

Capitolo 6

Reti Wireless e Mobili

Nota per l'utilizzo:

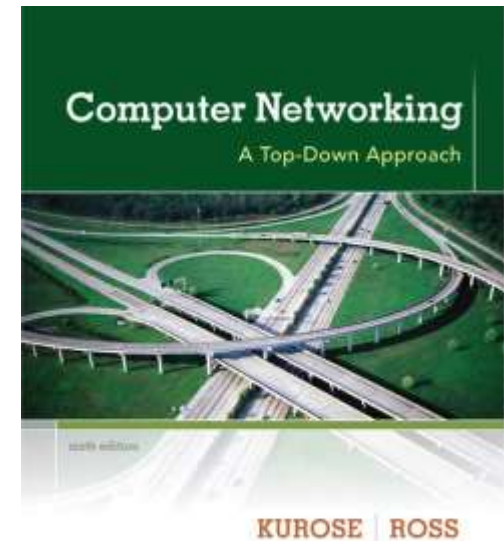
Abbiamo preparato queste slide con l'intenzione di renderle disponibili a tutti (professori, studenti, lettori). Sono in formato PowerPoint in modo che voi possiate aggiungere e cancellare slide (compresa questa) o modificarne il contenuto in base alle vostre esigenze.

Come potete facilmente immaginare, da parte nostra abbiamo fatto un sacco di lavoro. In cambio, vi chiediamo solo di rispettare le seguenti condizioni:

- ❑ se utilizzate queste slide (ad esempio, in aula) in una forma sostanzialmente inalterata, fate riferimento alla fonte (dopo tutto, ci piacerebbe che la gente usasse il nostro libro!)
- ❑ se rendete disponibili queste slide in una forma sostanzialmente inalterata su un sito web, indicate che si tratta di un adattamento (o che sono identiche) delle nostre slide, e inserite la nota relativa al copyright.

Thanks and enjoy! JFK/KWR

©All material copyright 1996-2012
J.F Kurose and K.W. Ross, All Rights Reserved



*Computer
Networking: A Top
Down Approach*
6th edition
Jim Kurose, Keith Ross
Addison-Wesley
March 2012

Capitolo 6: Reti Wireless e Mobili

Scenario attuale:

- ❖ il numero di telefoni cellulari è maggiore del numero di telefoni fissi (rapporto 5 a 1)!
- ❖ i dispositivi connessi senza fili a Internet eguagliano quelli wired
 - laptop, telefoni abilitati all'accesso Internet prefigurano uno stato di connessione permanente
- ❖ due importanti (ma differenti) sfide
 - *wireless*: comunicazione in un canale wireless
 - *mobilità*: gestione dell'utente mobile che cambia punto di connessione alla rete

Capitolo 6

6.1 Introduzione

Wireless

6.2 Link wireless, caratteristiche

- CDMA

6.3 LAN wireless IEEE 802.11 (“Wi-Fi”)

6.4 Cellular Internet Access

- architettura
- standard (es., GSM)

Mobilità

6.5 Principi: indirizzamento e routing per utenti mobili

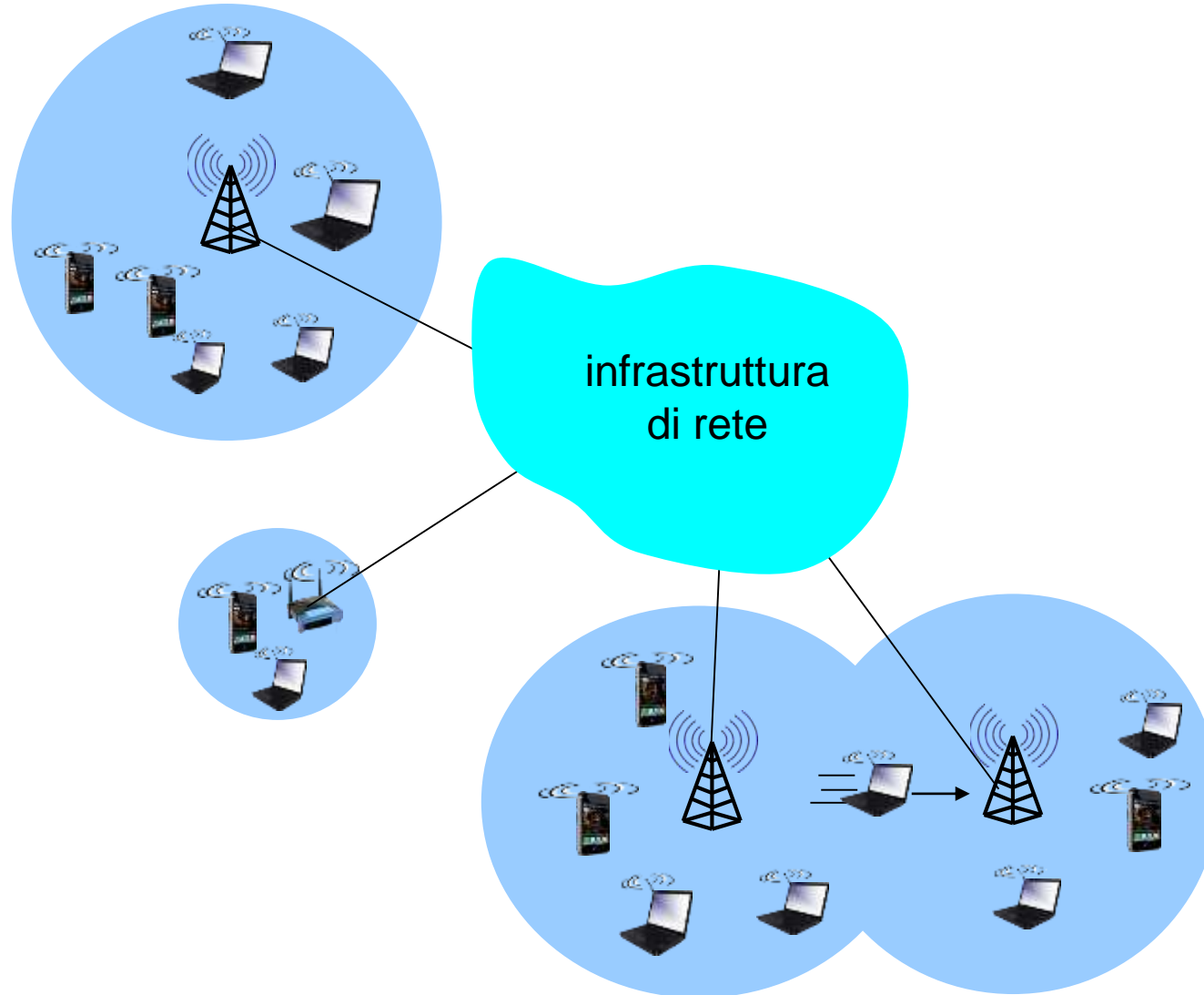
6.6 Mobile IP

6.7 Gestire la mobilità nelle reti cellulari

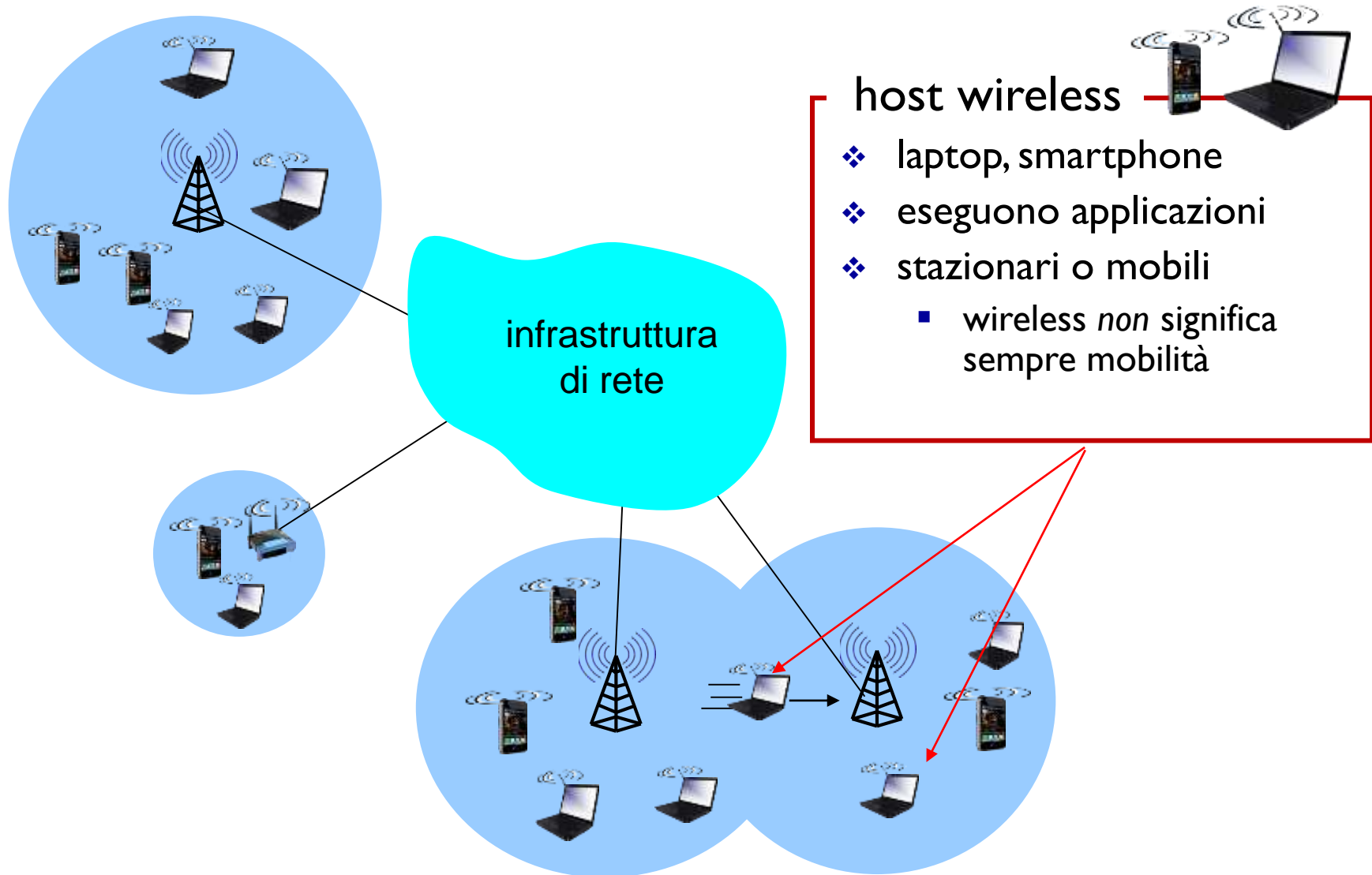
6.8 Mobilità e protocolli di livello superiore

