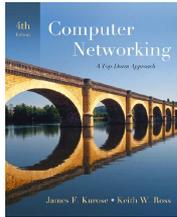


Introducción a las Redes de Computadoras

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

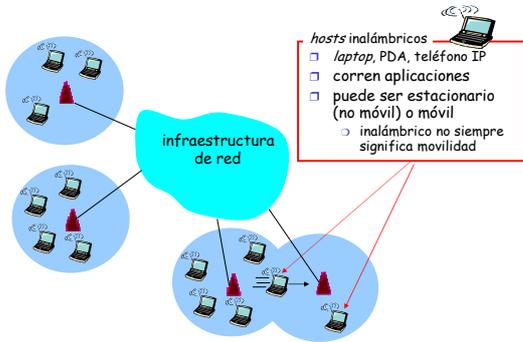
Inalámbrico

- 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

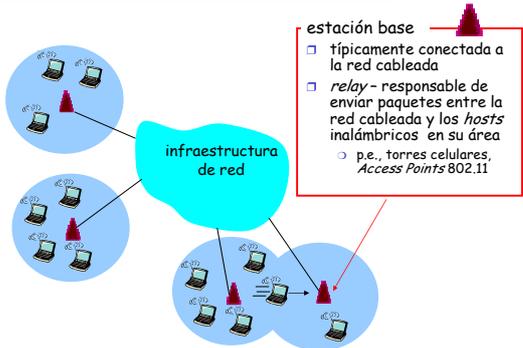
Elementos de una red inalámbrica



- hosts inalámbricos**
- *laptop*, PDA, teléfono IP
 - corren aplicaciones
 - puede ser estacionario (no móvil) o móvil
 - inalámbrico no siempre significa movilidad

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

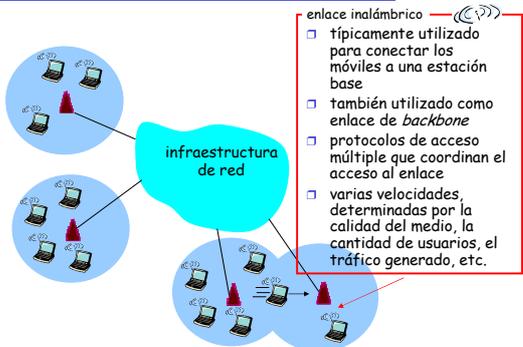
Elementos de una red inalámbrica



- estación base**
- típicamente conectada a la red cableada
 - *relay* - responsable de enviar paquetes entre la red cableada y los *hosts* inalámbricos en su área
 - p.e., torres celulares, *Access Points* 802.11

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

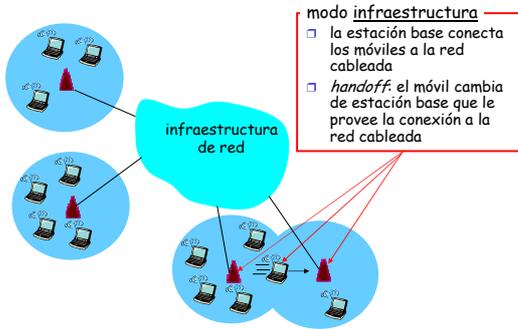
Elementos de una red inalámbrica



- enlace inalámbrico**
- típicamente utilizado para conectar los móviles a una estación base
 - también utilizado como enlace de *backbone*
 - protocolos de acceso múltiple que coordinan el acceso al enlace
 - varias velocidades, determinadas por la calidad del medio, la cantidad de usuarios, el tráfico generado, etc.

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

Elementos de una red inalámbrica

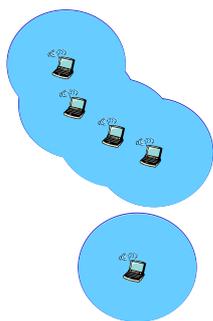


modo infraestructura

- la estación base conecta los móviles a la red cableada
- *handoff*: el móvil cambia de estación base que le provee la conexión a la red cableada

