems lo manejen:*
 - *routing indirecto:* la comunicación desde el *Correspondent* al móvil es a través del *Home Agent*, quien hace el *forwarding* al sitio remoto
 - *routing directo:* el *Correspondent* obtiene la *Foreign Address* del móvil y le envía directamente a él

Movilidad: aproximación

- *Dejar que el routing lo manejen los routers*: los routers publican la *Permanent Address* del móvil a través de los intercambios usuales de tablas de enrutamiento
 - las tablas de routing de cada router donde está localizado cada nodo móvil
 - no hay cambios en los *end-systems*
- *Dejar que los end-systems lo manejen:*
 - *routing indirecto*: la comunicación desde el *Correspondent* al móvil es a través del *Home Agent*, quien hace el *forwarding* al sitio remoto
 - *routing directo*: el *correspondent* obtiene la *Foreign Address* del móvil y le envía directamente a él



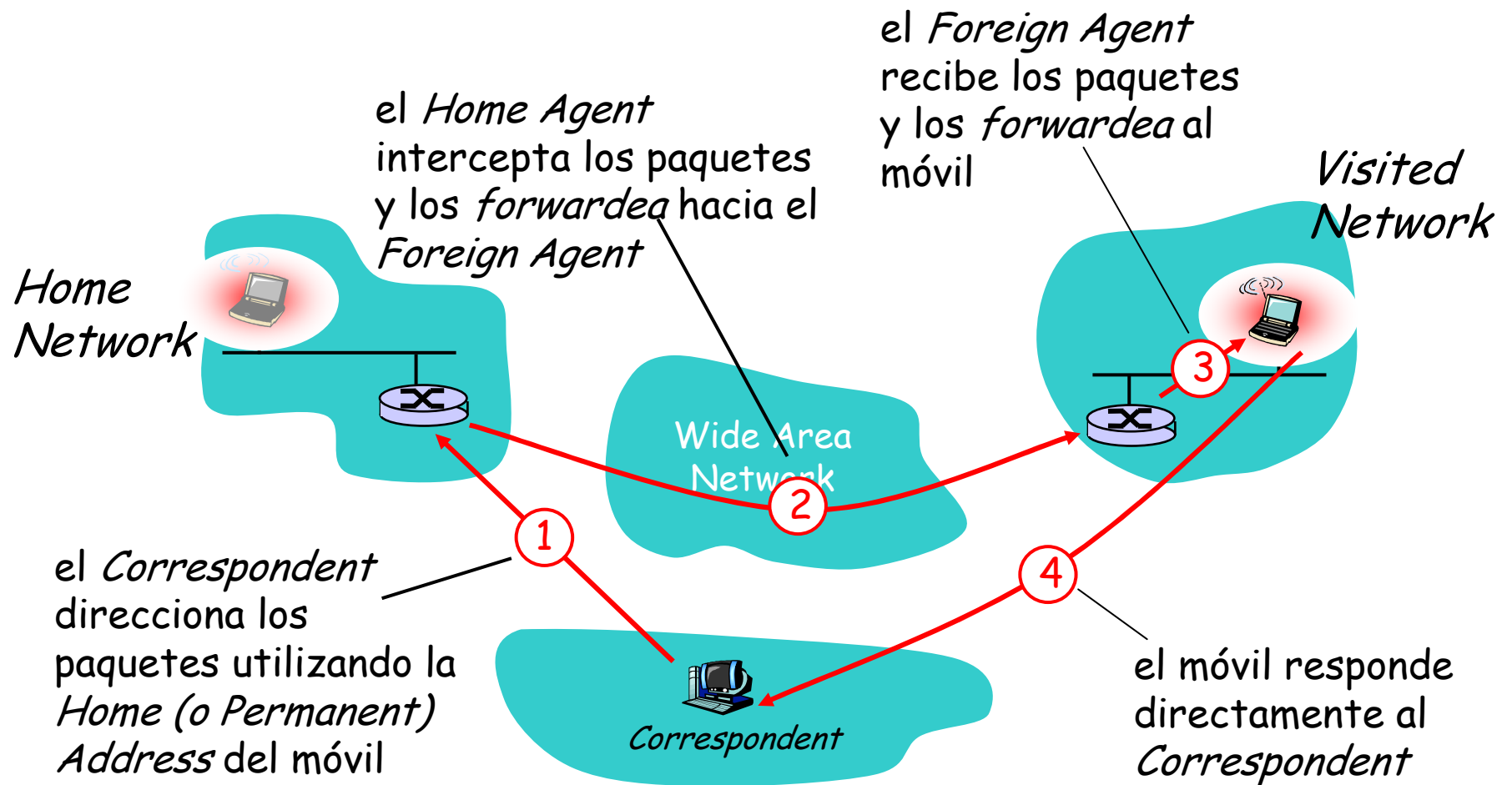
Movilidad: registro



resultado:

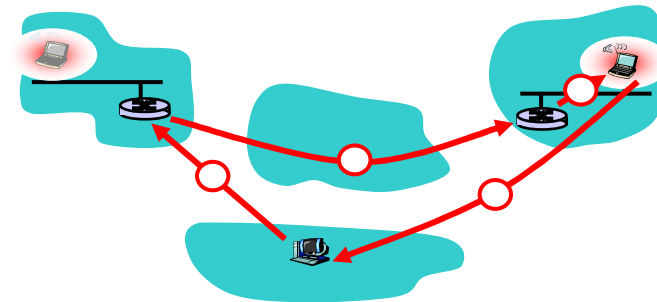
- el *Foreign Agent* conoce acerca de la presencia del móvil
- el *Home Agent* conoce la ubicación del móvil