6.9 Riassunto

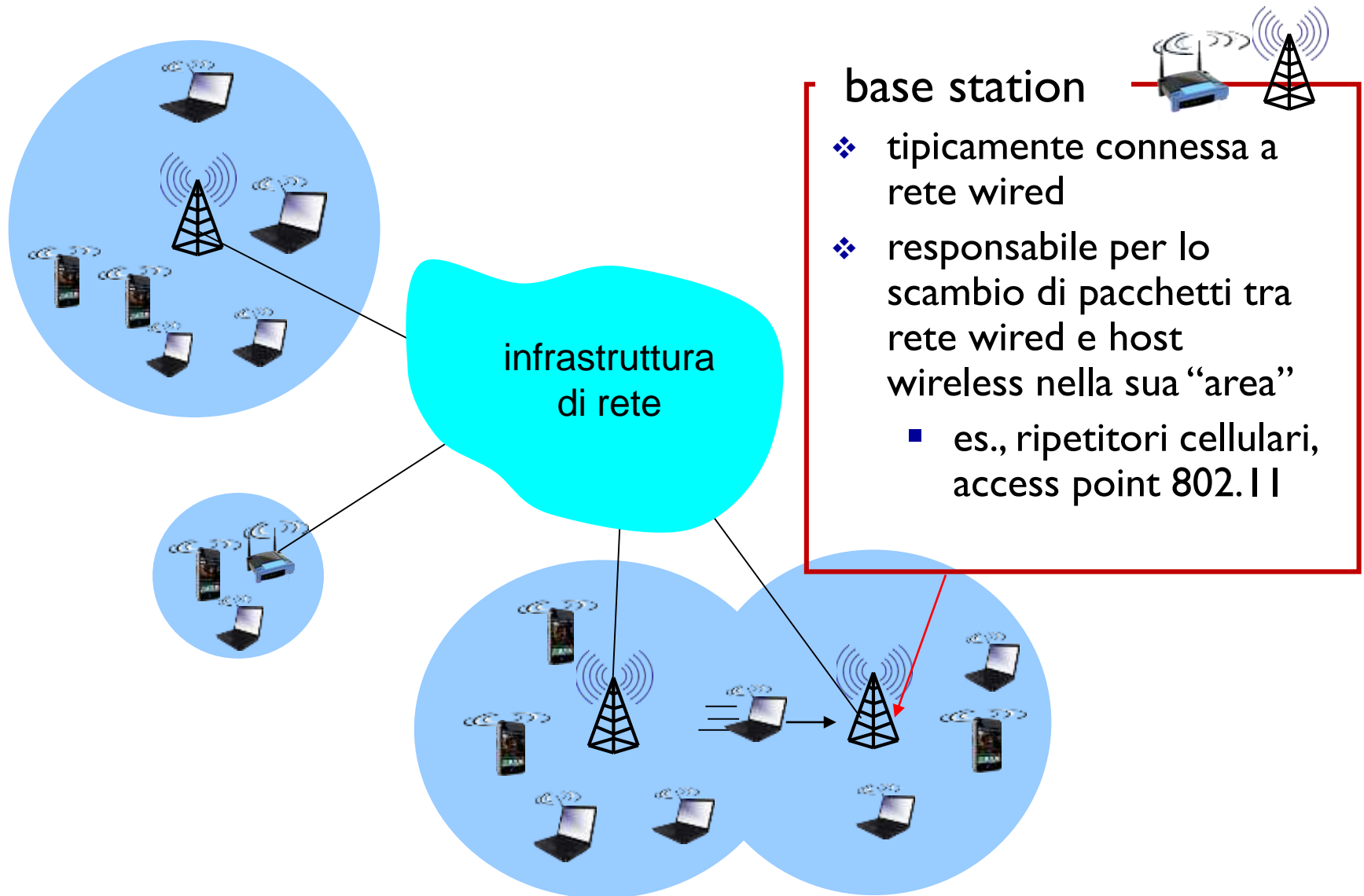
Elementi di una rete wireless



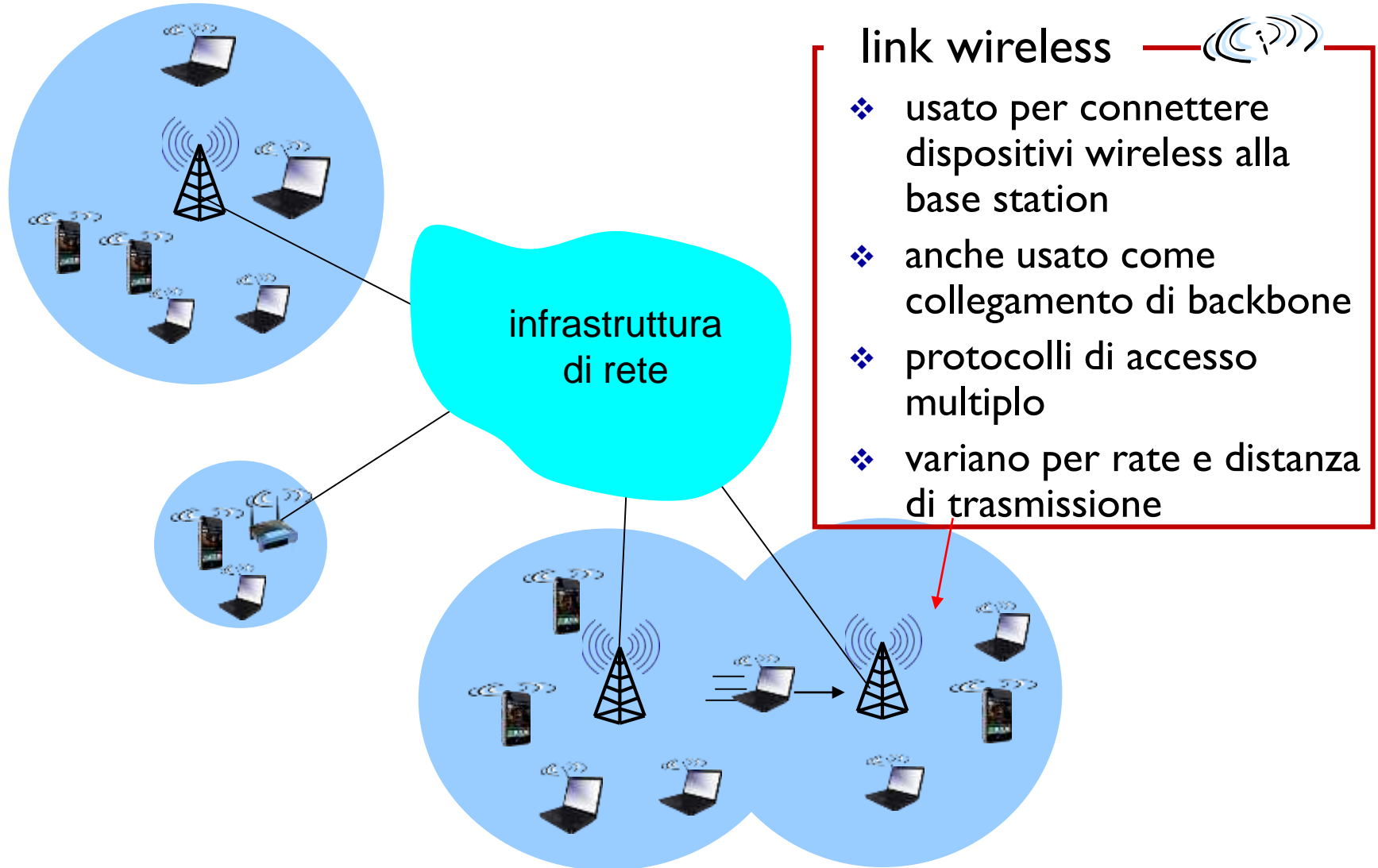
Elementi di una rete wireless



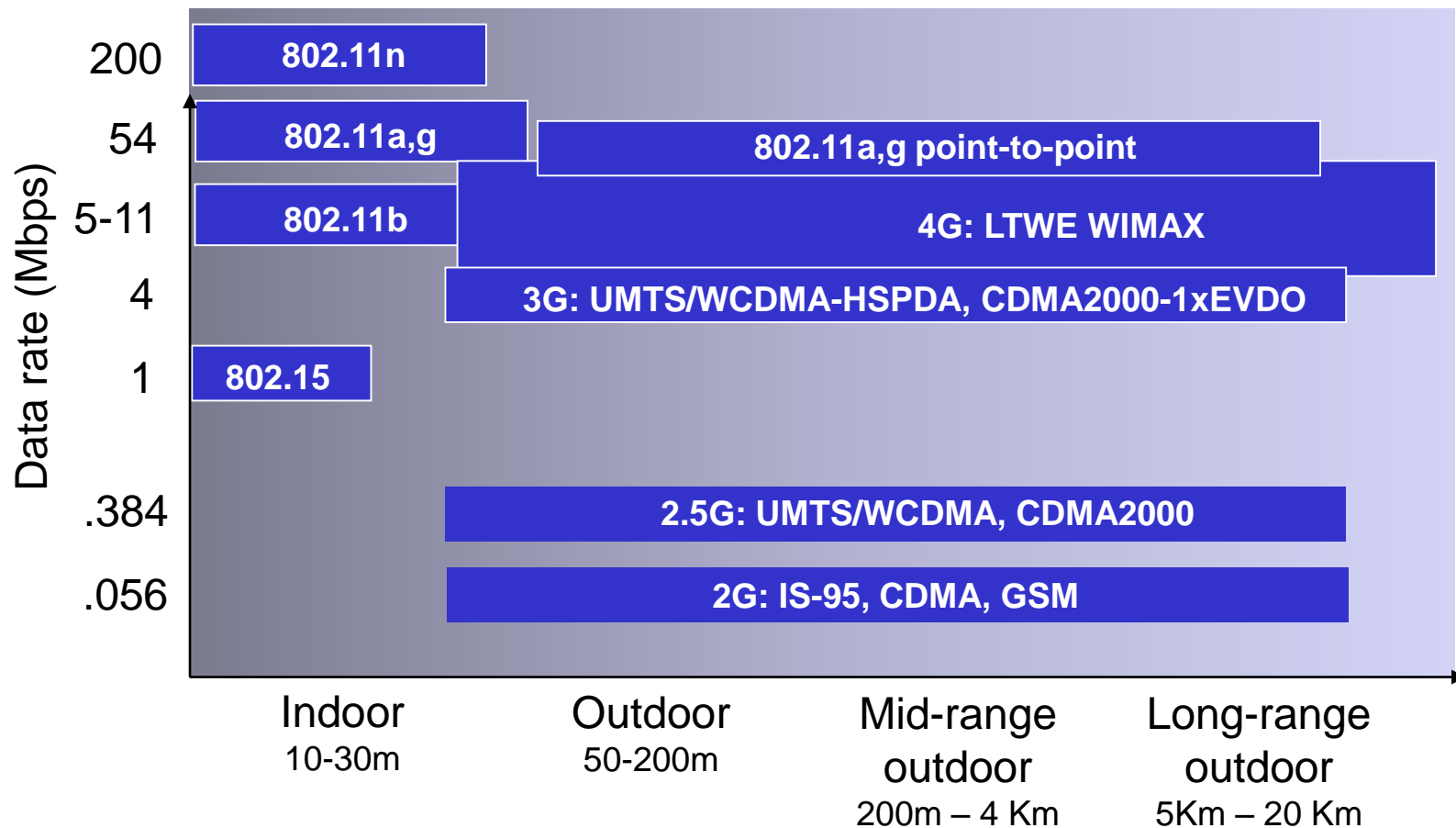
Elementi di una rete wireless



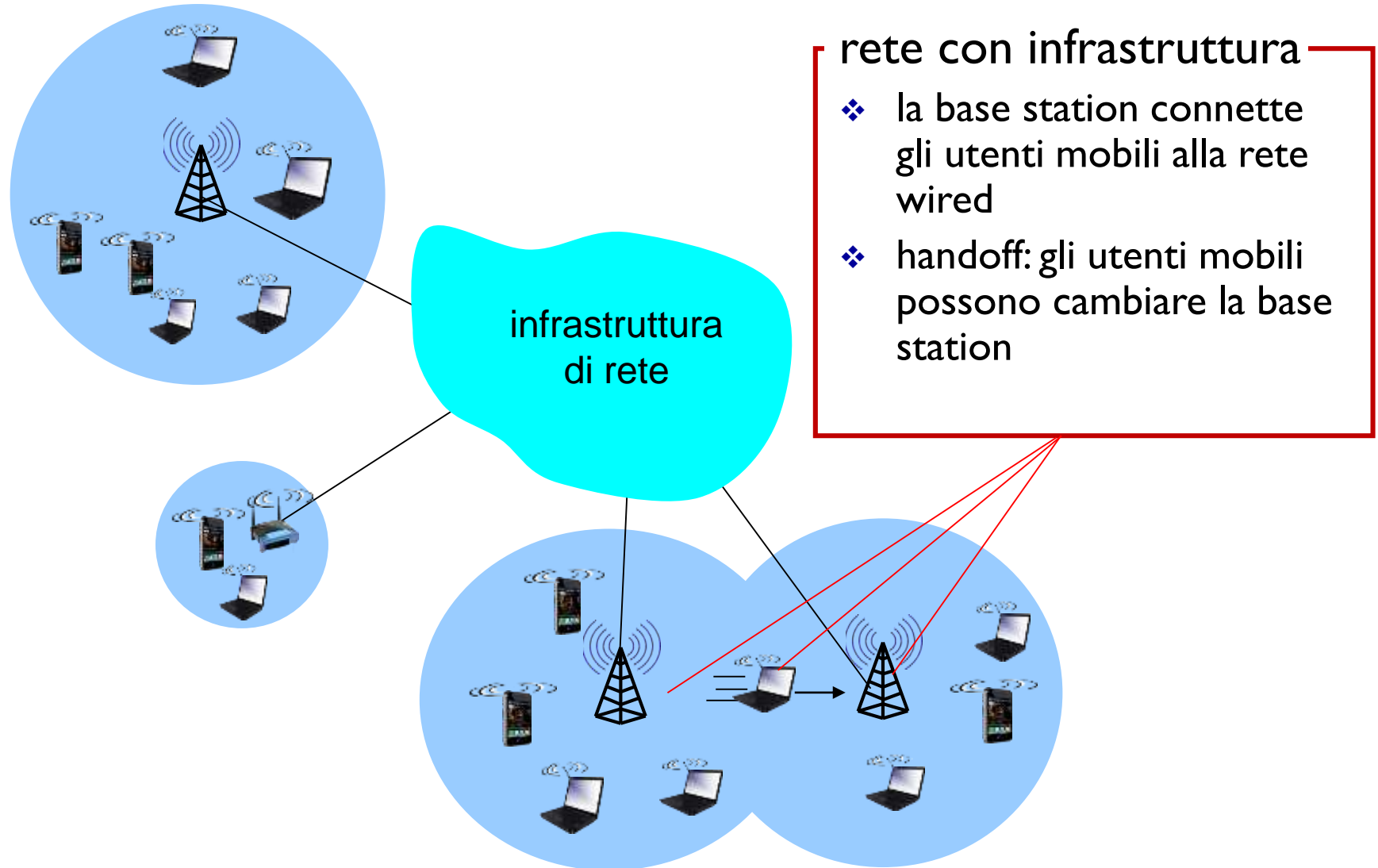
Elementi di una rete wireless



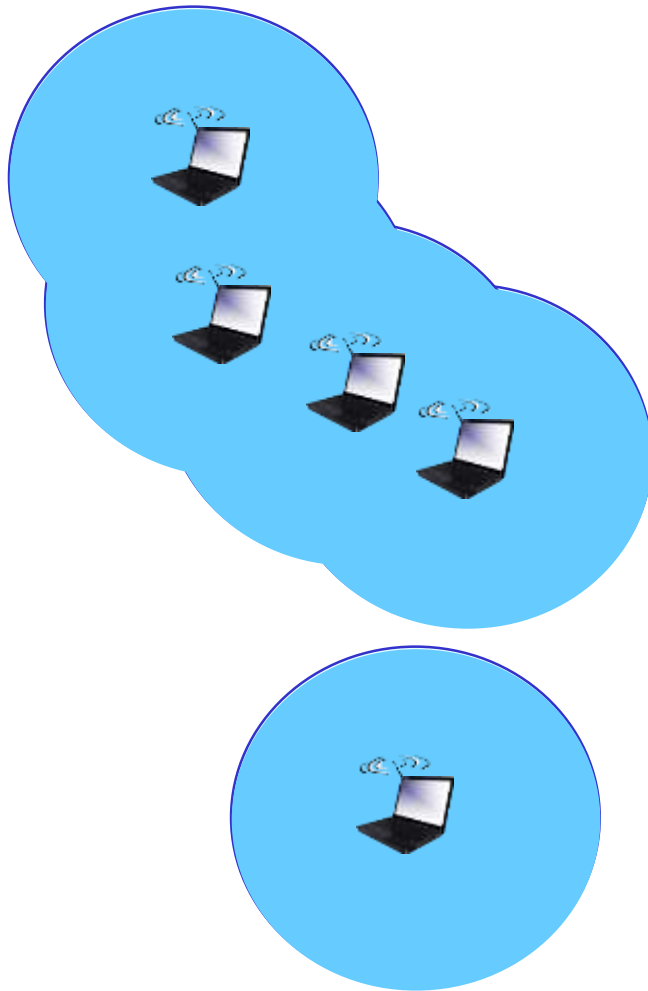
Caratteristiche di alcuni link wireless



Elementi di una rete wireless



Elementi di una rete wireless



reti ad hoc

- ❖ non ci sono base station
- ❖ i nodi possono comunicare solo con altri nodi nel raggio di copertura
- ❖ i nodi si organizzano in una rete: routing all'interno della rete che si è formata

Reti wireless: classificazione

	single hop	multiple hop
infrastruttura (es., AP)	gli host si connettono a base station (WiFi, WiMAX, cellulari) che si connettono a reti wired	gli host possono dover attraversare diversi nodi wireless per connettersi alla rete: <i>mesh net</i>
nessuna infrastruttura	nessuna base station, nessuna connessione a reti wired (Bluetooth, reti ad hoc)	nessuna base station, nessuna connessione a reti wired . Devono attraversare vari nodi per arrivare a destinazione (MANET, VANET)

Capitolo 6

6.1 Introduzione

Wireless

6.2 Link wireless, caratteristiche

- CDMA

6.3 LAN wireless IEEE 802.11 (“Wi-Fi”)

6.4 Cellular Internet Access

- architettura
- standard (es., GSM)

Mobilità

6.5 Principi: indirizzamento e routing per utenti mobili

6.6 Mobile IP

6.7 Gestire la mobilità nelle reti cellulari

6.8 Mobilità e protocolli di livello superiore

6.9 Riassunto

Caratteristiche dei Link Wireless (I)

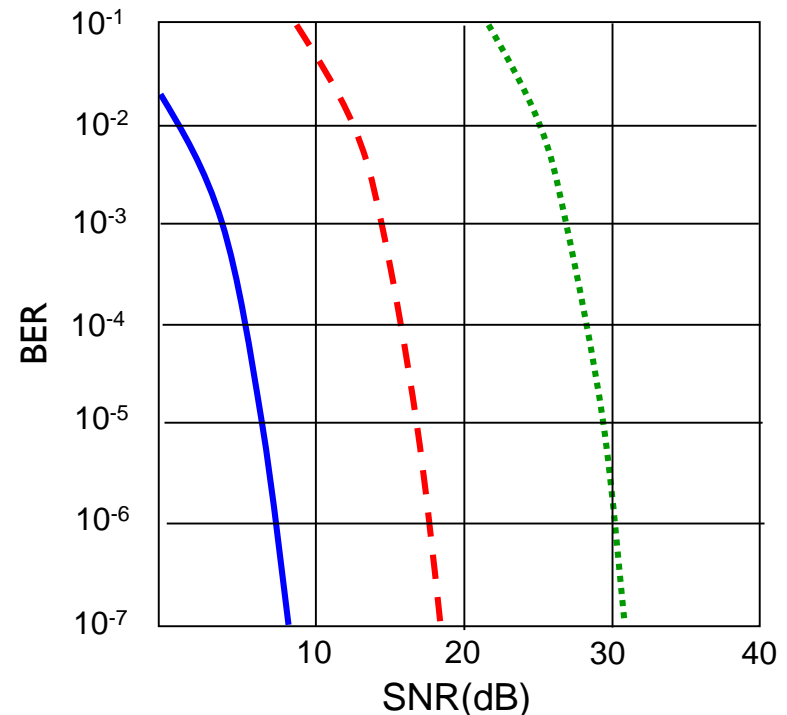
differenze *importanti* con i link wired

- *attenuazione del segnale*: il segnale radio si attenua mentre si propaga nel mezzo (path loss)
- *interferenze con altre sorgenti*: le reti wireless usano frequenze standard (es., 2.4 GHz) condivise con altri dispositivi (es, telefoni); altri dispositivi (motori, microonde) pure interferiscono
- *propagazione su più cammini*: il segnale radio si riflette sugli oggetti e può arrivare a destinazione con tempi diversi

.... rendono la comunicazione wireless (anche punto-a-punto fra due soli utenti) molto più complessa

Caratteristiche dei Link Wireless (2)

- ❖ SNR: signal-to-noise ratio
 - maggiore SNR – più facile estrarre il segnale dal rumore (“positivo”)
- ❖ *SNR versus BER*
 - *dato un mezzo fisico*: aumento di potenza \rightarrow aumento di SNR \rightarrow diminuzione di BER
 - *dato un SNR*: scegliere un mezzo fisico che soddisfi un requisito BER, dando un maggior throughput
 - SNR può cambiare con la mobilità: adattamento dinamico al mezzo fisico (tecniche di modulazione, rate)



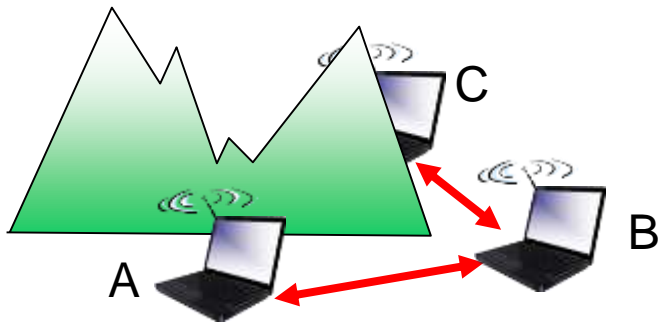
..... QAM256 (8 Mbps)

- - - QAM16 (4 Mbps)

— BPSK (1 Mbps)

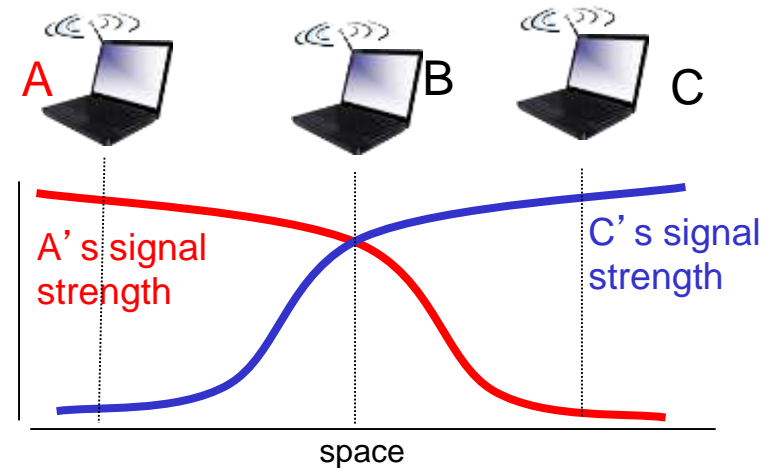
Caratteristiche delle reti wireless

Più mittenti e destinatari wireless creano altri problemi (oltre all'accesso multiplo):



Problema del terminale nascosto

- ❖ B, A comunicano tra loro
- ❖ B, C comunicano tra loro
- ❖ A, C non comunicano tra loro quindi A, C non sanno della loro interferenza verso B



Attenuazione del segnale:

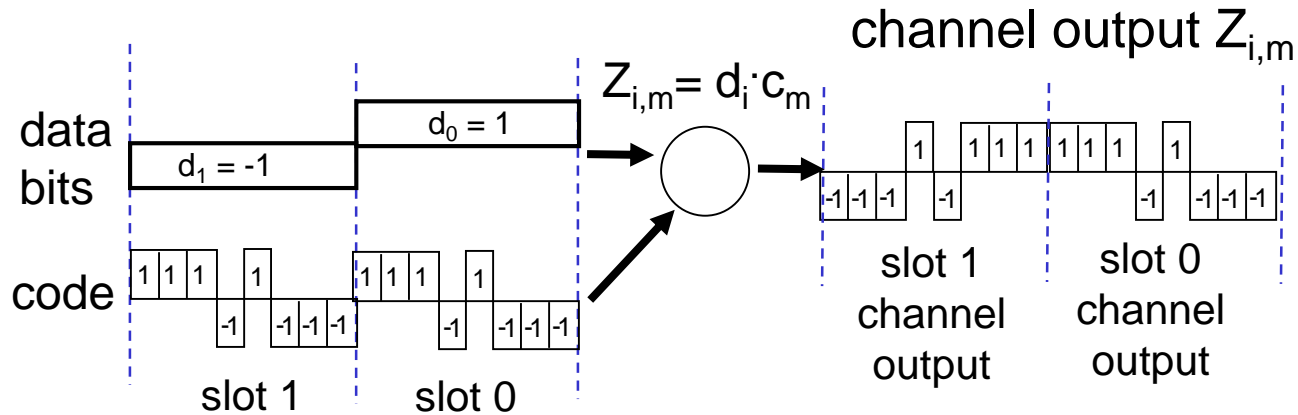
- ❖ B, A comunicano tra loro
- ❖ B, C comunicano tra loro
- ❖ A, C non comunicano tra loro e interferiscono con B

Code Division Multiple Access (CDMA)

- ❖ “codice” unico assegnato a ogni utente: code set partitioning
 - tutti gli utenti condividono la stessa frequenza, ma ogni utente ha una propria “sequenza di chipping” (cioè un codice) per codificare i dati
 - permette a diversi utenti di “coesistere” e trasmettere simultaneamente con interferenza minima (se i codici sono “ortogonali”)
- ❖ *segnale codificato* = (dati originali) X (sequenza di chipping)
- ❖ *decodifica*: prodotto scalare del segnale codificato e della sequenza di chipping

