
Reti mobili e gestione della mobilità

Giacomo Morabito

Dipartimento di Ingegneria Elettrica
Elettronica e Informatica

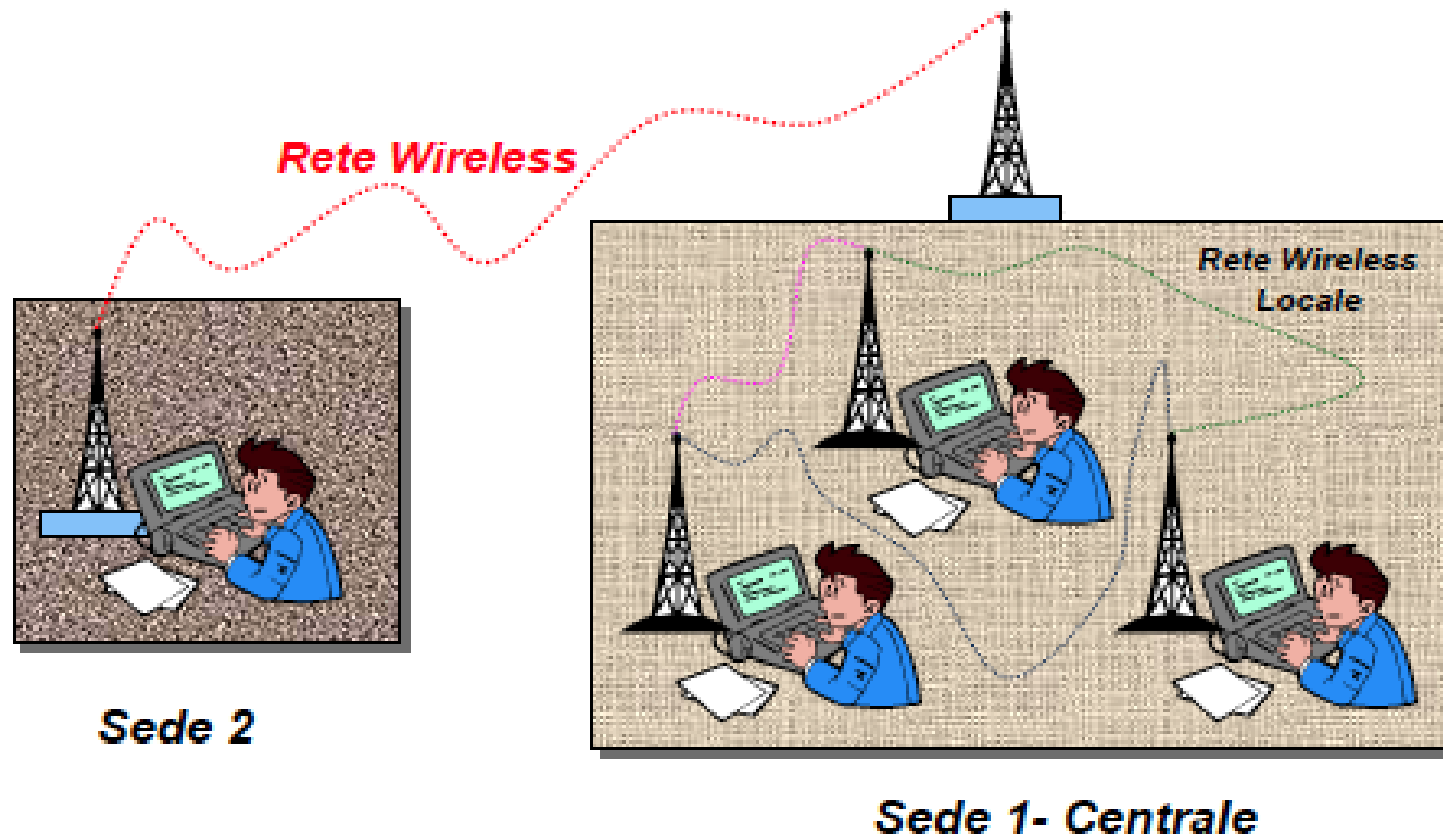
Università di Catania

<http://www.diit.unict.it/users/gmorabi>

Reti Wireless e Reti Mobili

- *Rete wireless e rete mobile* non sono sinonimi.
- Una rete wireless è una rete “senza fili”, cioè, in cui alcune delle entità possono comunicare attraverso delle interfacce aeree.
- Una rete wireless può non essere una rete mobile.
- Ad esempio...

