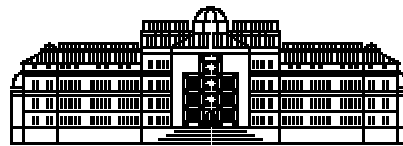




UNIVERSITÀ DEGLI STUDI  
DI TRENTO

**Facoltà di Ingegneria**



**Corso di Laurea Specialistica in Ingegneria delle Telecomunicazioni**

***Progettazione Avanzata di Reti di Telecomunicazioni***

# Handover nell' UMTS

studenti:

Girardini Manuel	matricola:	103431
Grasso Daniel	matricola:	103446
Rizzo Patrick	matricola:	106509

ANNO ACCADEMICO 2003-2004

## Indice:

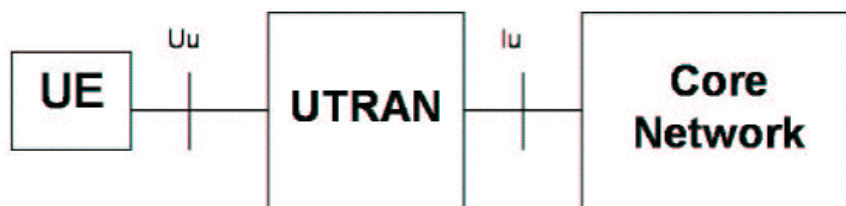
<b>CENNI SULL'ARCHITETTURA UMTS.....</b>	<b>3</b>
<b>INTRODUZIONE AL HANDOVER.....</b>	<b>5</b>
<b>CLASSIFICAZIONE DELLE VARIETÀ DI HANDOVER.....</b>	<b>5</b>
HANDOVER INTER-SYSTEM E INTRA-SYSTEM. ....	5
HANDOVER INTER-MODE E INTRA-MODE.....	5
HANDOVER INTER-FREQUENCY E INTRA-FREQUENCY .....	6
HANDOVER HARD, SOFT E SOFTER. ....	6
<b>INTER-SYSTEM HANDOVER.....</b>	<b>7</b>
3G → 2G .....	7
2G → 3G .....	7
MODALITÀ COMPRESSA .....	8
<b>INTRA-MODE HANDOVER: .....</b>	<b>9</b>
<b>INTER-MODE HANDOVER: .....</b>	<b>10</b>
<b>INTER-FREQUENCY HANDOVER.....</b>	<b>11</b>
<b>HARD HANDOVER .....</b>	<b>12</b>
<b>SOFT E SOFTER HANDOVER .....</b>	<b>13</b>
SOFTER HANDOVER .....	14
SOFT HANDOVER .....	15
<b>3GPP TR 25.992 .....</b>	<b>16</b>
MISURAZIONE .....	16
L'ALGORITMO DI SOFT HANDOVER.....	17
<b>APPENDICI .....</b>	<b>20</b>
DAL SISTEMA GSM ALL'UMTS .....	20
SCHEMA DELLE DIVERSE TECNICHE DI ACCESSO AL CANALE RADIOMOBILE <sup>[5]</sup> .....	21
CARATTERISTICHE A CONFRONTO TRA UMTS E GSM <sup>[5]</sup> .....	21
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>22</b>

## Cenni sull'architettura UMTS

Il sistema UMTS consiste in una serie di reti logiche ognuna con la sua definita funzionalità. Negli standard gli elementi della rete sono definiti a livello logico, però questo si traduce spesso in una implementazione quasi fisica. Ciò si deve in particolar modo al fatto che ci sono parecchie interfacce aperte, dove per aperta si intende che questa è definita con un livello di dettaglio tale da permettere la compatibilità tra dispositivi realizzati da aziende diverse.

La rete UMTS può essere schematizzabile in tre parti principali:

1. UE (*User Equipment*): è il terminale mobile utilizzato dall'utente per accedere ai servizi di telecomunicazioni offerti dalla rete. Sono previsti diversi tipi di UE, in base alla modalità operativa supportata (Commutazione di circuito, commutazione di pacchetto o entrambe). UE è connesso alla rete UTRAN tramite l'interfaccia Uu, cioè l'interfaccia radio WCDMA attraverso la quale UE accede alla parte fissa del sistema.
2. UTRAN (*UMTS Terrestrial Radio Access Network*): è l'entità che gestisce le risorse radio e controlla l'accesso alla rete. È connesso al Core Network tramite interfaccia Iu, divisa in Iu-PS ( per interfacciare l'UTRAN con reti CN a commutazione di pacchetto) e Iu-CS (per reti CN a commutazione di circuito).
3. CN (*Core Network*): è l'entità che alloca le risorse e che fornisce agli utenti i servizi richiesti. Può collegarsi a vari tipi di rete supportando diversi protocolli di comunicazione.