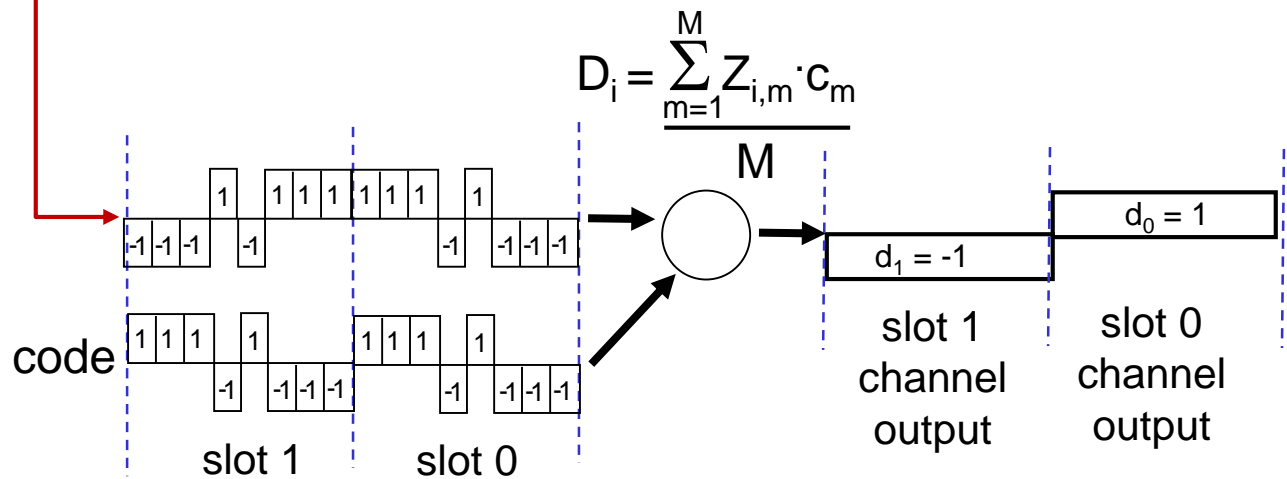
CDMA codifica/decodifica

mittente

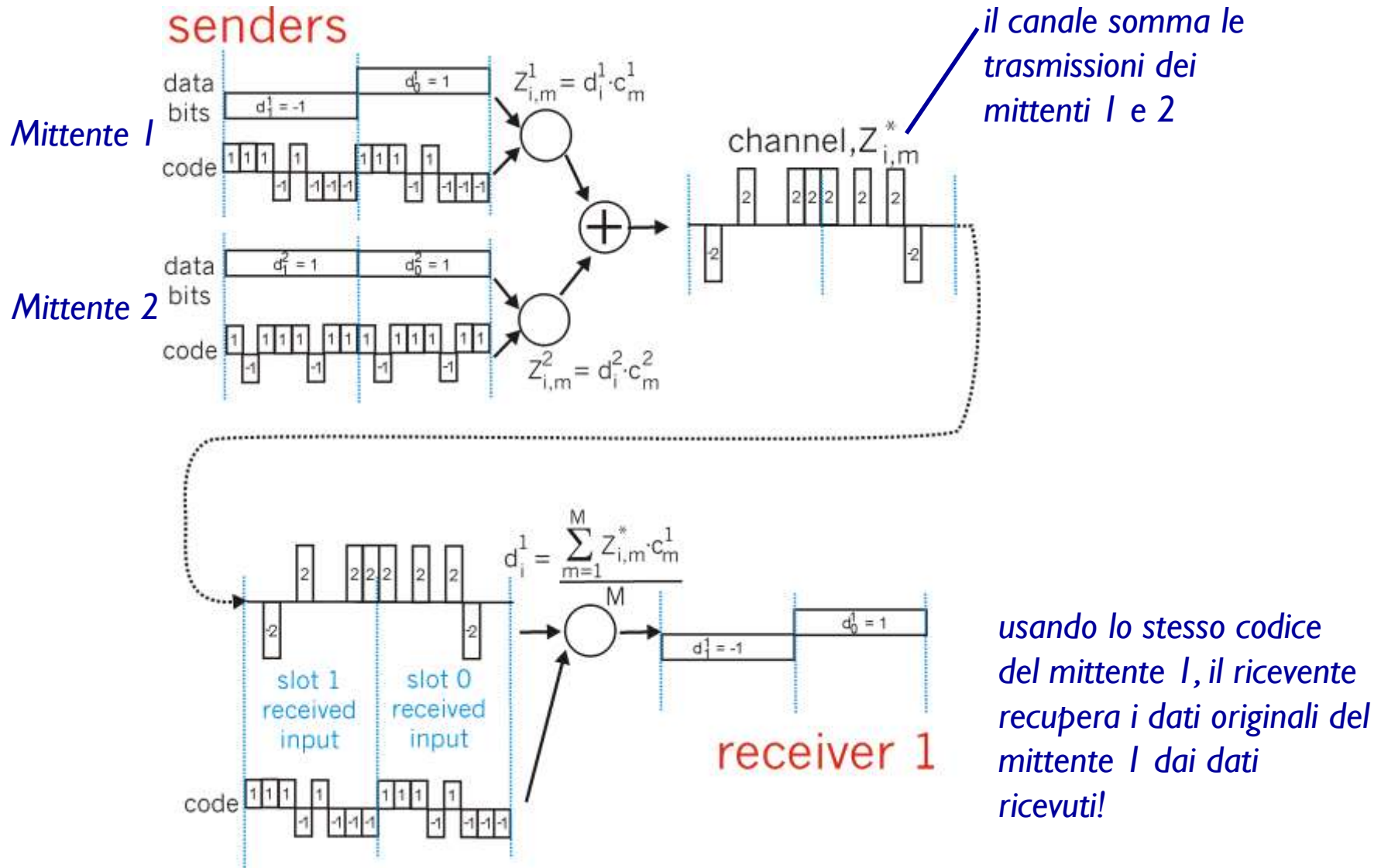


received input

ricevente



CDMA: interferenza di due mittenti



Capitolo 6

6.1 Introduzione

Wireless

6.2 Link wireless, caratteristiche

- CDMA

6.3 LAN wireless IEEE 802.11 (“Wi-Fi”)

6.4 Cellular Internet Access

- architettura
- standard (es., GSM)

Mobilità

6.5 Principi: indirizzamento e routing per utenti mobili

6.6 Mobile IP

6.7 Gestire la mobilità nelle reti cellulari

6.8 Mobilità e protocolli di livello superiore

6.9 Riassunto

LAN Wireless IEEE 802.11

802.11b

- ❖ spettro radio 2.4-5 GHz senza licenze d'uso
- ❖ fino a 11 Mbps
- ❖ direct sequence spread spectrum (DSSS) nel livello fisico
 - tutti gli utenti usano la stessa sequenza di chipping

802.11a

- spettro 5-6 GHz
- fino a 54 Mbps

802.11g

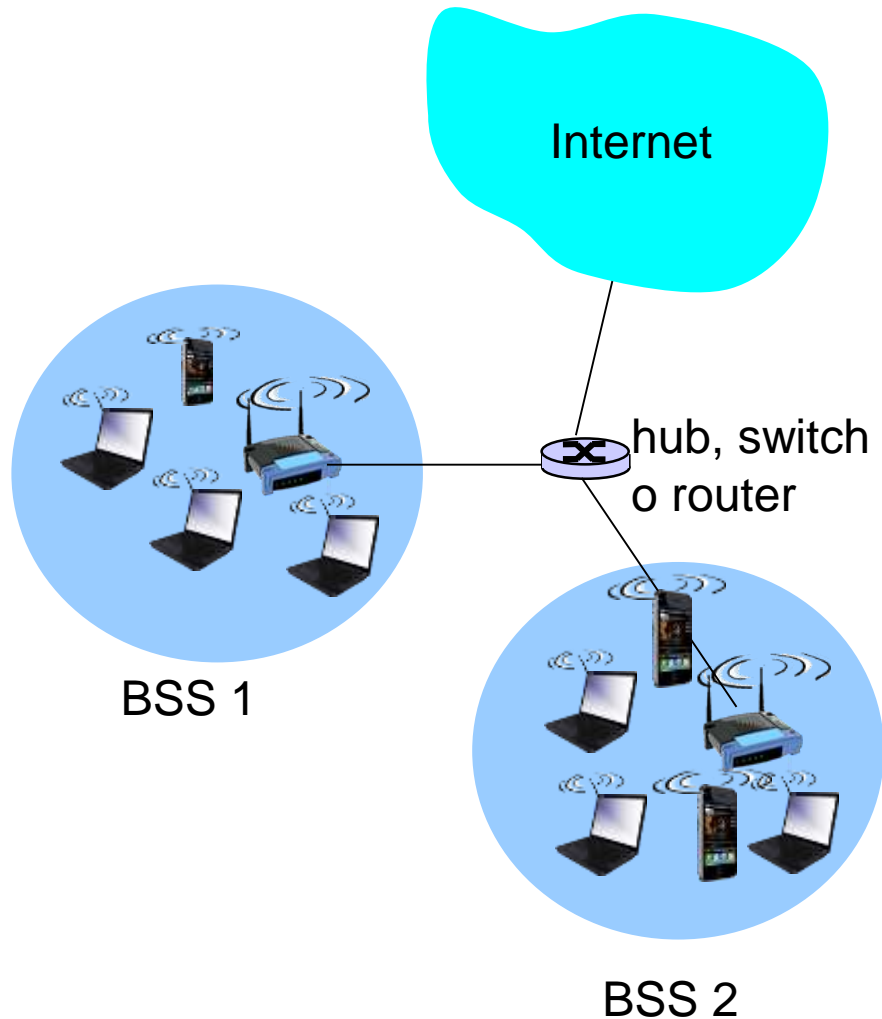
- spettro 2.4-5 GHz
- fino a 54 Mbps

802.11n: antenne multiple

- spettro 2.4-5 GHz
- fino a 200 Mbps

-
- ❖ tutti usano CSMA/CA per accessi multipli
 - ❖ tutti hanno versioni per base-station e ad-hoc network

LAN 802.11: architettura

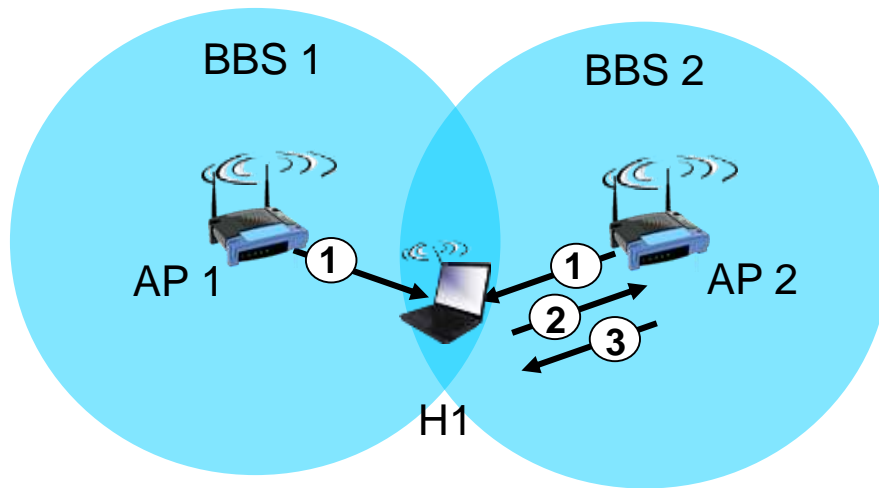


- ❖ host wireless comunicano con una base station
 - base station = access point (AP)
- ❖ **Basic Service Set (BSS)** (“cella”) contiene:
 - host wireless
 - access point (AP): base station
 - ad hoc mode: solo host

802.11: canali e associazioni

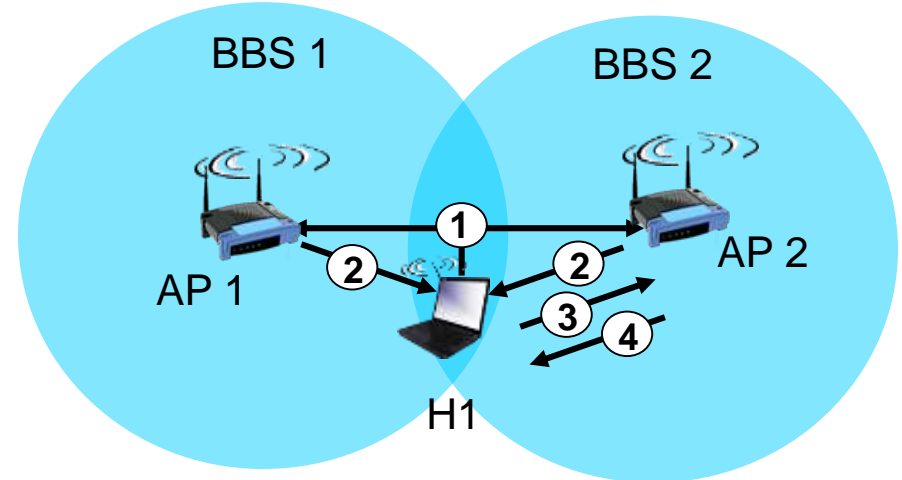
- ❖ 802.11b: spettro 2.4GHz-2.485GHz diviso in 11 canali con frequenze diverse
 - l'amministratore di AP sceglie la frequenza per gli AP
 - possibili interferenze: lo stesso canale potrebbe essere scelto da AP vicini!
- ❖ host: deve *associarsi* con un AP
 - scansiona i canali per verificare l'eventuale presenza di *beacon frame* contenenti il nome (SSID) e l'indirizzo MAC dell'AP
 - seleziona l'AP con cui associarsi
 - può effettuare l'autenticazione [Capitolo 8]
 - tipicamente usa DHCP per ottenere un indirizzo IP nella sottorete dell'AP

802.11: scansione passiva/attiva



scansione passiva:

- (1) beacon frame inviati dagli AP
- (2) frame di association Request inviato:
da H1 verso l'AP selezionato
- (3) frame di association Response inviato
dall'AP selezionato verso H1

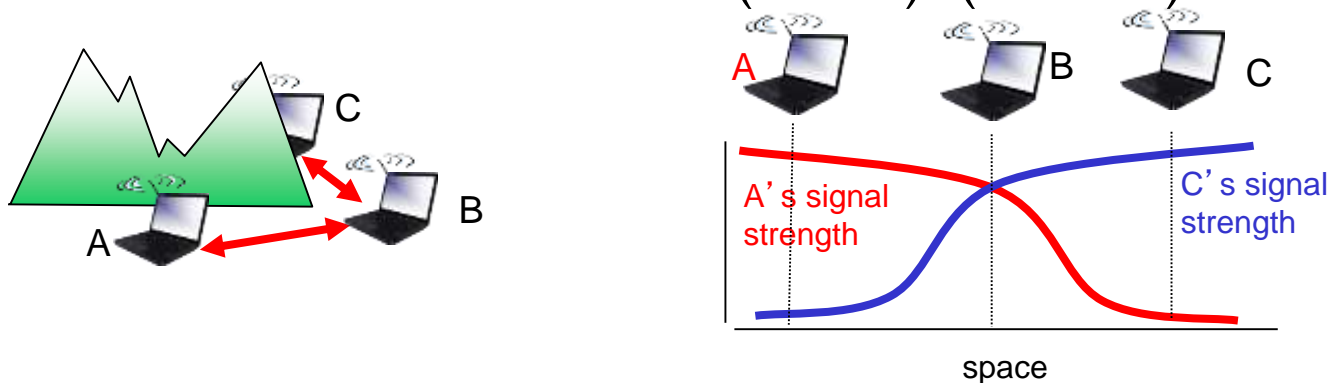


scansione attiva:

- (1) frame di Probe Request inviati in
broadcast da H1
- (2) frame di Probe Response inviati
dagli AP
- (3) frame di Association Request inviato:
da H1 verso l'AP selezionato
- (4) frame di Association Response
inviato dall'AP selezionato verso H1

IEEE 802.11: accessi multipli

- ❖ collisioni: 2⁺ nodi che trasmettono allo stesso istante
- ❖ 802.11: CSMA - ascolta prima di trasmettere
 - non collide con trasmissioni in corso da altri nodi
- ❖ 802.11: *non c'è collision detection!*
 - difficoltà di rilevare collisioni mentre si trasmette a causa della debolezza dei segnali ricevuti (fading)
 - non si possono rilevare comunque tutte le collisioni: terminale nascosto, fading
 - obiettivo: *evitare collisioni*: CSMA/C(ollision)A(avoidance)



Protocollo MAC IEEE 802.11: CSMA/CA

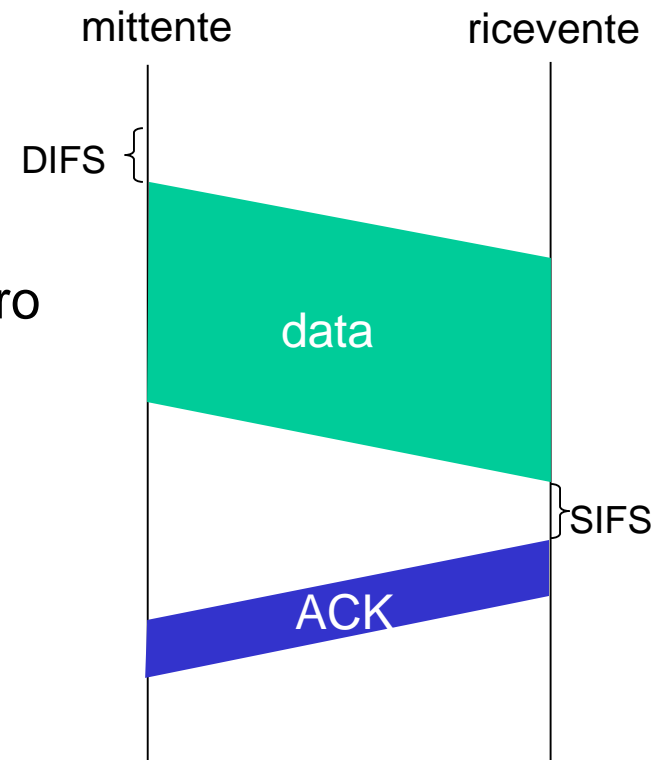
mittente 802.11

- 1 se il canale è libero (idle) per **DIFS** allora trasmetti il frame intero (no CD)
- 2 se il canale è occupato allora inizia tempo backoff casuale decrementa il timer mentre il canale è libero trasmetti quando scade il timer se non ricevi ACK allora incrementa intervallo di backoff time, vai a 2

ricevente 802.11

- se il frame è ricevuto OK

ritorna ACK dopo SIFS sec. (ACK serve per problema terminale nascosto)



Evitare le collisioni (ancora)

- idea:* permettere al mittente di prenotare il canale piuttosto che effettuare un accesso casuale: questo riduce le collisioni di frame dati grandi
- ❖ il mittente prima trasmette una *piccolo pacchetto* request-to-send (RTS) alla BS usando il CSMA
 - gli RTS possono ancora collidere tra loro (ma sono piccoli)
 - ❖ BS manda in broadcast una clear-to-send CTS in risposta alla RTS
 - ❖ CTS è rilevato da tutti i nodi
 - mittente invia il frame dati
 - altre stazioni ritardano la trasmissione

*evita completamente collisioni di data frame
usando piccoli pacchetti di prenotazione!*