Esempio di Rete Wireless Non Mobile



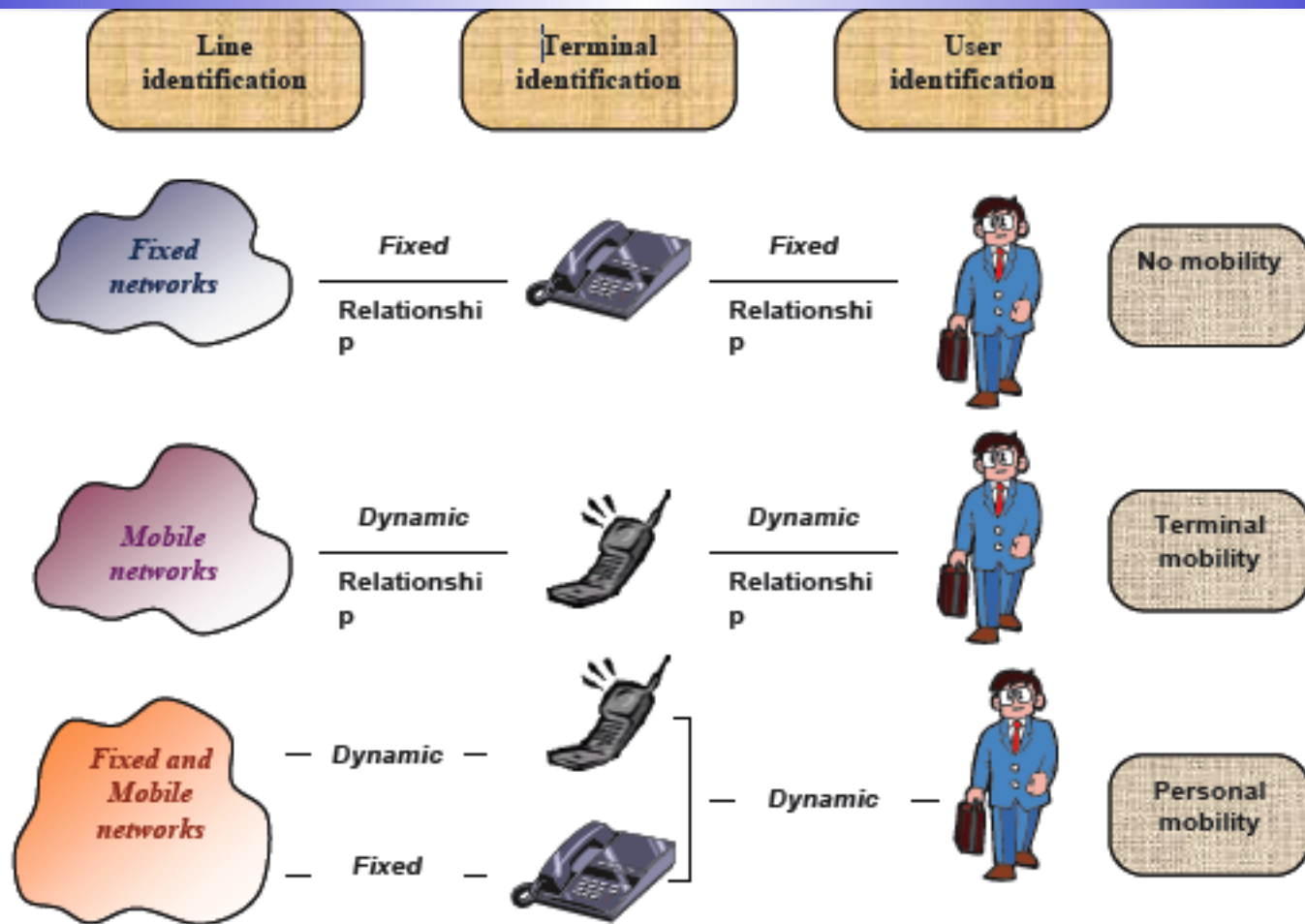
Reti Mobili

- Le *reti mobili* sono reti che supportano la mobilità degli utenti.
- Le reti mobili possono essere classificate in base al tipo di mobilità che viene supportata:
 - Access Mobility
 - Terminal Mobility
 - Service Profile Portability
 - Personal Mobility

Tipi di Mobilità

- Access Mobility
 - La mobilità è limitata ad un'area intorno alla stazione di accesso alla rete, e.g., cordless, IEEE 802.11
- Terminal Mobility
 - Il terminale è caratterizzato da un identificativo unico, può essere localizzato in ogni momento e può accedere alla rete mentre è in movimento.
- Service Profile Portability
 - Ogni utente è caratterizzato da un profilo che ne specifica le caratteristiche. Tra le altre, i servizi a cui si è sottoscritto.
 - Tale profilo è indipendente dal terminale utilizzato e si sposta con utente anche da un *service provider* all'altro.
- Personal Mobility
 - E' l'integrazione della Terminal Mobility e Service Profile Portability

Mobilità Terminale e Mobilità Personale



Servizi Mobili

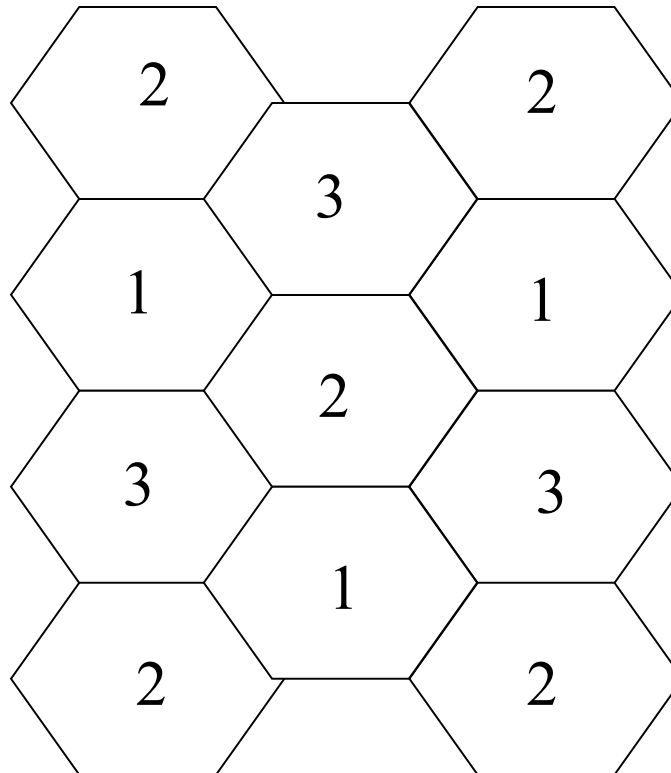
- Servizi di paging (*cerca persona*)
 - Semplicità (non c'è trasmissione)
 - Dimensione ridotta dei terminali
 - Lunga vita delle batterie
- Comunicazioni cordless
 - CT-1 e CT-2: Utilizzo all'interno delle abitazioni, scarsa sicurezza
 - DECT: Roaming, maggiore qualità, maggiore sicurezza
- Comunicazioni Cellulari
 - Sistemi terrestri (TACS, GSM, GPRS, UMTS, LTE)
 - Sistemi satellitari (IRIDIUM e GLOBALSTAR)
- Comunicazioni dati:
 - W-LAN (IEEE 802.11)
 - Personal Area Networks, PAN (Bluetooth)

Reti Mobili Eterogenee

- Diverse tecnologie di accesso possono essere presenti contemporaneamente
- Ogni tecnologia ha vantaggi e svantaggi, e.g., tecnologie per comunicazioni dati:
 - Vantaggi di IEEE 802.11b: alta banda, gratis
 - Vantaggi di GPRS: copertura globale, tecniche di handover efficienti e ben definite
- Un terminale riconfigurabile può scegliere a quale tecnologia di accesso utilizzare
- Concetto di *Always Best Connected* (ABC)

Sistemi Cellulari

- La frequenza è scarsa in reti wireless →
Riuso della Frequenza.



Classificazione dei Sistemi Cellulari

- I Generazione
 - Sistema analogico, limitate possibilità di roaming, limitati servizi, commutazione di circuito; e.g., TACS, E-TACS.
- II Generazione
 - Sistema digitale, roaming internazionale, SIM CARD, limitati servizi, commutazione di circuito, e.g., GSM.
- II Generazione e Mezzo
 - Si sovrappone all'infrastruttura GSM per fornire servizi a commutazione di pacchetto, e.g., GPRS.

Continua...

