

**Politecnico di Milano**  
**Dipartimento di Elettronica e Informazione**  
**A.A. 2002-2003**

**Corso di Reti di Telecomunicazione II**  
**Prof. L. Fratta**

# **Seminario sulle Reti Radiomobili**

**Ing. Luca Dell'Anna**  
**luca@dellanna.com**

# Contenuti (1)

---

## 1. Introduzione

## 2. Strumenti di base

- ✦ Caratterizzazione del canale radio

## 3. Problematiche principali dei sistemi mobili

- ✦ Accesso multiplo e Multiplazione
- ✦ Riutilizzo e network planning
- ✦ Gestione della mobilità

# Contenuti (2)

---

## 4. Lo standard GSM

- ✚ Accesso radio
- ✚ Architettura di rete
- ✚ Protocolli di segnalazione
- ✚ Servizi supportati
- ✚ Esempi di procedure

## 5. Il sistema WCDMA - UMTS



# Introduzione

# “Anywhere & anytime”

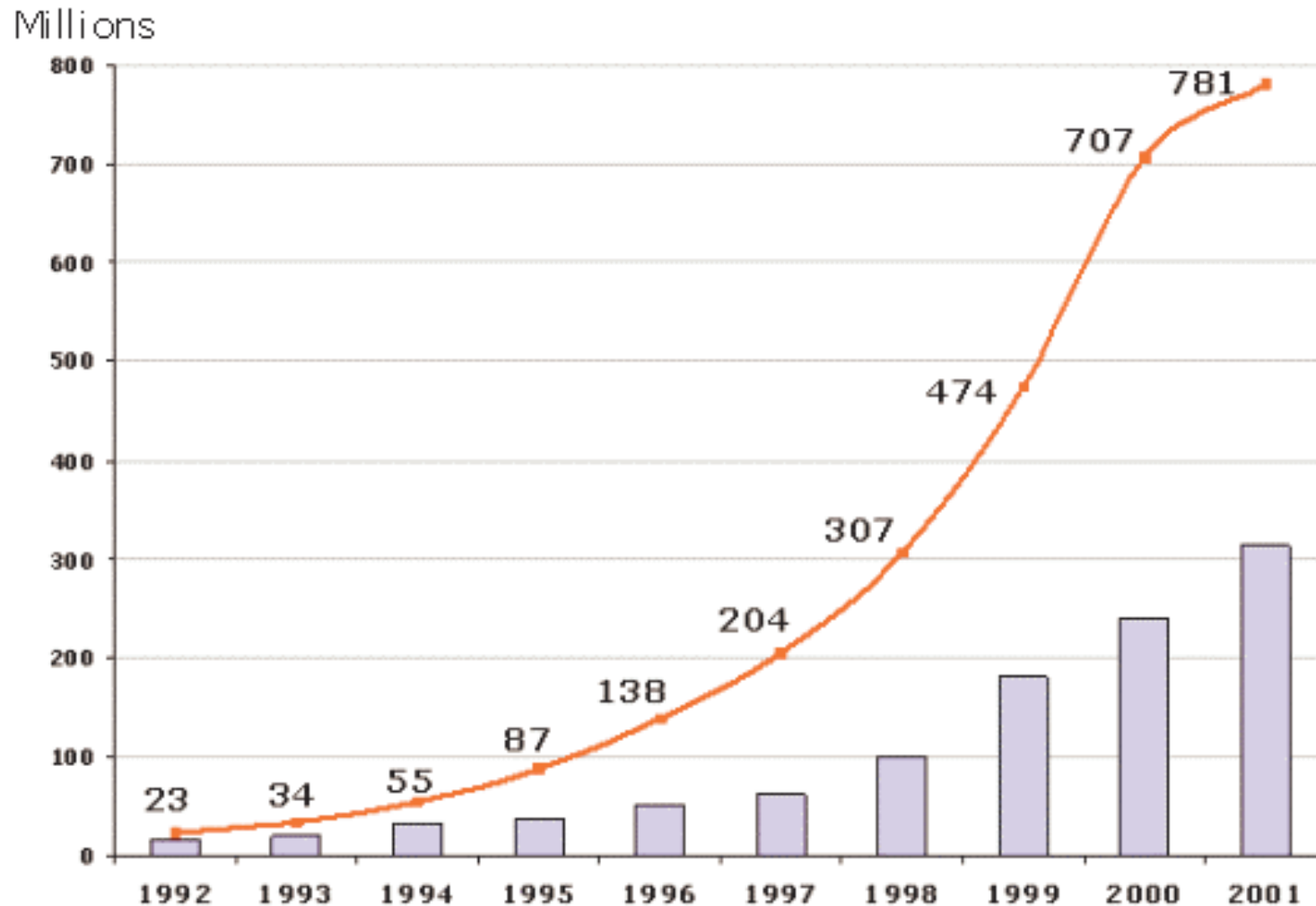
---

- ✦ Lo scopo primario di un sistema radiomobile è di rendere possibile una connessione tra utenti mobili e tra utenti mobili e rete fissa

“anywhere & anytime ”

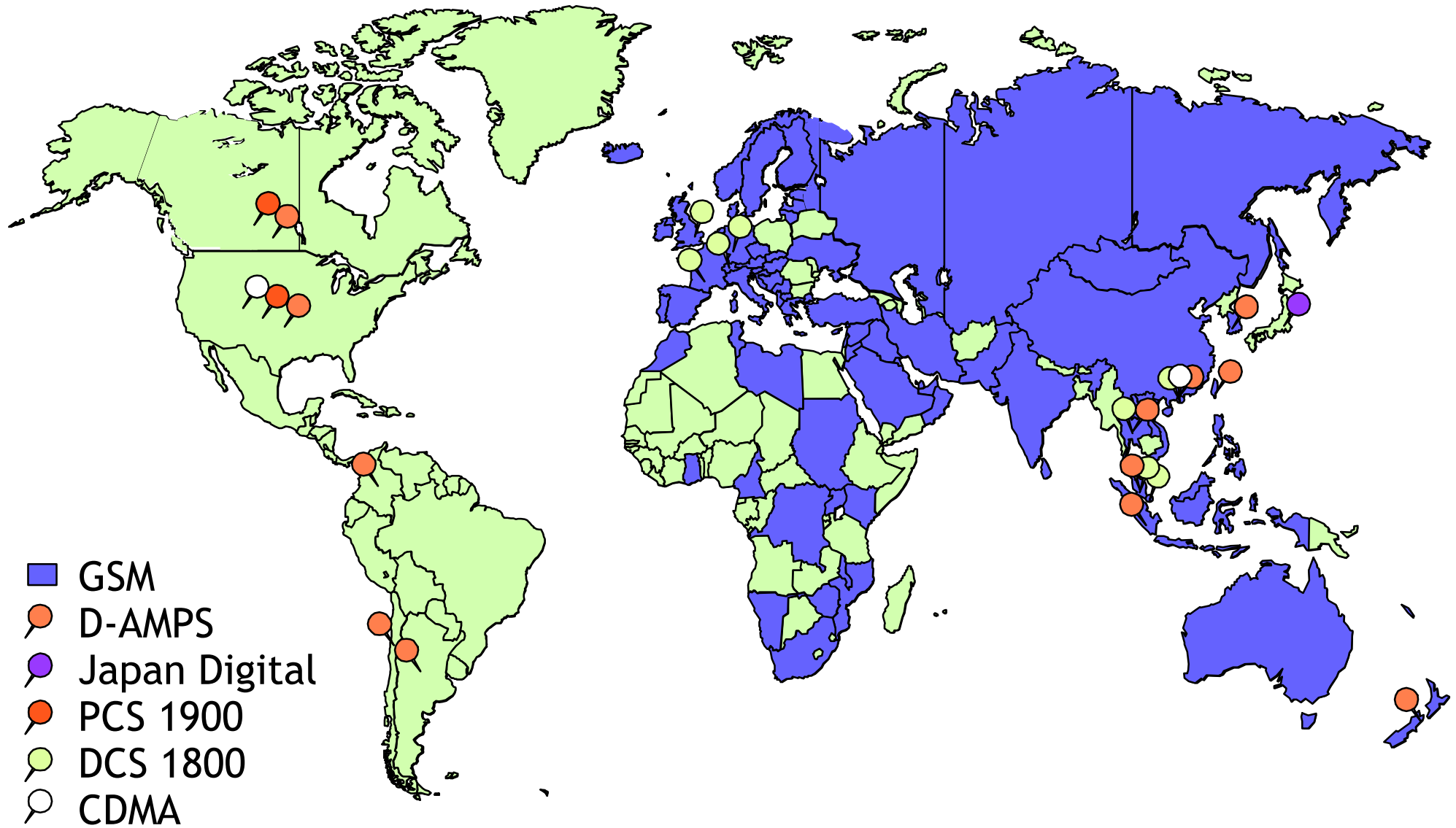
- ✦ Il mercato ha avuto un forte sviluppo negli anni '80 e la domanda è ancora in rapida ascesa.

# Utenti mobili nel mondo



- Nel mondo, 1 persona su 10 possiede un telefonino
- In Italia vi sono 45M di abbonati

# Worldwide Digital Cellular Systems



# Requisiti dei sistemi radiomobili

---

## Capacità

servire un numero di utenti paragonabile a quello delle reti fisse (decine di milioni)

## Copertura

garantire un livello di segnale accettabile a un vasto territorio (dalle grandi città alle aree rurali)

## Qualità

garantire parametri di qualità di comunicazione simili a quelli delle reti fisse

## Flessibilità

possibilità di accedere ai servizi di rete fissa e interoperabilità con altre reti



# Problemi e limitazioni

- ✦ Scarsità delle risorse radio
  - ✦ Limitata ampiezza dello spettro
  - ✦ Possibile presenza di interferenze tra reti diverse
- ✦ Gestione della mobilità degli utenti
  - ✦ Utenti in movimento ovunque nella rete
- ✦ Estrema variabilità del traffico
  - ✦ Eventi sportivi, festività, emergenze
  - ✦ In generale di difficile predizione

# Cenni storici (1)

---

- + La propagazione nello spazio libero è usata da quasi 100 anni per le telecomunicazioni
- + I primi (rudimentali) sistemi di telecomunicazione non diffusiva con mezzi mobili appaiono durante la seconda guerra mondiale
- + I primi sistemi di telefonia mobile risalgono agli anni '60, ma sono costosi, poco pratici, con bassa qualità e bassa affidabilità

# Cenni storici (2)

- ✦ Nei primi anni '80 vengono installate le prime reti cellulari nel senso "moderno" del termine (1983 Chicago)
  - ✦ reti "specializzate" (es. private di una organizzazione)
  - ✦ piuttosto costose
  - ✦ bassa capacità e versatilità
- ✦ Nella seconda metà degli anni '80 vengono installate le reti analogiche "avanzate" (AMPS, NMT, TACS) con immediato ed enorme successo commerciale (1G)

# Prima Generazione (1G)

---

- **AMPS** (*Advanced Mobile Phone Service*)
  - standard U.S.A. (EIA-553); banda intorno agli 800 MHz
  - **diffusione:** Americhe, Oriente
- **TACS** (*Total Access Communications System*)
  - standard sviluppato nel Regno Unito; banda intorno ai 900 MHz, è un adattamento dello standard AMPS
  - **diffusione:** Europa (Italia)
- **NMT** (*Northern Mobile Telephone System*)
  - standard scandinavo, indipendente da AMPS e TACS; bande intorno ai 450 e ai 900 MHz;
  - **diffusione:** Europa del Nord

# Verso la Seconda Generazione

---

- Sistemi analogici:

- bassa capacità
- scarsa qualità del servizio
- numero di servizi limitato
- alti costi delle apparecchiature
- problemi di interoperabilità tra sistemi diversi



- Sistemi digitali (2G-fine anni '80)

- Integrazioni di servizi diversi
- Maggiore robustezza all'interferenza
- Sicurezza

# Seconda Generazione (2G/2G+)

---

- ✦ Nel '92 è stato introdotto GSM in Europa con un successo ed una diffusione enorme
- ✦ D-AMPS e IS-95 (CDMA) sono introdotte in USA nella metà degli anni '90 con grande successo (meno del GSM)
- ✦ Fine anni '90 standardizzazione di reti con accesso a pacchetto (EDGE, GPRS, HCSCD)
- ✦ Tra pochi mesi: UMTS



# Aspetti trasmissivi

# Il canale radio

- + Rispetto ai mezzi cablati il canale radio è un mezzo di trasmissione molto "cattivo" (lo scenario cambia dinamicamente)
- + I segnali che si propagano in aria sono soggetti a fenomeni di:
  - + Attenuazione (funzione della distanza)
  - + Multipath (funzione degli ostacoli presenti sul cammino radio e della mobilità dell'utente)



# Propagazione in spazio libero



$$P_r = P_t G_t G_r \left( \frac{\lambda}{4\pi r} \right)^2$$

Equazione dello spazio libero, o di Frirs

L'attenuazione da spazio libero è

$$L(dB) = 10 \log_{10} (P_t / P_r)$$

Che in caso di antenne isotropiche diviene

$$L(dB) = 32,44 + 20 \log_{10} f_{MHz} + 20 \log_{10} r_{Km}$$

## (2)

Nei sistemi radiomobili le condizioni di propagazione in spazio libero valgono raramente. In realtà si ha:

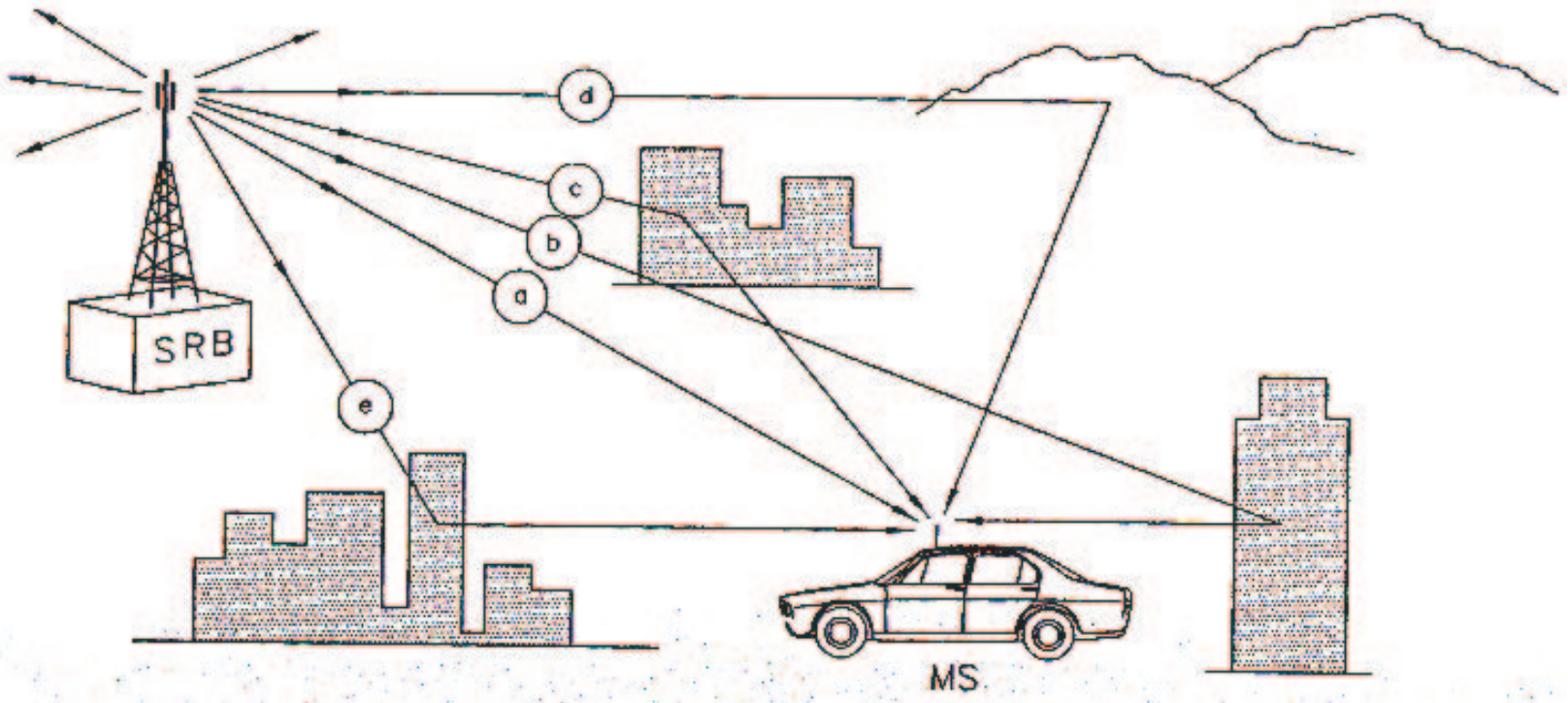
$$P_r / P_t \propto r^{-\alpha} \quad \text{con} \quad 2 \leq \alpha \leq 5$$

Esistono vari modelli di attenuazione da spazio libero funzione del tipo di scenario radiomobile (microcellulare, macrocellulare, indoor etc....)

# I cammini multipli

- ✦ La propagazione "reale" è influenzata da
  - ✦ Presenza di ostacoli --> fenomeni di riflessione, rifrazione e diffrazione delle onde elettromagnetiche trasmesse
  - ✦ Mobilità degli utenti
- ✦ In pratica l'energia trasmessa arriva a destinazione attraverso diversi percorsi, da diverse direzioni (diversi sfasamenti) e con diversi ritardi temporali (FENOMENO DEL MULTIPATH)

# Fac



- Le varie componenti di segnale che giungono al ricevitore vengono sommate vettorialmente per ottenere il segnale risultante che può essere grande o piccolo a seconda dello sfasamento relativo
- Le fluttuazioni del segnale ricevuto a causa del multipath sono note come fading (affievolimenti)

# Tipologie di fading

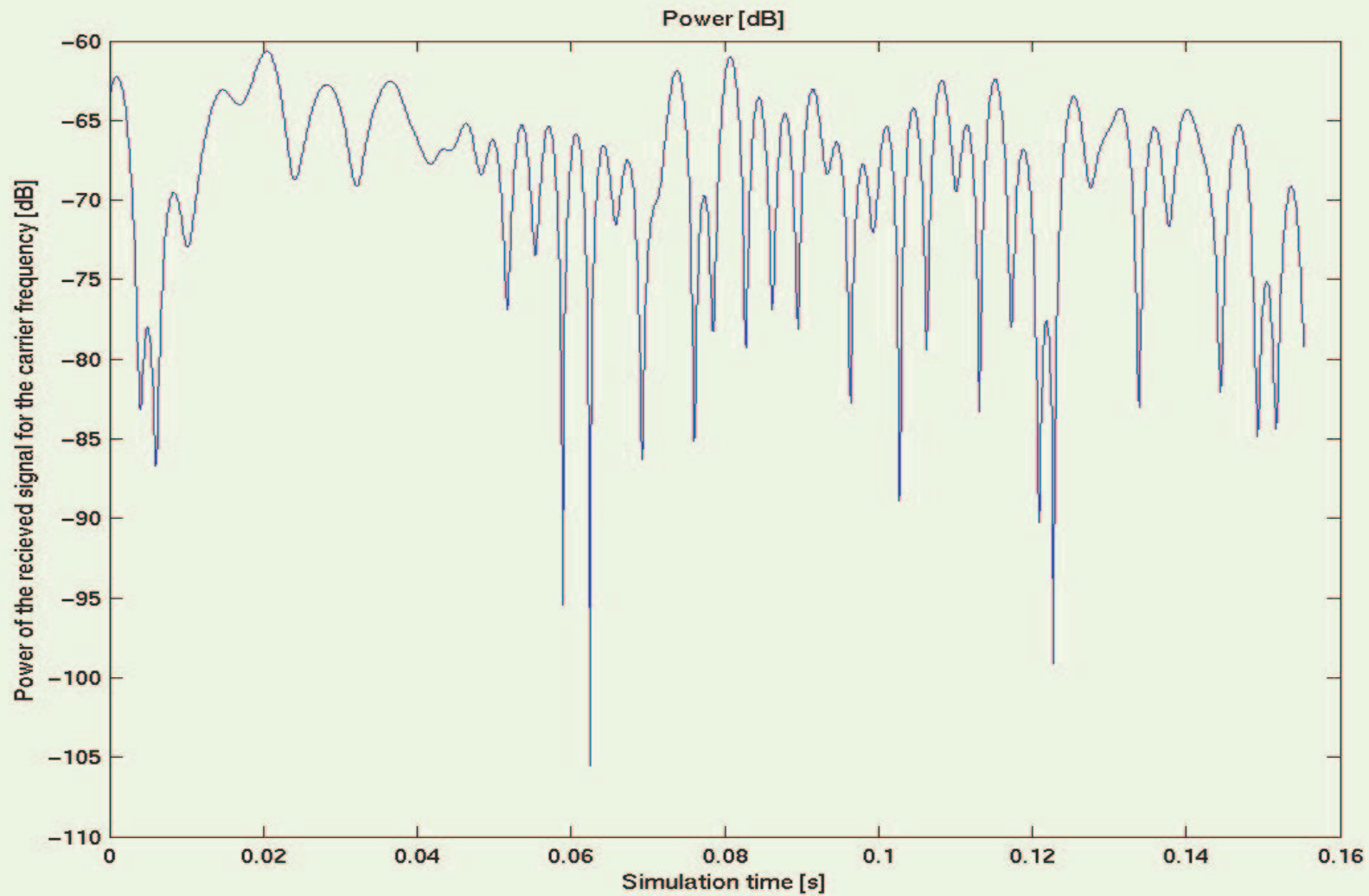
## ✦ Fading lento (shadowing)

- ✦ provoca lente variazioni sul segnale ricevuto (causato da ostacoli di grandi dimensioni)

## ✦ Fading veloce (fast)

- ✦ provoca rapide fluttuazioni del segnale ricevuto (associato al moto reciproco di trasmettitore e ricevitore).
- ✦ Si ottengono massimi e minimi del segnale ricevuto a distanze di circa  $\lambda/2$

# Fast Fading



# Multipath

## + Fading

- + Lento, distribuzioni log-normali

- + Veloce,

  - + Con un raggio dominante, distribuzione di Rice (scenari urbani, raggio dominante lungo le strade)

  - + Altrimenti, distribuzione di Rayleigh (scenari rurali)



# Problematiche tipiche dei sistemi radiomobili



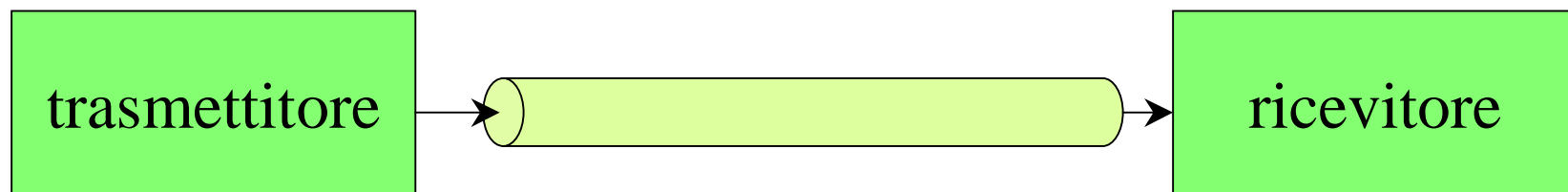
# Problematiche dei sistemi radiomobili

---

- ✦ Multiplazione e Accesso Multiplo
- ✦ Il riuso frequenziale e la capacità dei sistemi radiomobili
- ✦ Il sincronismo
- ✦ Gestione della mobilità
  - ✦ funzionalità di Location
  - ✦ procedure di Handover

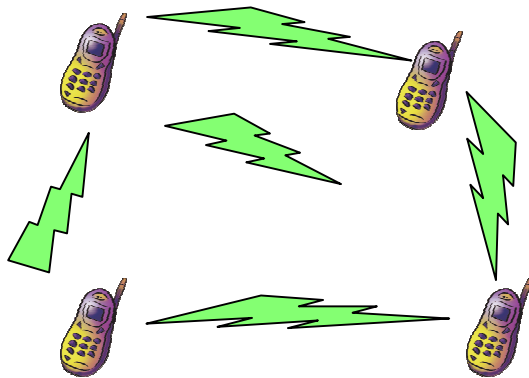
# Canali Punto-Punto

- ✦ collegamenti permanenti tra un trasmettitore ed un ricevitore
- ✦ il ricevitore può essere ottimizzato sulla base dell'unico segnale da ricevere

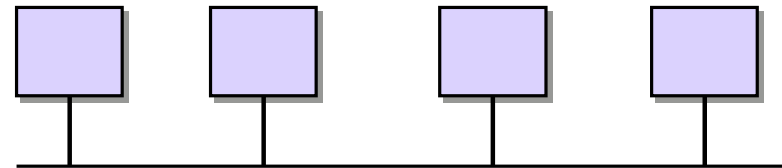


# Canali Broadcast (1)

- + sono canali nei quali più stazioni possono accedere contemporaneamente
- + il segnale emesso da una stazione raggiunge tutte le altre
- + Il ricevitore può ricevere molti segnali diversi in livello e deve essere in grado di adattarsi



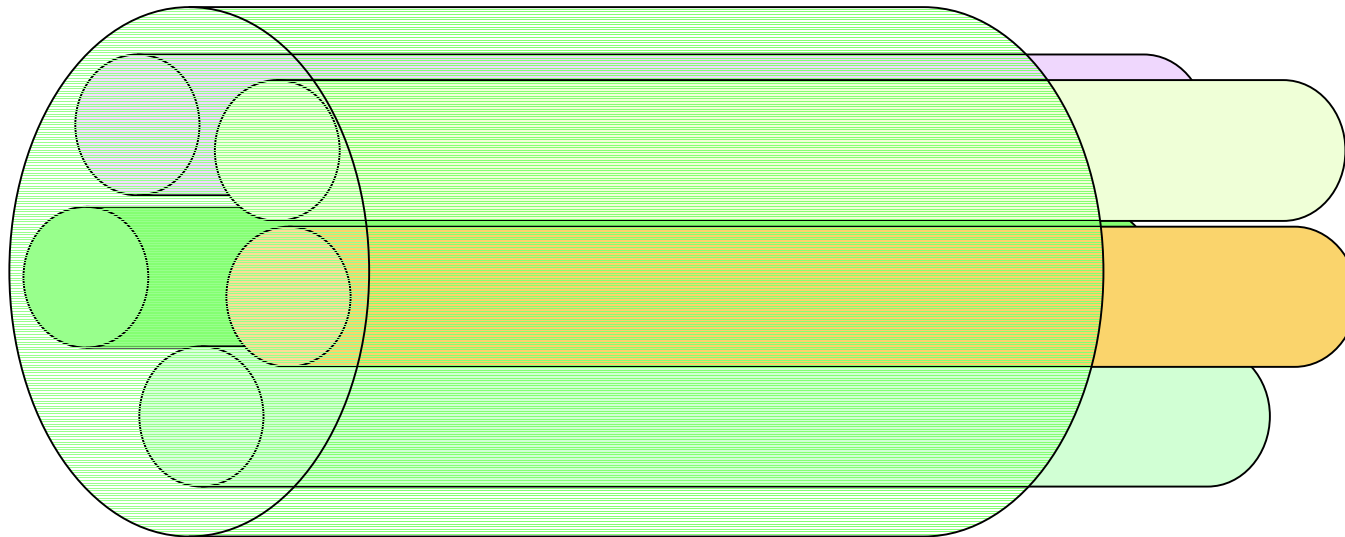
Rete wireless



Rete locale ethernet

# Multiplazione (1)

A livello fisico consiste nel suddividere la capacità di un canale in sottocanali di velocità inferiore