Collision Avoidance: scambio RTS-CTS



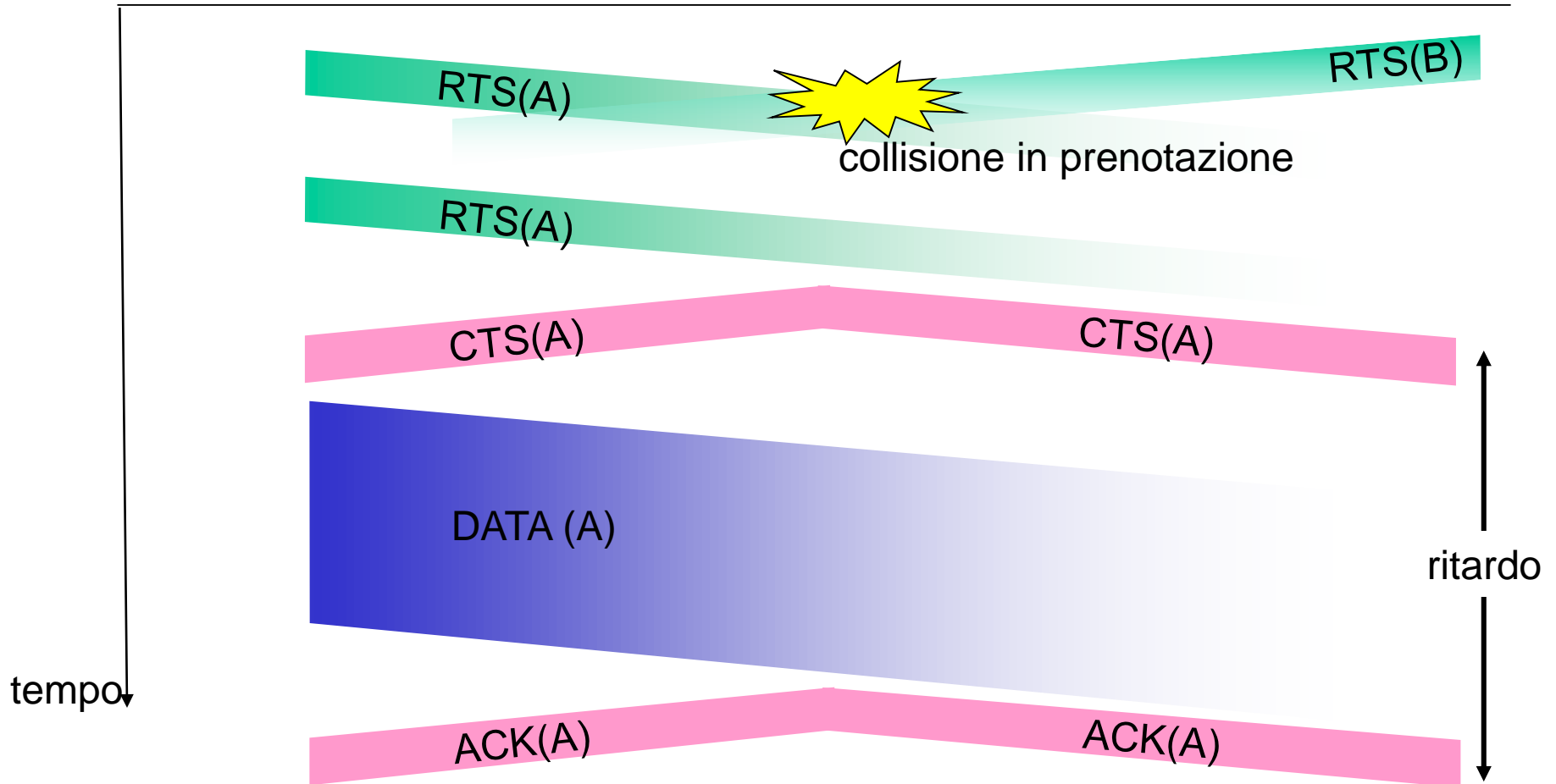
A



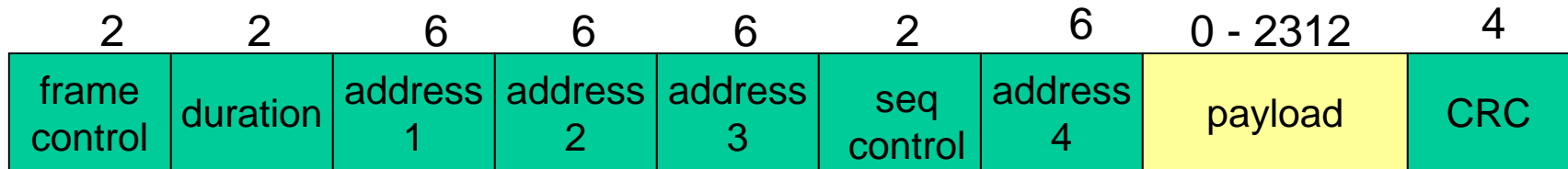
AP



B



Frame 802.11: indirizzamento



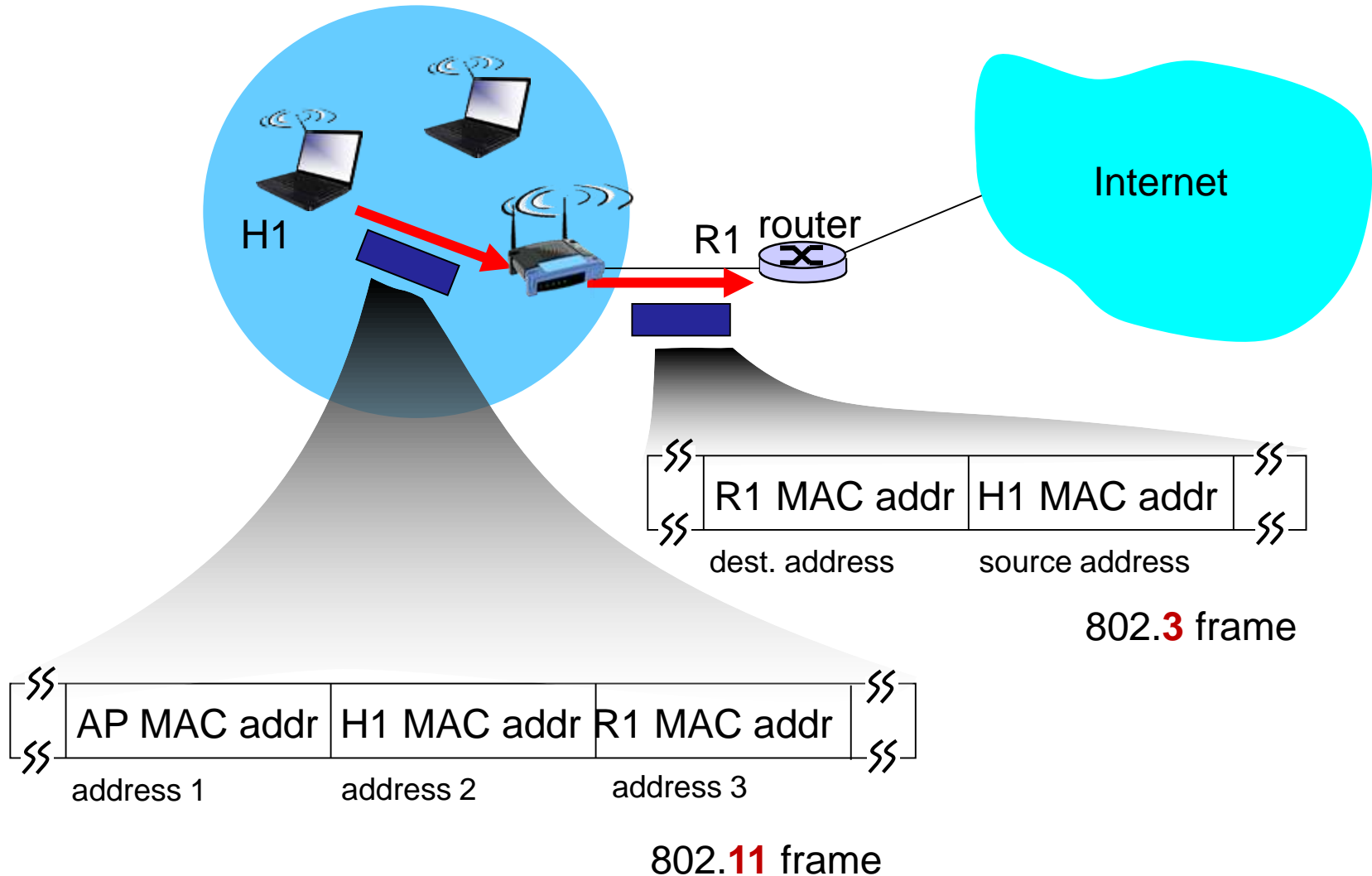
Indirizzo 1: indirizzo MAC dell'host wireless o dell'AP che riceve questo frame

Indirizzo 2: indirizzo MAC dell'host wireless o dell'AP per trasmettere questo frame

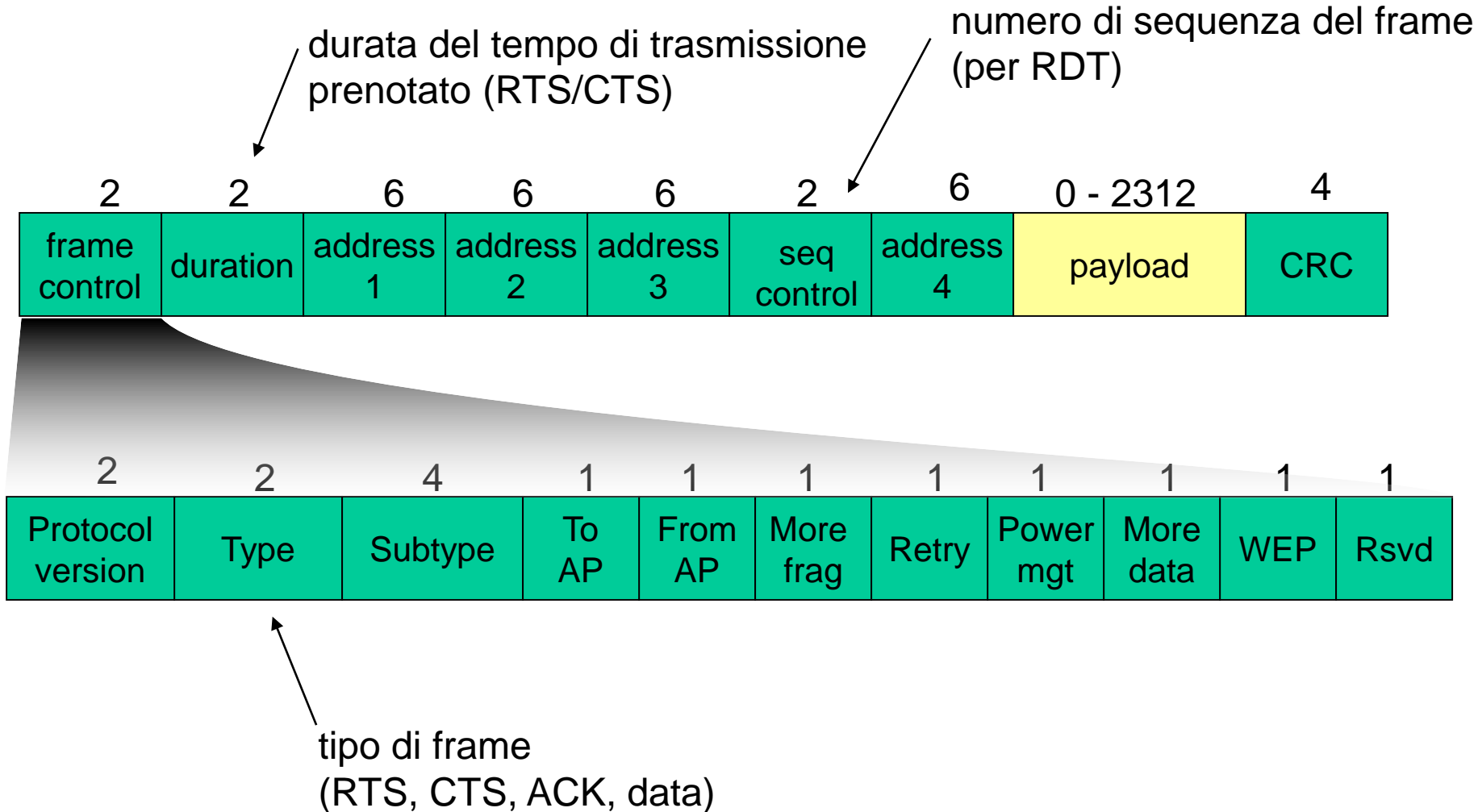
Indirizzo 3: indirizzo MAC dell'interfaccia router a cui è collegato l'AP

Indirizzo 4: usato solo in modalità ad hoc

Frame 802.11: indirizzamento

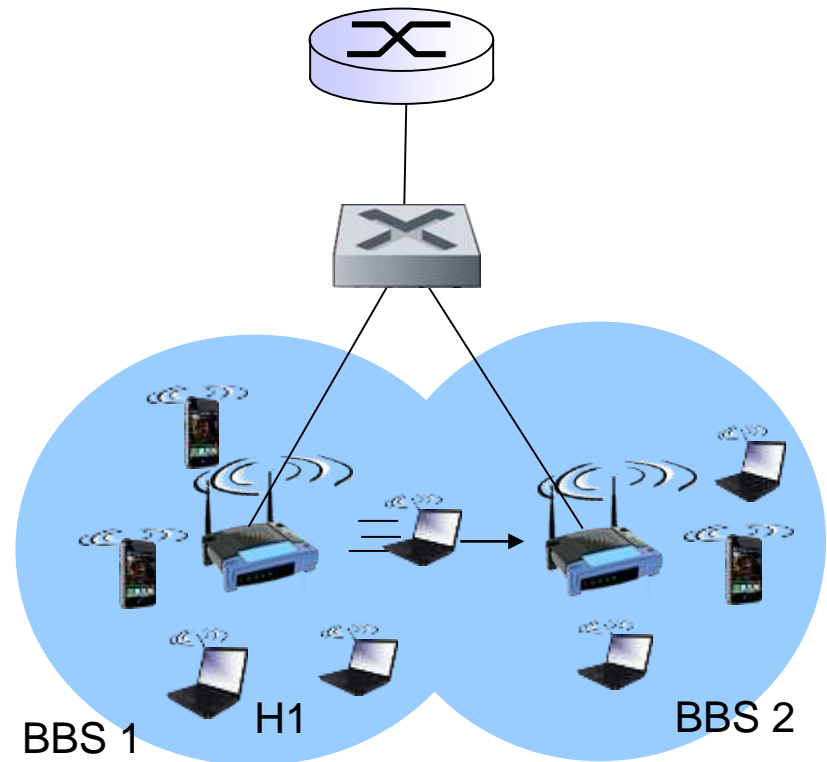


Frame 802.11: ancora



802.11: mobilità nella stessa subnet

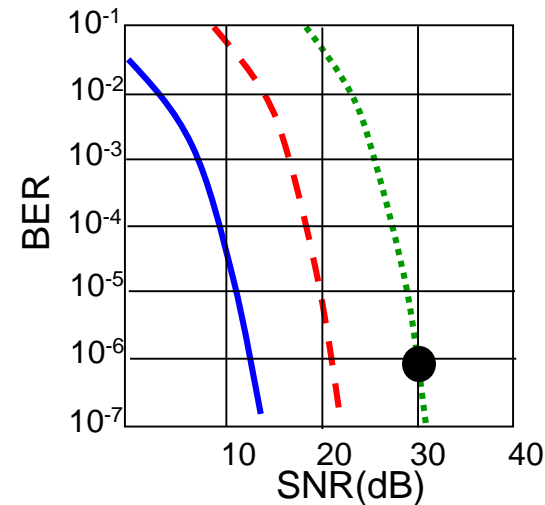
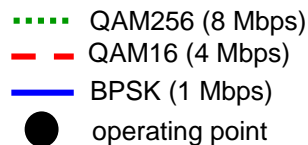
- ❖ HI rimane nella stessa sottorete IP: l'indirizzo IP può rimanere invariato
- ❖ switch: quale AP è associato con HI?
 - self-learning (Cap. 5): lo switch vedrà i frame da HI e “ricorderà” quale porta switch va usata per raggiungere HI



802.11: capacità avanzate

adattamento del rate

- ❖ base station e dispositivo mobile cambiano dinamicamente il rate di trasmissione (tecniche di modulazione a livello fisico) a seconda del movimento, SNR varia



1. SNR decresce, BER aumenta se il nodo si allontana dalla base station
2. quando il BER diventa troppo alto, si passa a un transmission rate più basso ma con BER più basso

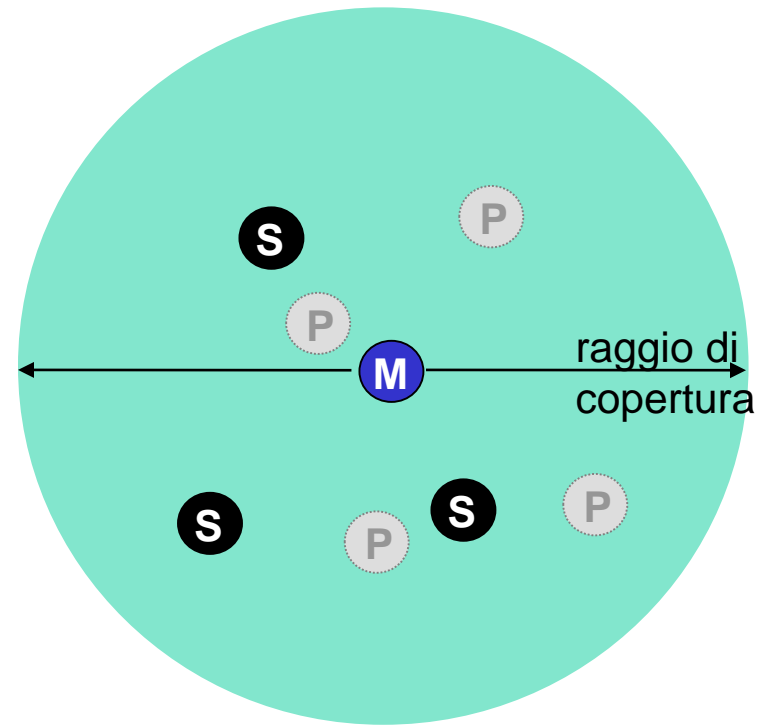
802.11: capacità avanzate

gestione della potenza

- ❖ nodo all'AP: “vado in sospensione fino al prossimo beacon frame”
 - AP sa che non deve trasmettere frame a questo nodo
 - il nodo si sveglia prima del successivo beacon frame
- ❖ beacon frame: contiene la lista dei dispositivi con frame AP-to-mobile in attesa di invio
 - il nodo resta sveglio se ci sono frame AP-to-mobile da inviare; altrimenti ‘dorme’ di nuovo fino al successivo beacon frame

802.15: personal area network

- ❖ meno di 10 m di diametro
- ❖ eliminazione dei fili (mouse, tastiera, cuffie)
- ❖ ad hoc: nessuna infrastruttura
- ❖ master/slave:
 - slave richiedono (al master) il permesso di inviare
 - master accorda permessi
- ❖ 802.15: evoluzione da specifiche Bluetooth
 - banda radio 2.4-2.5 GHz
 - fino a 721 kbps