Classificazione dei Sistemi Cellulari

... *continua*

- III Generazione
 - Commutazione di pacchetto, numerosi servizi real-time e dati con requisiti di qualità del servizio, integrazione con IP, e.g., UMTS.
- IV Generazione
 - Nativo IP, mobilità globale tra sistemi, garanzie di qualità del servizio
 - Recentemente (2009) lanciati servizi *Long Term Evolution* (LTE) – E' in corso di dibattito se si tratti di un sistema di IV generazione reale
 - Full IP
 - OFDM (downlink) e SD-FDMA (uplink)
 - Standard globale
 - FemtoCell system per comunicazioni indoor

Gestione della mobilità

- La gestione della mobilità (*mobility management*) deve prevedere procedure per le seguenti operazioni:
 - Mantenimento della chiamata mentre l'utente è in movimento (*handover*)
 - Localizzazione dell'utente
 - Consegna delle informazioni al nodo mobile
 - Registrazione dell'utente
- Vincoli:
 - Le risorse di comunicazione wireless sono preziose
 - I terminali mobili hanno capacità limitate in termini di:
 - Risorse energetiche: la durata della batteria è un parametro chiave della qualità percepita dall'utente
 - Risorse di calcolo: le operazioni che deve svolgere un terminale mobile devono essere il più semplici possibile
- Obiettivi:
 - Efficienza delle risorse wireless
 - Efficienza energetica
 - Efficienza di calcolo

Registrazione dell'utente

- L'identificazione dell'utente in reti fisse è semplice: L'utente è identificato attraverso la sua posizione geografica
- Nel caso di utenti mobili, all'attivazione di un terminale, è necessaria una fase di registrazione (*user registration*) per:
 - Informare il sistema della raggiungibilità dell'utente
 - Fornire delle prime informazioni sulla posizione dell'utente
 - Verificare i servizi ai quali può accedere l'utente
- Tipicamente ogni gestore di rete ha un elemento in cui sono contenute tutte le informazioni necessarie alla registrazione dell'utente.
- Lo scambio di informazioni tra l'utente mobile e il suddetto elemento deve essere criptato

Localizzazione dell'utente

- Al fine della localizzazione di un utente mobile:
 - L'utente mobile deve periodicamente lasciare traccia nel sistema dei suoi movimenti (*location update*)
 - Se necessario, il sistema deve localizzare con la base station attraverso la quale raggiungere l'utente (*paging*)
- Le soluzioni possibili si differenziano per:
 - Suddivisione delle responsabilità tra location update e location track: maggiore lo sforzo nel fare location update → Minore lo sforzo per il paging
 - Come distribuire nel sistema le informazioni sulla localizzazione degli utenti

Location update: Quando?

- Approcci possibili:
 - Mai: l'utente non informa mai il sistema sulla propria posizione:
 - Il location update ha costo nullo
 - Se necessario, il paging deve cercare l'utente in tutto il sistema
 - Soluzione conveniente nel caso in cui l'utente mobile si muove tanto e conversa poco
 - Di tanto in tanto:
 - Relativamente al tempo: periodicamente l'utente informa il sistema della propria posizione
 - Relativamente allo spazio: l'utente informa il sistema della propria posizione quando questa è cambiata significativamente rispetto all'ultimo location update (es. è cambiata la cella, ha cambiato n celle, ha cambiato gruppo di celle – *location area*)
 - *Relativamente al tempo e allo spazio*

Location update: A chi?

- E' necessario definire quali elementi del sistema devono mantenere le informazioni sulla localizzazione degli utenti
- Approcci possibili:
 - **Centralizzato:** c'è un unico elemento nella rete (ci possono essere anche dei backup) che contiene le informazioni sulla localizzazione di tutti gli utenti (*home location register*)
 - **Distribuito:** Anche in questo caso dobbiamo distinguere diverse possibilità
 - Tutti gli elementi della rete vengono informati della posizione dell'utente (*gossip*)
 - Ci sono elementi di rete che sono responsabili del mantenimento delle informazioni di localizzazione di un gruppo di utenti (*home agent*)

Efficienza del location update (1/2)

- I criteri per la scelta su quando compiere il location update si adattano alle caratteristiche di mobilità dell'utente.
- Le possibili strategie sono:
 - A **tempo**: L'utente comunica la sua posizione ogni DT .
 - A **movimenti**: L'utente comunica la sua posizione ogni d passaggi di cella.
 - A **distanza**: L'utente comunica la sua posizione quando la cella in cui si trova dista D celle da quella in cui si trovava l'ultima volta che ha comunicato la sua posizione.
- I valori di DT , d e D possono essere diversi per ciascun utente e dipendenti dalle sue caratteristiche di mobilità.

Efficienza del location update (2/2)

- Le tecniche a *tempo* e a *movimenti* sono di semplice realizzazione in quanto prevedono l'utilizzo di un timer o di un contatore.
- La tecnica a *distanza* è più complessa in quanto presuppone che il terminale conosca la disposizione delle celle che lo circondano.
- Rispetto al tempo, queste tecniche possono essere statiche (ogni utente ha determinati valori per i parametri DT , d e D che non cambiano nel tempo) oppure adattative (in cui i parametri si adattano istantaneamente alle caratteristiche di mobilità dell'utente).
- E' necessario individuare dei compromessi per i valori dei parametri.

Altre Tecniche: *Pointer Forwarding*

- L'obiettivo è minimizzare il numero di messaggi che devono transitare in rete
- Quando un utente passa da una zona ad un'altra, questa informazione non viene trasmessa al responsabile del mantenimento della posizione dell'utente stesso in quanto potrebbe essere lontano
- Invece, nella vecchia cella viene settato un puntatore al nuova cella
- L'utente verrà cercato prima nella vecchia posizione che però punterà a quella nuova
- Al fine di evitare catene di puntatori troppo lunghe, in genere, viene consentito un massimo di tre puntatori

Altre Tecniche: *Per-User Location Caching*

- Supponiamo che un utente mobile M1 voglia iniziare una chiamata verso M2
- La rete dovrebbe essere interrogata sulla posizione di M2
- Ogni elemento fisso di rete mantiene in una memoria cache la posizione dei terminali mobili che hanno comunicato con i terminali mobili presente nelle sue vicinanze
- Se nel passato recente un utente nelle vicinanze di M1 ha comunicato con M2, si proverà a cercare M2 direttamente nella sua vecchia posizione
- Se il terminale chiamato non è presente nella tabella viene utilizzata la procedura standard.