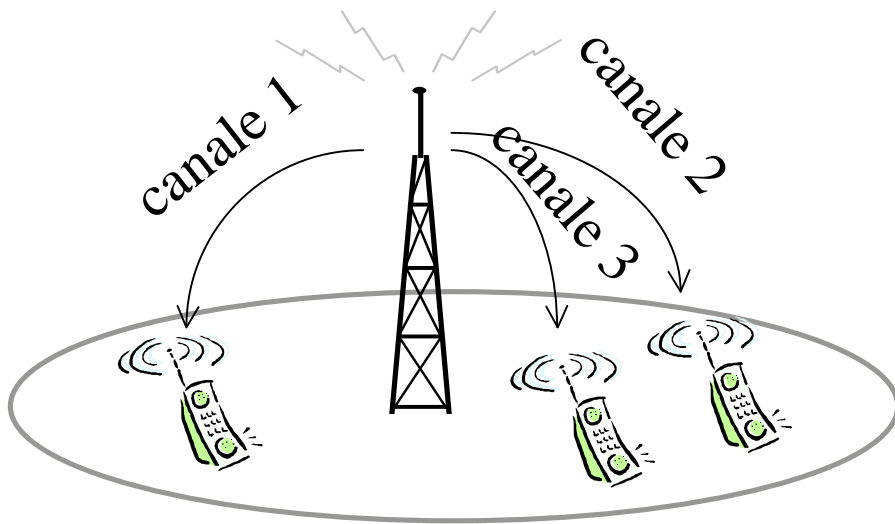


# Multiplazione (2)

- ✦ La stazione trasmittente coinvolta è unica

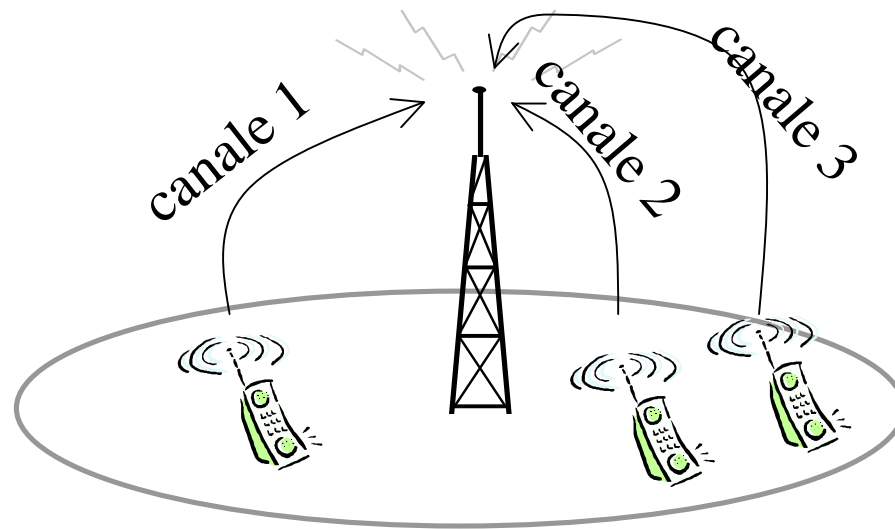
**Problema tipico della tratta downlink (o forward link) dei sistemi radiomobili**

**(dalla stazione base ai terminali d'utente)**



# Accesso Multiplo (1)

- ✦ Tecnica con la quale da un unico canale broadcast se ne possono ricavare altri di tipo punto-punto
- ✦ Le stazioni trasmettenti possono essere molteplici (problema di coordinamento)



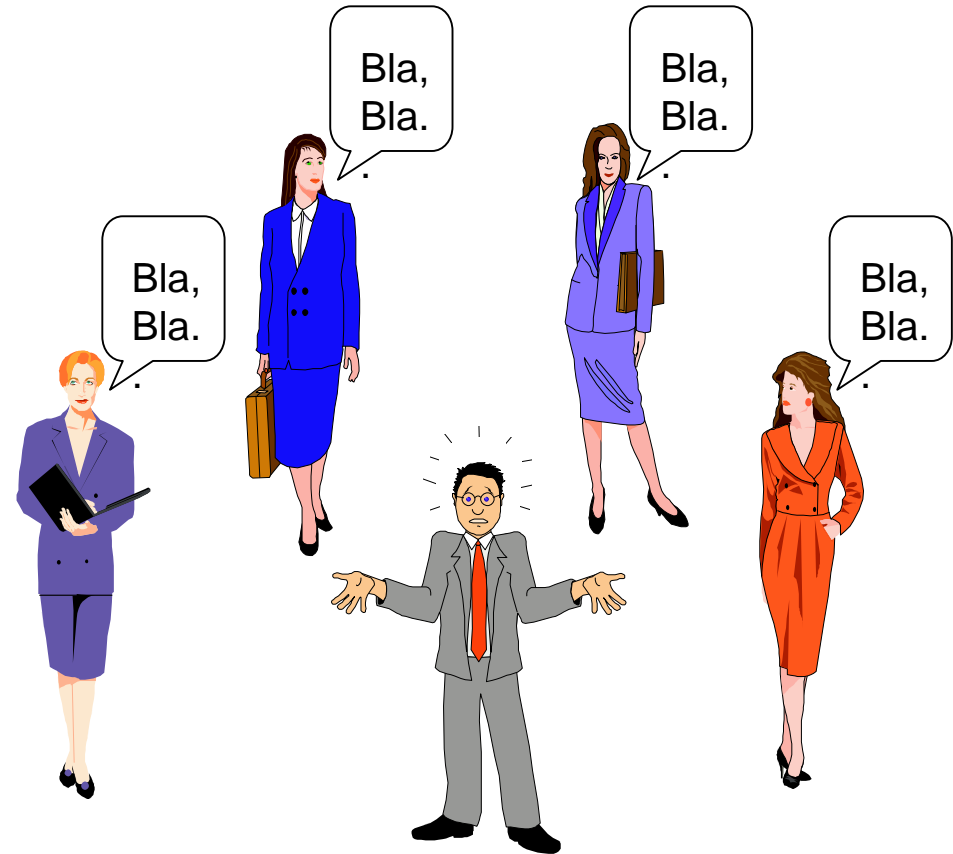
Problema tipico della tratta uplink (reverse link) di sistemi radiomobili (dai terminali d'utente alle stazioni base)

# Accesso Multiplo 2

+ Più utenti vogliono accedere ad una risorsa comune contemporaneamente.

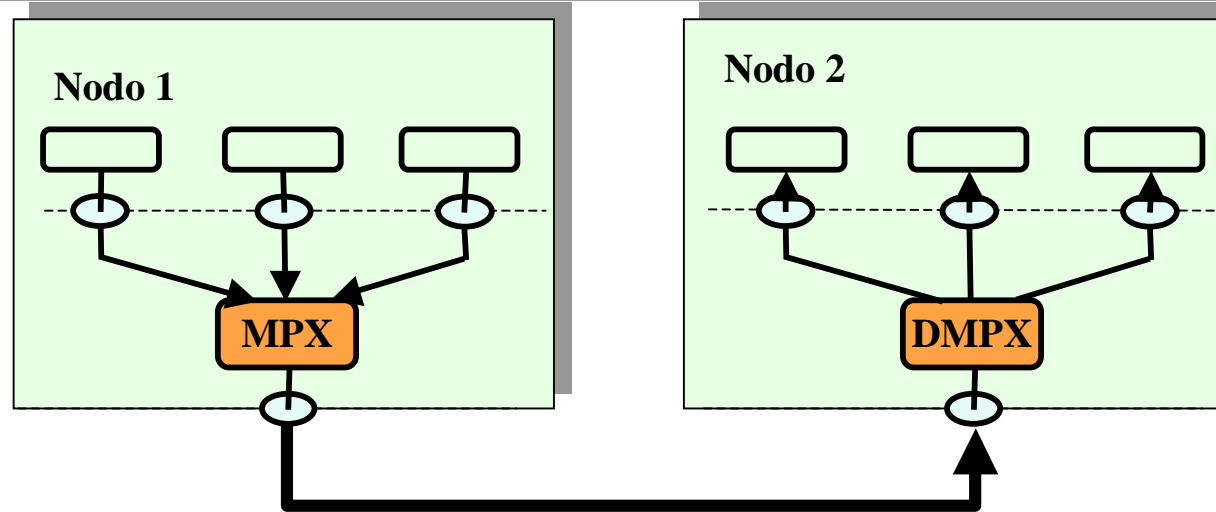
+ Come è possibile suddividere la risorsa tra i vari utenti?

+ Come è possibile capire ogni utente?

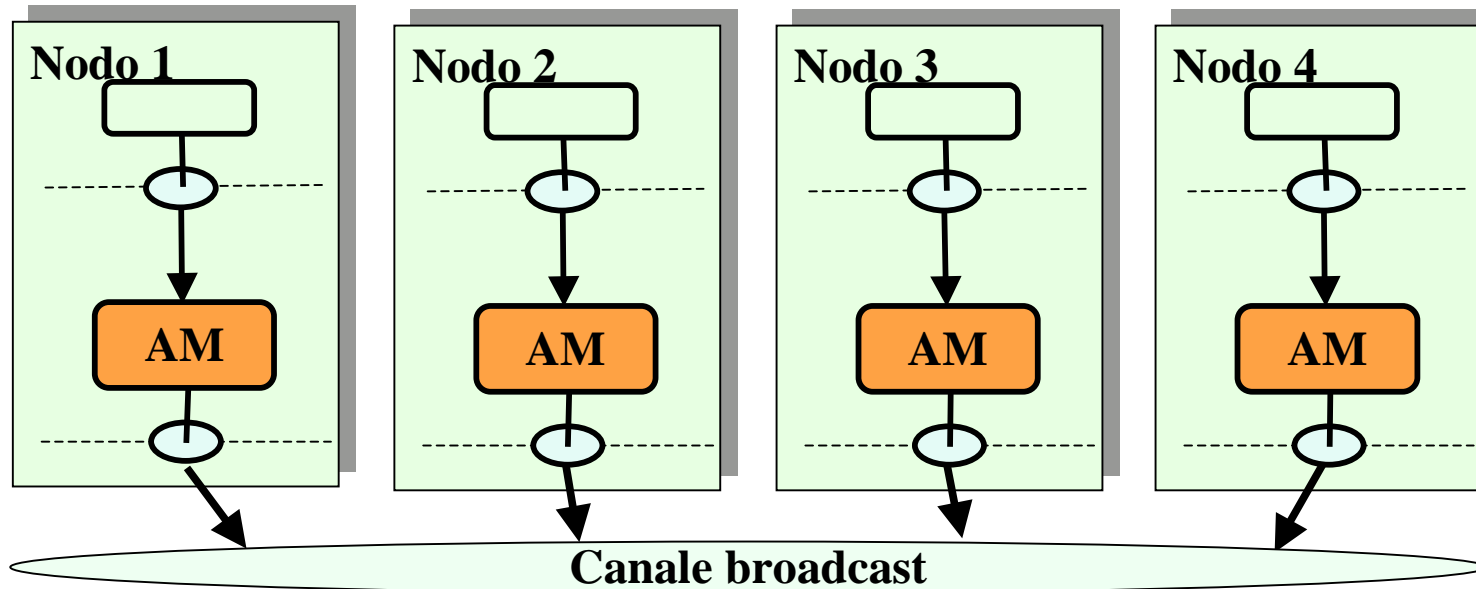


# Multiplazione/Accesso Multiplo

Multiplazione



Accesso Multiplo





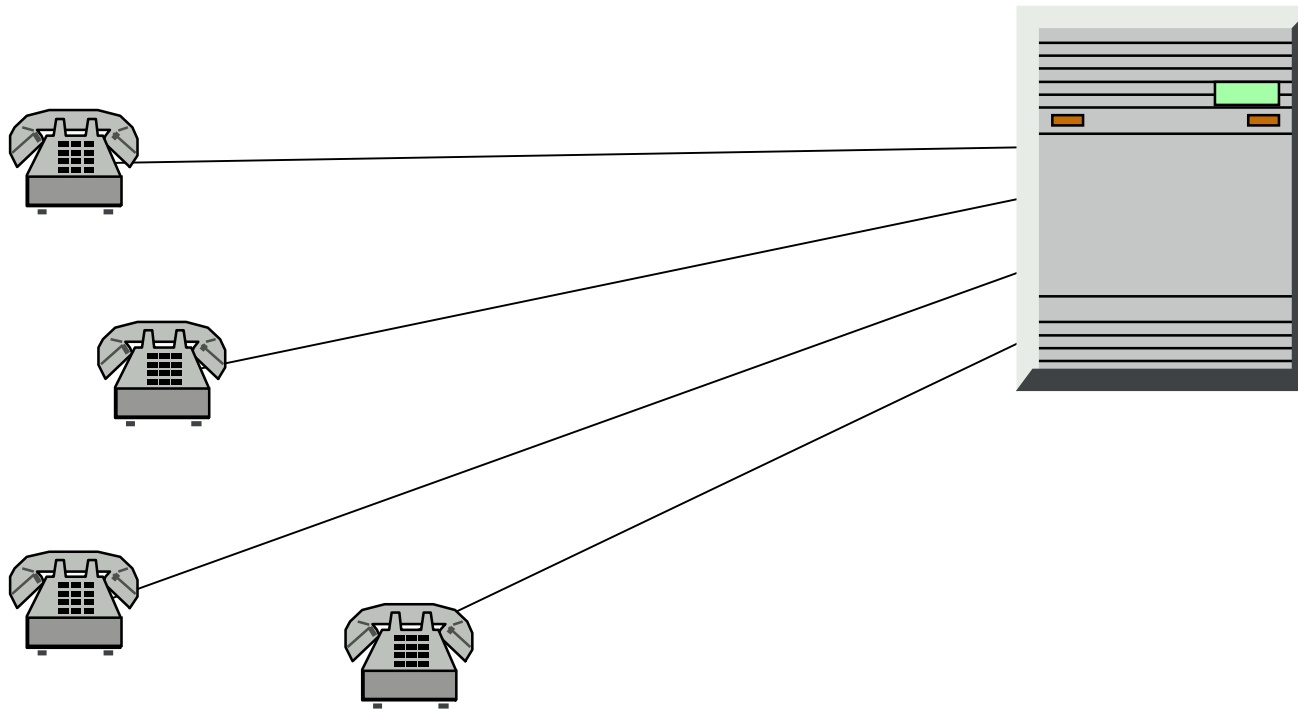
# Tecniche di accesso multiplo

---

- + **FDMA** (Frequency Division Multiple Access), accesso multiplo a divisione di frequenza.
- + **TDMA** (Time Division Multiple Access), accesso multiplo a divisione di tempo.
- + **CDMA** (Code Division Multiple Access), accesso multiplo a divisione di codice.
- + **SDMA** (Space Division Multiple Access), accesso multiplo a divisione di spazio.