Int. Redes de Computadoras - Redes inalámbricas y móviles 6-7

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

Int. Redes de Computadoras - Redes inalámbricas y móviles 6-8

Taxonomía de una red inalámbrica

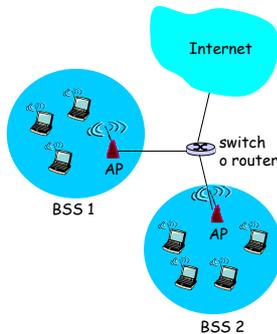
	único salto	múltiples saltos
infraestructura (p.e., APs)	<i>host</i> conectados a una estación base (Wi-Fi™, WiMAX™, celular) la cual lo conecta a Internet	el <i>host</i> podría tener que atravesar varios nodos <i>wireless</i> para conectarse a Internet: red <i>mesh</i>
no infraestructura	sin estación 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

Int. Redes de Computadoras - Redes inalámbricas y móviles 6-9

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*

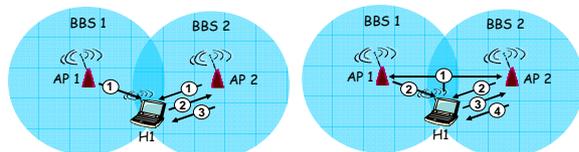
Int. Redes de Computadoras - Redes inalámbricas y móviles 6-16

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 6-17

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

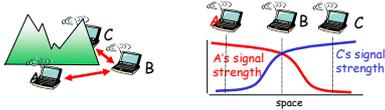
Scanning activo:

- (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 6-18

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(avoidance)



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

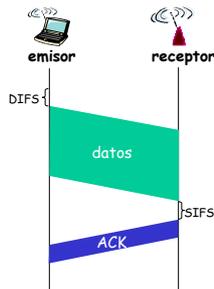
Protocolo MAC de IEEE 802.11: CSMA/CA

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

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

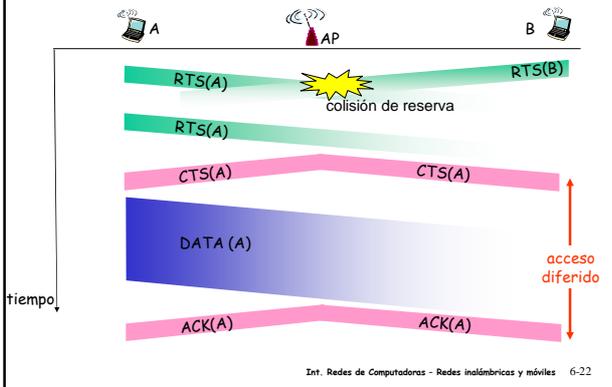
Evitando colisiones (más)

- 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

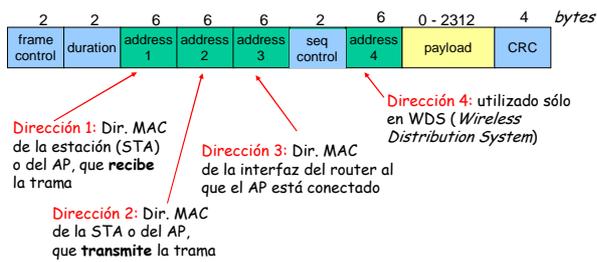
Evitar que las tramas de datos colisionen completamente, utilizando pequeñas tramas de reserva. Opcional su uso, no su respeto

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

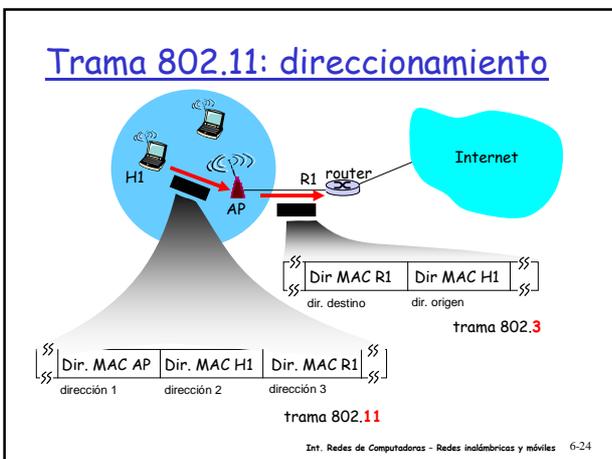
Evitado de colisión: intercambio RTS-CTS