- M** dispositivo Master
- S** dispositivo Slave
- P** dispositivo 'Parcheggiato' (inattivo)

Capitolo 6

6.1 Introduzione

Wireless

6.2 Link wireless, caratteristiche

- CDMA

6.3 LAN wireless IEEE 802.11 (“Wi-Fi”)

6.4 Cellular Internet Access

- architettura
- standard (es., GSM)

Mobilità

6.5 Principi: indirizzamento e routing per utenti mobili

6.6 Mobile IP

6.7 Gestire la mobilità nelle reti cellulari

6.8 Mobilità e protocolli di livello superiore

6.9 Riassunto

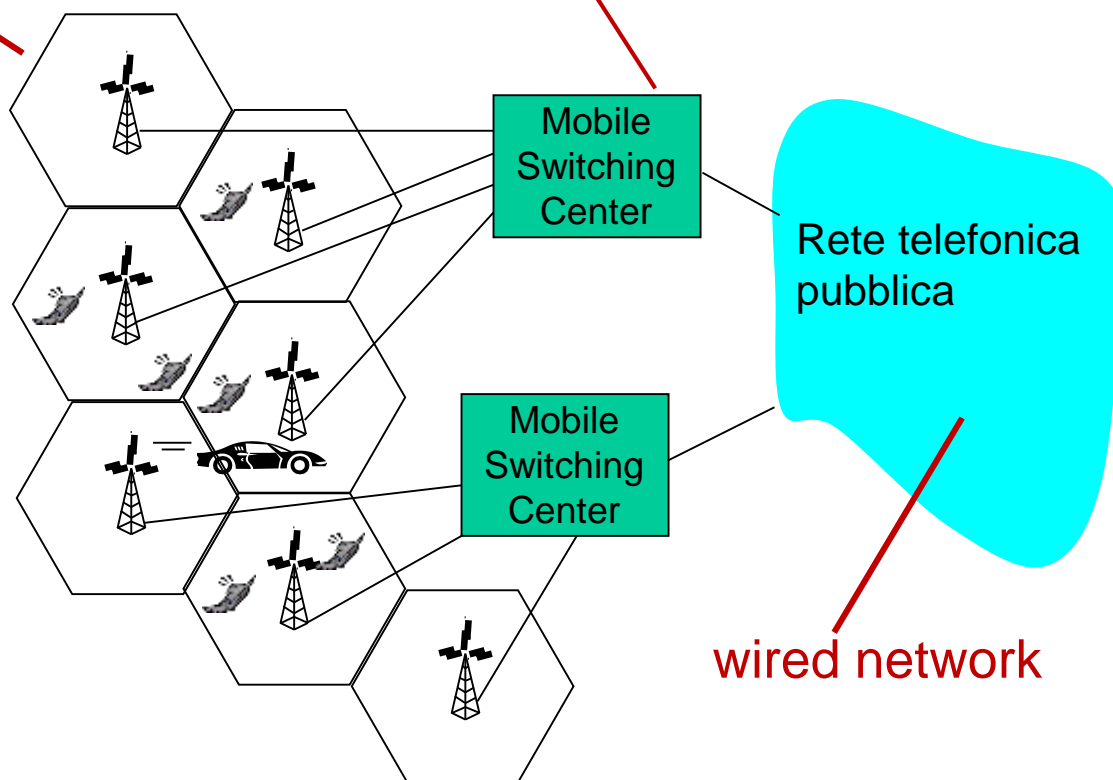
Reti cellulari: architettura

cella

- ❖ copre una regione geografica
- ❖ *base station* (BS) analoga a un AP 802.11
- ❖ *utenti mobili* si collegano alla rete tramite BS
- ❖ *air-interface*: protocollo a livello fisico e di link tra utente mobile e BS

MSC

- ❖ connette le celle alla rete tel.
- ❖ gestisce instaurazione chiamate
- ❖ gestisce mobilità

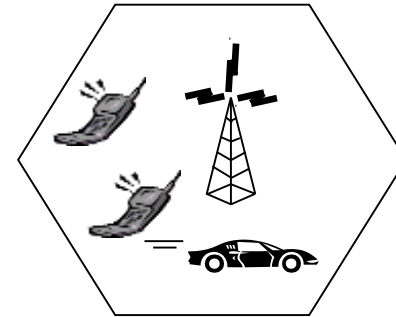


wired network

Reti cellulari: il first hop

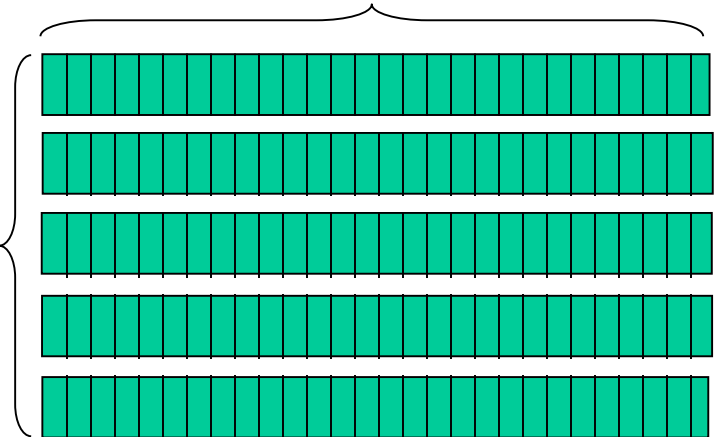
Due tecniche per la condivisione dello spettro radio “utente mobile”-BS

- ❖ **FDMA/TDMA combinati:** divide lo spettro in canali di frequenza, divide i canali in frazioni di tempo (time slots)
- ❖ **CDMA:** code division multiple access

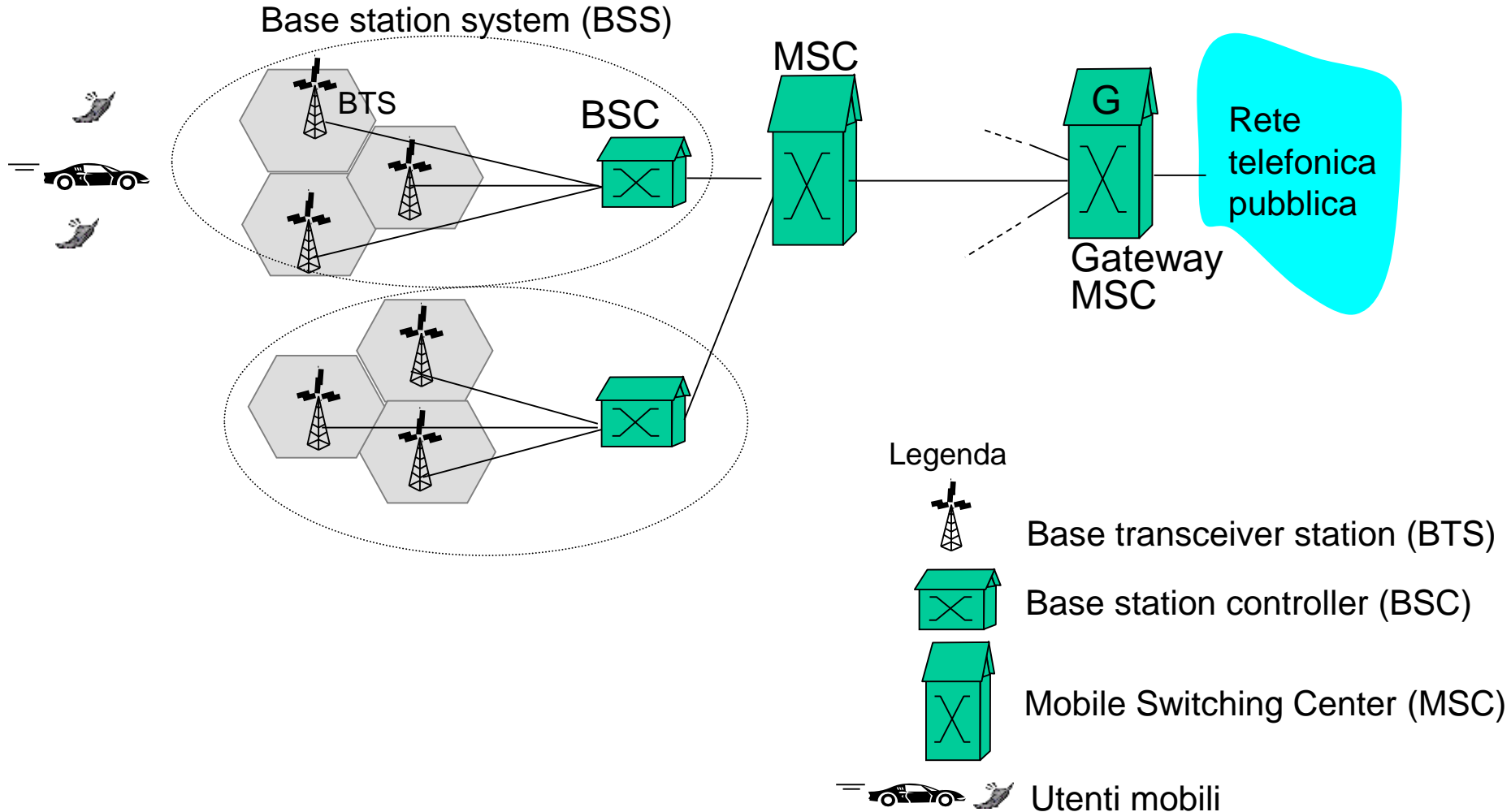


time slots

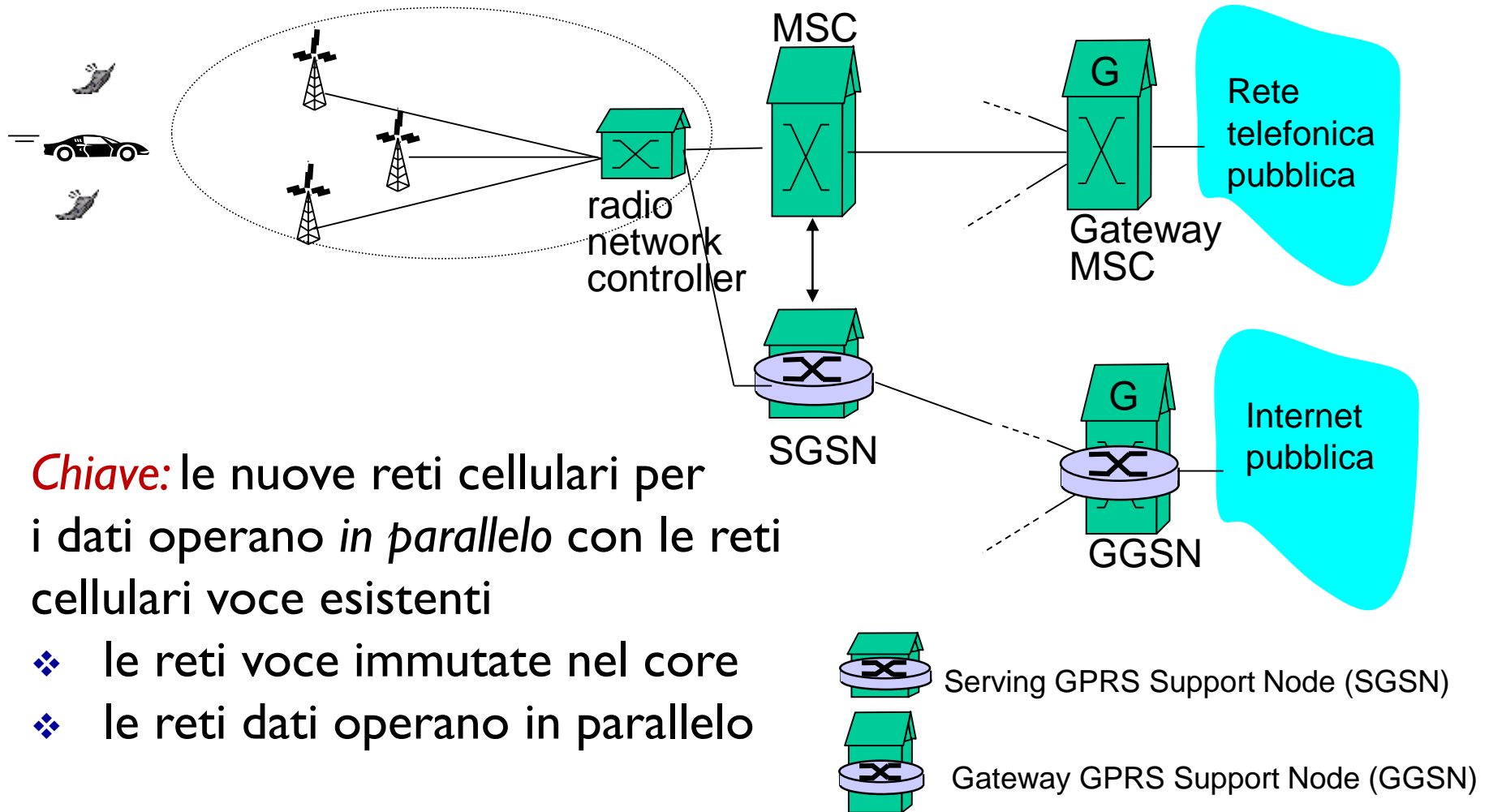
frequency bands



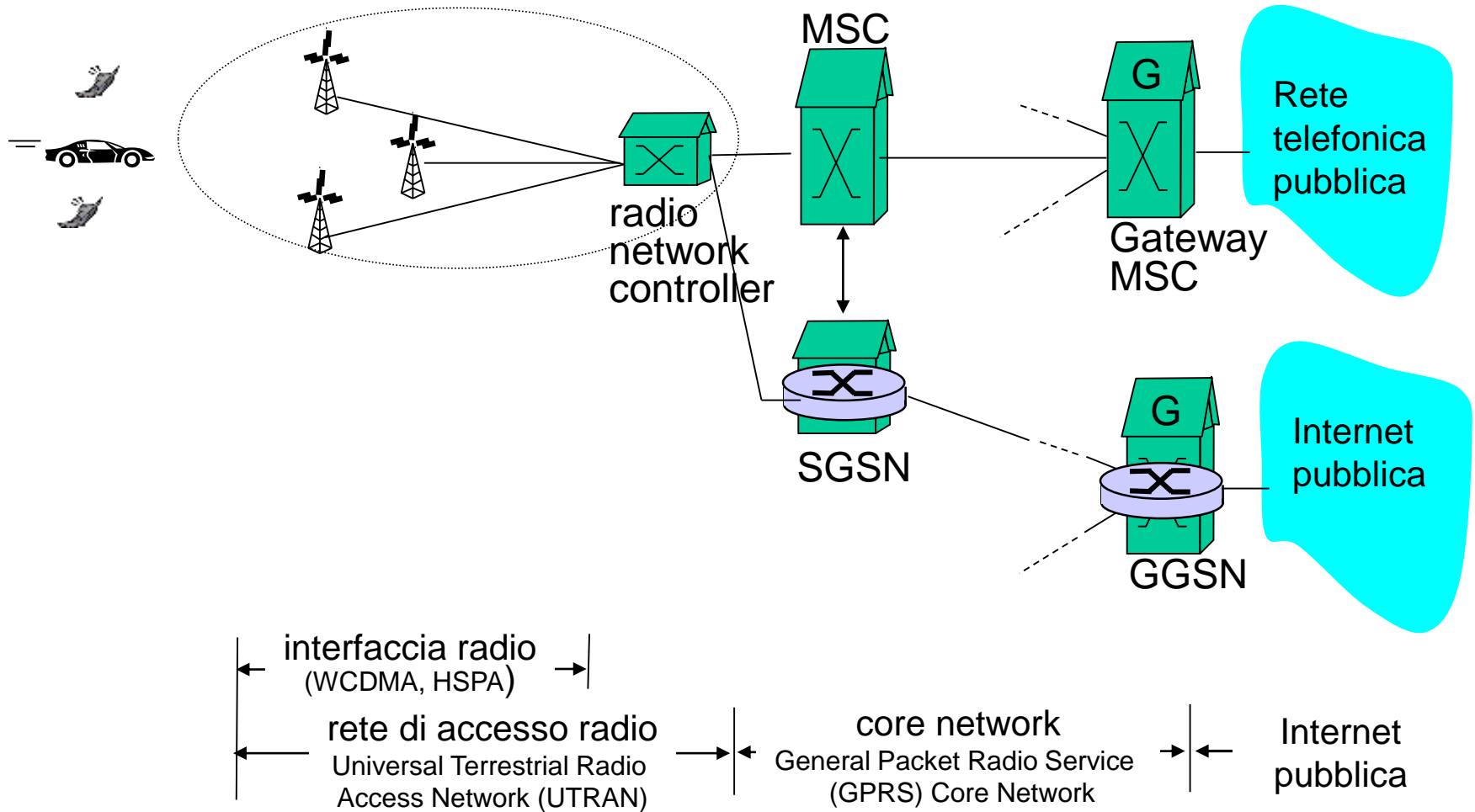
Architettura reti 2G (voce)



Architettura reti 3G (voce+dati)



Architettura reti 3G (voce+dati)



Capitolo 6

6.1 Introduzione

Wireless

6.2 Link wireless, caratteristiche

- CDMA

6.3 LAN wireless IEEE 802.11 (“Wi-Fi”)

6.4 Cellular Internet Access

- architettura
- standard (es., GSM)

Mobilità

6.5 Principi: indirizzamento e routing per utenti mobili

6.6 Mobile IP

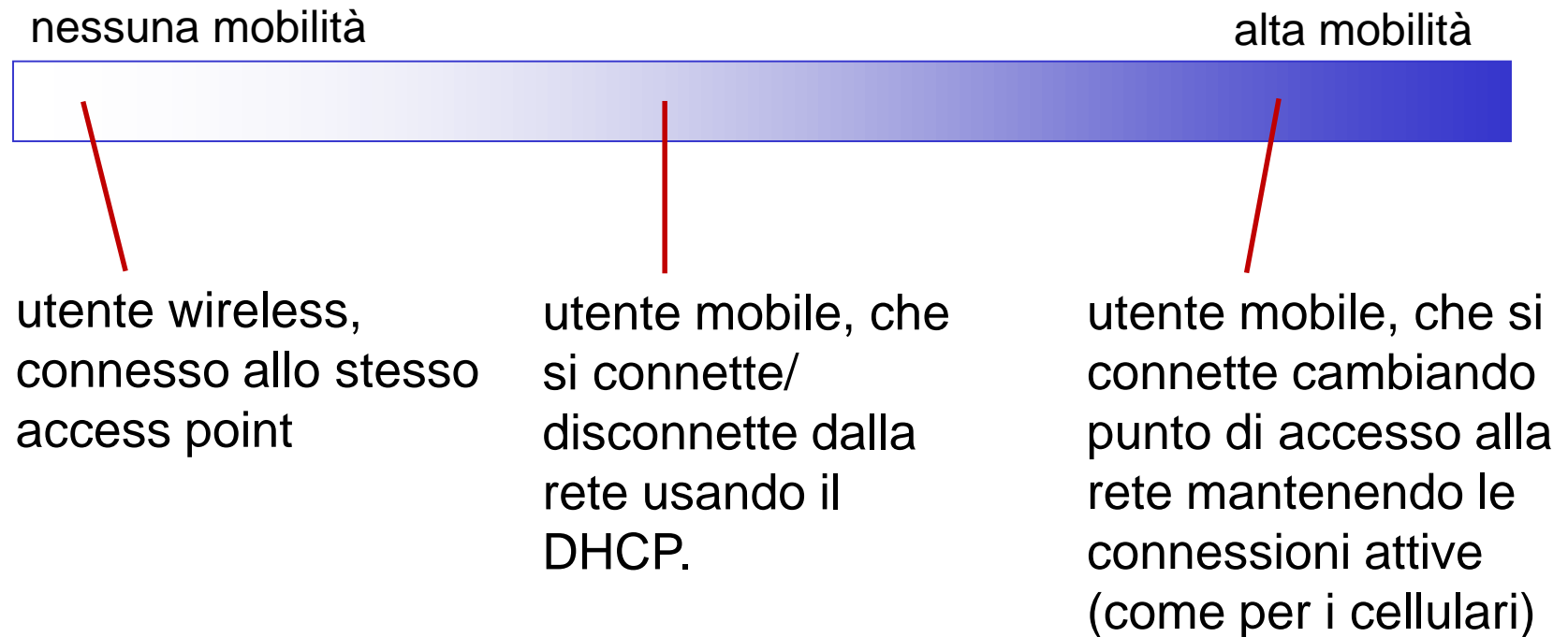
6.7 Gestire la mobilità nelle reti cellulari

6.8 Mobilità e protocolli di livello superiore

6.9 Riassunto

Cos'è la mobilità?