Movilidad a través de *Routing* Indirecto



Routing Indirecto: comentarios

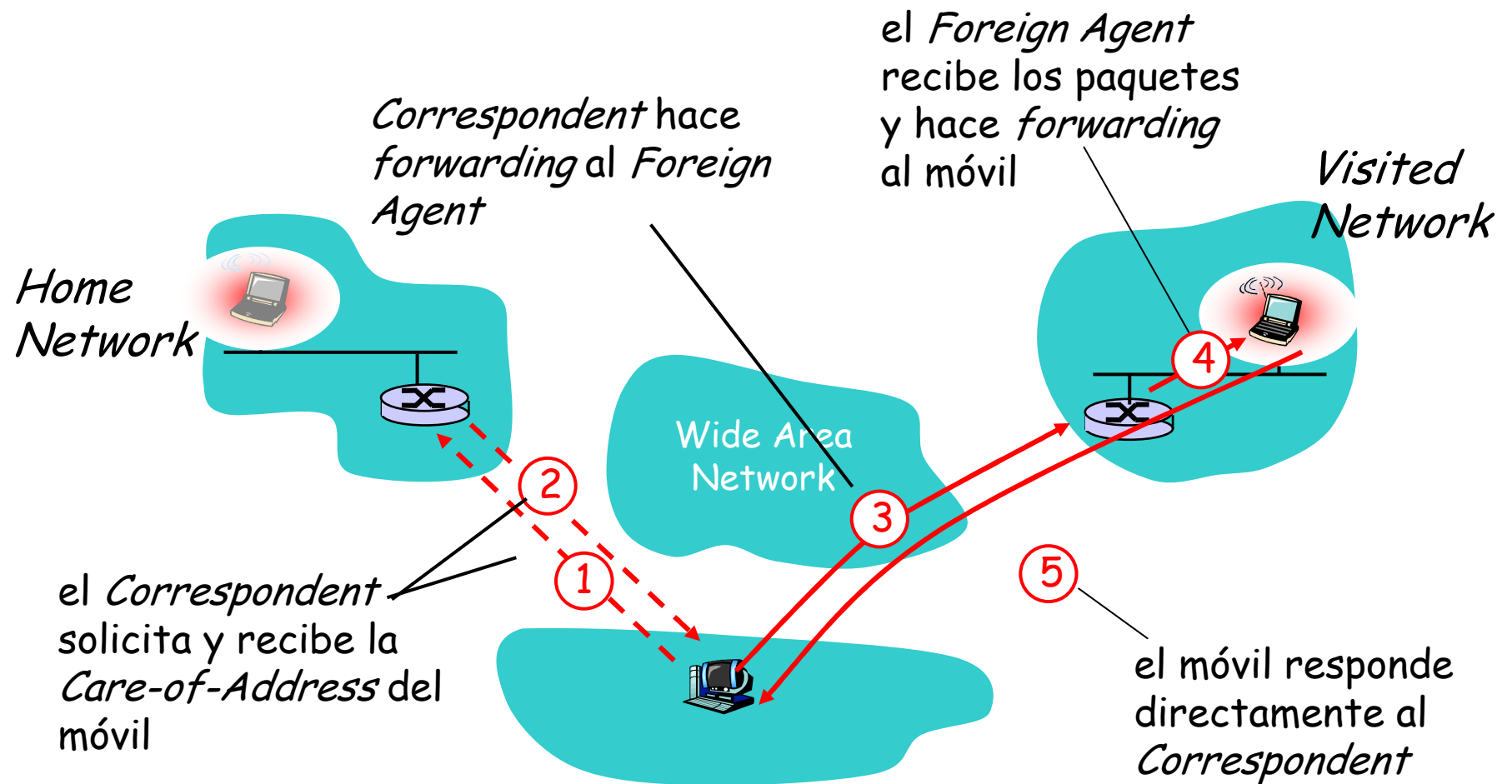
- ❑ El Móvil utiliza dos direcciones:
 - *Permanent Address*: utilizada por el *Correspondent* (por lo tanto la ubicación del móvil es *transparente* para el *Correspondent*)
 - *Care-of-Address*: utilizada por el *Home Agent* para enviar datagramas al móvil
- ❑ Encapsulado de los datagramas entre el HA y el FA (*Tunneling*)
- ❑ Las funciones del *Foreign Agent* pueden ser realizadas por el mismo móvil
- ❑ *Routing triangular*: *Correspondent--Home-Network--móvil*
 - *Routing* ineficiente en algunos casos
 - *Worst case*: cuando el *Correspondent* y el móvil están en la misma red