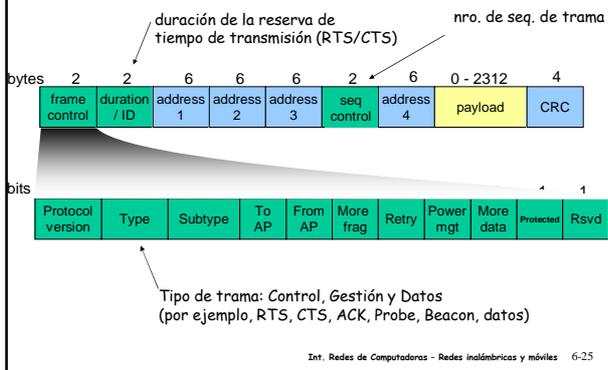
Trama 802.11: direccionamiento



Trama 802.11: direccionamiento

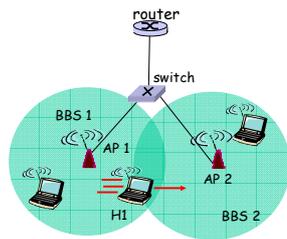


Trama 802.11: más



802.11: movilidad en la misma subred

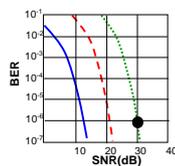
- H1 permanece en la misma subred IP: la dirección IP puede ser la misma
- *switch*: ¿Qué AP está asociado con H1?
 - *self-learning* (Ch. 5): el *switch* observa la trama de H1 y "recuerda" qué puerto del *switch* puede ser utilizado para alcanzar a H1



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)

Int. Redes de Computadoras - Redes inalámbricas y móviles 6-28

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



Int. Redes de Computadoras - Redes inalámbricas y móviles 6-29

IEEE 802.15: Redes de Área Personal (PAN)

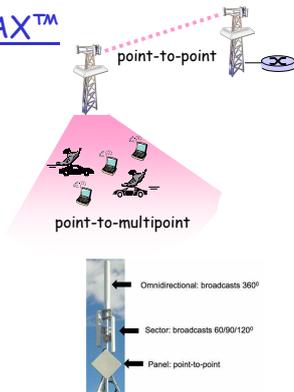
- Arquitectura
 - Piconet
 - Scatternet
- maestro/esclavo:
 - El maestro coordina el uso del medio
- 802.15: generado a partir de la Especificación Bluetooth™
 - espectro 2.4 -2.483,5GHz
 - hasta 721 kbps



Int. Redes de Computadoras - Redes inalámbricas y móviles 6-30

IEEE 802.16: WiMAX™

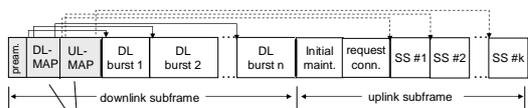
- World Interoperability for Microwave Access
- Fijo: 802.16-2004
- Móvil: 802.16e
- similar a 802.11 & celular: modelo de estación base
 - transmisiones hacia y desde la estación base
 - *backhaul*: antena punto a punto
- a diferencia de 802.11:
 - rango ~ 10 Km ("ciudad en lugar de plaza de comidas")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



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

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

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

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

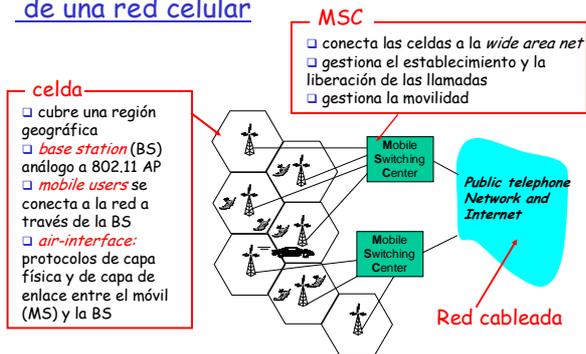
Int. Redes de Computadoras - Redes inalámbricas y móviles 6-33

Acceso inalámbrico a Internet

- Wi-Fi
 - Relativamente madura y amplio despliegue
 - LAN
- WiMAX
 - Relativamente inmadura y escaso despliegue
 - MAN
- ¿Entonces?: ¿redes celulares?