# SDMA (Space Division Multiple Access)

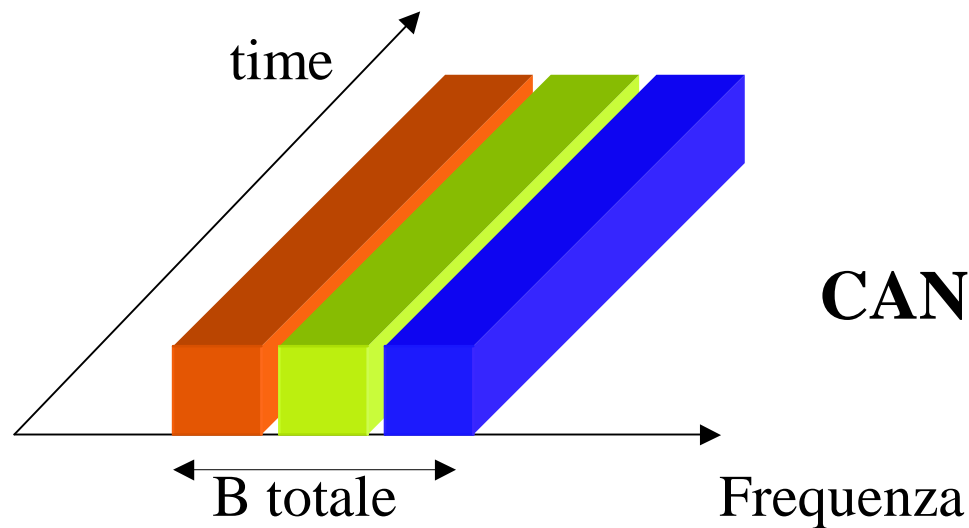
- ✚ L'esempio tipico si ha nell'accesso telefonico tradizionale (PSTN)



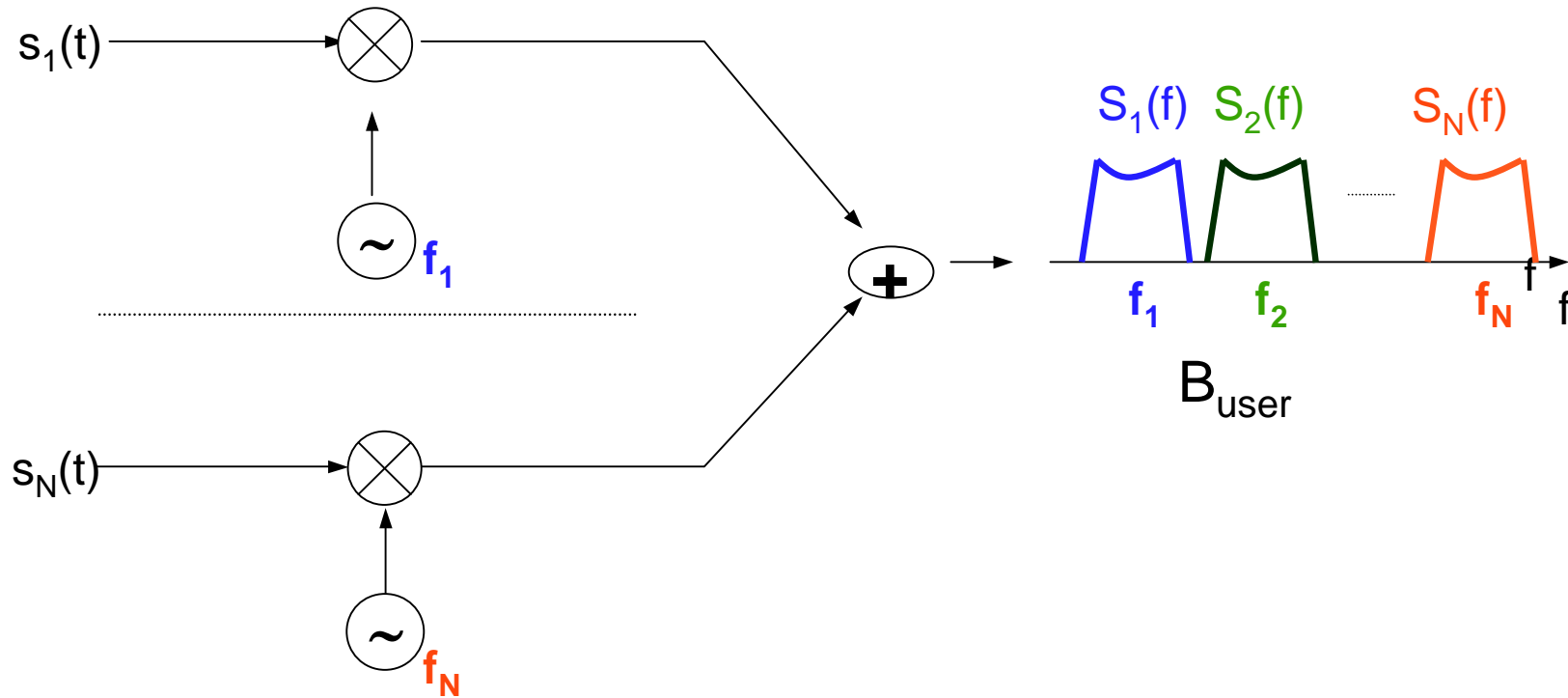
# FDMA (Frequency Division M Access)

Idea di base molto semplice

- suddividere la banda a disposizione in N sottobande centrate su diverse portanti
- assegnare ogni sottobanda ad una singola comunicazione
- per ogni comunicazione sono assegnate due sottobande B1, B2 per trasportare la fonia del chiamante e del chiamato rispettivamente



# FDMA (Frequency Division Multiple Access)



Ad ogni utente è assegnata una banda stretta (narrow single-user bandwidth)

# FDMA- Drawbacks

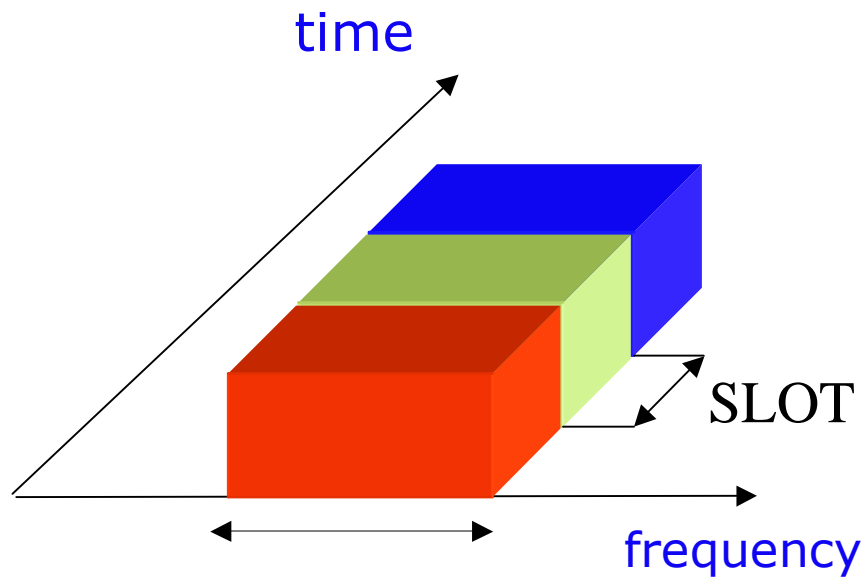
---

- ✦ La banda del singolo canale radio è relativamente stretta
- ✦ Nella stazioni base devono essere presenti tanti trasmettitori e ricevitori quanti sono i canali radio disponibili (molto costose)
- ✦ La stazione mobile deve possedere un duplexer TX/RX per gestire trasmissione e ricezione contemporaneamente

# TDMA (Time Division M Access)

Servire più flussi nella stessa banda discriminandoli su base temporale.

Funziona solo con sistemi digitali.



Banda totale

**SLOT:** intervallo di tempo ciclicamente assegnato per la trasmissione

**TRAMA:** intervallo di tempo in cui vengono trasmessi tutti gli SLOT realizzati su un'unica portante

**CANALE = PORTANTE + SLOT**

# TDMA

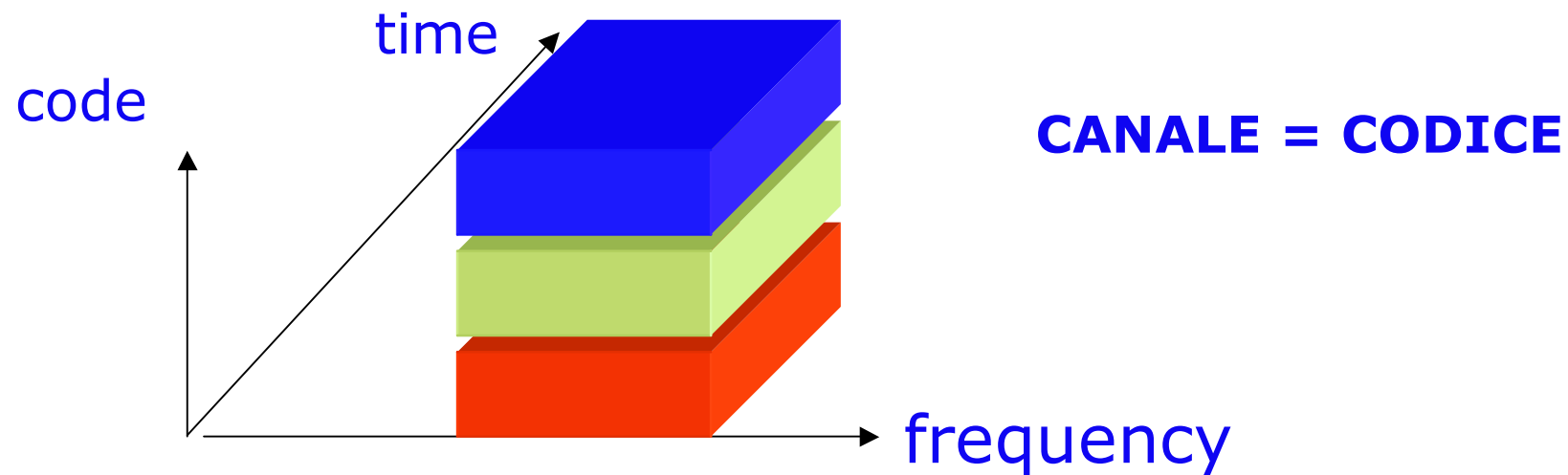
---

- Trasmissione discontinua di burst di dati (gruppi di bit)
- La portante ha banda maggiore rispetto al FDMA
- Non occorre duplexer TX/RX (commutatore veloce)
- Maggiore complessità per elaborazione dei segnali numerici e sincronizzazione

# CDMA (Code Division M Access)

Tutti gli utenti utilizzano simultaneamente l'intera banda disponibile

Gli utenti sono discriminati su base codice. Ad ognuno è assegnata una sequenza di codice incorrelata (o a bassa correlazione) con tutte le altre sequenze assegnate





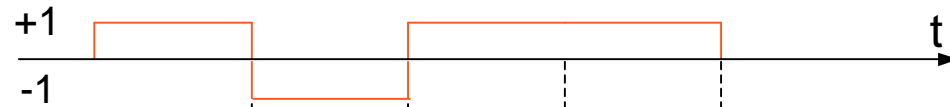
# CDMA (Code Division M Access)

---

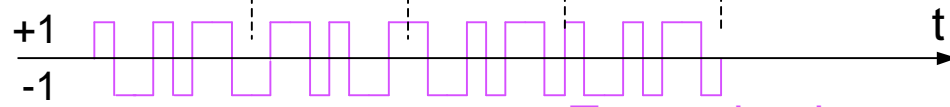
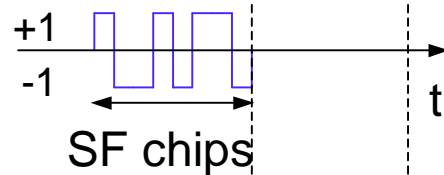
- Alti *bitrate* di trasmissione (sistemi a banda larga)
- Necessita di ricevitori complessi per ricostruire il segnale trasmesso
- Sistema non bloccante. Non c'è nessun limite teorico al numero di utenti che posso servire
- Nessun frequency planning richiesto
- Requisiti stringenti sul controllo di potenza

# CDMA (Code Division M Access)

Information sequence (bits)