Routing Indirecto: moviéndose entre redes

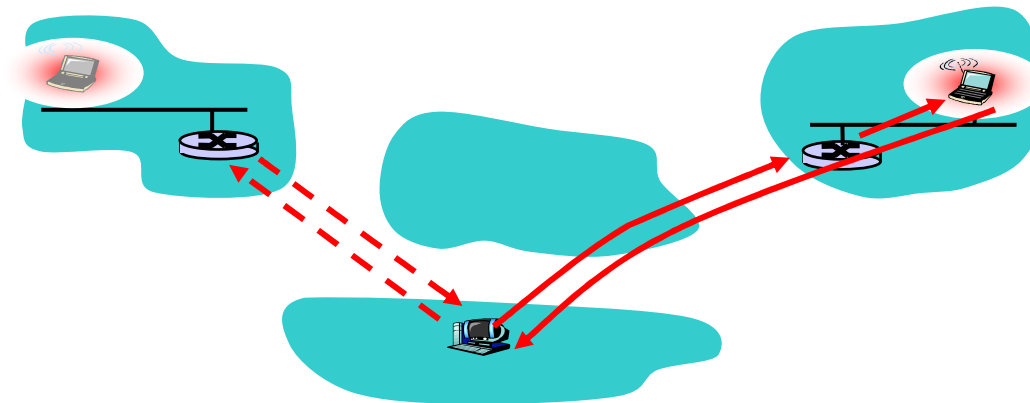
- ❑ Suponga que un usuario móvil se mueve a otra red
 - se registra con el nuevo *Foreign Agent*
 - el nuevo *Foreign Agent* se registra con el *Home Agent*
 - el *Home Agent* actualiza la *Care-of-Address* para el móvil
 - los paquetes siguen siendo *forwardeados* al móvil (pero con la nueva *Care-of-Address*)
- ❑ movilidad entre *Foreign Networks*: se pueden perder y duplicar algunos paquetes

Movilidad a través de *Routing* Directo



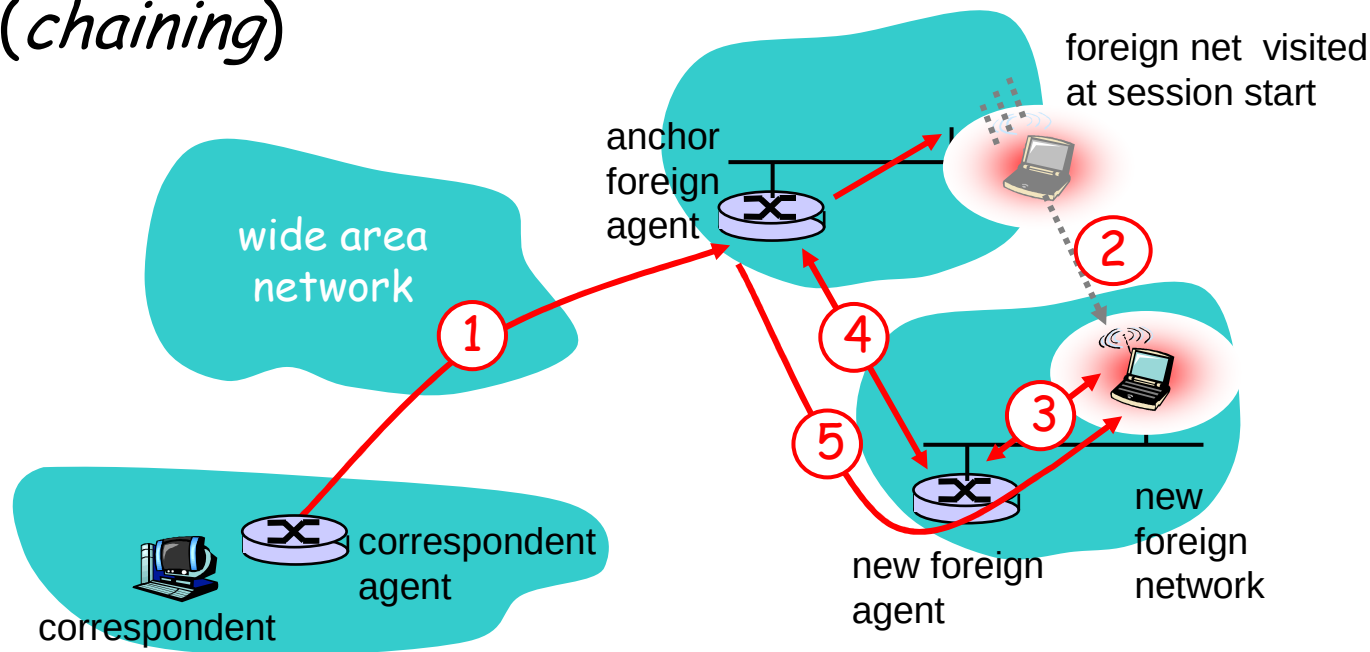
Movilidad a través de *Routing Directo*: comentarios

- soluciona el problema del *routing* triangular
- no transparente para el *Correspondent*. el *Correspondent* debe obtener la *Care-of-Address* desde el *Home Agent*
 - ¿Qué ocurre si el móvil cambia de red visitada?



Acomodando la movilidad con el *routing* directo

- ❑ *Foreign Agent* fijo: FA en la primera red visitada
- ❑ los datos siempre son encaminados primero al FA fijo
- ❑ cuando el móvil se mueve: el nuevo FA acuerda tener los datos "forwardeados" desde el viejo FA (*chaining*)