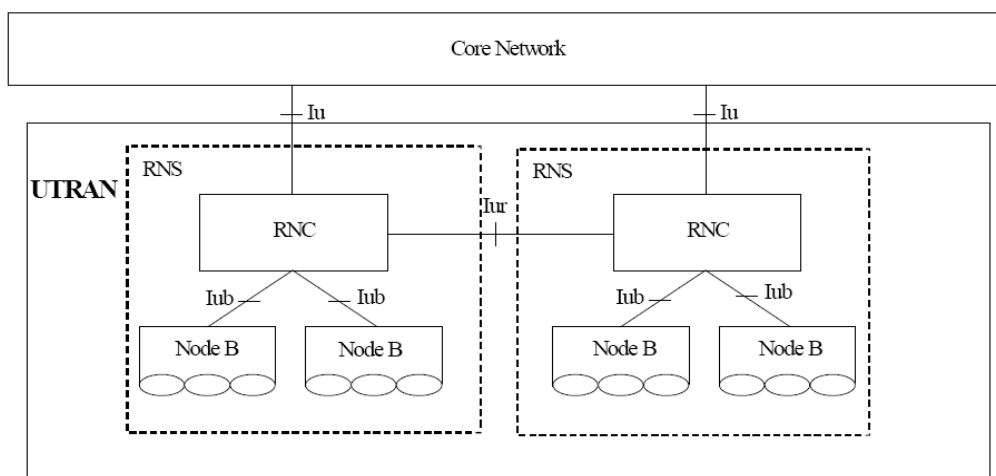


**Figura 1** : Architettura UMTS ad alto livello

L'UTRAN è costituito da un insieme di RNS (*Radio Network Subsystem*) connessi alla CN attraverso l'interfaccia Iu. Un RNS, come mostrato in figura 2, comprende due elementi fondamentali: un RNC e una o più stazioni base.

- RNC (*Radio Network Controller*) è l'entità responsabile della gestione delle risorse all'interno delle celle di cui esso è a capo, ma anche degli handover che richiedono lo scambio di messaggi di segnalazione verso l'UE. All'interno dell'UTRAN i diversi RNC del RNS possono essere connessi tra di loro attraverso l'interfaccia *Iur*. Quest'ultima è un'interfaccia aperta e rende possibile il soft-HO tra RNC di aziende diverse e può essere realizzata tramite una connessione diretta tra i diversi RNC oppure tramite reti virtuali utilizzando opportuni sistemi di trasporto.
- La stazione base (*NodeB*) è l'entità che gestisce il processamento dell'interfaccia aerea. Esegue alcune delle operazioni di base per la gestione della risorsa radio come per esempio il controllo di potenza.

Il sistema UMTS si differenzia dai sistemi GSM/GPRS proprio grazie alla presenza di questa unità che permette l'introduzione della tecnica CDMA (*multiplazione a divisione di codice*) al posto di quella a divisione di tempo o frequenza (TDMA-FDMA). La caratteristica dell'interfaccia radio è quello di far convivere nello stesso standard due tecniche differenti: FDD (*Frequency Division Duplexing*), TDD (*Time Division Duplexing*). Con la tecnica FDD vengono impiegate portanti spaziate di 5MHz per la trasmissione in uplink e in downlink; nella TDD trasmissione e ricezione avvengono in tempi distinti sulla stessa frequenza portante. Si deduce che la prima soluzione sia opportuna quando il traffico è sostanzialmente lo stesso nelle due direzioni (traffico simmetrico), mentre la seconda è più adeguata quando il traffico in una direzione è nettamente prevalente su quella nell'altra direzione (traffico asimmetrico, come ad esempio nel Web e nella consultazione delle banche dati). In ogni caso la tecnica più utilizzata nell'UMTS è la FDD, in quanto supporta handover di tipo soft e softer con i rispettivi vantaggi, mentre la TDD supporta solo hard-HO.