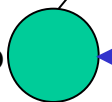
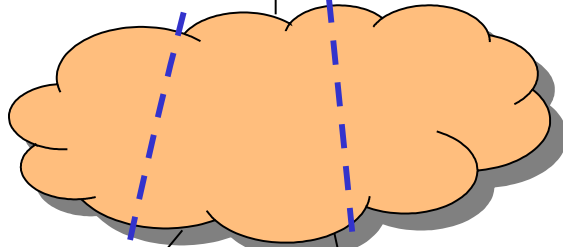
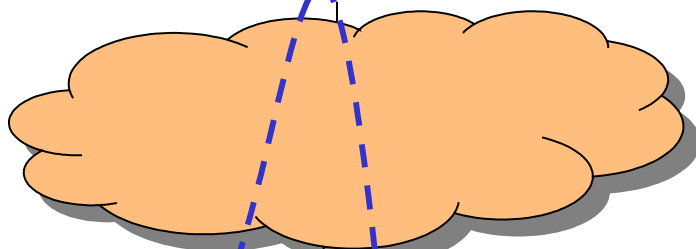
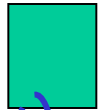
Consegna dell'informazione all'utente mobile

- Sulla base del risultato della localizzazione dell'utente, si possono consegnare i dati all'utente mobile
- Approcci possibili:
 - Le informazioni vengono inviate all'elemento di rete che contiene le informazioni di localizzazione d'utente. Questo si occuperà di farle arrivare all'utente
 - Non è necessario avere una *connessione*
 - Se l'utente mobile si sposta deve avvisare solo chi è responsabile della sua informazione di localizzazione
 - Dopo avere imparato la posizione dell'utente mobile, la sorgente di traffico invia i dati direttamente nella posizione attuale
 - E' necessaria una fase di apertura della connessione
 - Se l'utente si sposta, si deve avvisare tutte le sorgenti con sessioni in corso oltre agli elementi responsabili di mantenere le informazioni di localizzazione

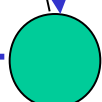
Problemi

- Problema della triangolazione

**Location
Repository**



Nodo fisso

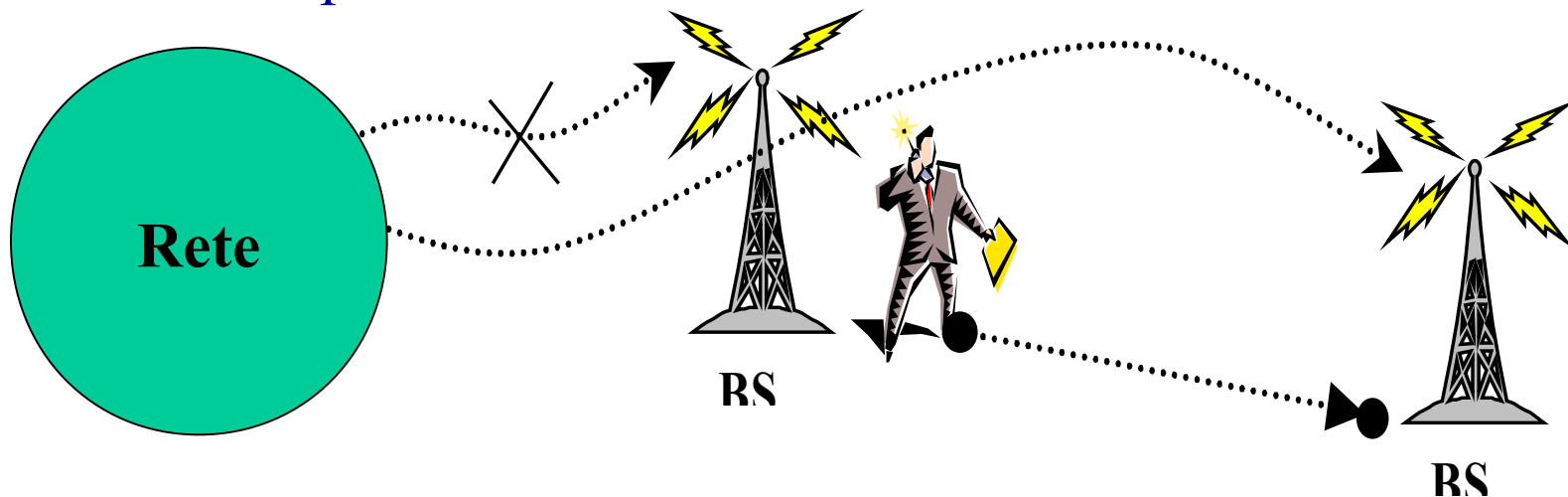


Nodo mobile

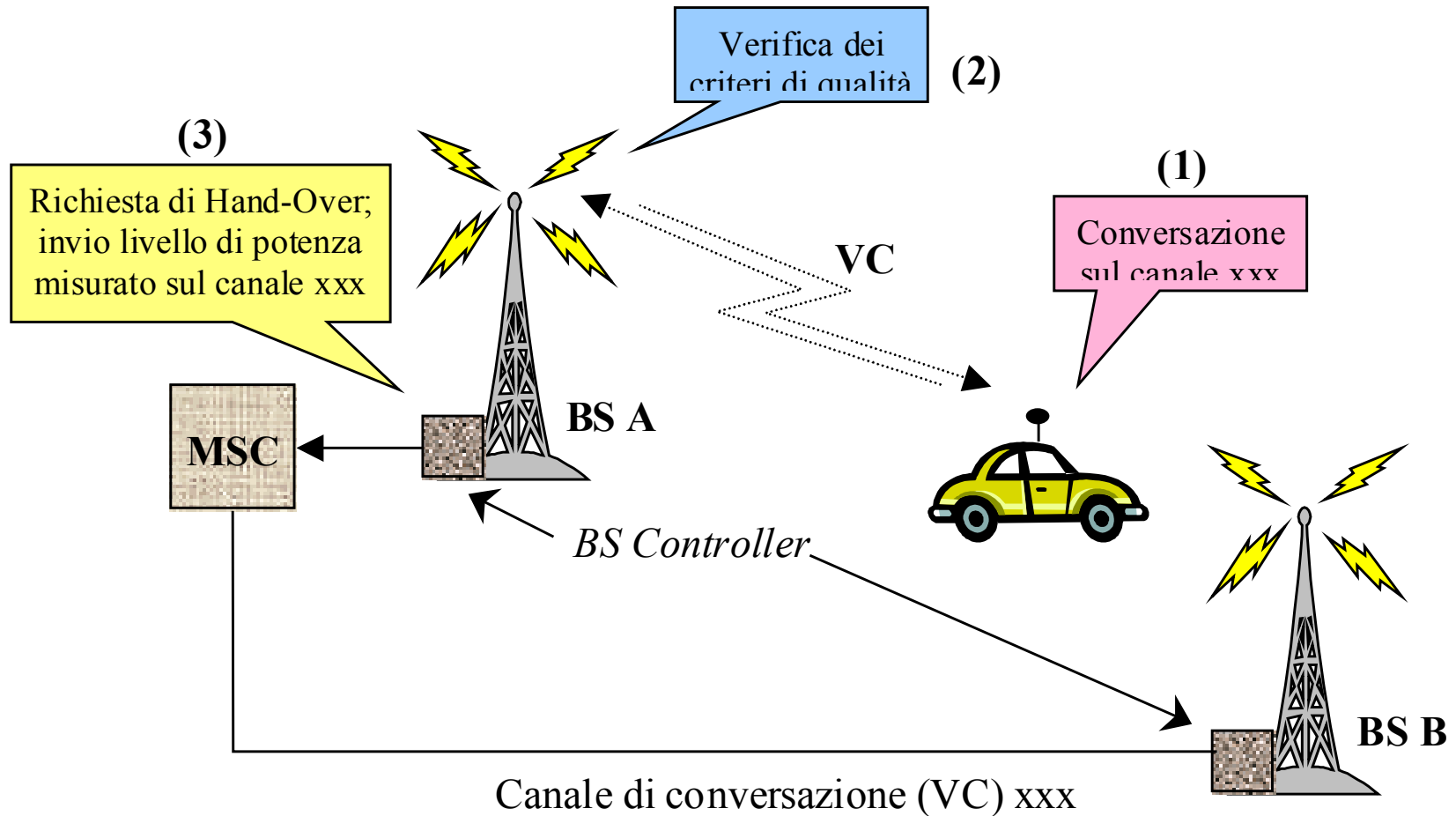
- Se l'informazione viene direttamente inviata al terminale mobile:
 - E' necessario il concetto di connessione: nel caso di scambi di piccole quantità di informazioni → Grosso overhead
 - E' necessario mantenere traccia di tutte le connessioni attive in modo da informare le sorgenti di eventuali spostamenti