Int. Redes de Computadoras - Redes inalámbricas y móviles 6-34

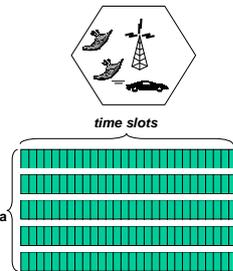
Componentes de la arquitectura de una red celular



Int. Redes de Computadoras - Redes inalámbricas y móviles 6-35

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* → T x 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"



Int. Redes de Computadoras - Redes inalámbricas y móviles 6-36

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!!

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

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

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

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 (macrocela)
 - 384 kbps uso exterior quieto o caminando (microcela)
 - 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: 1x*Evolution Data Optimized* (1xEVDO) del orden de 3 Mbps
 - USA y algo de Asia

Int. Redes de Computadoras - Redes inalámbricas y móviles 6-39

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

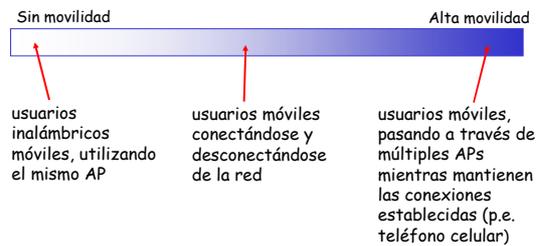
Movilidad

- 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

Int. Redes de Computadoras - Redes inalámbricas y móviles 6-40

¿Qué es movilidad?

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



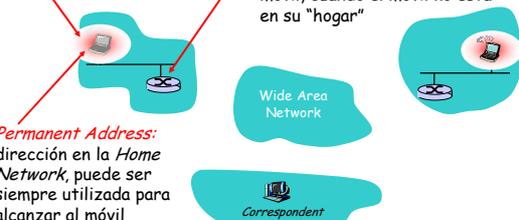
Int. Redes de Computadoras - Redes inalámbricas y móviles 6-41

Movilidad: Terminología

Home Network: red "hogar" del móvil (p.e., 128.119.40/24)

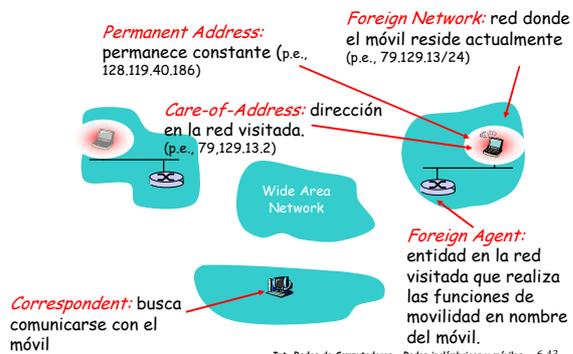
Home Agent: entidad que realiza las funciones de gestión de la movilidad en nombre del móvil, cuando el móvil no está en su "hogar"

Permanent Address: dirección en la Home Network, puede ser siempre utilizada para alcanzar al móvil p.e., 128.119.40.186



Int. Redes de Computadoras - Redes inalámbricas y móviles 6-42

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

Int. Redes de Computadoras - Redes inalámbricas y móviles 6-44

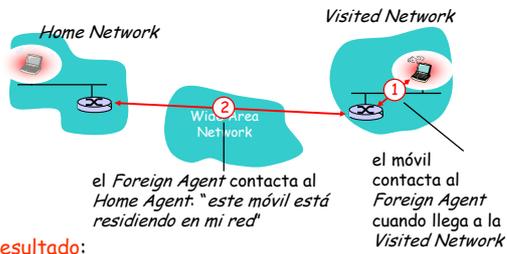
Movilidad: aproximación

- **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

no escalable para millones de móviles

Int. Redes de Computadoras - Redes inalámbricas y móviles 6-45

Movilidad: registro

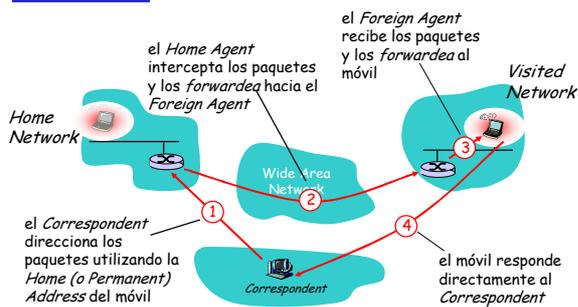


resultado:

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

Int. Redes de Computadoras - Redes inalámbricas y móviles 6-46

Movilidad a través de Routing Indirecto



Int. Redes de Computadoras - Redes inalámbricas y móviles 6-47

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

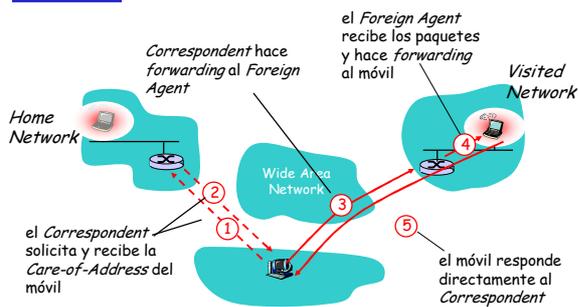
Int. Redes de Computadoras - Redes inalámbricas y móviles 6-48

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

Int. Redes de Computadoras - Redes inalámbricas y móviles 6-49

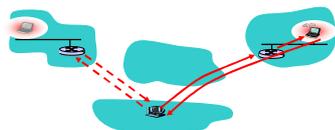
Movilidad a través de Routing Directo



Int. Redes de Computadoras - Redes inalámbricas y móviles 6-50

Movilidad a través de Routing Directo: comentarios

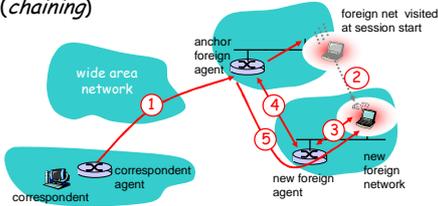
- soluciona el problema del *routing* triangular
- **no transparente para el Correspondent**: el Correspondent debe obtener la *Care-of-Address* desde el *Home Agent*
 - ¿Qué ocurre si el móvil cambia de red visitada?



Int. Redes de Computadoras - Redes inalámbricas y móviles 6-51

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 "forwadeados" desde el viejo FA (*chaining*)



Int. Redes de Computadoras - Redes inalámbricas y móviles 6-52

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

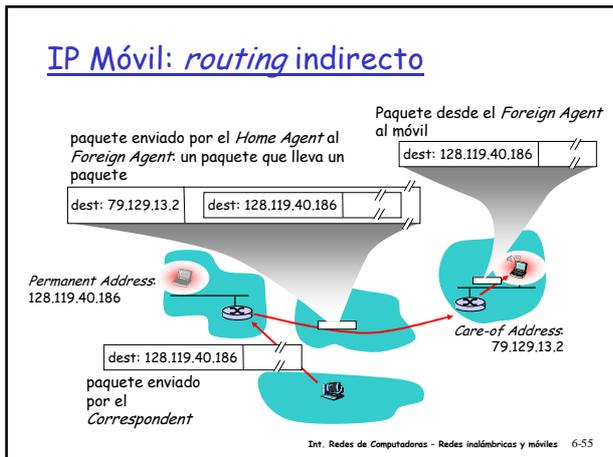
Int. Redes de Computadoras - Redes inalámbricas y móviles 6-53

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)

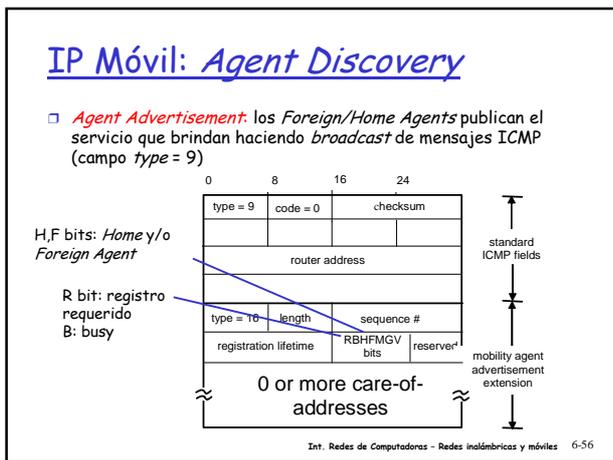
Int. Redes de Computadoras - Redes inalámbricas y móviles 6-54