**Figura 2:** Architettura UTRAN <sup>[6]</sup>

## **Introduzione al handover**

Il termine “handover” (HO) viene attribuito all’intero procedimento eseguito per trasferire un flusso di dati da un canale ad un altro. Ciò consente ad un terminale mobile di mantenere in piedi una conversazione quando, durante la sua mobilità, necessita di avere a disposizione delle nuove risorse radio. Questa procedura consente in pratica di far assegnare al terminale mobile le risorse di un'altra cella nel caso che quelle in uso non garantiscano un rapporto S/N accettabile a destinazione.

## **Classificazione delle varietà di handover**

Le procedure di handover possono essere classificate secondo vari criteri:

1. In base all’omogeneità dei **sistemi** coinvolti: *inter-system* e *intra-system*
2. In base all’omogeneità delle **modalità** coinvolte : *inter-mode* e *intra-mode*
3. In base all’omogeneità delle **frequenze** coinvolte: *inter-frequency* e *intra-frequency*
4. In base alla “**durezza**”:  
*hard*, *soft* e *softer*

### **Handover inter-system e intra-system.**

Si parla di HO *inter-system*, quando sono coinvolte due tecnologie diverse per l’accesso al mezzo fisico. Ad esempio handover tra 3G e 2G e viceversa. Questo tipo di handover viene utilizzato per ovviare a problemi di copertura o di sovraccarico di una rete.

Si definisce HO *intra-system* quel tipo di HO che coinvolge tecnologie dello stesso tipo.

3G → 3G es. HO tra link con tecnologia umts.

2G → 2G es. HO tra link con tecnologia GSM (non analizzato in questa sede)

### **Handover inter-mode e intra-mode.**

All’interno degli HO intra-system del WCDMA si parla di HO *inter-mode*, quando partendo da una richiesta della rete UTRAN richiede ad un terminale operante in modalità FDD (frequency division duplexing) di eseguire un HO verso celle operanti in modalità TDD (time domain duplexing)

Si definiscono HO *intra-mode* tutti gli HO che coinvolgono celle tutte operanti nella stessa modalità (FDD o TDD).

## Handover inter-frequency e intra-frequency

Si parla di HO inter-frequency quando le celle coinvolte nell'HO operano alla stessa frequenza, mentre si definisce intra-frequency quando la frequenza è la stessa.

## Handover hard, soft e softer.

Si parla di *hard-HO* riferendosi al caso in cui una connessione venga interrotta prima che venga stabilita la connessione con la nuova cella.

Nel *soft e softer-HO* l'utente è connesso alla rete UTRAN simultaneamente tramite più canali. Quando il segnale proveniente da uno di questi canali non è più sufficiente, viene sostituito con uno nuovo.

Nel *soft-Ho* il passaggio avviene tra segnali provenienti da celle differenti

Nel *softer-HO* invece, avviene tra segnali appartenenti a settori differenti della stessa cella.