❖ livelli di mobilità, dalla prospettiva della *rete*:

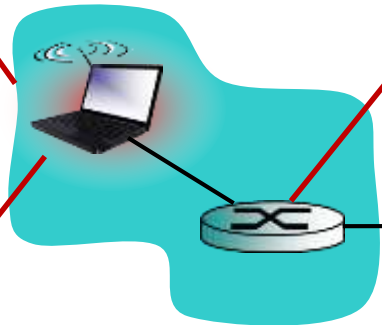


Mobilità: terminologia

rete domestica (home network): rete abituale dell'utente mobile
(es., 128.119.40/24)

agente domestico (home agent): entità che realizza le funzioni di mobilità per conto del terminale mobile, quando questo è connesso altrove

indirizzo permanente (permanent address): indirizzo nella home network, che *può sempre* essere usato per raggiungere l'utente mobile
es., 128.119.40.186



wide area network



Mobilità: terminologia

permanent address: rimane invariato (es., 128.119.40.186)

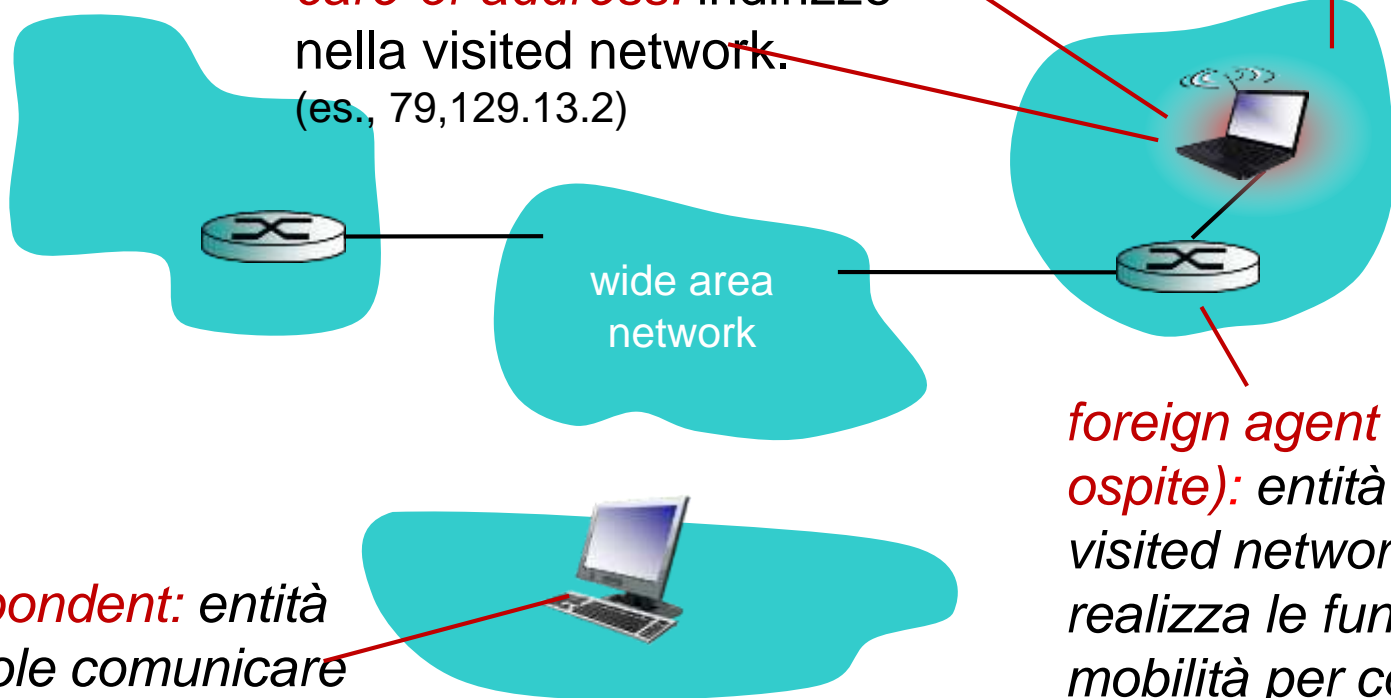
visited network: rete alla quale è attualmente connesso l'utente mobile (es., 79.129.13/24)

care-of-address: indirizzo nella visited network. (es., 79.129.13.2)

wide area network

foreign agent (agente ospite): entità nella visited network, che realizza le funzioni di mobilità per conto dell'utente mobile

correspondent: entità che vuole comunicare con l'utente mobile



Come contattare un utente mobile:

Considera un amico che cambia
sovente indirizzo, come lo contatti?

- ❖ cerchi in tutti gli elenchi?
- ❖ chiami i suoi genitori?
- ❖ aspetti che si faccia vivo lui e ti faccia sapere dov'è?



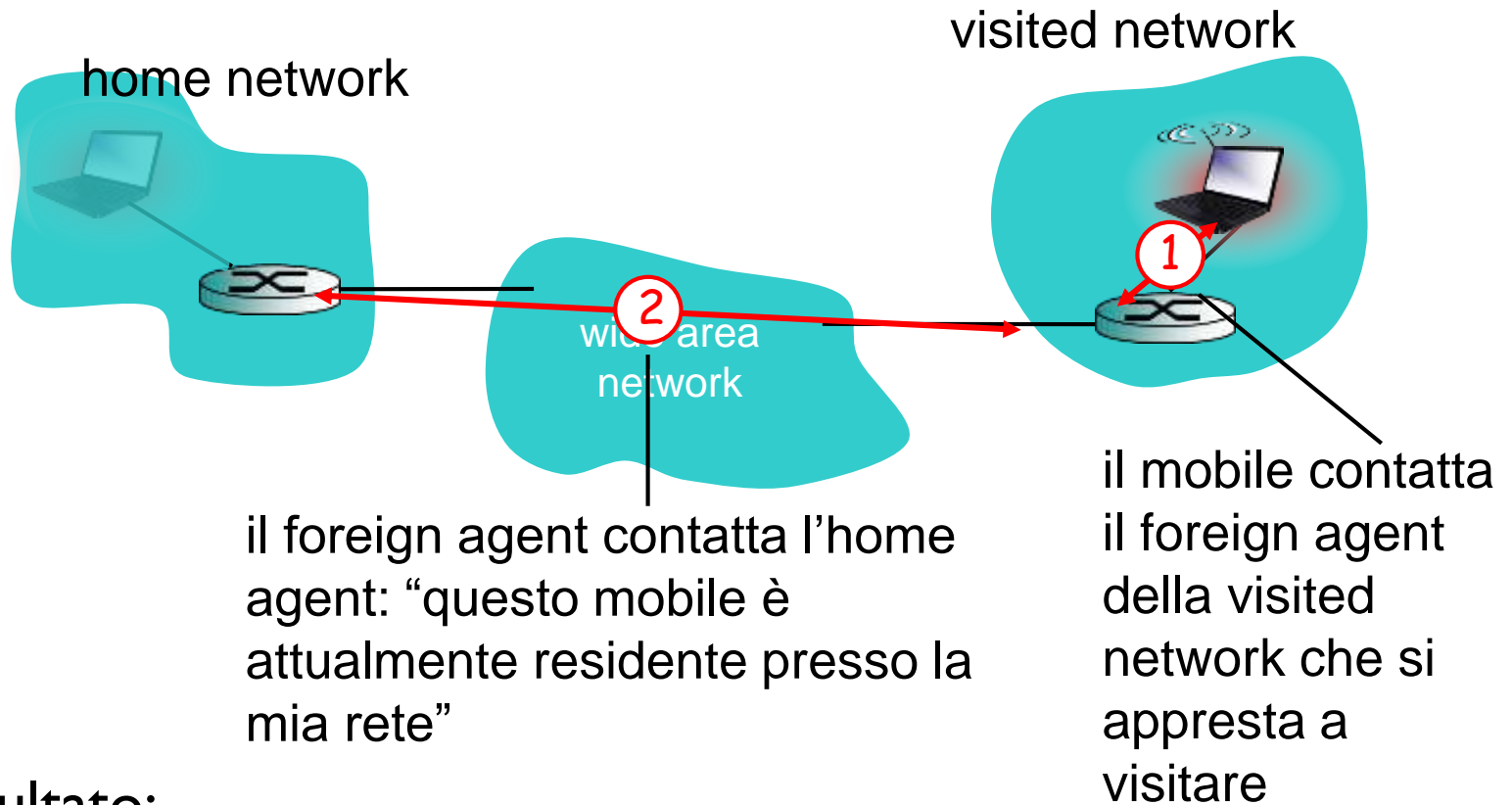
Mobilità: approcci

- ❖ *se ne occupa il routing:* i router comunicano i permanent address dei nodi mobili attraverso lo scambio delle usuali tabelle di routing.
 - le tabelle di routing indicano dove si trova ciascun mobile
 - nessun cambiamento negli end-system
- ❖ *se ne occupano gli end-system:*
 - *routing indiretto:* le comunicazioni tra correspondent e mobile passano sempre attraverso lo home agent (inoltre le comunicazioni verso il mobile)
 - *routing diretto:* il correspondent ottiene il foreign address del mobile, e inoltra i messaggi direttamente al mobile

Mobilità: approcci

- ❖ *se ne occupa il routing:* i nodi comunicano i permanent address dei nodi mobile, e fanno lo scambio delle usuali tabelle di routing.
 - le tabelle di routing sono scalabili su milioni di nodi dove si trova ciascun mobile
 - nessun cambiamento agli end-system
- ❖ *se ne occupano gli end-system:*
 - **routing indiretto:** le comunicazioni tra correspondent e mobile passano sempre attraverso lo home agent (inoltre le comunicazioni verso il mobile)
 - **routing diretto:** il correspondent ottiene il foreign address del mobile, e inoltra i messaggi direttamente al mobile

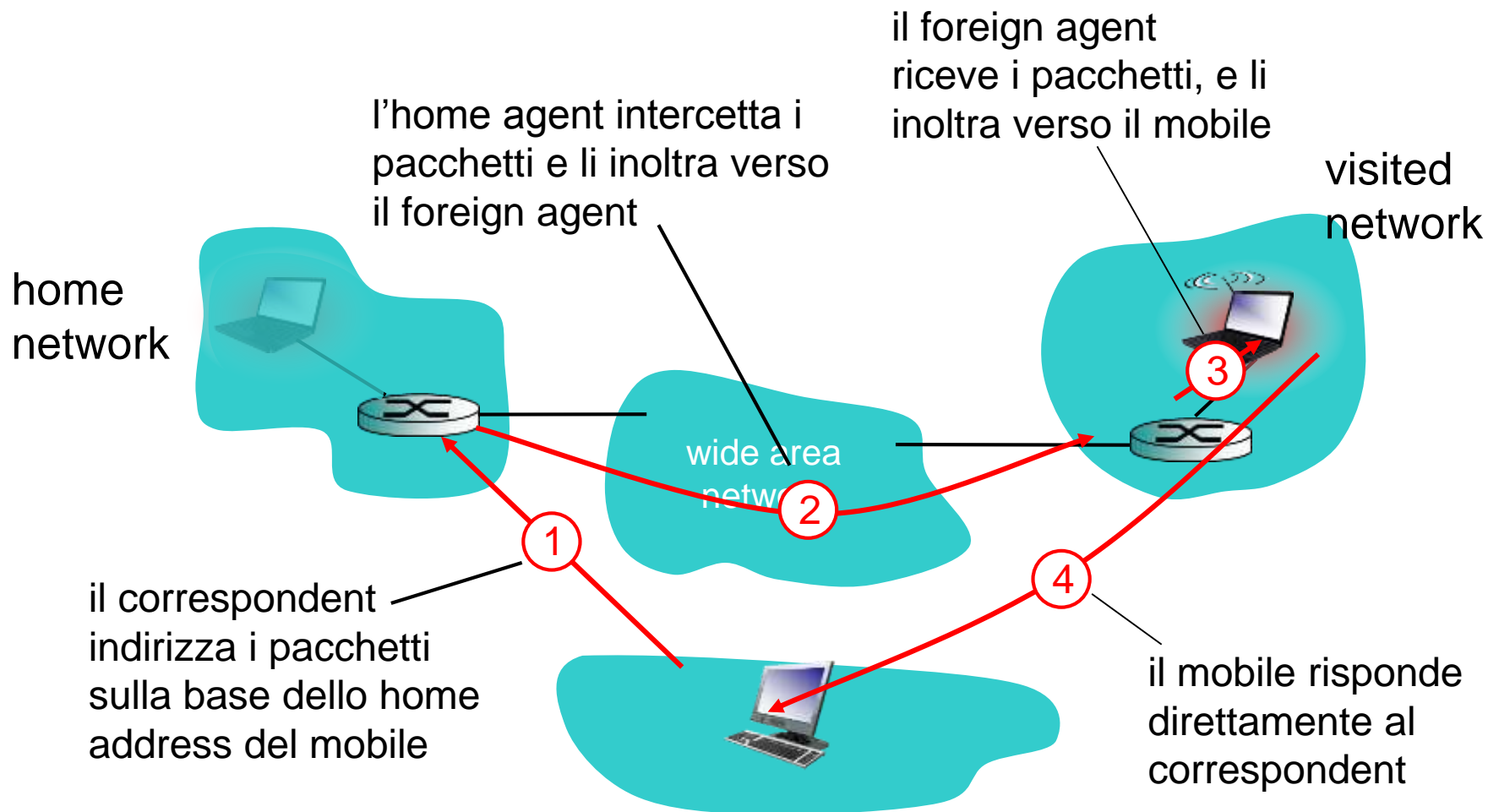
Mobilità: registrazione



risultato:

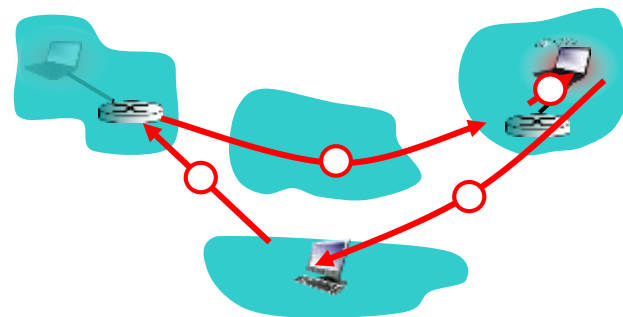
- ❖ il foreign agent è consapevole della presenza del mobile
- ❖ l'home agent conosce la nuova locazione del mobile

Mobilità via routing indiretto



Routing indiretto: commenti

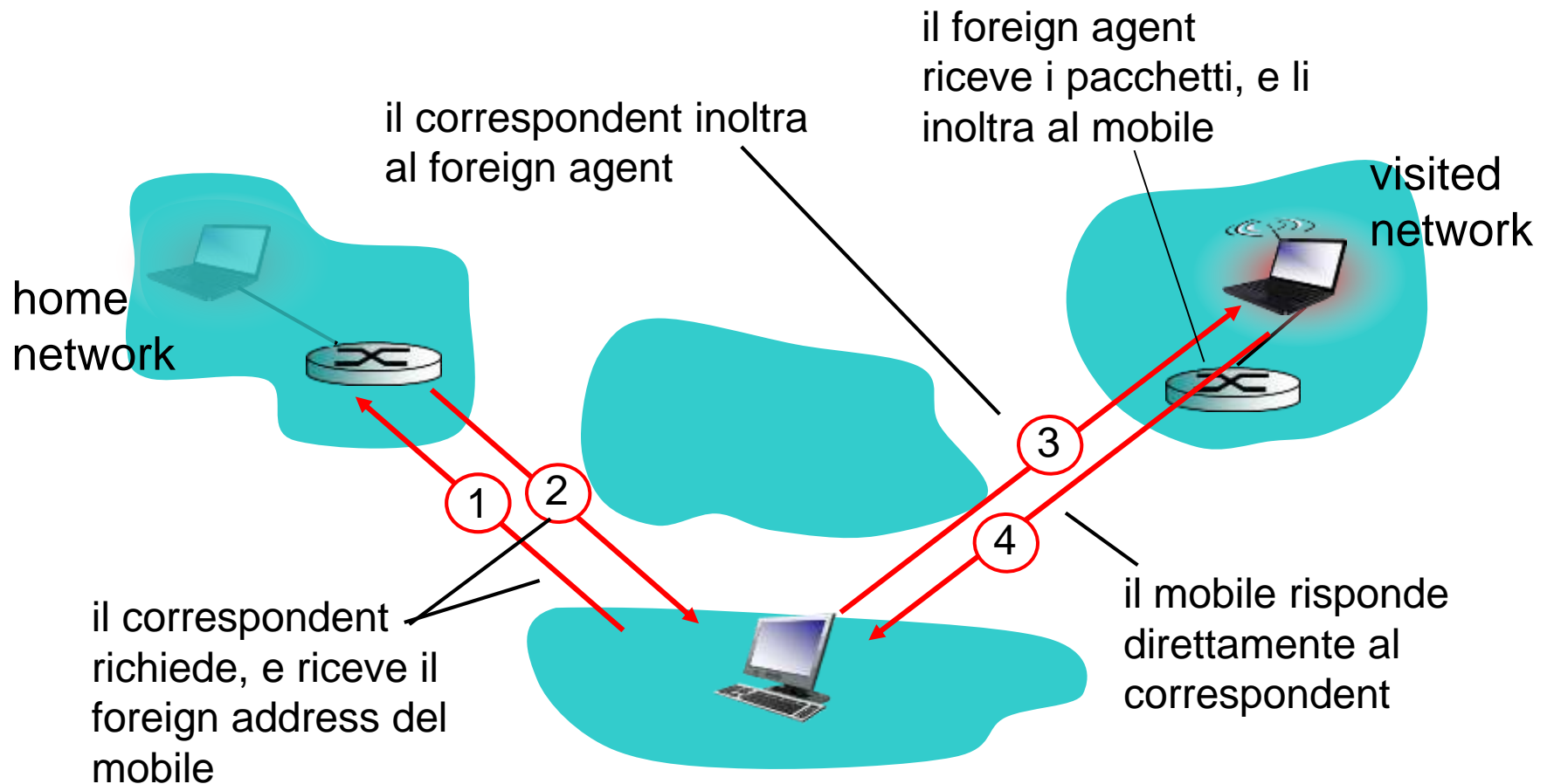
- ❖ il mobile usa due indirizzi:
 - **permanent address**: usato dal correspondent (quindi la locazione del mobile è *transparente* al correspondent)
 - **care-of-address**: usato dall'home agent per inoltrare datagrammi al mobile
- ❖ le funzionalità del foreign agent possono essere realizzate dal mobile stesso
- ❖ **routing triangolare**: correspondent-home-network-mobile
 - inefficiente quando correspondent e mobile sono nella medesima rete