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

□ 6.4 acceso celular a Internet

- arquitectura
- *standards*

Movilidad

□ 6.5 principios: direccionamiento y *routing* para usuarios móviles

□ 6.6 IP Móvil

□ 6.7 manejando la movilidad en redes celulares

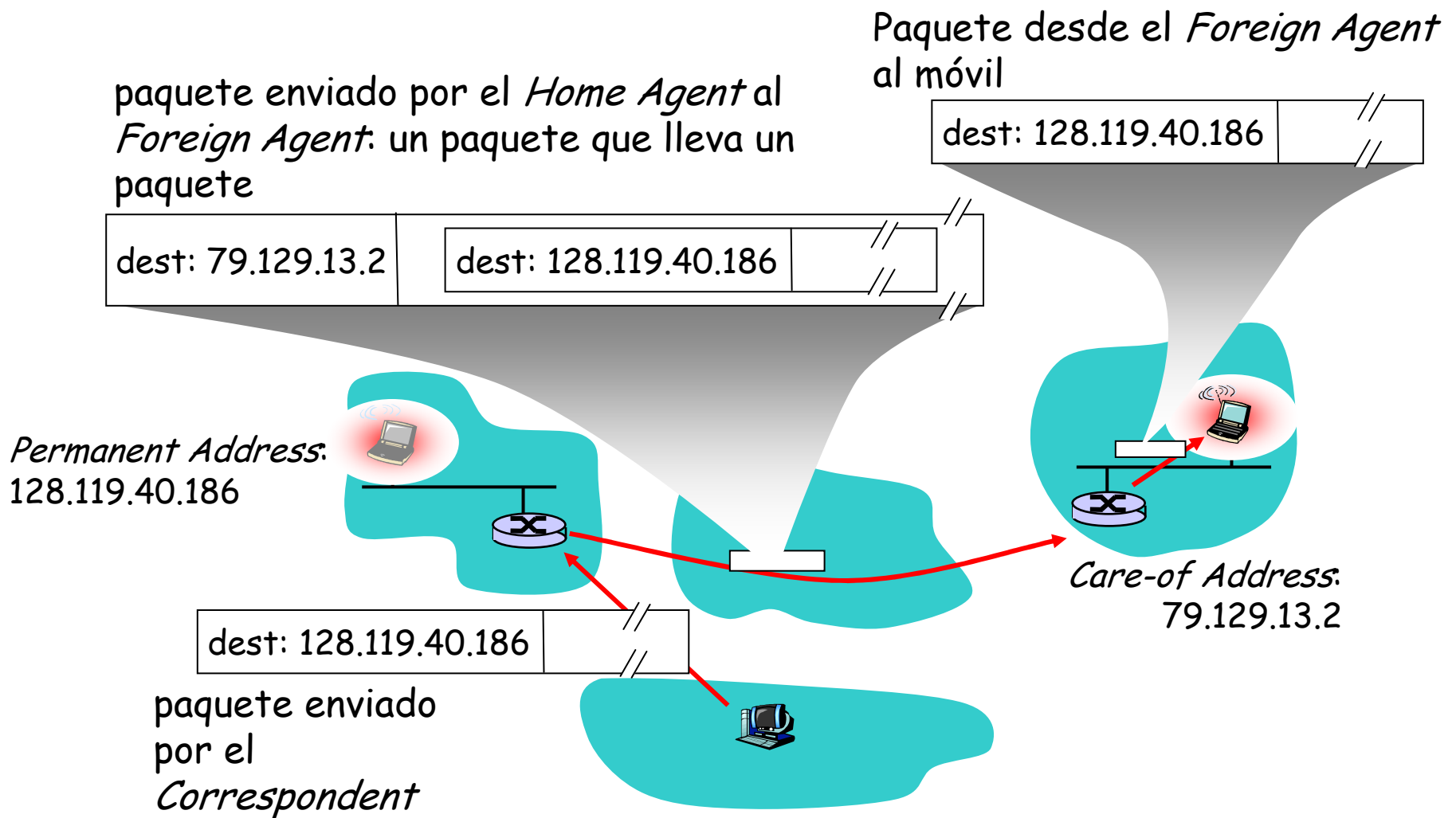
□ 6.8 movilidad y protocolos de capas superiores