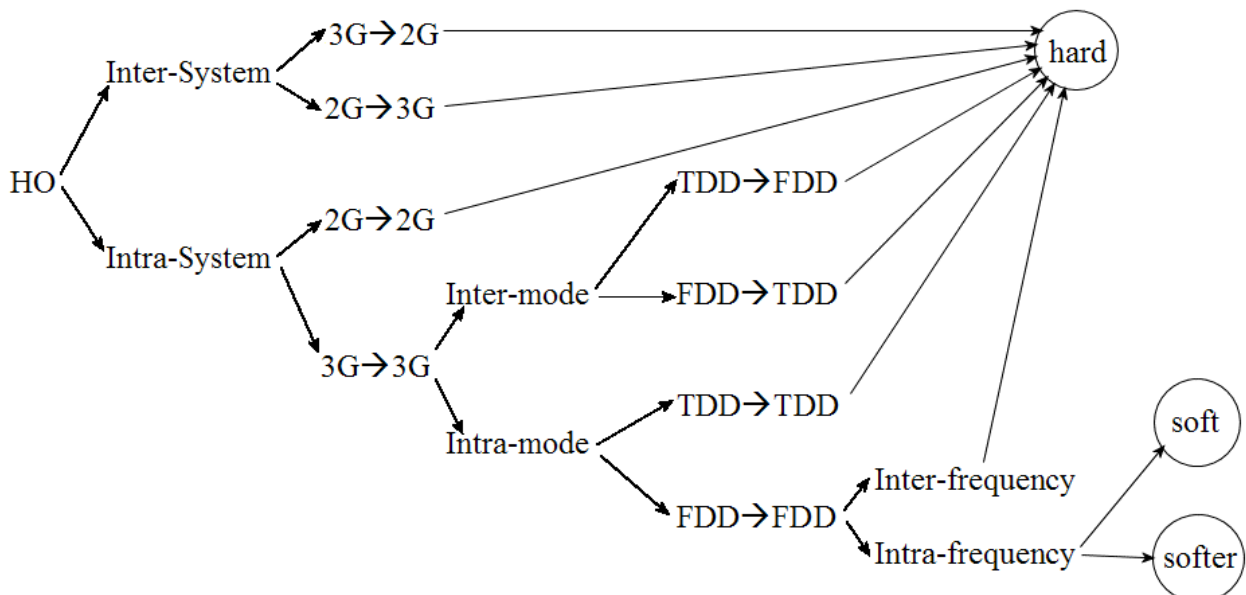


Figura 3: albero dei possibili tipi di handover

## Inter-System Handover

Le procedure di HO intersystem sono necessarie per permettere la compatibilità con altre architetture cellulari.

### 3G → 2G

Durante la fase iniziale di messa in opera della rete UMTS è frequente la possibilità che zone rurali non siano coperte dalla rete WCDMA. La possibilità di potersi appoggiare alla rete 2G offre ad un ipotetico cliente UMTS la possibilità di uscire dalla sua zona di copertura mantenendo una comunicazione 2G.<sup>[9]</sup>

### 2G → 3G

Utilizzato per ridurre il carico di celle GSM. Quando la rete GSM non è più in grado di garantire una sufficiente qualità del servizio a tutti i clienti collegati, è possibile deviare parte del traffico dalla rete GSM alla rete UMTS mediante un HO intersystem. Chiaramente gli utenti Gsm collegati alla rete UMTS non ne sfrutteranno tutte le potenzialità.

Quando il traffico nella rete 3G cresce è importante avere la possibilità di eseguire HO in entrambe le direzioni per ovviare a problemi di sovraccarico. L'HO intersystem viene "triggerato" dalla sorgente RNC/BSC. Gli algoritmi coinvolti non sono ancora del tutto standardizzati e dipendono quindi dalle aziende fornitrici del servizio. Segue un esempio di procedura di intersystem HO:

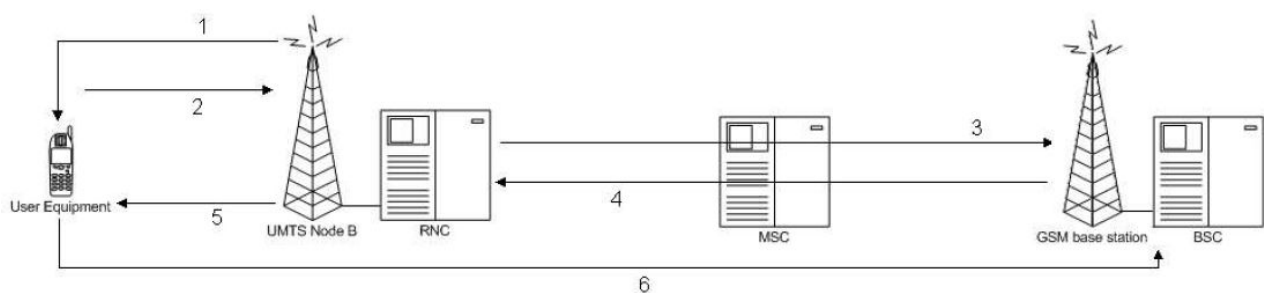


Figura 4: procedura di inter-system HO <sup>[4]</sup>

1. RNC comanda al terminale di iniziare la misura intersystem
2. Il terminale fornisce la misura al RNC
3. RNC chiede di riservare l'accesso alla rete GSM
4. RNC riceve conferma
5. RNC comanda al terminale di iniziare l'Handover
6. Il terminale accede alla rete GSM

L'algoritmo per l'avvio delle procedure di misura è proprietario del fornitore del *Radio Network Controller (RNC)* e può essere, per esempio, basato sulla qualità (*block error rate*) oppure sulla potenza di trasmissione richiesta. Quando la procedura di misura è avviata il terminale mobile misura la potenza del segnale proveniente dalle varie celle GSM candidate. Una volta che queste misure vengono ricevute dal RNC questo comanda al terminale di decodificare il codice di identità della stazione base (BSIC) della migliore candidata GSM. Quando il BSIC viene ricevuto dal RNC il comando di HO può venire inviato al terminale. La procedura di misura può essere completata approssimativamente in 2 secondi.