Code



Transmitted sequence

Information Sequence

Transmitted Sequence

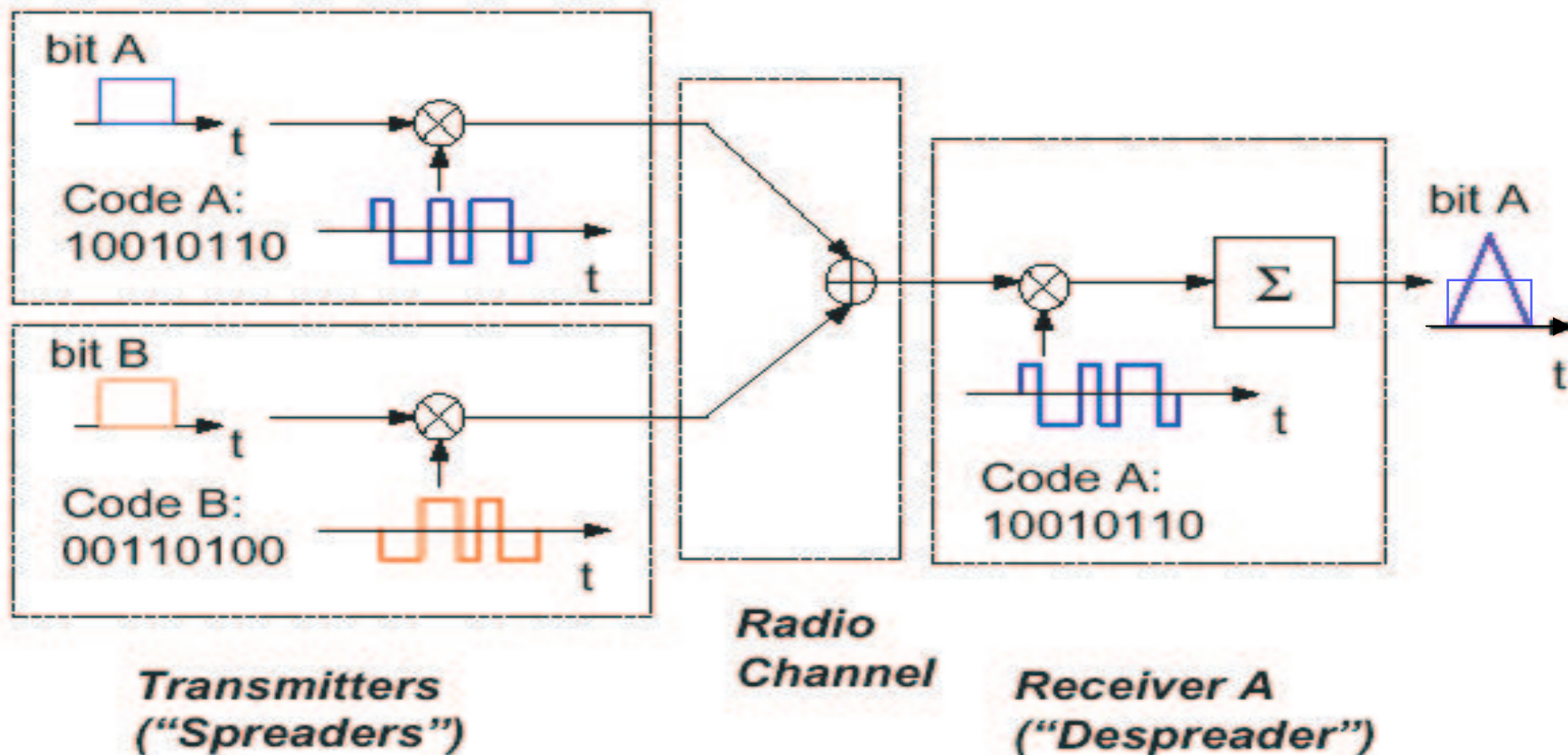


User Code

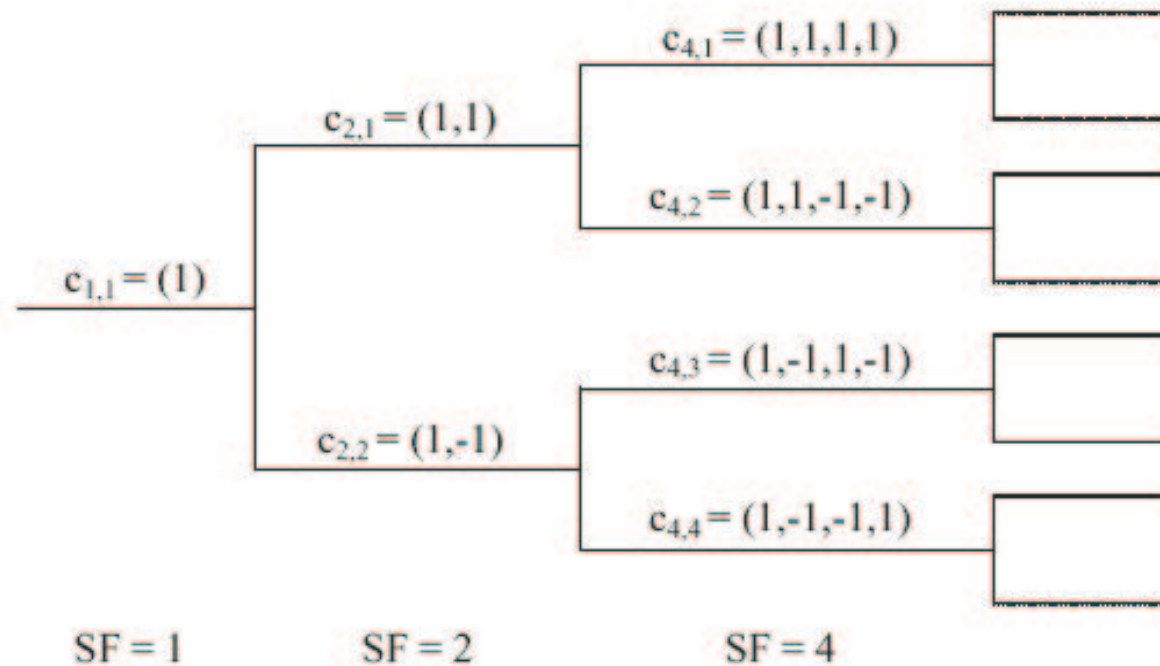
- Chip, elemento minimo di informazione
- SF (Spreading Factor), numero di chip utilizzati per rappresentare un bit di informazione
- La banda radio risulta SF volte maggiore della banda della sequenza di informazione

# Ricezione in ambiente CDMA

- Più conversazioni viaggiano simultaneamente sul canale radio, dando un segnale risultante che le contiene tutte.
- Al ricevitore, la singola conversazione viene estratta dal segnale usando il suo specifico codice generatore.



# CDMA



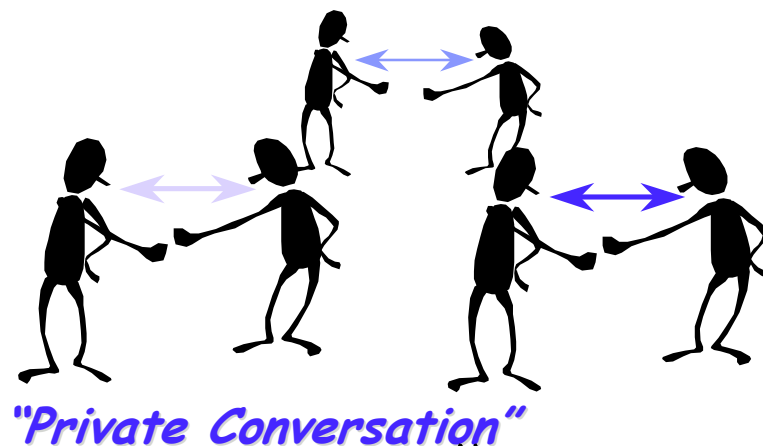
I codici ortogonali di spreading sono generati dall'albero mostrato sopra. Questo algoritmo di generazione dei codici si chiama OVVSF (Orthogonal Variable Spreading Factor) e lo Spreading Factor (SF) corrisponde al numero di codici a disposizione.

# Riassunto tecniche AM

## FDMA - Frequency Division Multiple Access

(TACS, NMT, AMPS)

- Ciascuna conversazione è identificata dalla sua frequenza
- "Private Conversation"



## TDMA - Time Division Multiple Access

(GSM, D-AMPS, PDC)

- La stessa frequenza è usata in tempi diversi (time slots)
- "Meeting": chi vuole parlare deve aspettare il suo turno



## CDMA - Code Division Multiple Access

(IS-95, WCDMA)

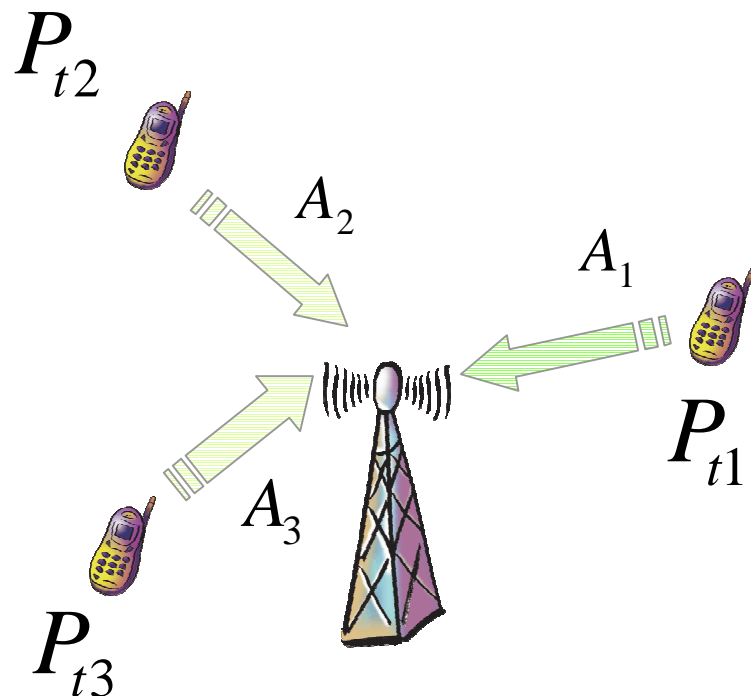
- "International Cocktail Party": tutti usano la stessa frequenza allo stesso tempo
- Le conversazioni sono separate da codici intelligenti (lingue diverse: italiano, inglese ...)



# Qualità nei sistemi radiomobili

- ✚ Il parametro di qualità fondamentale nei sistemi radiomobili è il rapporto tra potenza del segnale utile e potenza interferente al ricevitore (SIR-Signal-to-Interference Ratio)
- ✚ La qualità di una comunicazione è “buona” se  $SIR > SIR_{min}$  ( $SIR_{min}$  dipende dalla modulazione e dalla codifica)

# Calcolo del SIR (uplink)



$$SIR_1 = \frac{P_{t1} A_1}{(P_{t2} A_2 + P_{t3} A_3 + N_0)}$$

$N_0$  = D.P. di rumore termico

**Nei sistemi radiomobili le prestazioni sono influenzate dall'interferenza:**

- **Interferenza cocanale**, comunicazioni che utilizzano lo stesso canale
- **Interferenza intercanale**, comunicazioni che utilizzano canali adiacenti

# Capacità dei sistemi radiomobili (1)

- ✦ Definizione intuitiva: numero massimo di utenti servibili con un certo grado di servizio (SIR, probabilità di blocco...)
- ✦ Elementi che concorrono alla capacità:
  - ✦ numero di canali disponibili
  - ✦ distribuzione del traffico
  - ✦ caratteristiche tecniche del sistema (modulazione, codifica....)



# Capacità dei sistemi radiomobili (2)

- ✦ La capacità di un canale AWGN a banda limitata  $B$  è (Shannon)

$$C = B \log_2 (1 + SIR) \quad \begin{array}{l} [C] = \text{bit/sec} \\ [B] = \text{Hz} \end{array}$$

- ✦ Due modi per costruire un sistema ad elevata capacità
  - ✦ canali a banda stretta ed elevato SIR (Sistemi digitali TDMA/FDMA)
  - ✦ canali a banda larga e basso SIR (Sistemi 3G CDMA)

# Il riuso frequenziale (1)

## ✦ **Problema**

Servire un numero  $N$  di utenti usando un numero  $M$  di risorse (canali), essendo in genere  $N \gg M$  (In Italia  $N = 20M$ ,  $M = 1K$ ).

## ✦ **Soluzioni:**

- ✦ tecniche di accesso multiplo (CDMA)
- ✦ strategie di copertura cellulare (TDMA)

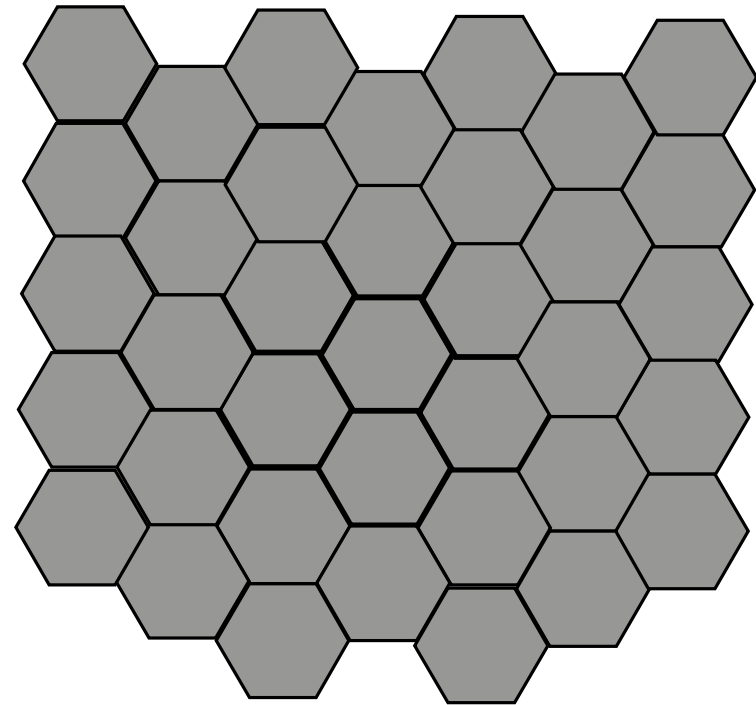
# Il riuso frequenziale (2)

## IDEA DI BASE

- ✚ Definire una topologia cellulare in grado di coprire tutto il territorio (nei sistemi radiomobili si usano celle esagonali)
- ✚ Riutilizzare più volte le stesse risorse radio in celle "diverse", mantenendo limitata l'interferenza cocanale.