Handover

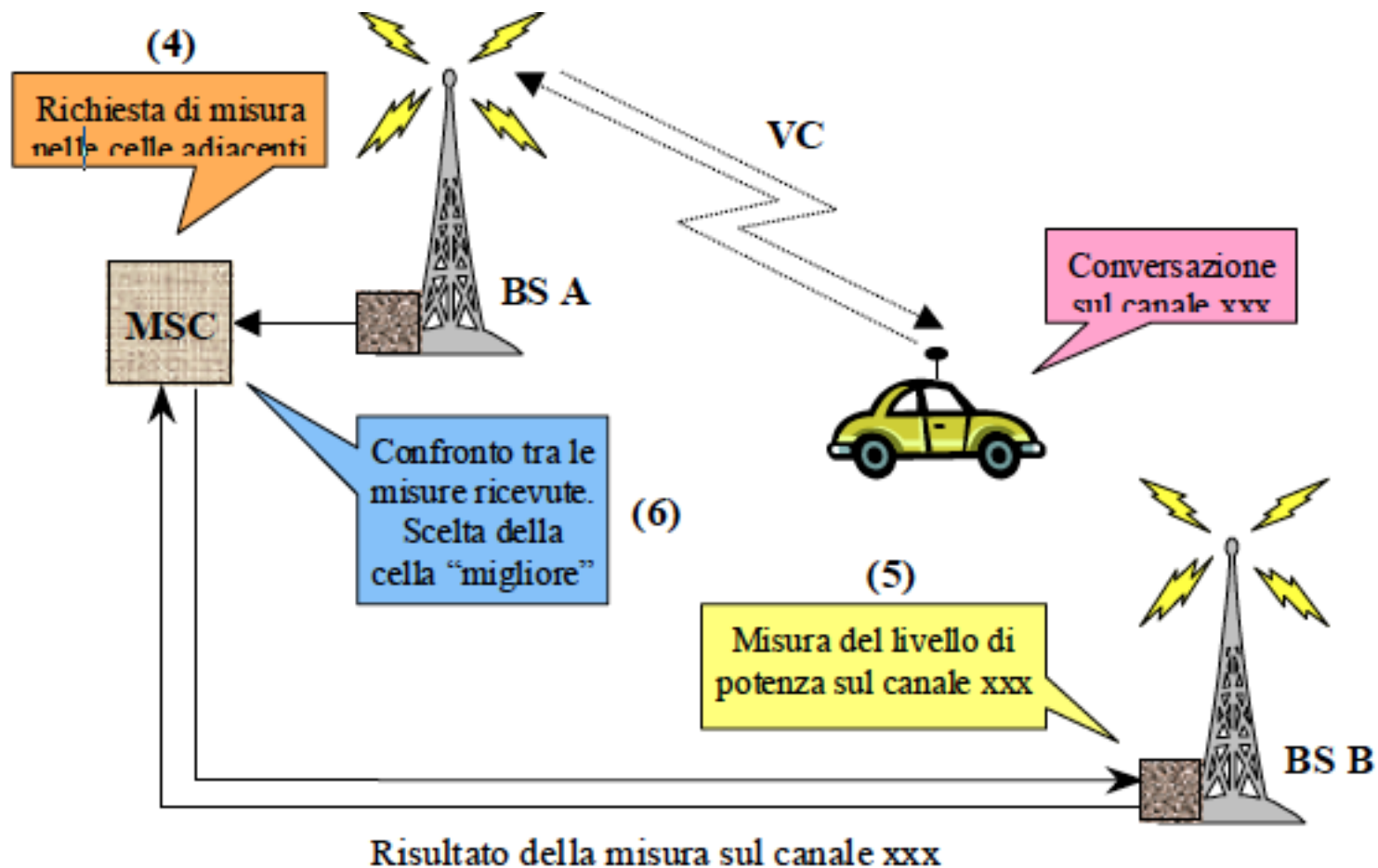
- Può accadere che un utente mobile con una chiamata in corso passi da una cella ad un'altra.
- In questo caso l'utente mobile dovrà passare dalla Base Station (BS) che serve la vecchia cella alla nuova BS.
- Tale procedura è detta *handover*.