□ 6.9 resumen

IP Móvil

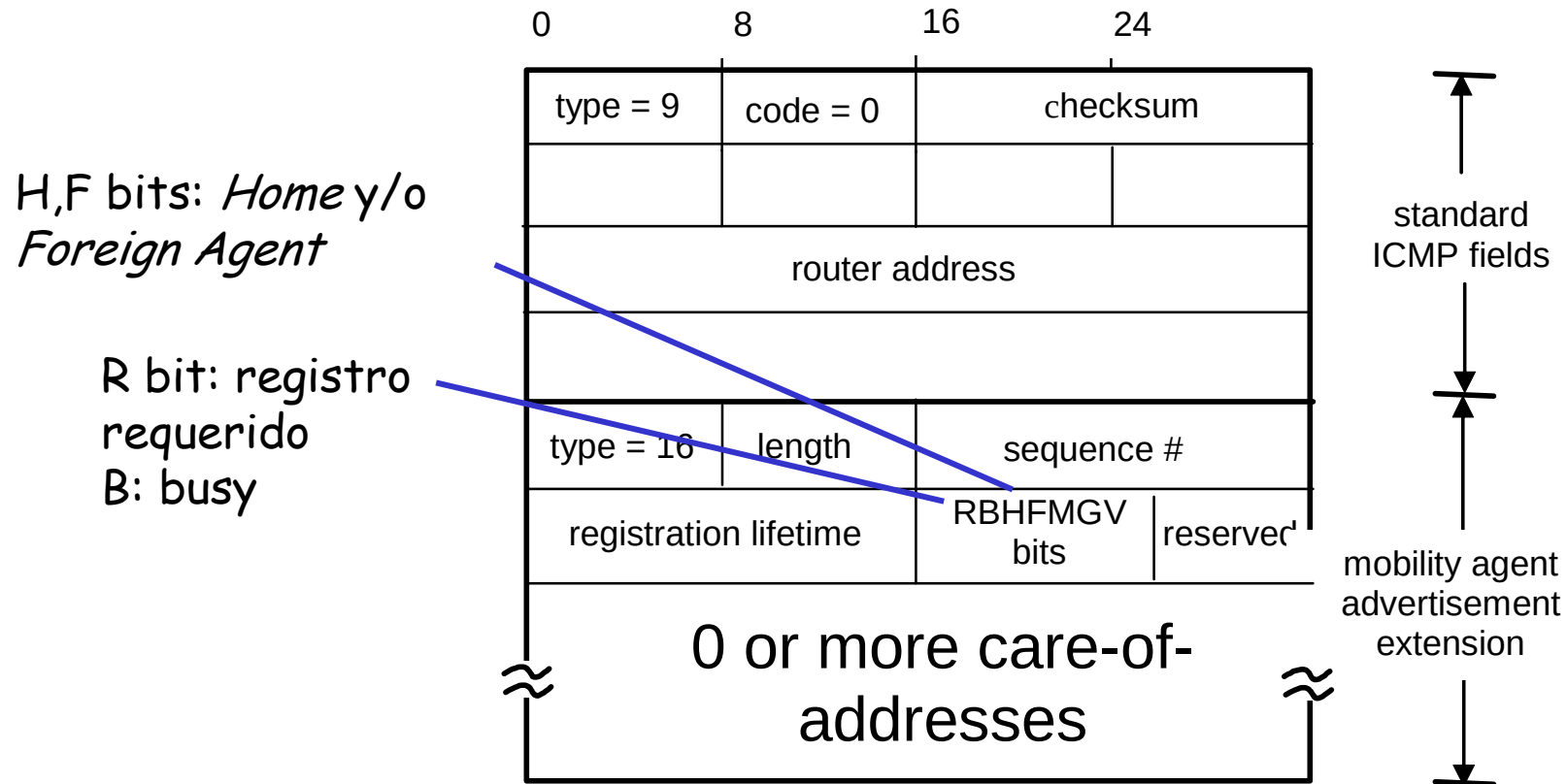
- ❑ RFC 3344
- ❑ *Charles Perkins*
- ❑ tiene varias de las prestaciones que vimos:
 - *Home Agents, Foreign Agents, Foreign-Agent registration, Care-of-Addresses, encapsulation*
- ❑ tres componentes en el estándar (servicios):
 - *Agent Discovery*
 - registro con el *Home Agent*
 - *routing* indirecto de datagramas (RFC 2003 y 2004)