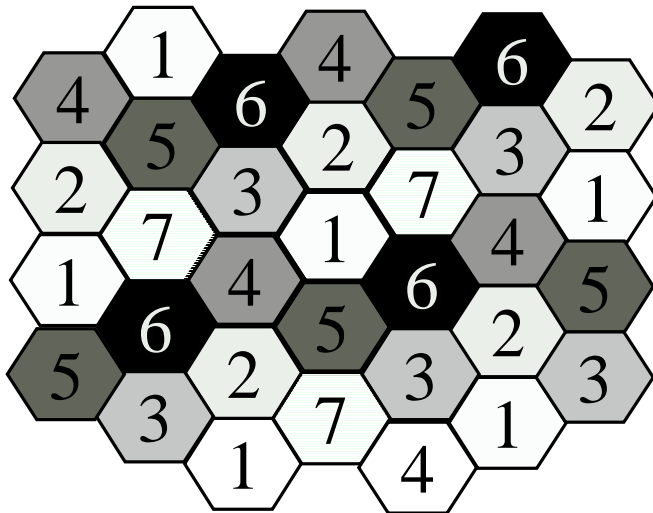
# Il riuso frequenziale (3)

- ✚ Di solito si assume che la qualità sia buona se il rapporto tra potenza del segnale e potenza dell'interferenza  $SIR$  (Signal-to-Noise Ratio) sia maggiore di una soglia  $SIR_{\min}$

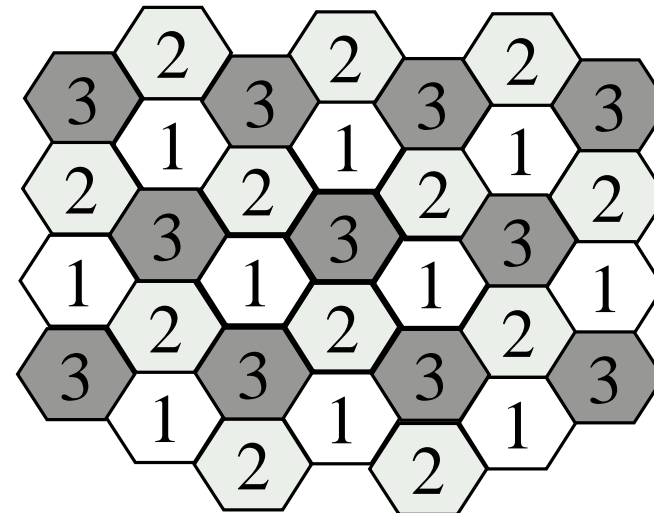


# Definizione di Cluster

- ✦ L'insieme delle portanti disponibili viene diviso in  $K$  gruppi
- ✦ ad ogni cella viene assegnato un gruppo in modo tale da massimizzare la distanza tra celle che usano lo stesso gruppo
- ✦ **CLUSTER**: insieme di celle a cui assegno gruppi di frequenze disgiunti che coprono l'intera banda disponibile ( $K$  numero di celle di un cluster)



$K = 7$



$K = 3$

# Cluster (2)

- +  $1/K$  viene detto efficienza di riuso
- + dato il valore di  $SIR_{\min}$  è possibile stimare l'efficienza massima del sistema, ovvero il  $K$  minimo

Potenza ricevuta

$$P_r = P_t \cdot G \cdot d^{-\eta}$$

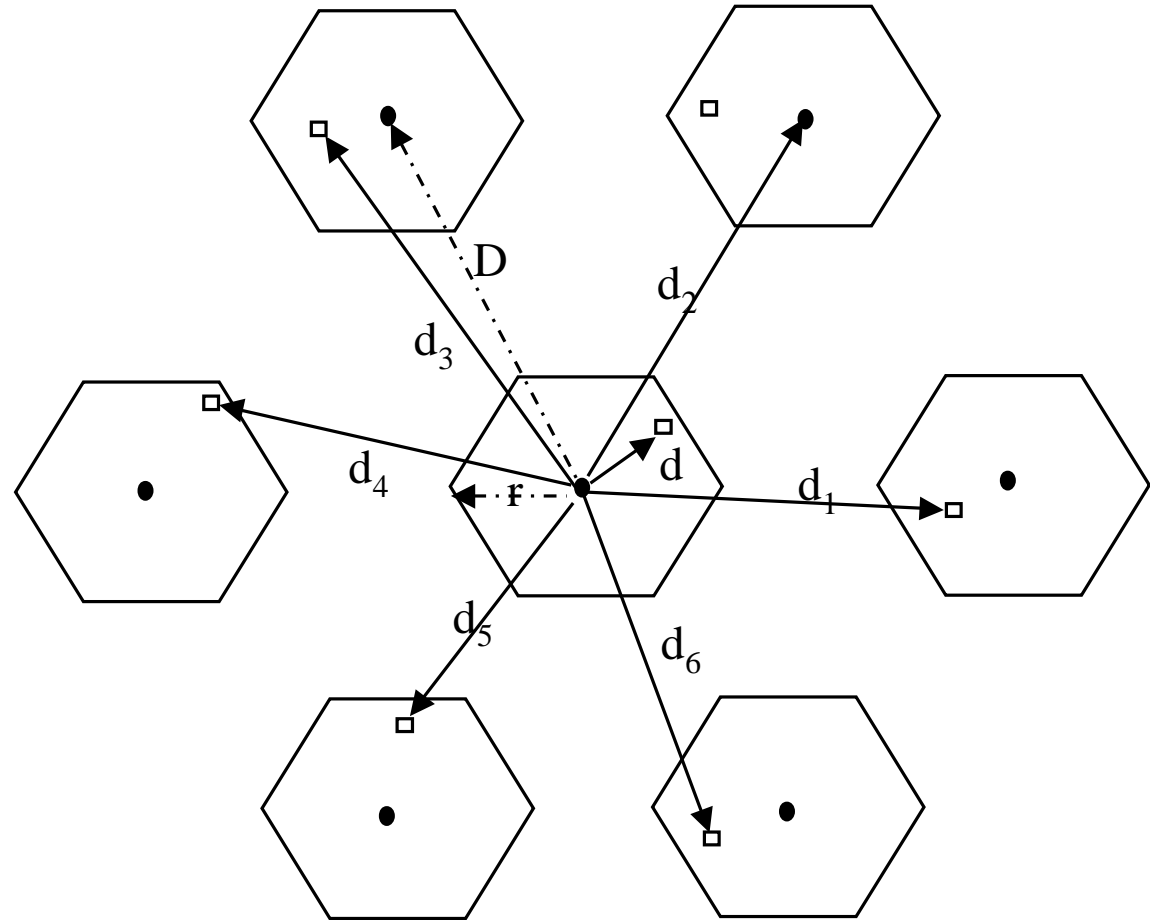
# Cluster (3)

- Antenne isotropiche con pari guadagno

$$SIR = \frac{P_t \cdot G \cdot d^{-\eta}}{\sum_{i=1}^6 P_t \cdot G \cdot d_i^{-\eta}} = \frac{d^{-\eta}}{\sum_{i=1}^6 d_i^{-\eta}}$$

- caso peggiore  $d = r$
- approssimazione  $d_i = D$

$$SIR \cong \frac{r^{-\eta}}{6D^{-\eta}} = \frac{1}{6} \left( \frac{1}{R} \right)^{-\eta}$$



# Cluster (4)

- ✦ Il SIR dipende solo dal rapporto di riuso  $R=D/r$  e non dalla potenza assoluta trasmessa
- ✦ fissato  $SIR_{\min}$  si può calcolare  $R_{\min}$
- ✦ noto  $R_{\min}$  si può ottenere  $K$  osservando che:

$$K = \frac{R^2}{3}$$

quindi:

$$K_{\min} = \frac{(6SIR)^{2/\eta}}{3}$$



# Esempio (1)

Si dimensioni il cluster di un sistema che tollera  $SIR_{\min} = 18$  dB nel caso i cui l'esponente di attenuazione della distanza  $\eta$  sia pari a 3.9

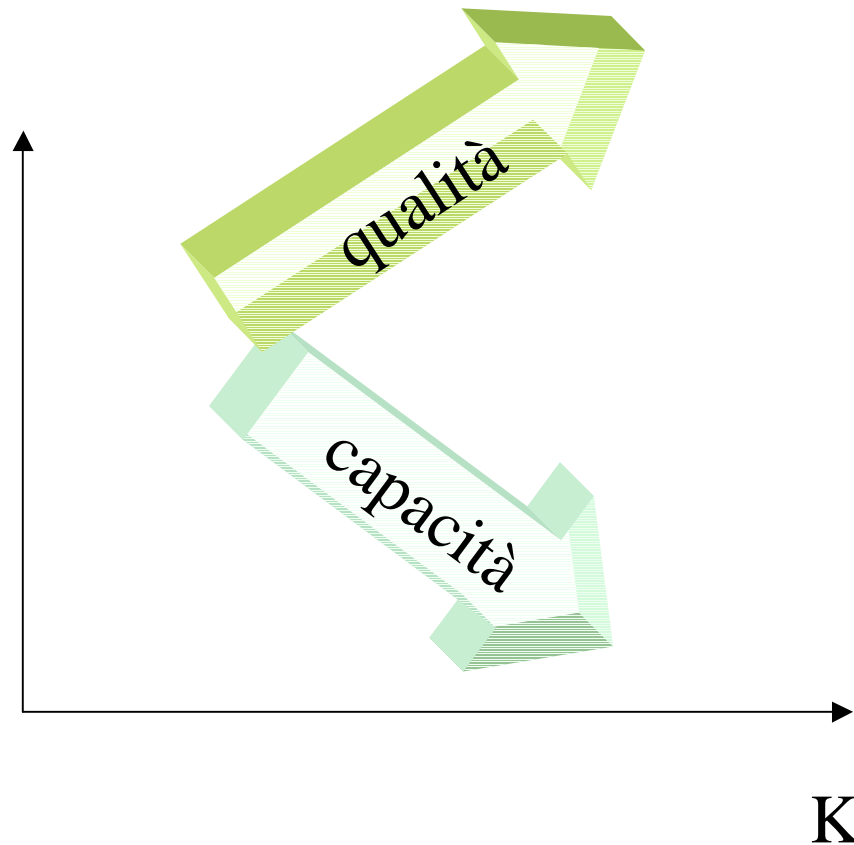
$$K_{\min} = \frac{(6 SIR)^{2/\eta}}{3} = \frac{(6 \cdot 63.1)^{2/3.9}}{3} = 6.99$$

# Esempio (2)

Quale è il valore di  $SIR_{\min}$  di un sistema con efficienza di riuso pari a  $1/21$  (esponente di attenuazione della distanza  $\eta$  sia pari a 4)?

$$SIR = 10 \text{Log}_{10} \frac{(3K)^2}{6} = 10 \text{Log}_{10} \frac{(3 \cdot 21)^2}{6} = 31 \text{dB}$$

# Scegliere la dimensione del Cluster

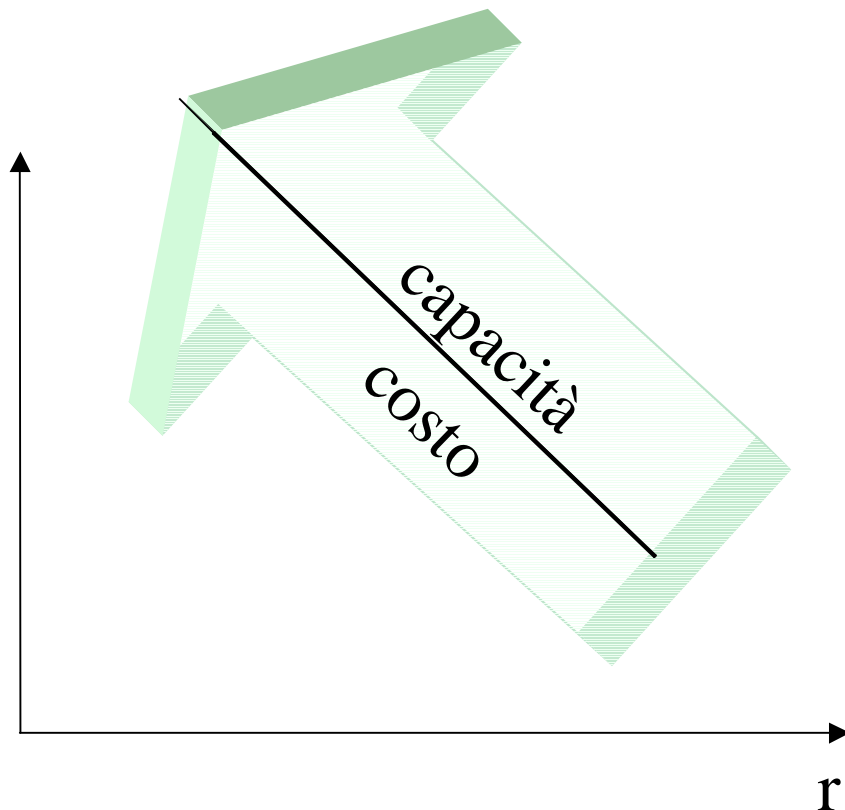


Fissata la banda  $B$  e la dimensione delle celle  $r$ :