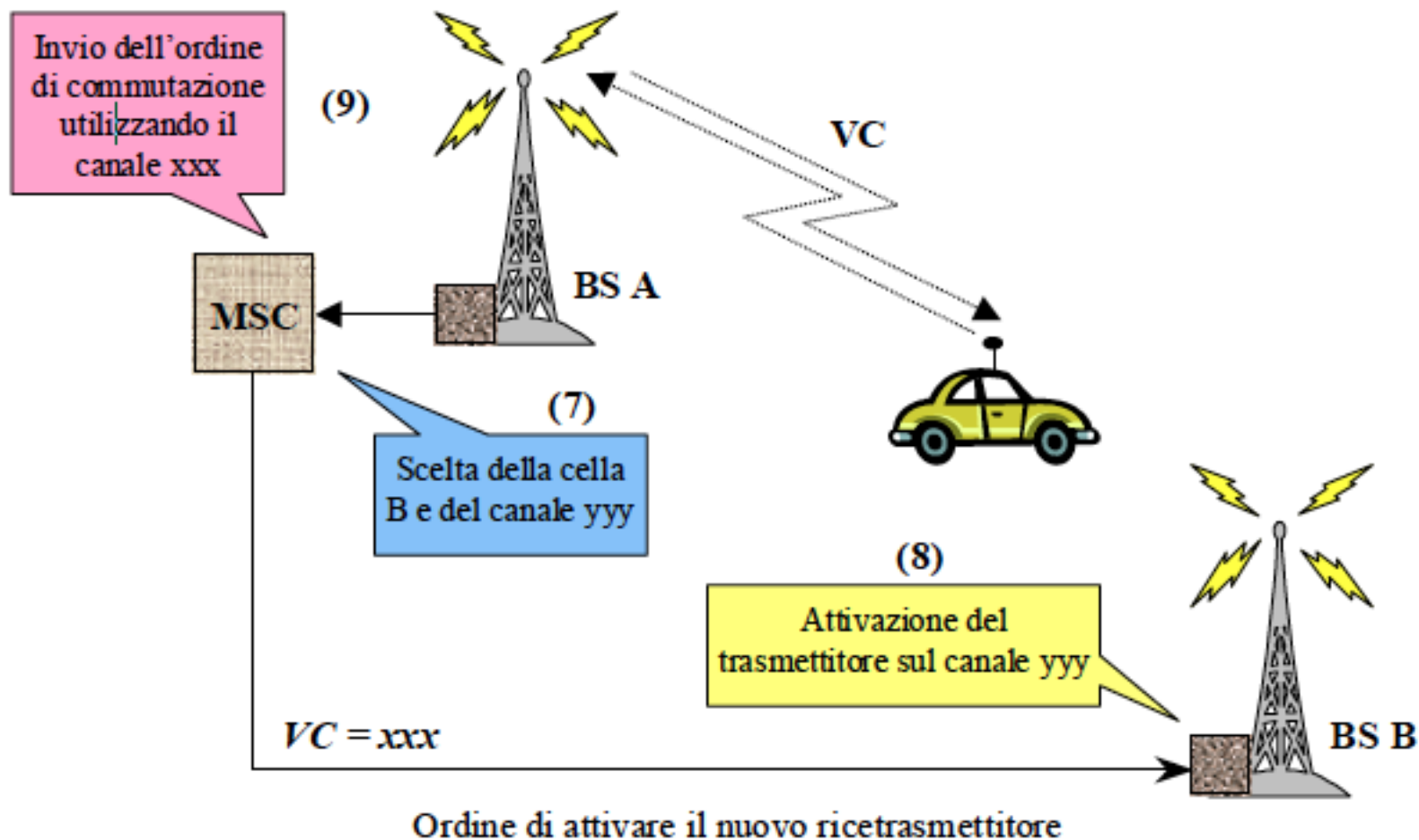
Esempio di procedura di handover



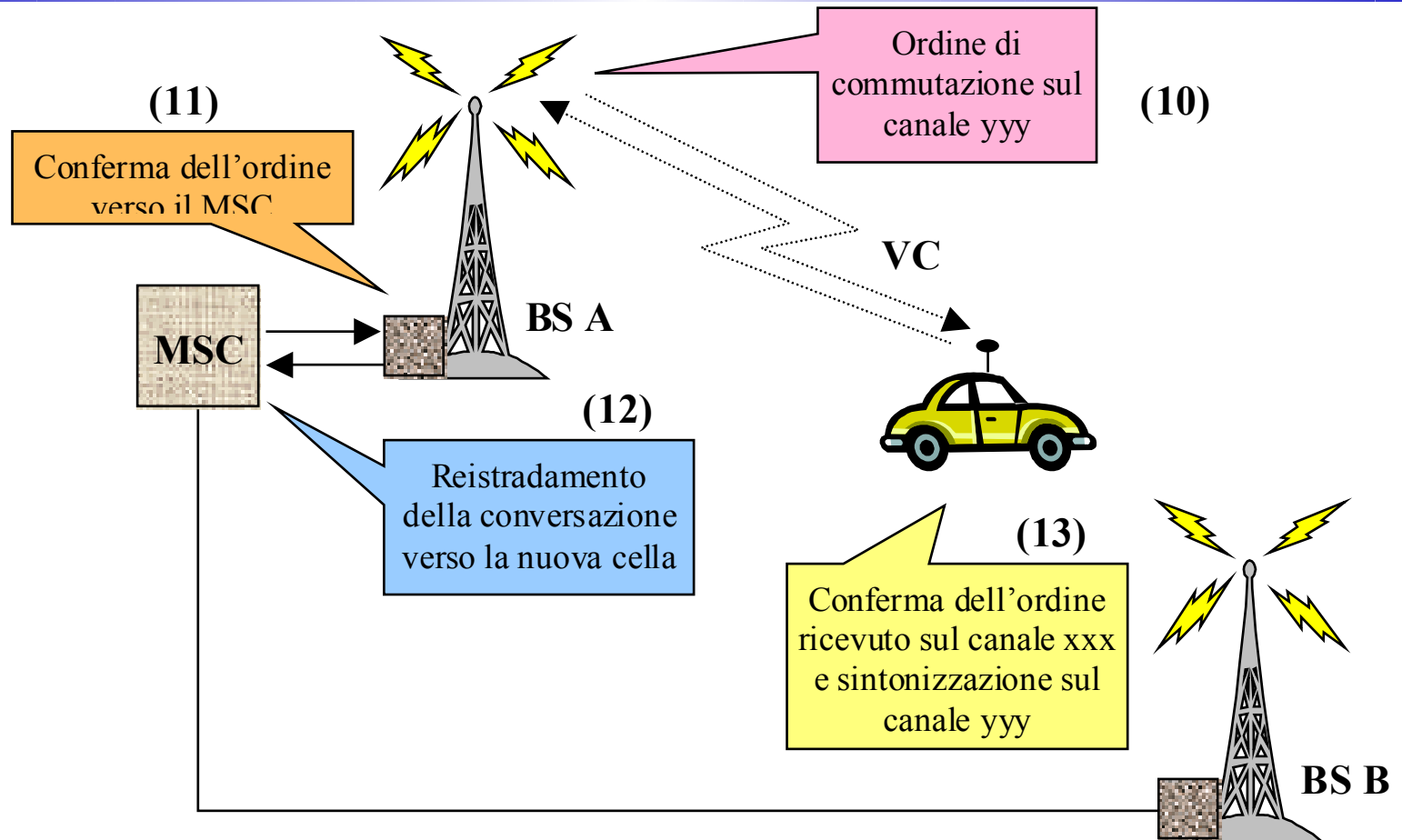
Esempio di procedura di handover



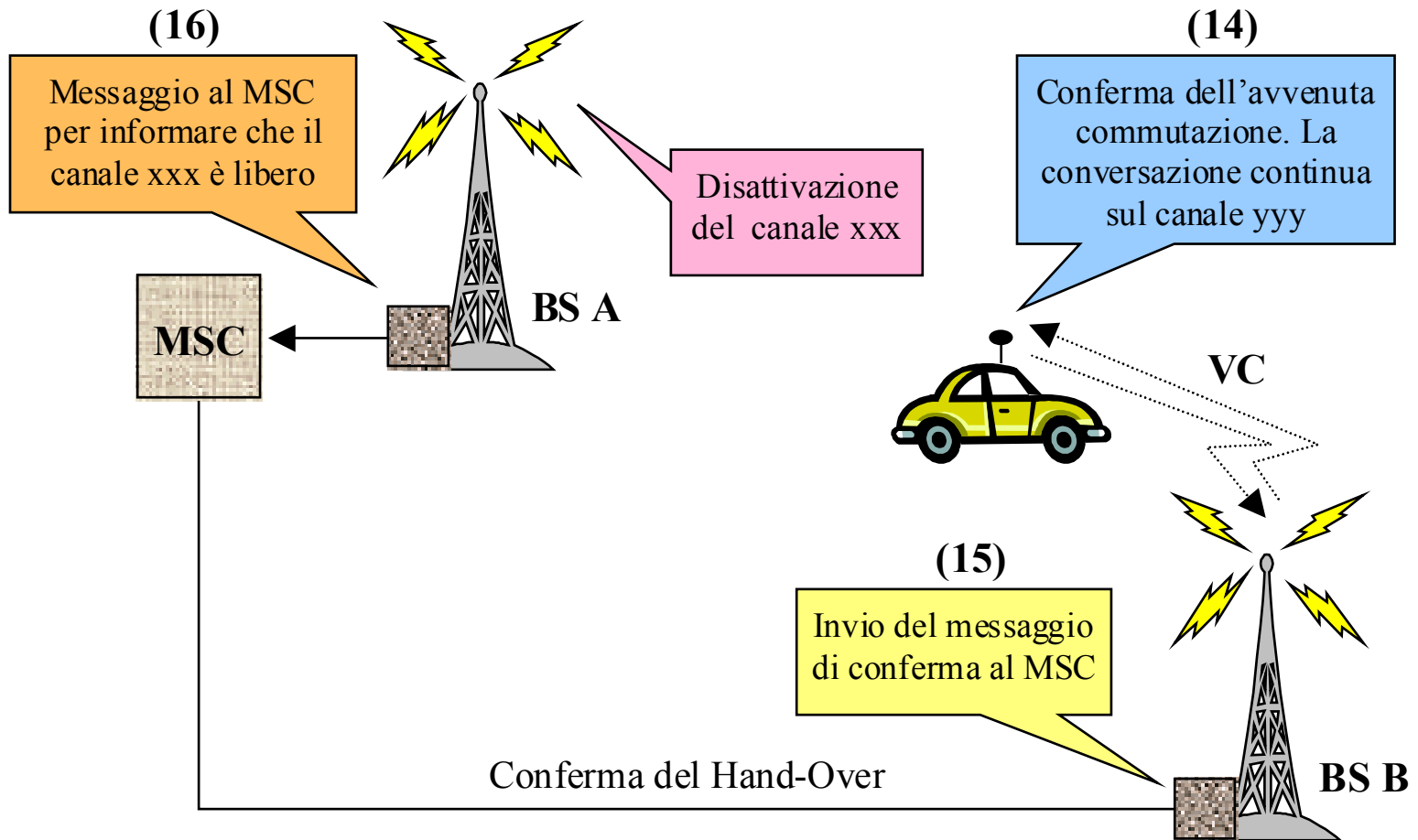
Esempio di procedura di handover



Esempio di procedura di handover



Esempio di procedura di handover



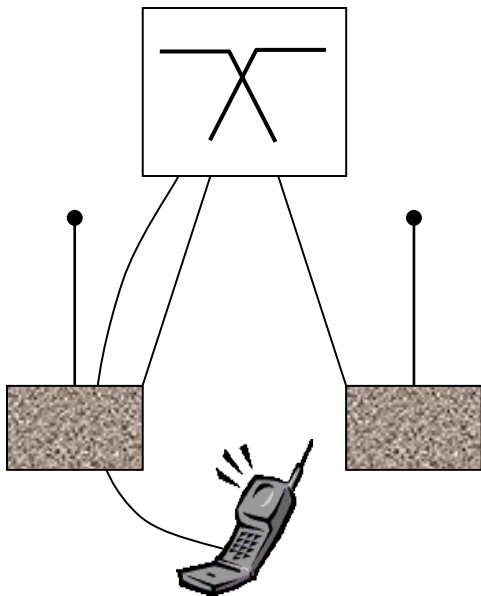
Discussioni sulla Procedura di Handover

- La procedura di handover illustrata precedentemente viene iniziata tramite una richiesta da parte della BS. In questo caso si parla di *Network Controller*.