## Modalità compressa

Le misure *inter-system* non sono attive tutto il tempo ma vengono avviate solo quando è necessario in quanto richiedono l'attivazione della modalità compressa.<sup>[1][9]</sup>

Il WCDMA utilizza trasmissione e ricezione continua e non può effettuare misure inter-system o inter-frequency utilizzando un solo ricevitore. La modalità compressa consiste nella temporanea interruzione della trasmissione e della ricezione, nell'ordine di pochi millisecondi, necessaria all'esecuzione delle suddette misure. Ci sono fondamentalmente tre metodi per realizzarla<sup>[1]</sup>:

- ridurre il data-rate ai livelli più alti in sincronia con le misurazione
- aumentare il data-rate cambiando lo spreading factor.

Per esempio uno spreading-factor di 64 al posto di 128, raddoppia il n° di simboli trasmissibili consentendo di raggiungere il livello di compressione desiderato.

- ridurre il symbol-rate eseguendo una punturazione alla catena di multiplexing del livello fisico. Dati i suoi limiti pratici, questa tecnica viene applicata solo per la durata dell'interruzione (TGL -transmission gap length). Il beneficio apportato da questa tecnica è la possibilità di lasciare inalterato lo spreading-factor e di non dar luogo alla necessità di nuove regole e requisiti per l'utilizzo del codice di canalizzazione (channelisation code usage requirements).

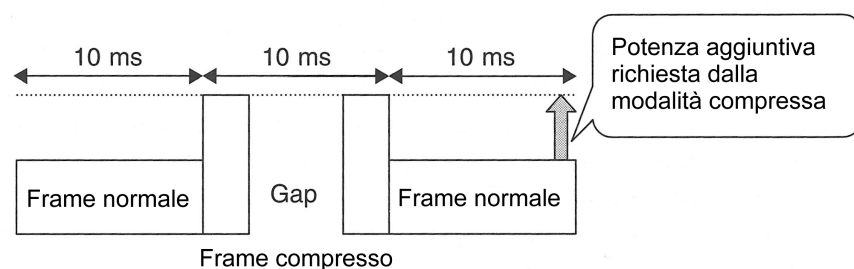


Figura 5: frame nella modalità compressa<sup>[1]</sup>

## Intra-Mode Handover:

Procedure di HO all'interno dell'UTRA-FDD non necessitano di modalità compressa in quanto utilizzano le misure del rapporto  $E_c/N_0$  effettuate dal *canale pilota comune (CPICH)*. Le quantità misurate dal terminale attraverso il CPICH sono:

- *RSCP (Received Signal Code Power)*: potenza ricevuta di una parola di codice prestabilita dopo il despreading.
- *RSSI (Received signal Strength Indicator)*: potenza ricevuta a larga banda all'interno della banda di canale.
- *$E_c/N_0$* : rapporto tra le due grandezze precedente (RSCP/RSSI).

Ci sono anche altri elementi considerabili per stabilire se effettuare o meno l'HO, dato che gli attuali algoritmi di decisione impiegati non sono uno standard a tutti gli effetti. Uno di questi utilizza il canale dedicato SIR il quale fornisce informazioni sull'ortogonalità tra le celle. Questo segnale si rende utile a questo scopo ed è inoltre comunque già utilizzato nel protocollo per il controllo di potenza.

Nel caso di soft-HO un'altra informazione essenziale è associata alle temporizzazioni relative tra le celle. Come in una rete asincrona, anche nel soft-HO, è necessario sincronizzare le trasmissioni per permettere la combinazione coerente nel ricevitore Rake, altrimenti la trasmissioni da differenti stazioni base sarebbero difficili da combinare, in maniera particolare il controllo di potenza accuserebbe ritardi aggiuntivi.