- la densità dei canali (capacità) radio decresce con  $K$
- il SIR (qualità) cresce con  $K$

Il dimensionamento del cluster dipende dalla robustezza all'interferenza del sistema di accesso radio utilizzato

# celle



Fissata la banda  $B$  e la dimensione del Cluster  $K$ :

- la densità di canali radio cresce al diminuire della dimensione delle celle  $r$
- Il numero di stazioni base installate (costo) cresce al diminuire di  $r$

In scenari urbani ho bisogno di alta densità di canali -----> Celle piccole

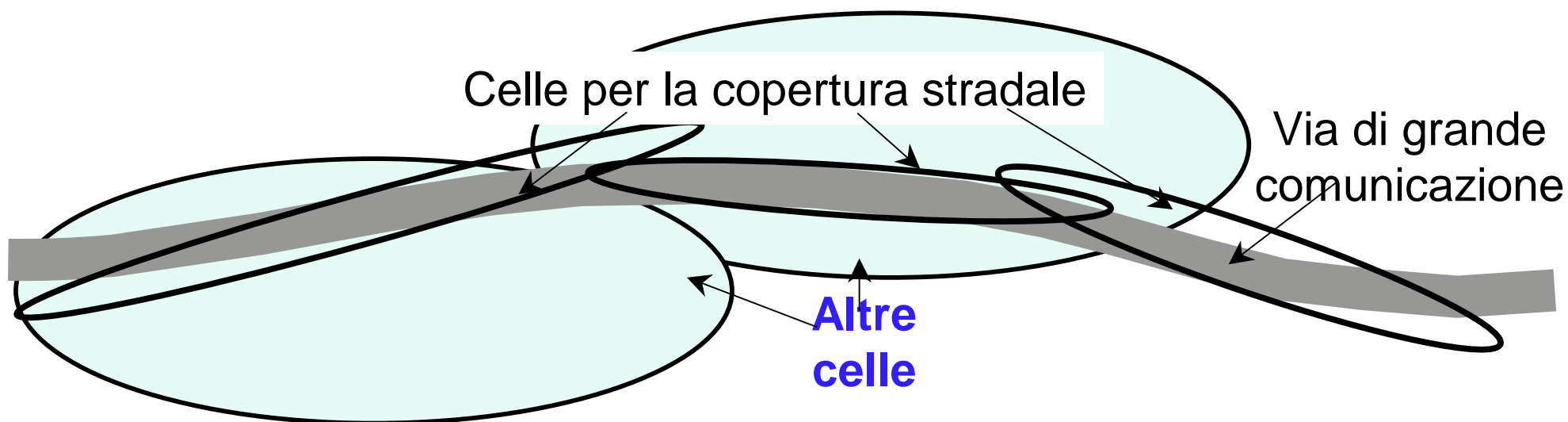
In scenari rurali ho bassa densità di canali -----> Celle grandi

# Un po' di numeri

- ✦ Sistemi analogici con accesso FDMA (AMPS, TACS, NMT):
  - ✦ cluster di 19 o 21 celle
- ✦ Sistemi numerici con accesso di tipo TDMA o misto FDMA/TDMA (GSM, D-AMPS, JDC):
  - ✦ cluster di 7 o 9 celle
- ✦ Sistemi numerici con accesso CDMA (IS-95):
  - ✦ cluster di una cella (almeno in linea di principio)

# Copertura “vera”

- ✦ Nella realtà le celle sono raramente esagonali
- ✦ Il concetto di riuso è un potente strumento teorico per studiare i problemi di copertura



# Cenni sul sincronismo

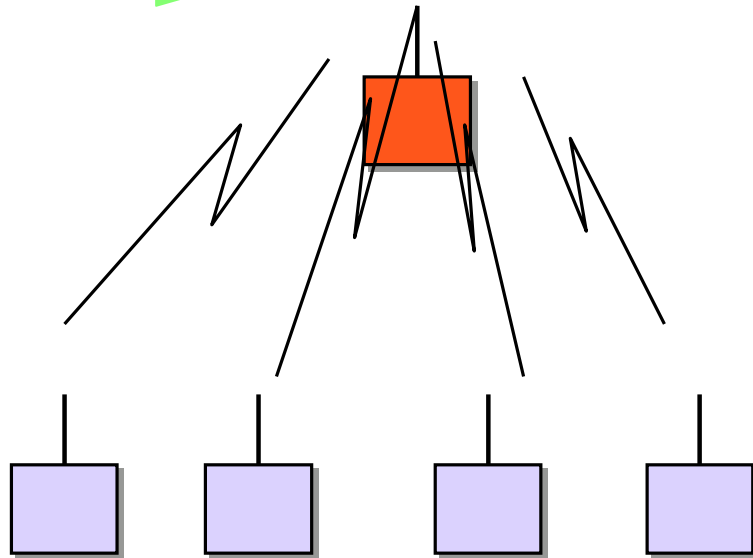
---

- ✦ In sistemi che utilizzano la tecnica di accesso multiplo TDMA è di fondamentale importanza il SINCRONISMO.
- ✦ Il non corretto confinamento della trasmissione all'interno dello slot assegnato genera interferenze con lo slot immediatamente successivo/precedente

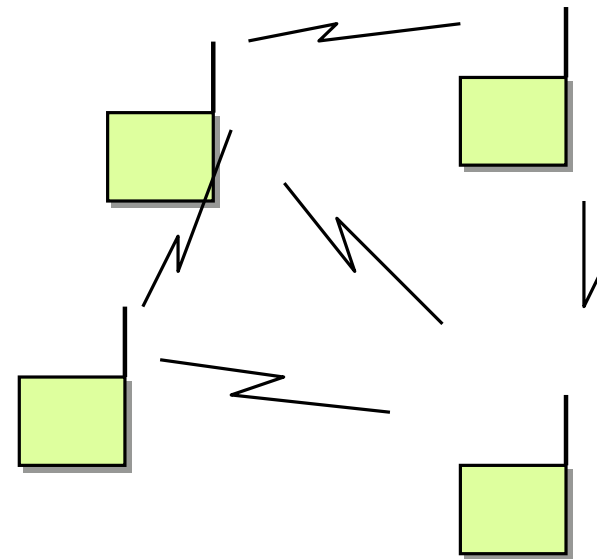
# PROBLEMA DEL SINCRONISMO DI slot

Problema che le stazioni hanno nell'accordarsi sul riferimento temporale di SLOT

canali broadcast centrali  
canali broadcast non-centrali



Rete cellulare

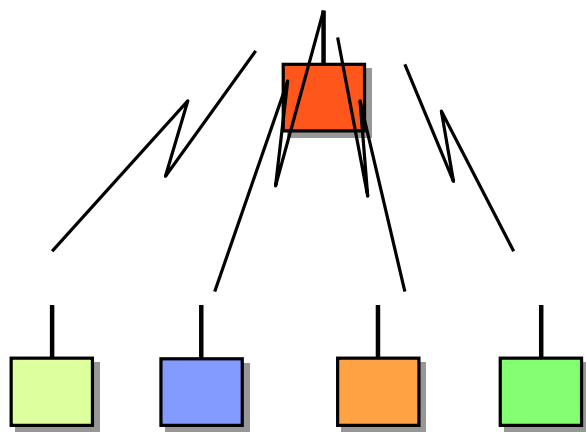


Rete wireless

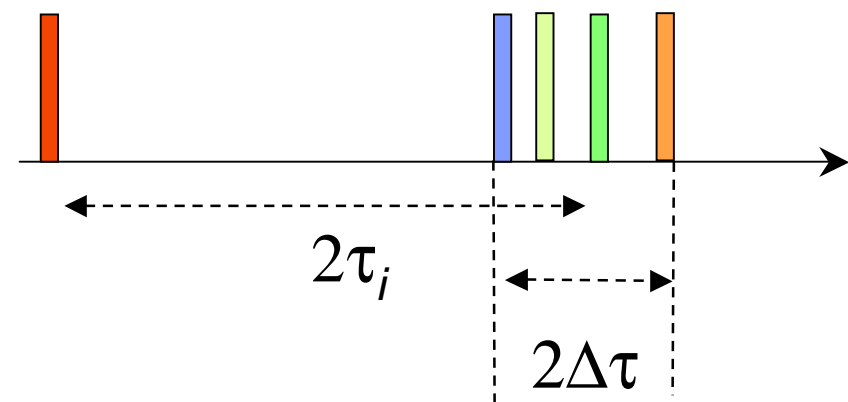


# Canali broadcast centrali

- ✦ esiste un asse temporale di riferimento per tutte le stazioni e questo asse è quello riferito al ripetitore centrale (BTS)
- ✦ ci si può sincronizzare attraverso un apposito segnale emesso dal sito centrale o da una stazione master e ripetuto dal ripetitore centrale

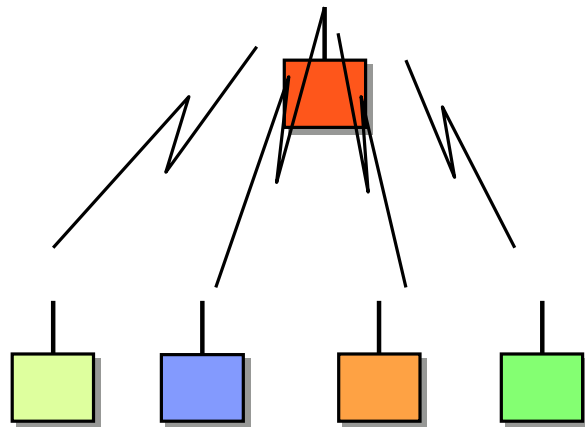


riferimento



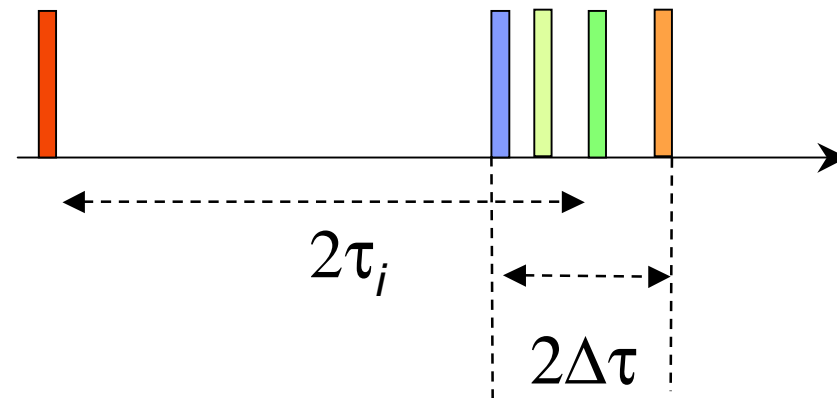
# Canali broadcast centrali

- ✦ le risposte arrivano disperse a causa delle diverse distanze (dispersione  $2\Delta\tau$ )
- ✦ un unico evento non ha un'occorrenza univoca da parte delle diverse stazioni



riferimento di  
inizio slot

inizio slot?

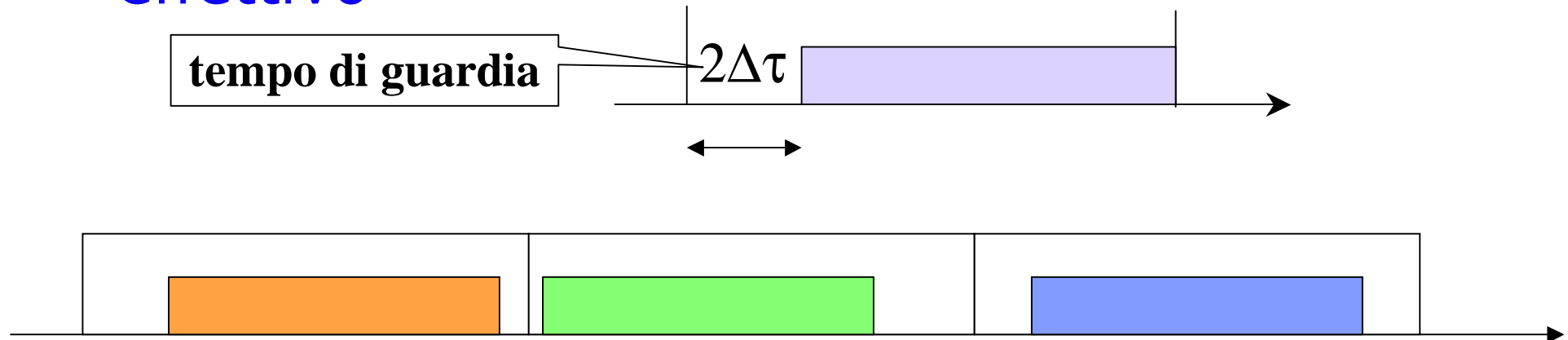


# Canali broadcast centrali

- ✦ per evitare sovrapposizioni dei diversi slot anche l'inizio slot deve avere "larghezza"

$2\Delta\tau$

- ✦ ossia gli slot devono essere più lunghi di  $2\Delta\tau$  rispetto al tempo di trasmissione effettivo



# Lunghezza del burst

- ✦ la presenza di tempi di guardia rilevanti costringe a definire una dimensione del burst adeguata
- ✦ per evitare forti riduzioni dell'efficienza trasmissiva
- ✦ efficienza trasmissiva = frazione di tempo utilizzata a trasmettere informazione

# Efficienza TDMA

## ✦ Posto

- ✦  $T_g$  tempo di guardia
- ✦  $T_i$  tempo per trasmettere l'informazione
- ✦  $n_i$  numero di bit trasmessi nello slot
- ✦  $W$  velocità di trasmissione

$$\eta = \frac{T_i}{T_i + T_g} = \frac{1}{1 + \frac{T_g}{T_i}} = \frac{1}{1 + T_g \frac{W}{n_i}}$$