- E' anche possibile che la procedura venga iniziata dal terminale mobile, in questo caso si parla di *Mobile Assistant*.
- Inoltre, la procedura illustrata si basa su *hard handover*.
- In realtà esistono tre tipi di handover...

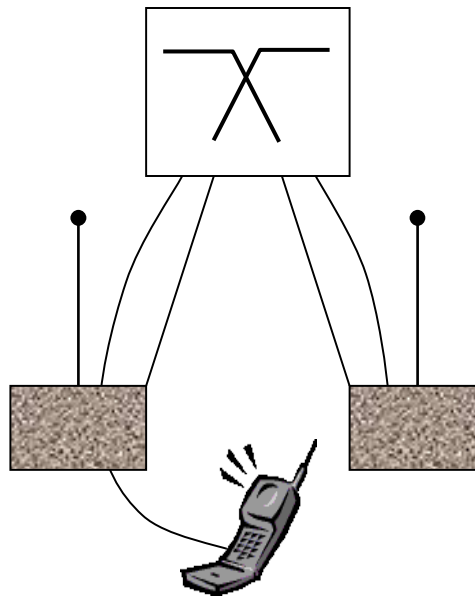
Hard Handover

- Se l'utente si sposta durante la conversazione, si ricerca la BS migliore su cui commutare: c'è qualche millisencondo in cui la linea cade.