IP Móvil: *routing indirecto*

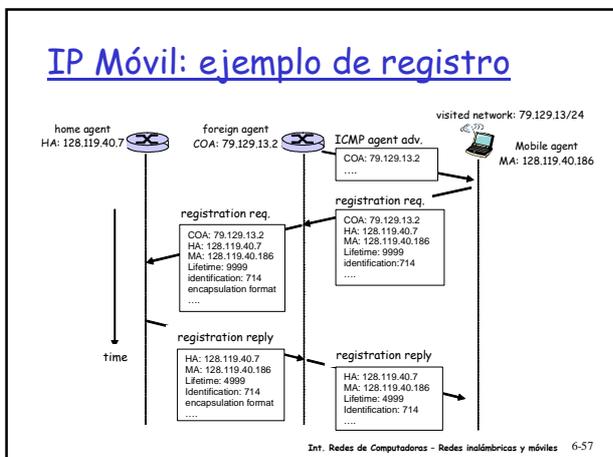


IP Móvil: *Agent Discovery*

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

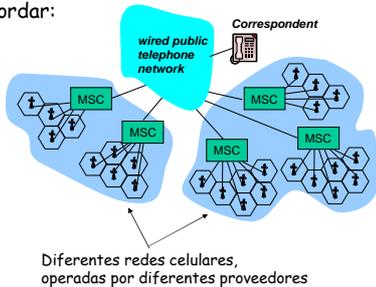


IP Móvil: *ejemplo de registro*



Componentes de la arquitectura de una red celular

recordar:



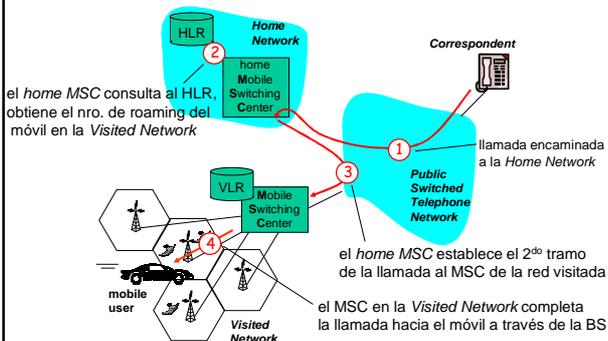
Int. Redes de Computadoras - Redes inalámbricas y móviles 6-58

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*

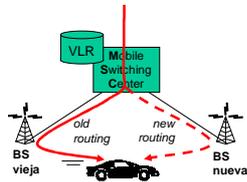
Int. Redes de Computadoras - Redes inalámbricas y móviles 6-59

GSM: routing indirecto al móvil



Int. Redes de Computadoras - Redes inalámbricas y móviles 6-60

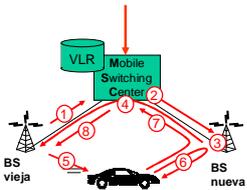
GSM: handoff en el mismo MSC



- 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

Int. Redes de Computadoras - Redes inalámbricas y móviles 6-61

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"

Int. Redes de Computadoras - Redes inalámbricas y móviles 6-62

Movilidad: GSM vs. IP Móvil

Elemento GSM	Comentario del elemento GSM	elemento IP Móvil
Home system	Red a la cual pertenece el número de teléfono permanente del móvil del usuario	Home Network
Gateway Mobile Switching Center, o "home MSC", Home Location Register (HLR)	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 suscripción	Home Agent
Visited System	Red distinta a la home system donde el usuario móvil reside actualmente	Visited Network
Visited Mobile services Switching Center, Visitor Location Record (VLR)	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 visited system, conteniendo información de suscripción para cada usuario móvil visitante	Foreign Agent
Mobile Station Roaming Number (MSRN), or "roaming number"	Dirección encaminable para el segmento de llamada telefónica entre el home MSC y el visited MSC, visible tanto para el móvil como para el correspondent.	Care-of-Address

Int. Redes de Computadoras - Redes inalámbricas y móviles 6-63

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 decremента, a veces innecesariamente, la ventana de congestión
 - problemas con los retardos para tráfico de tiempo real
 - ancho de banda limitado en enlaces *wireless*

Int. Redes de Computadoras - Redes inalámbricas y móviles 6-64

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>

Int. Redes de Computadoras - Redes inalámbricas y móviles 6-65