# Efficienza TDMA

$$\eta = \frac{T_i}{T_i + T_g} = \frac{1}{1 + \frac{T_g}{T_i}} = \frac{1}{1 + T_g \frac{W}{n_i}}$$

- ✦ meccanismo non scalabile. A parità del resto, l'efficienza scende:
  - ✦ all'aumentare delle distanze (aumenta  $T_g$ )
  - ✦ all'aumentare della velocità del canale  $W$
  - ✦ al diminuire del numero di bit allocati nello slot

# Efficienza

$$\eta = \frac{T_i}{T_i + T_g} = \frac{1}{1 + \frac{T_g}{T_i}} = \frac{1}{1 + T_g \frac{W}{n_i}}$$

Fattore di efficienza $\eta$ con $n_i = 1000$ bit				
W	100 m	1 Km	10 Km	100 Km
1 Mb/s	0.999	0.990	0.909	0.5
10 Mb/s	0.990	0.909	0.5	0.091
100 Mb/s	0.909	0.5	0.091	0.010
1000 Mb/s	0.5	0.091	0.010	0.001



# Gestione della Mobilità



# Gestione della mobilità

- + Gli utenti di sistemi radiomobili  
MENTRE SI SPOSTANO possono:
  - + chiamare
  - + essere chiamati
  - + Conversare
- + E' necessaria una qualche "intelligenza"  
che supporti tutto questo (funzionalità  
di ROAMING)

# Gestione della mobilità

---

- ✦ Le procedure di gestione della mobilità si differenziano a secondo che l'utente che si sposta sia in stato IDLE o in stato ACTIVE
  - ✦ IDLE: l'utente deve poter essere localizzato per indirizzargli una chiamata (Location Update, Cell Selection, Cell Reselection)
  - ✦ ACTIVE: l'utente sta conversando (Handover)

# Location Update

---

- + Location Area: entità topologica gerarchicamente superiore alla cella (gruppo di più celle)
- + Se un utente in stato IDLE passa da una LA ad un'altra scatena una procedura di Location Update
- + L'informazione sulla LA in cui si trova un utente serve per indirizzare le chiamate

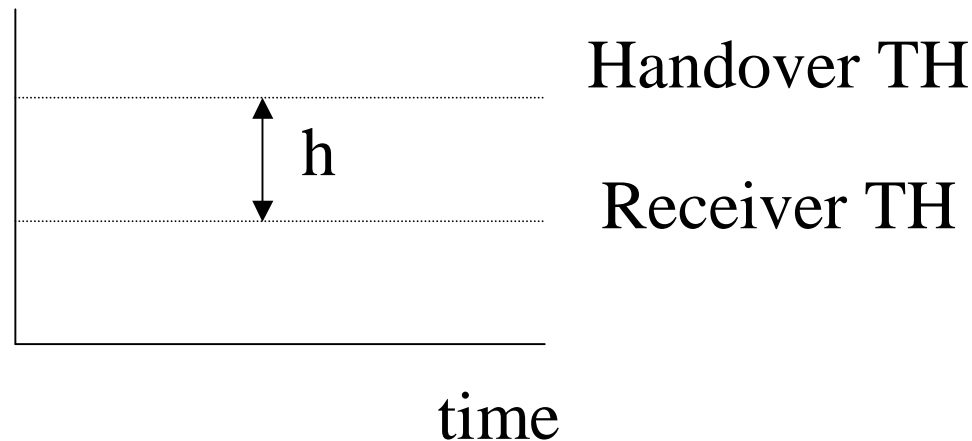
# Cenni sull' Handover

---

- ✦ Procedura con cui un terminale mobile in conversazione cambia la stazione base su cui è attestato
- ✦ La procedura è sempre iniziata lato rete, sulla base di misurazioni effettuate sia lato rete che lato utente
- ✦ Si richiedono procedure di Handover efficienti e veloci.

# Quando scatenare l'Handover

- ✦ La scelta delle soglie di attivazione della procedura di handover è fattore critico



- ✦ Se  $h$  è troppo piccolo si rischia di perdere la connessione
- ✦ Se  $h$  è grande aumenta il numero di richieste di handover

# Prestazioni Handover

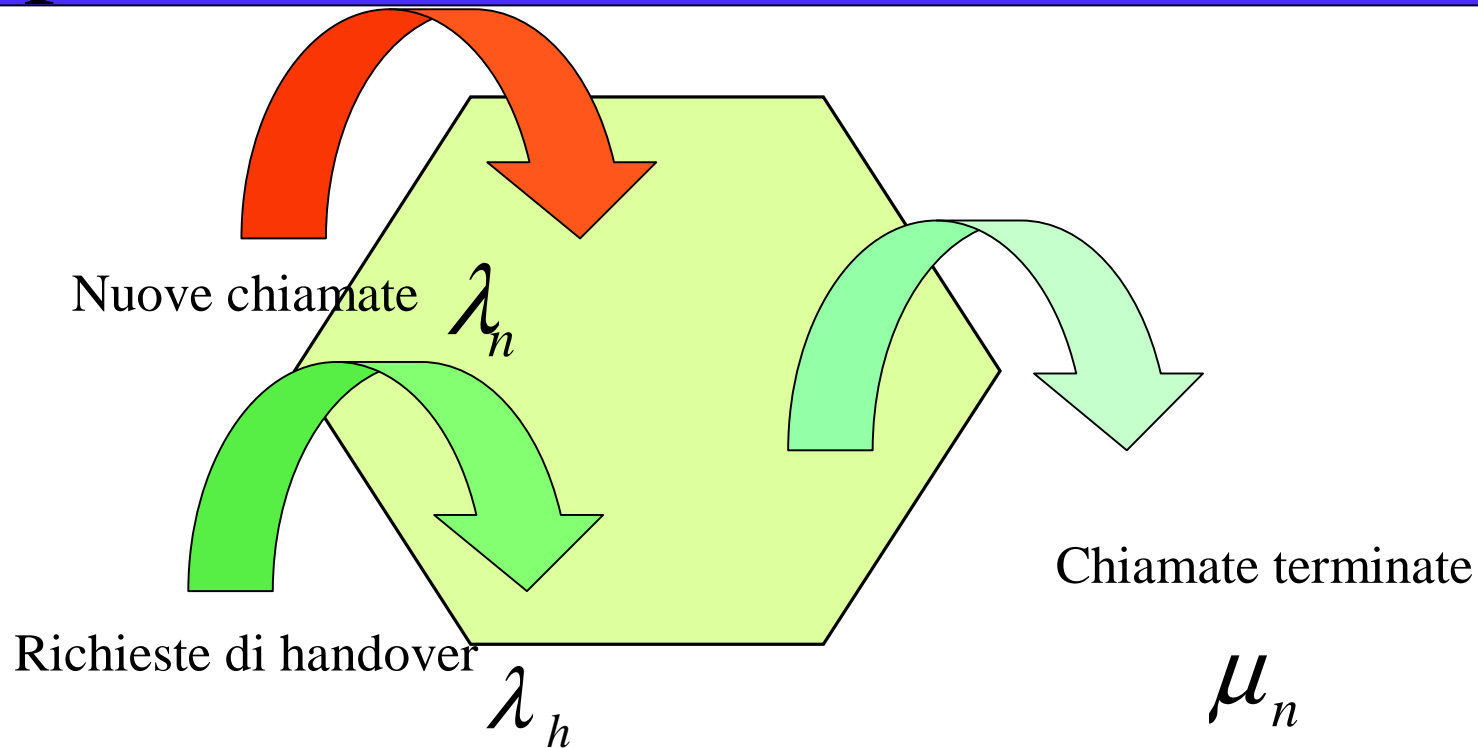
- ✦ Definiamo la probabilità di rifiuto di handover ( $P_{\text{drop}}$ ) come la probabilità che una richiesta di handover non possa essere soddisfatta e la probabilità di blocco ( $P_{\text{block}}$ ) come la probabilità di rifiutare una nuova chiamata
- ✦ Nei sistemi che trattano le richieste di handover come le nuove richieste entranti (call setup)  $P_{\text{drop}} = P_{\text{block}}$
- ✦ In realtà è meglio bloccare una chiamata entrante che perderne una attiva. Si usa dare priorità alle richieste di handover

# Canali di Guardia

- ✦ Canali di guardia (Guard Channels)
  - ✦ Un certo numero di canali viene riservato per le richieste di handover
  - ✦ Pdrop bassa ma capacità inferiore
  - ✦ E' critico il dimensionamento del sistema che necessita stime accurate sull'andamento temporale del traffico (quanti canali riservo alle richieste di handover?)

# ESERCIZIO TRAFICO VOICE

## priorità



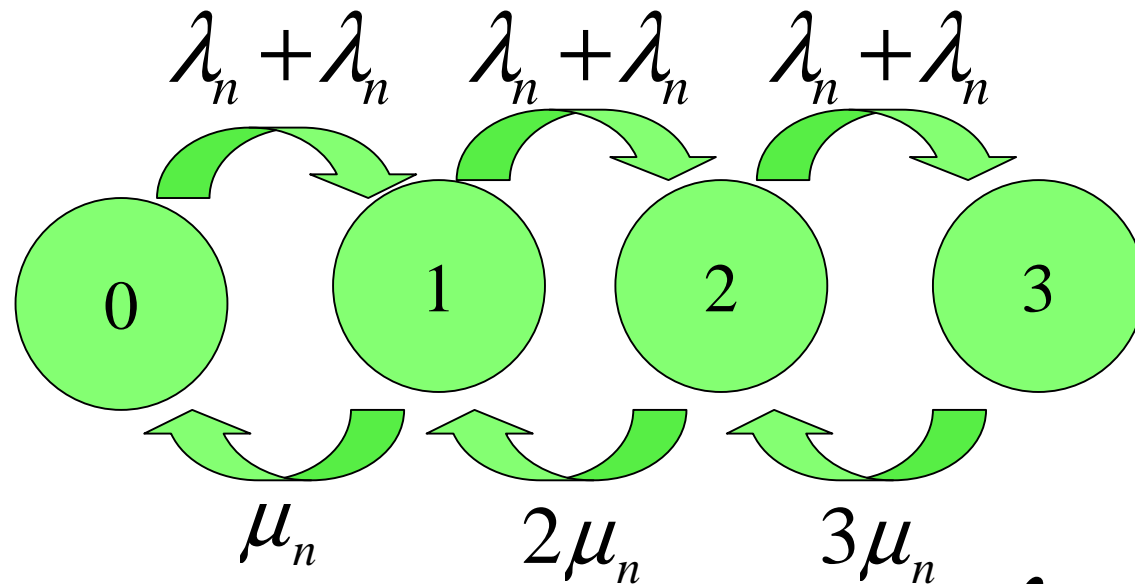
Ipotesi:

- 3 canali disponibili nella cella
- Tutti i processi Poisson indipendenti

Trovare la  $P_{\text{drop}}$  e la  $P_{\text{block}}$



# Soluzione (1)



$$P_{drop} = P_{block} = \pi_3, \text{ ponendo } \rho = \frac{\lambda_h + \lambda_n}{\mu_n}$$

$$\text{e sapendo che: } \pi_i = \rho^i \frac{1 - \rho}{1 - \rho^{N+1}} \quad i = 0, 1, \dots, N$$

# Soluzione (2)

---

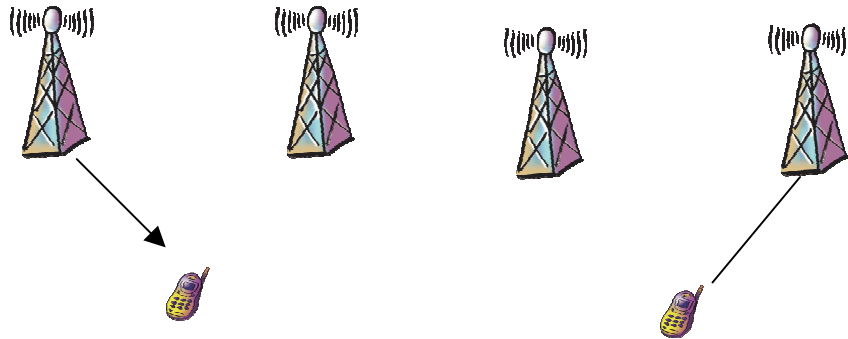
$$\pi_3 = \rho^3 \frac{1-\rho}{1-\rho^4}$$

Con  $\lambda_h = 0,3$   $\lambda_n = 0,5$   $\mu_n = 0,9$

$$P_{drop} = P_{block} \cong 0,2$$

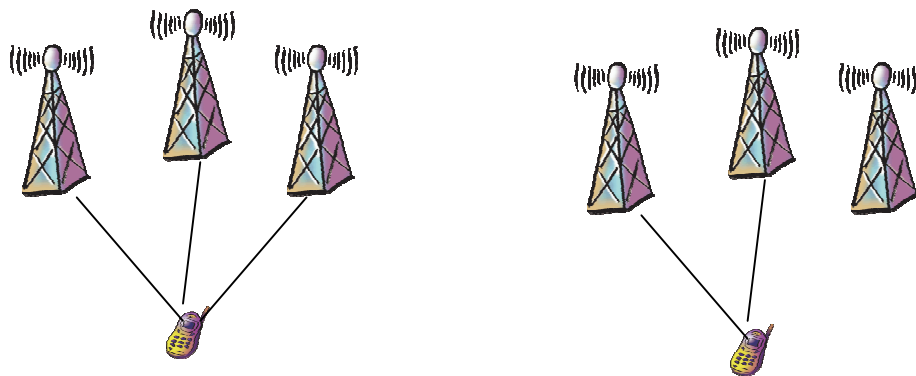
# Tipologie di Handover

## + Hard Handover (GSM-2G)



Presuppone l'abbattimento e l'instaurazione di un nuovo link radio

## + Soft Handover (UMTS-3G)



Sfruttando la macrodiversità l'utente è contemporaneamente collegato con più stazioni base