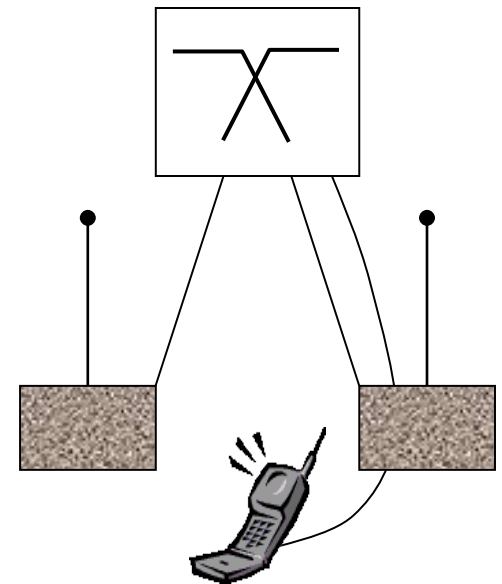
Before



During

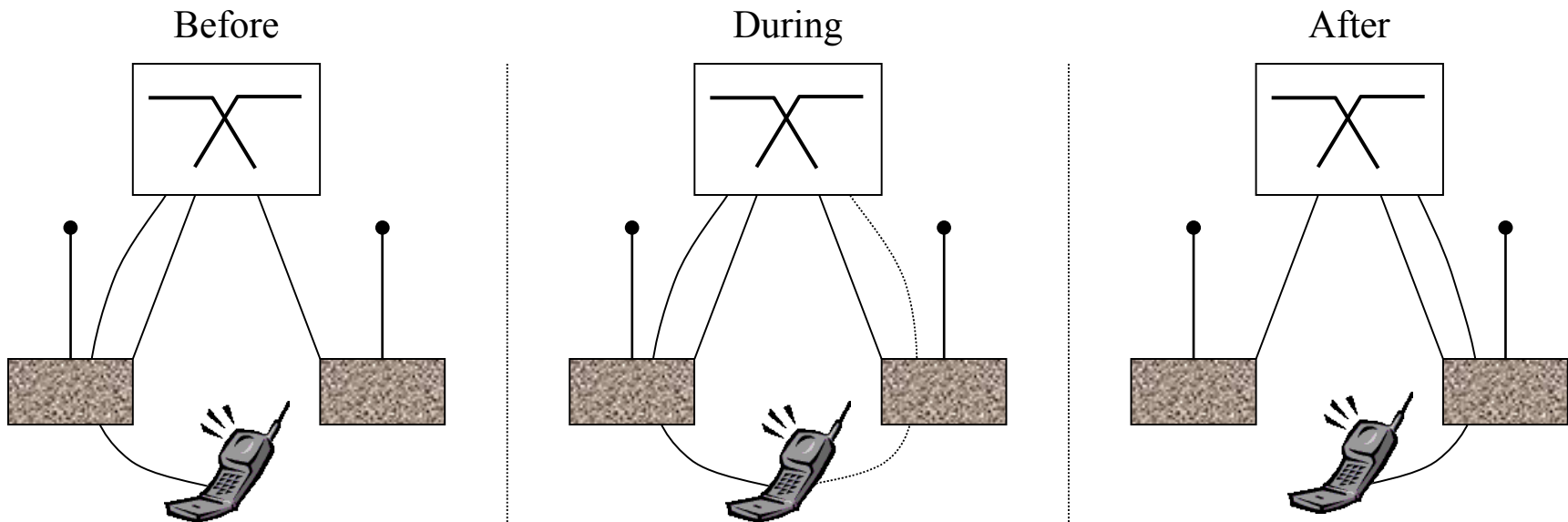


After



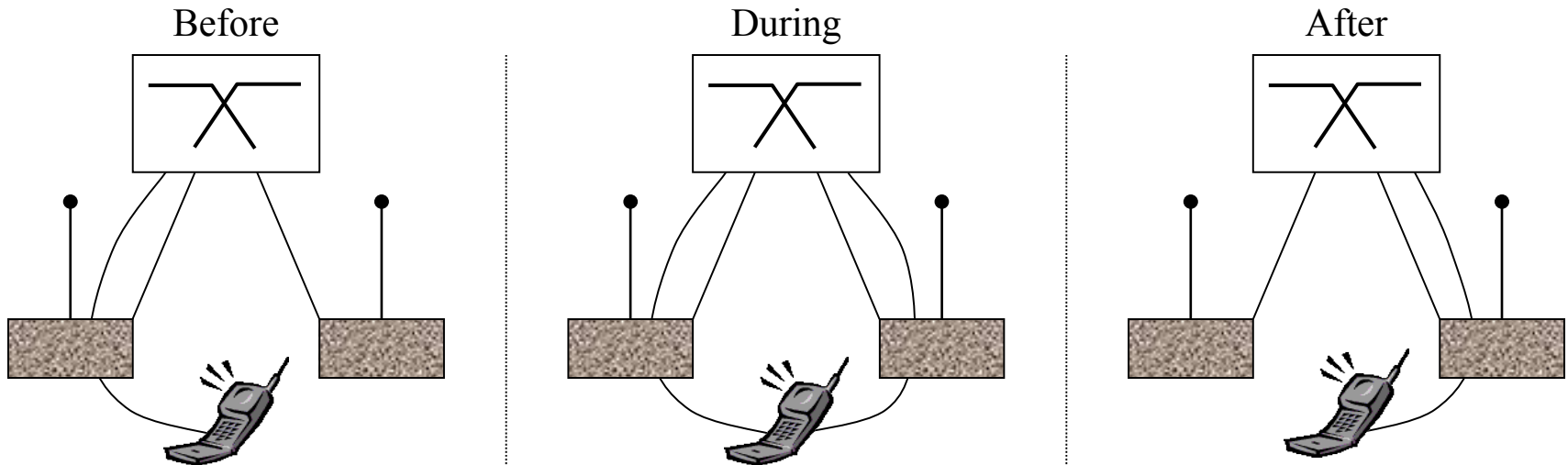
Seamless Handover

- Il canale con la nuova BS viene formato prima della commutazione. Il terminale non si accorge del cambiamento di BS.



Soft Handover

- Durante la commutazione la conversazione avviene per mezzo di entrambe le BS.



Blocco e Caduta della Chiamata

- Quando un utente vuole iniziare una chiamata, ma nella cella in cui si trova non ci sono canali radio, si ha un *blocco* della chiamata (*Call Block*).
- Quando un utente con una chiamata in corso si sposta in una cella in cui non ci sono canali radio disponibili, si ha una *caduta* della chiamata (*Call Drop*).
- Dal punto di vista dell'utente, è preferibile che la chiamata venga bloccata anziché cada.

Guard Channel

-
- Al fine di diminuire la probabilità di *call drop* sono state ideate delle tecniche basate su soglie.
 - Un certo numero di canali per ogni cella vengono riservati alle chiamate per handover.
 - In altre parole, se il numero di canali occupati nella cella è maggiore di una determinata soglia, le nuove chiamate non vengono accettate.
 - Questa tecnica è chiamata Guard Channel.
 - In realtà gli operatori di rete non usano queste tecniche in quanto implicano una diminuzione delle entrate.

Channel Borrowing

- Vengono presi dei canali dalle celle con basso carico di traffico per offrirli a quelle celle contigue che sono prossime alla saturazione.
- Questo tipo di tecniche aumenta l'utilizzazione delle risorse.