Routing indiretto: muoversi tra le reti

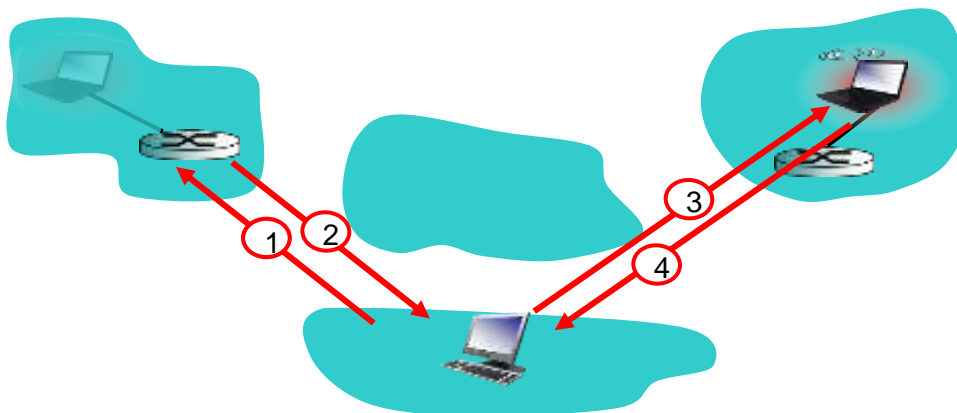
- ❖ quando un utente mobile si muove verso un'altra rete
 - si registra presso un nuovo foreign agent
 - il nuovo foreign agent si registra con l'home agent
 - l'home agent aggiorna il care-of-address per il mobile
 - i pacchetti continuano ad essere inoltrati verso il mobile (ma con il nuovo care-of-address)
- ❖ la mobilità cambia le foreign networks in modo trasparente: *le connessioni attive possono essere mantenute!*

Mobilità via routing diretto



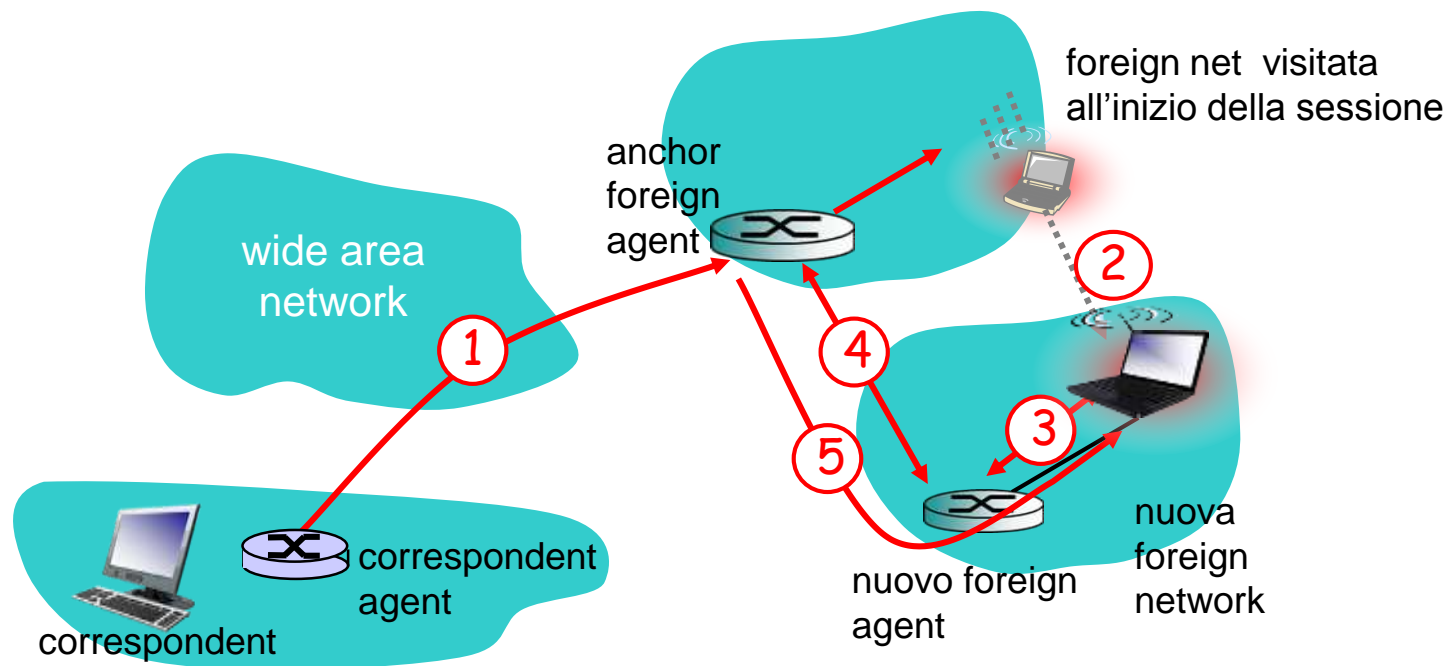
Mobilità via routing diretto: commenti

- ❖ risolve il problema del routing triangolare
- ❖ *non è trasparente al correspondent*: il correspondent deve ottenere il care-of-address dall'home agent
 - cosa succede se il mobile cambia la rete visitata?



Gestire la mobilità con il routing diretto

- ❖ anchor foreign agent: il FA della prima visited network
- ❖ i dati sono sempre inoltrati per primo all'anchor FA
- ❖ quando il mobile si muove: il nuovo FA fa in modo che i dati gli vengano inoltrati dal vecchio FA (chaining)



Capitolo 6

6.1 Introduzione

Wireless

6.2 Link wireless, caratteristiche

- CDMA

6.3 LAN wireless IEEE 802.11 (“Wi-Fi”)

6.4 Cellular Internet Access

- architettura
- standard (es., GSM)

Mobilità

6.5 Principi: indirizzamento e routing per utenti mobili

6.6 Mobile IP

6.7 Gestire la mobilità nelle reti cellulari

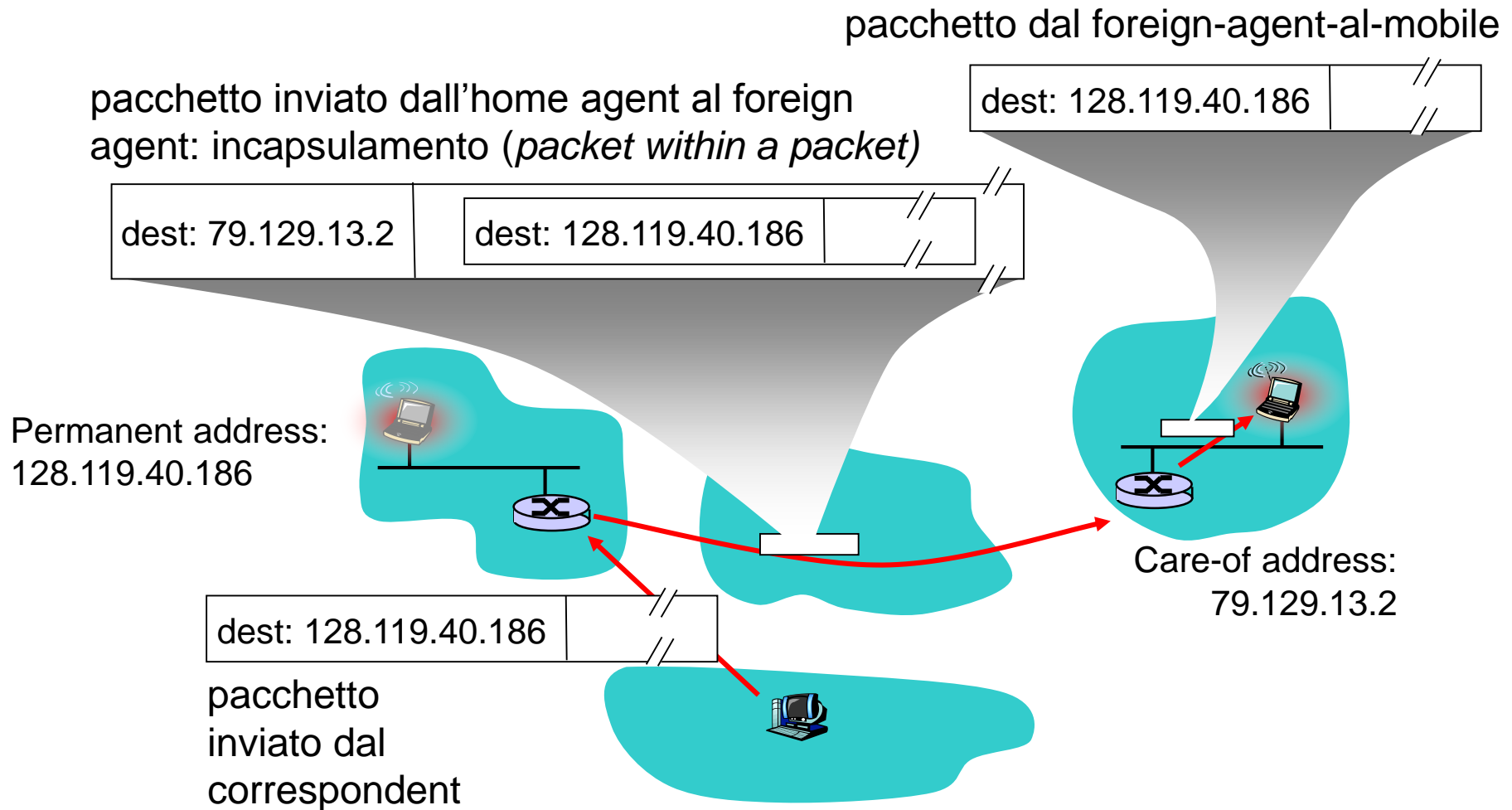
6.8 Mobilità e protocolli di livello superiore

6.9 Riassunto

Mobile IP

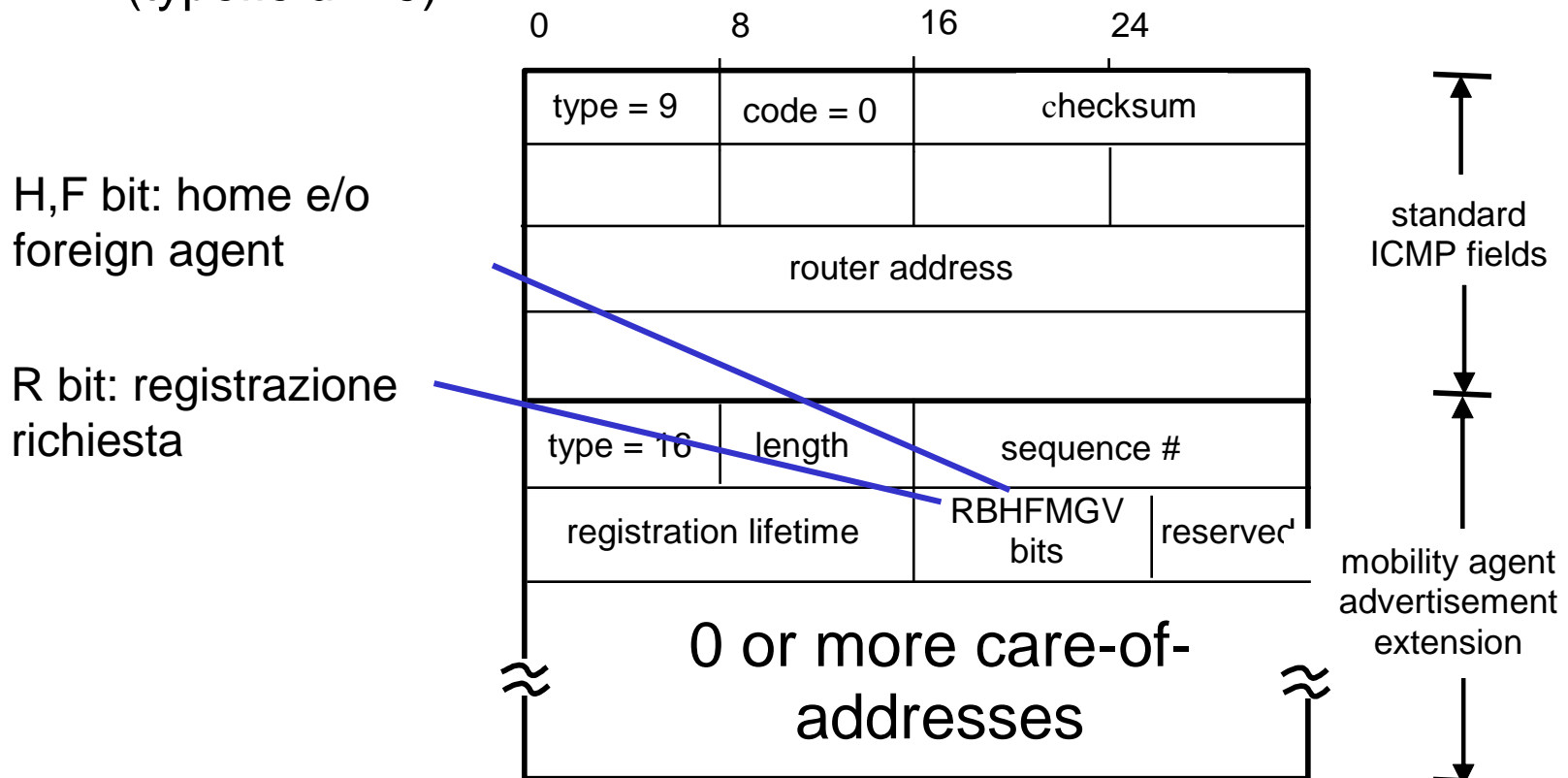
- ❖ RFC 3344
- ❖ realizza molte delle funzionalità viste:
 - home agent, foreign agent, foreign-agent registration, care-of-address, incapsulamento (un pacchetto all'interno di un'altro pacchetto)
- ❖ tre componenti dello standard:
 - routing indiretto dei datagrammi
 - agent discovery
 - registrazione presso l'home agent

Mobile IP: routing indiretto

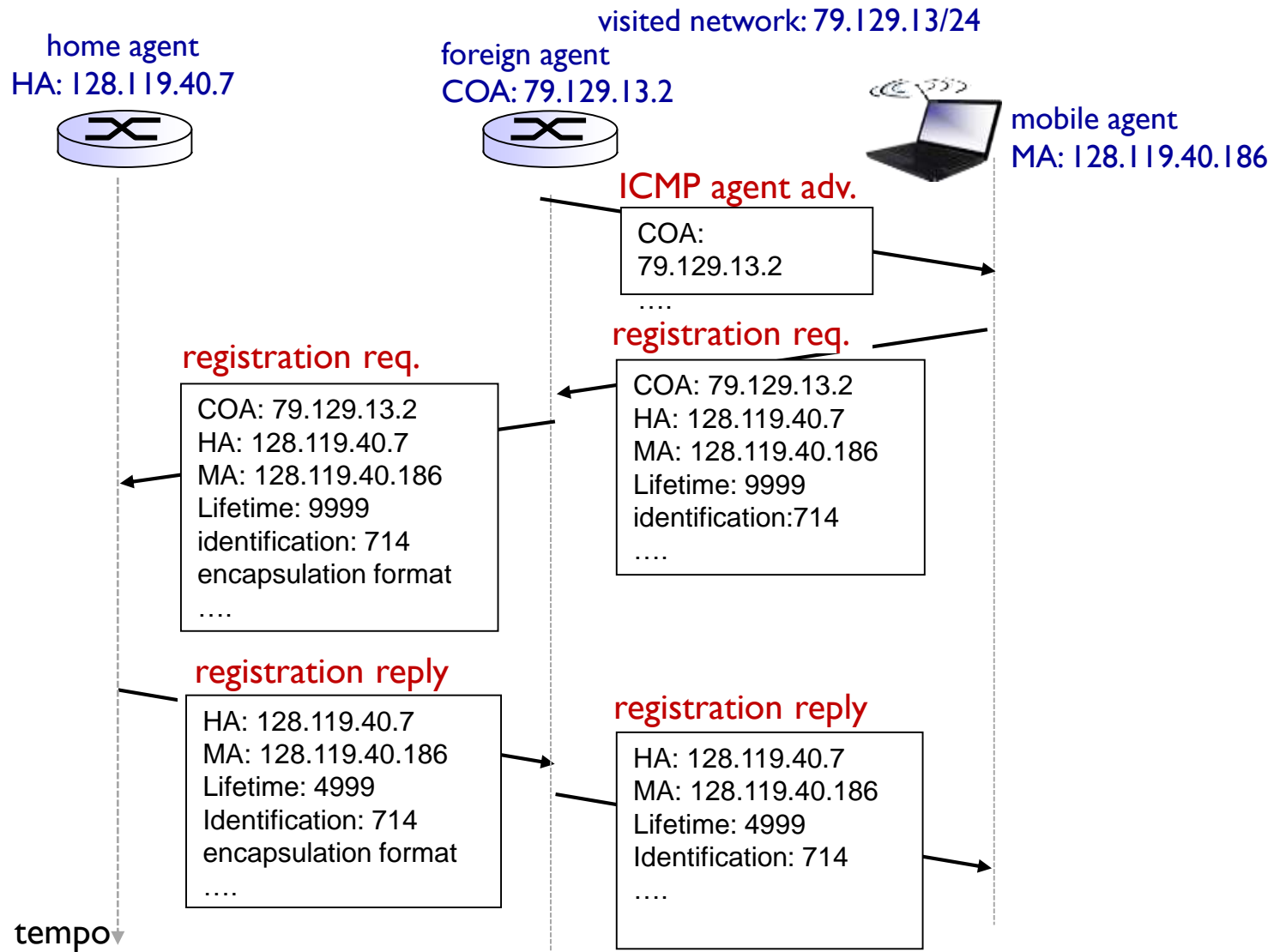


Mobile IP: agent discovery

- ❖ *agent advertisement*: gli agenti foreign/home rendono noti i servizi attraverso il broadcasting di messaggi ICMP (typefield = 9)