IP Móvil: *routing* indirecto

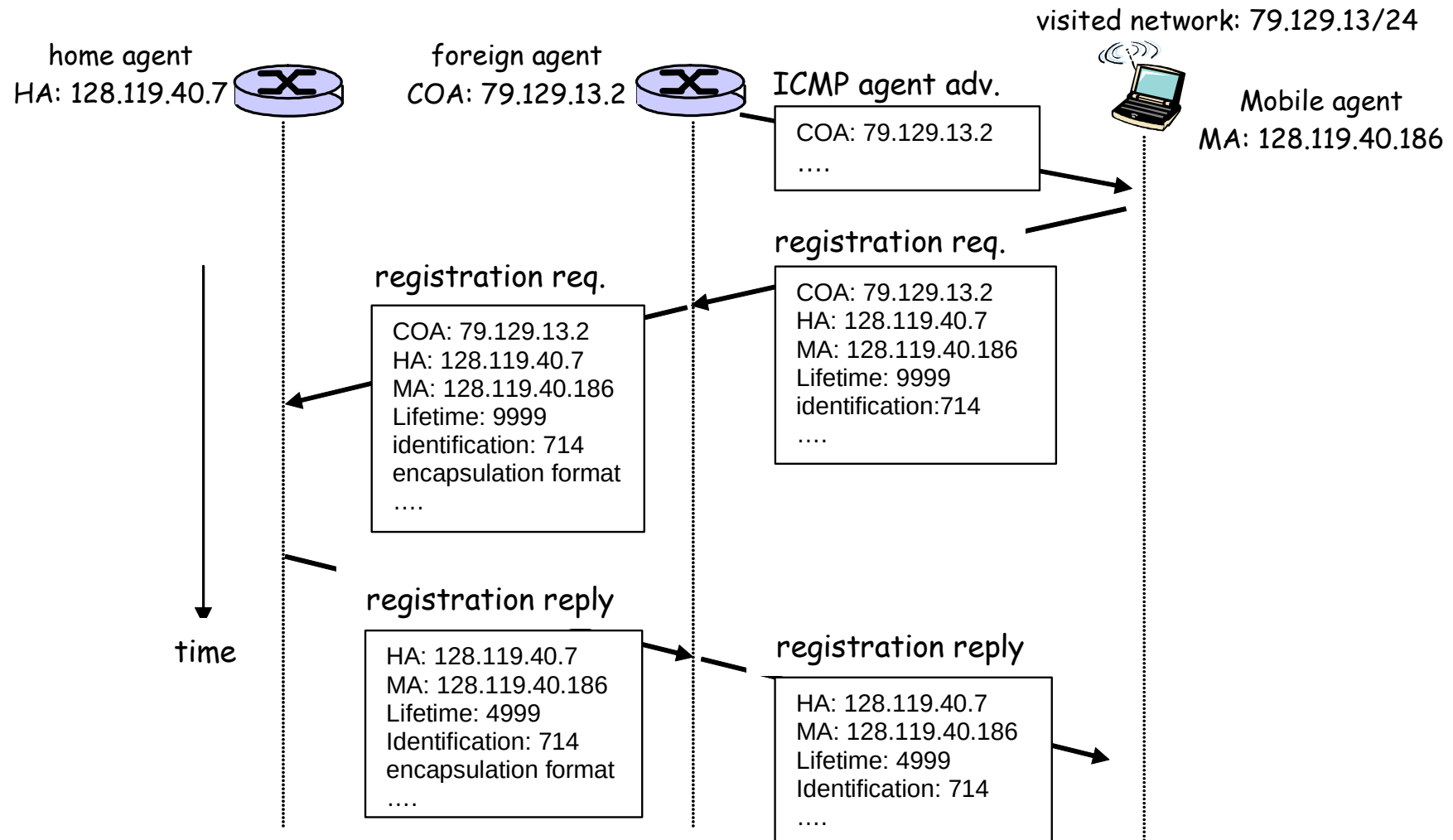


IP Móvil: Agent Discovery

- **Agent Advertisement.** los *Foreign/Home Agents* publican el servicio que brindan haciendo *broadcast* de mensajes ICMP (campo *type* = 9)

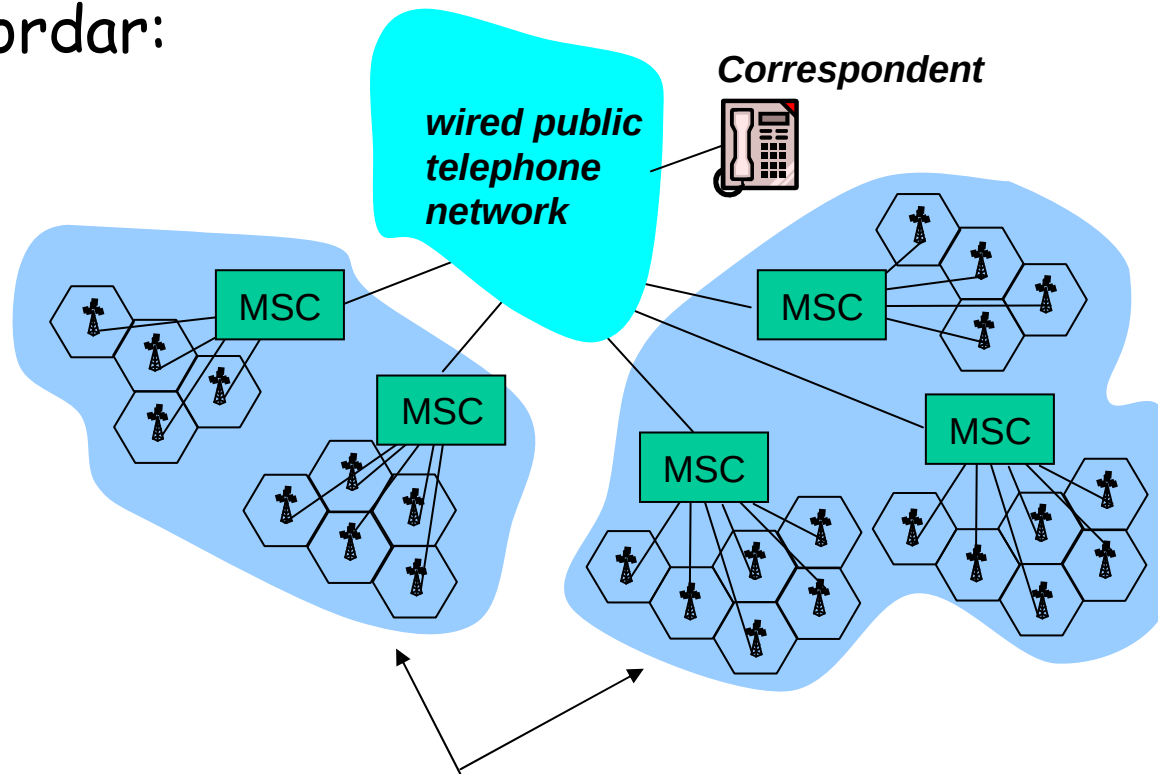


IP Móvil: ejemplo de registro



Componentes de la arquitectura de una red celular

recordar:

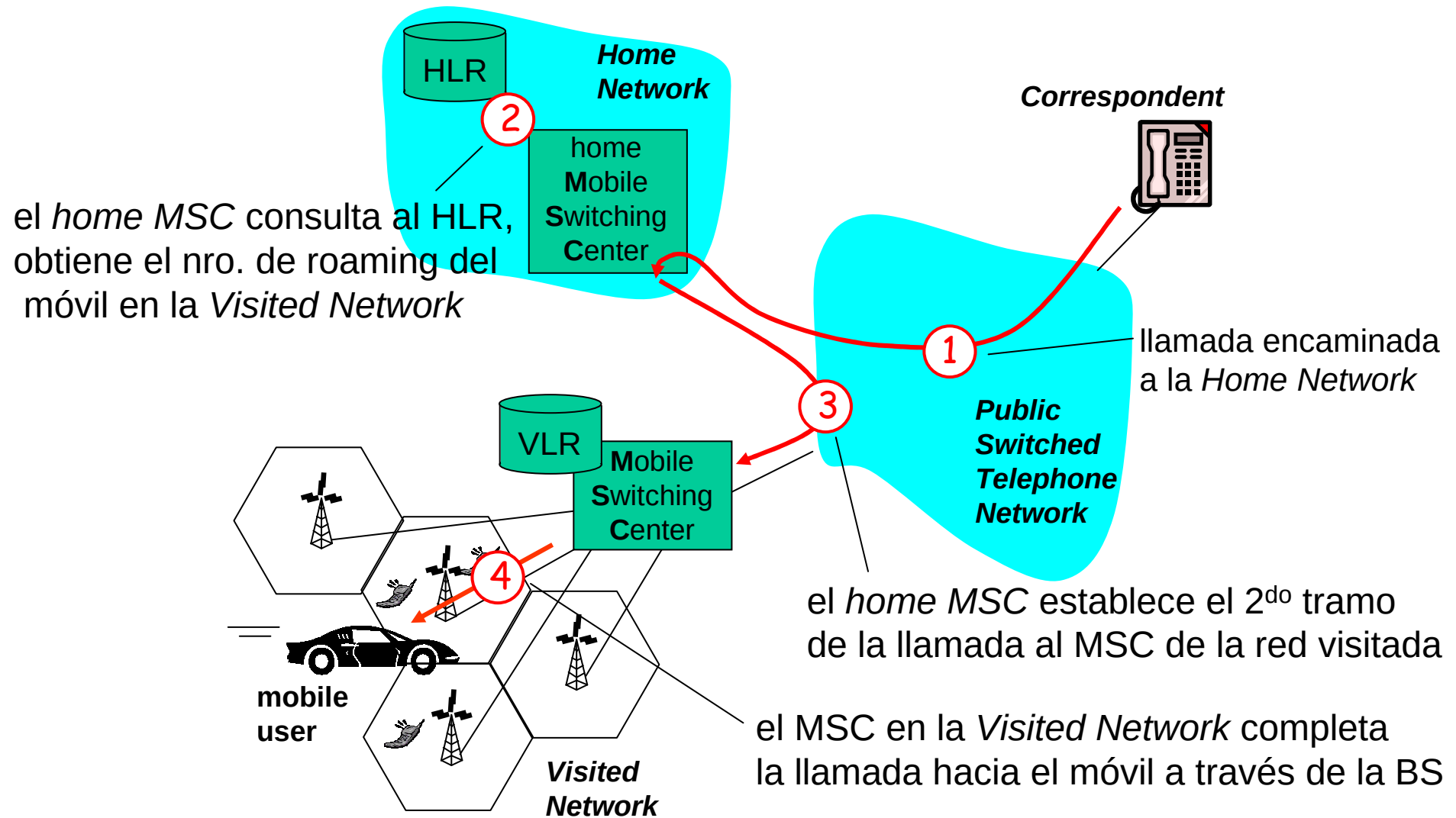


Diferentes redes celulares,
operadas por diferentes proveedores

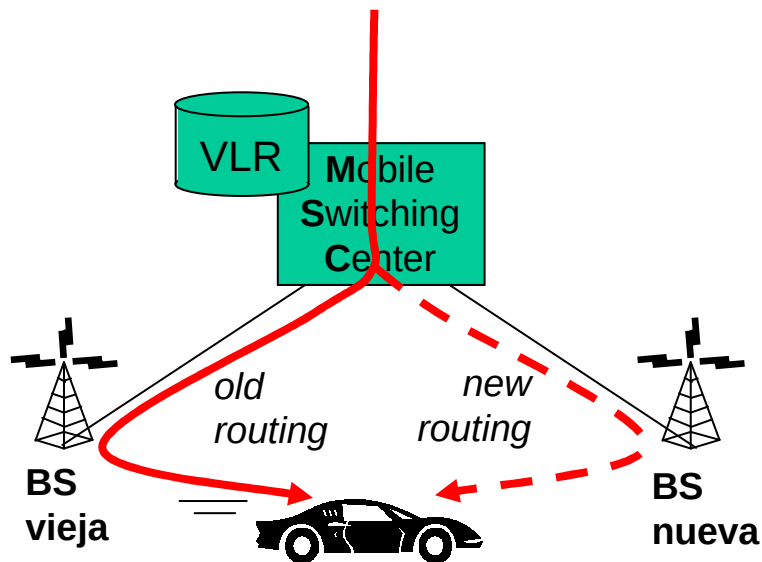
Manejando la movilidad en redes celulares

- *Home Network*: red del proveedor celular al que se está suscripto (p.e. Ancel, Claro, Movistar)
 - *Home Location Register (HLR)*: base de datos en la *Home Network* conteniendo el número permanente del teléfono celular, información del perfil (servicios, preferencias, facturación), información acerca de la localización actual (puede ser en otra red)
- *Visited Network*: red en la que reside actualmente el móvil
 - *Visitor Location Register (VLR)*: base de datos con una entrada para cada usuarios que actualmente visita dicha red
 - puede ser *Home Network*

GSM: routing indirecto al móvil

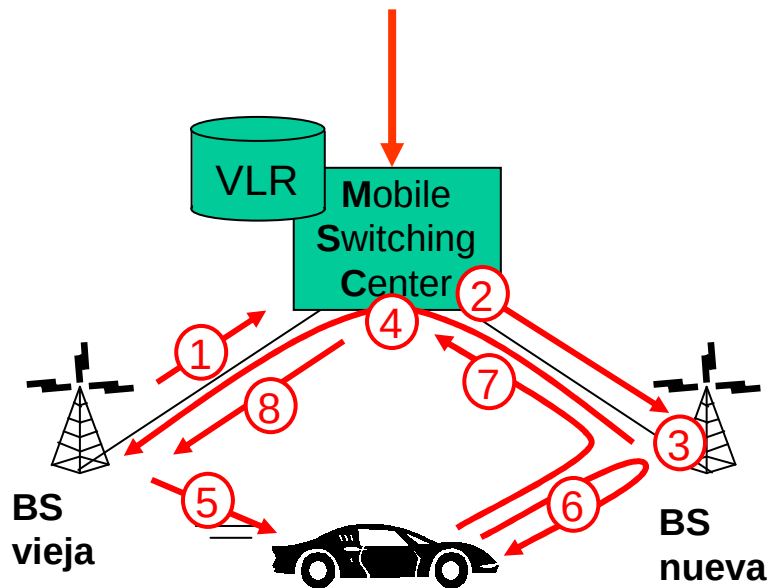


GSM: handoff en el mismo MSC



- ❑ Objetivo del *handoff*:
encaminar la llamada a través de la nueva BS (sin interrupción)
- ❑ razones para el *handoff*:
 - Señal más fuerte desde y/o hacia la nueva BSS (continuando la conectividad, drenando menos batería)
 - balance de carga: liberar un canal en la BS actual
 - GSM no especifica un mandato para realizar *handoff* (la política), sólo especifica cómo (el mecanismo)
- ❑ el *handoff* es iniciado por la BS vieja

GSM: handoff en el mismo MSC



1. la BS vieja informa al MSC del *handoff* inminente y provee una lista de 1 o más posibles BSs nuevas
2. el MSC establece el camino (asigna recursos) para la BS nueva y la señaliza acerca que ocurrirá el *handoff*
3. la BS nueva asigna un canal de radio para ser utilizado por el móvil
4. la BS nueva señaliza a la vieja BS y al MSC que el camino está establecido y que está “pronta” para el *handoff*
5. la vieja BS le indica al móvil: “realice *handoff* a la nueva BS”
6. la nueva BS señaliza al móvil para activar el nuevo canal
7. el móvil señaliza a la nueva BS y al MSC: “*handoff* completo”. El MSC re-encamina la llamada
8. se liberan los recursos “MSC - vieja BS”

Movilidad: GSM vs. IP Móvil

Elemento GSM	Comentario del elemento GSM	elemento IP Móvil
<i>Home system</i>	Red a la cual pertenece el número de teléfono permanente del móvil del usuario	<i>Home Network</i>
<i>Gateway Mobile Switching Center, o "home MSC". Home Location Register (HLR)</i>	Home MSC: punto de contacto para obtener una dirección encaminable del usuario móvil. HLR: base de datos en el home system conteniendo en número de teléfono permanente, información de perfil, localización actual del usuario móvil, información de subscripción	<i>Home Agent</i>
<i>Visited System</i>	Red distinta a la <i>home system</i> donde el usuario móvil reside actualmente	<i>Visited Network</i>
<i>Visited Mobile services Switching Center. Visitor Location Record (VLR)</i>	Visited MSC: responsable del establecimiento desde y hacia los nodos móviles en las celdas asociadas con el MSC. VLR: base de datos con entrada temporal en el <i>visited system</i> , conteniendo información de subscripción para cada usuario móvil visitante	<i>Foreign Agent</i>
<i>Mobile Station Roaming Number (MSRN), or "roaming number"</i>	Dirección encaminable para el segmento de llamada telefónica entre el <i>home MSC</i> y el <i>visited MSC</i> , visible tanto para el móvil como para el <i>correspondent</i> .	<i>Care-of-Address</i>

Inalámbrico, movilidad: impacto en los protocolos de capas superiores (y en las aplicaciones)

- ❑ lógicamente, el impacto debería ser mínimo ...
 - El modelo de servicio *best effort* permanece incambiado
 - TCP y UDP pueden (y lo hacen) correr "sobre" inalámbrico y movilidad...
- ❑ ... pero hay aspectos relacionados con la *performance*:
 - pérdida/retardo de PDUs debido a errores en bits (PDUs descartados, retardos por retransmisiones en capa de enlace), y *handoff*
 - TCP interpreta pérdida como congestión, por lo tanto decrementa, a veces innecesariamente, la ventana de congestión
 - problemas con los retardos para tráfico de tiempo real
 - ancho de banda limitado en enlaces *wireless*

Inalámbrico, movilidad: impacto en los protocolos de capas superiores. Paliativos

- ❑ Capa 2
 - Técnicas más "agresivas" de corrección de errores

- ❑ Capa 4
 - *Split* de la conexión: TCP para *wireless* y TCP para *wired*

 - Distinguir entre pérdidas por hostilidad del medio y por congestión
 - *ECN: Explicit Congestion Notification*
 - RFC 3168, 3540, 4774
 - Señalizar con 2 bits en el encabezado IP y 2 en el TCP, que efectivamente se está experimentando congestión
 - Soportado en MAC OS, Windows Vista, Linux, Cisco, Solaris 9, tcpdump, wireshark, ns-2,...
 - <http://www.icir.org/floyd/ecn.html>