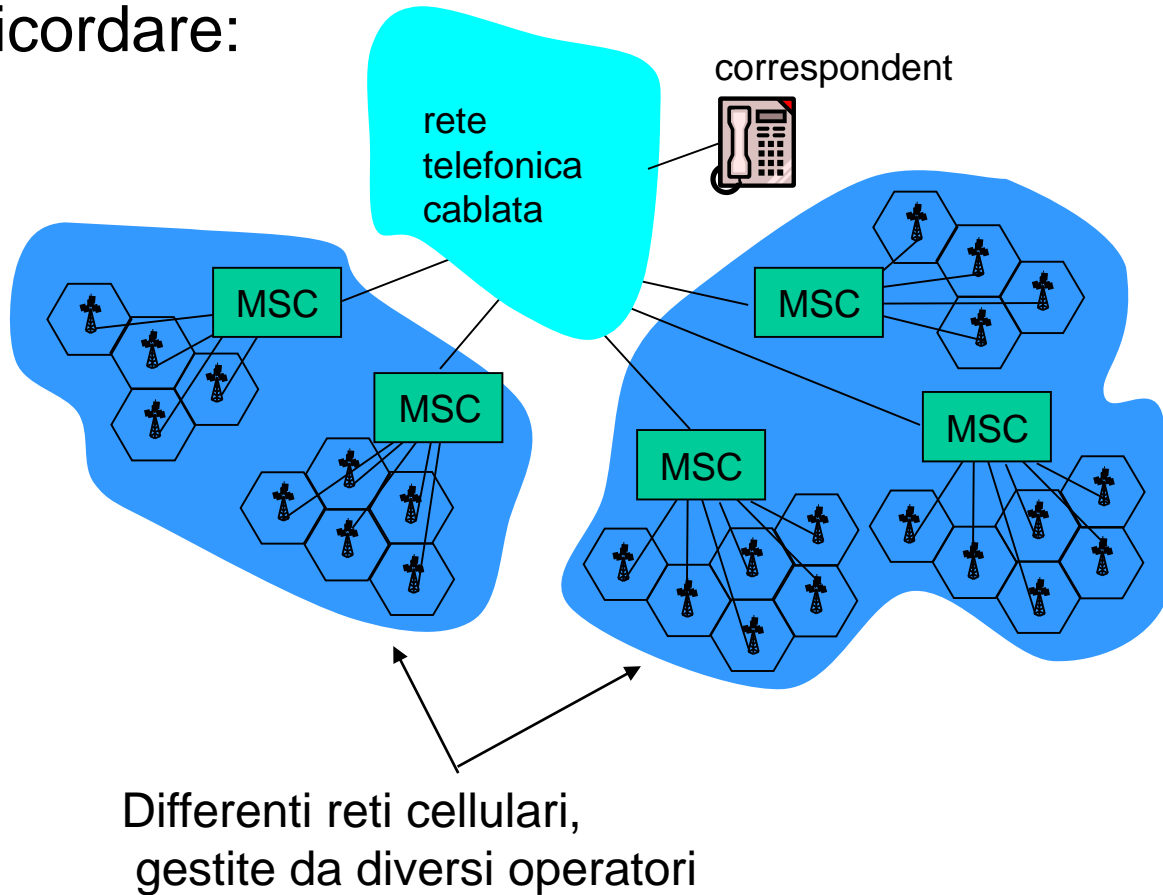


Mobile IP: esempio di registrazione



Componenti di un architettura di rete cellulare

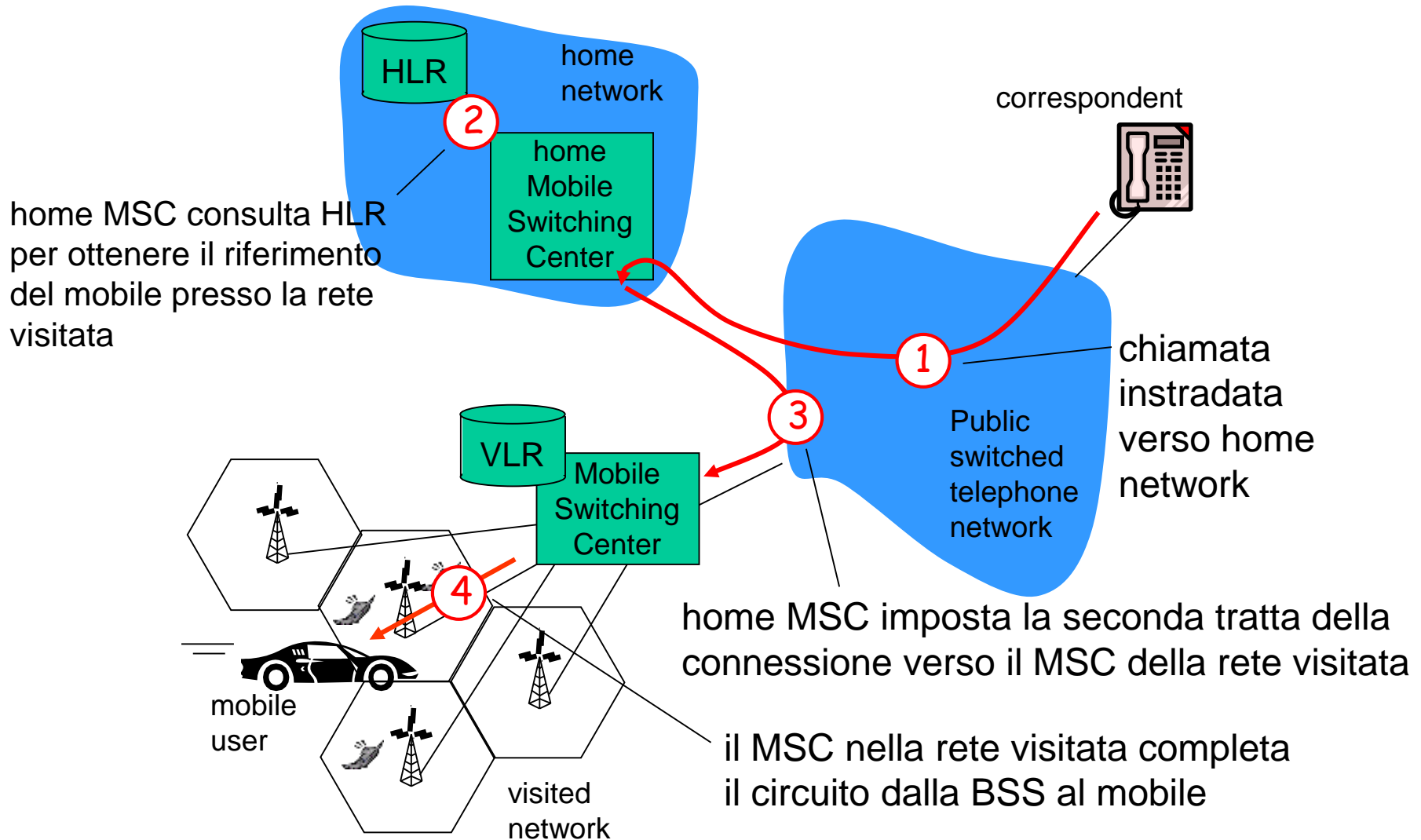
da ricordare:



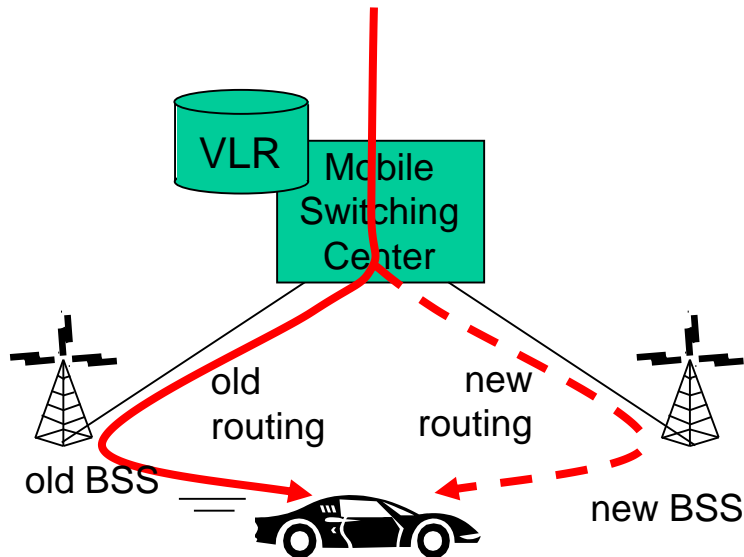
Gestire la mobilità nelle reti cellulari

- ❖ *home network*: rete dell'operatore (es., TIM, Vodafone, WIND)
 - *home location register (HLR)*: database nella home network che contiene il numero di telefono, informazioni sul profilo (servizi, preferenze, billing), informazioni sull'attuale posizione dell'utente (può trovarsi presso un'altra rete)
- ❖ *visited network*: rete presso cui attualmente si trova il mobile
 - *visitor location register (VLR)*: database che contiene gli utenti attualmente presenti nella rete

GSM: routing indiretto verso il mobile

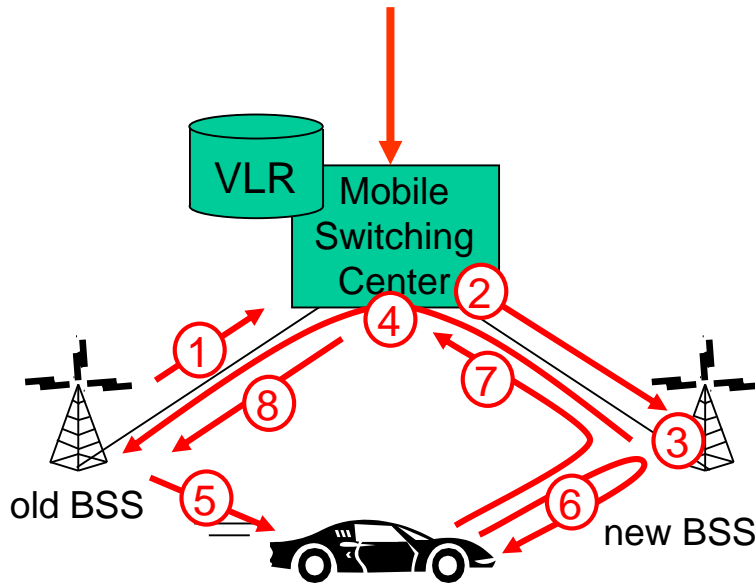


GSM: handoff sullo stesso MSC



- ❖ *obiettivo dell'handoff*: instradare le chiamate attraverso una nuova base station (senza interruzioni)
- ❖ ragioni per l'handoff:
 - segnale più forte verso/da nuove BSS (garantisce connettività, minor consumo energetico)
 - load balance: libera canali della BSS attuale
 - GSM non indica esplicitamente le ragioni per cui effettuare handoff (policy), solo il modo (meccanismo)
- ❖ handoff iniziato dalla precedente BSS

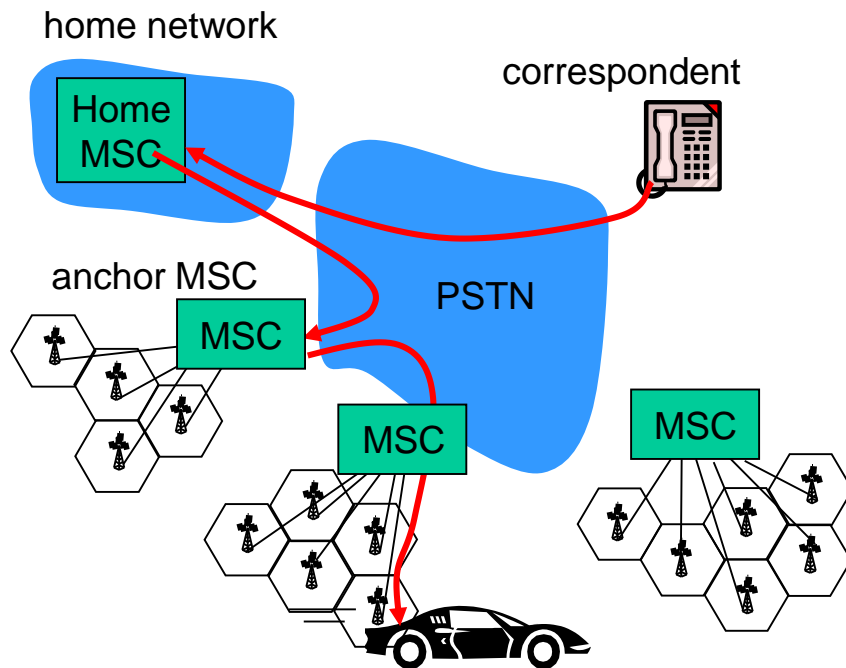
GSM: handoff sullo stesso MSC



1. la vecchia BSS informa il MSC di un imminente handoff, e fornisce la lista di 1+ nuove BSS
2. MSC instaura l'instradamento (alloca risorse) verso la nuova BSS
3. la nuova BSS alloca i canali radio per il mobile
4. la nuova BSS segnala al MSC, e quindi alla vecchia BSS che è pronta
5. la vecchia BSS dice al mobile di effettuare l'handoff verso la nuova BSS

6. il mobile e la nuova BSS si scambiano i messaggi per completare l'assegnazione del canale
7. il mobile comunica alla nuova BSS che a sua volta lo comunica al MSC che l'handoff è completo. MSC ridireziona le chiamate
8. MSC-vecchia-BSS rilascia le risorse

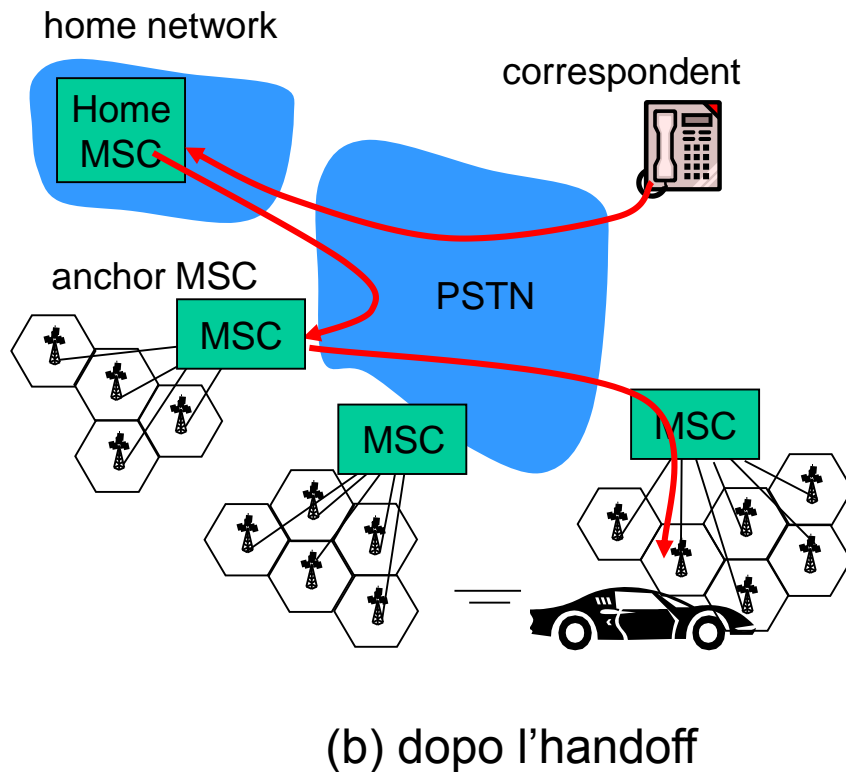
GSM: handoff tra MSC distinti



(a) prima dell'handoff

- ❖ *anchor MSC*: MSC visitato dal mobile quando vengono inizializzate le chiamate
 - la chiamata rimane agganciata all'anchor MSC
- ❖ nuove MSC si aggiungono alla catena MSC a seconda di come il mobile si muove
- ❖ opzionalmente c'è una minimizzazione dei cammini per accorciare la catena di MSC

GSM: handoff tra MSC distinti



- ❖ *anchor MSC*: MSC visitato dal mobile quando vengono inizializzate le chiamate
 - la chiamata rimane agganciata all'anchor MSC
- ❖ nuove MSC si aggiungono alla catena MSC a seconda di come il mobile si muove
- ❖ opzionalmente c'è una minimizzazione dei cammini per accorciare la catena di MSC

Mobilità: GSM rispetto a Mobile IP

elementi GSM	Comment on GSM element	elementi Mobile IP
Home system	Rete del numero di telefono permanente	Home network
Gateway Mobile Switching Center, o “home MSC”. Home Location Register (HLR)	MSC home: fornisce indirizzi d’instradamento verso l’utente mobile. HLR: database che contiene i numeri di telefono permanenti, informazioni sul profilo utente e commerciali, localizzazione dell’utente mobile	Home agent
Visited System	Rete di temporanea residenza	Visited network
Visited Mobile services Switching Center. Visitor Location Record (VLR)	MSC visitato: imposta le chiamate da e per un nodo mobile nelle sue celle. VLR: database temporaneo (del sistema visitato) con varie informazioni sugli utenti in visita	Foreign agent
Mobile Station Roaming Number (MSRN), or “roaming number”	Indirizzo utilizzabile per una chiamata telefonica tra MSC domestico e MSC visitato (invisibile all’agente mobile e al corrispondente)	Care-of-address

Mobilità: impatto sui protocolli dei livelli superiori

- ❖ logicamente, l'impatto *dovrebbe* essere minimale...
 - il modello di servizio best-effort rimane inalterato
 - TCP and UDP devono poter funzionare sul wireless mobile
- ❖ ... ma riguardo le prestazioni:
 - packet loss/delay a causa dei bit-errors (pacchetti scartati, ritardi per le ritrasmissioni), e handoff
 - TCP interpreta la perdita come congestione, diminuisce la finestra di congestioni anche se non necessario
 - difficoltà per il traffico real-time a causa del ritardo di link
 - banda limitata dei link wireless

Riassunto capitolo 6

Wireless

- ❖ link wireless :
 - capacità, distanza
 - channel impairments
 - CDMA
- ❖ IEEE 802.11 (“Wi-Fi”)
 - CSMA/CA riflette le caratteristiche del canale wireless
- ❖ accesso cellulari
 - architettura
 - standard (es., GSM, 3G, 4G LTE)

Mobilità

- ❖ principi: indirizzamento e routing per utenti mobili
 - home, visited networks
 - routing diretto e indiretto
 - care-of-addresses
- ❖ casi studiati
 - mobile IP
 - mobilità nel GSM
- ❖ impatto sui protocolli di livello superiore