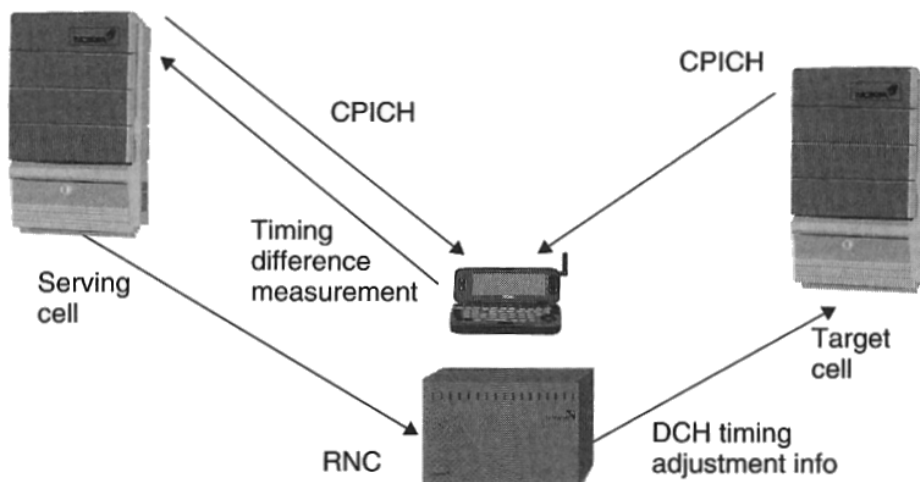


Figura 6: misura delle temporizzazioni nel soft-HO <sup>[1]</sup>

Nel caso di interfrequency intramode HO (hard-HO) non è necessaria un'informazione sulla temporizzazione a livello di chip. Ottenere le altre misure è leggermente più complicato, dato che il terminale deve eseguirle su di una frequenza diversa. Questo viene solitamente effettuato mediante l'impiego della modalità compressa.

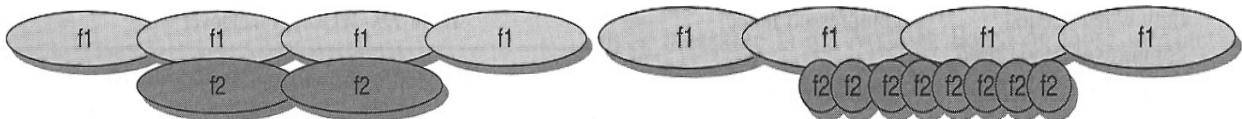
### ***Inter-Mode Handover:***

Su richiesta dell'UTRAN il terminale operante in FDD misura il livello di potenza del segnale relativo alle celle TDD disponibili nell'area. Il TDD CCPCH-burst (*Common control physical channel-burst*), contenente la potenza di riferimento, è inserito due volte in ogni frame di durata 10 ms ed è quindi utilizzabile per le misure. Le celle TDD nella stessa area di copertura sono sincronizzate e quindi trasmettono nello stesso istante questo segnale.

Ovviamente il terminale deve supportare il cosiddetto “*dual-mode*”, ovvero deve poter operare in entrambe le modalità FDD e TDD.

## Inter-frequency Handover

La maggioranza degli operatori UMTS hanno a disposizione due o tre frequenze FDD. Inizialmente ne è stata utilizzata una sola, le altre verranno utilizzate in futuro quanto l'intensità di traffico lo richiederà. In questo caso sarà necessario poter eseguire Inter-frequency HO tra due portanti WCDMA. Le varie frequenze possono essere utilizzate in due modi diversi, come mostrato in figura:



**Figura 7a:** celle ad alta capacità con 2 frequenze f1 e f2

**Figura 7b:** macro-layer a f1 micro-layer a f2 <sup>[1]</sup>

Più frequenze assegnate alla stessa cella per aumentarne la capacità, oppure una frequenza assegnata alle celle principali (macro-layer) affiancate da ulteriori celle satellite (micro-layer) ad una diversa frequenza.

Anche l'inter-frequency HO fa uso della modalità compressa, come l'inter-system HO. Il terminale utilizza la stessa sincronizzazione dell'intra-frequency HO per identificare le celle sulla frequenza target<sup>1</sup>. Qui di seguito è descritta la procedura dell'inter-frequency HO.

1. RNC comanda al terminale di cominciare le misura inter-frequency in modalità compressa. L'algoritmo per la decisione di tale comando è proprietario.
2. Il terminale ricerca i picchi di P-SCH (Primary-Synchronisation Channel), sequenza di 256 chip identica per ogni cella. Più picchi riesce a ricevere il terminale tramite il suo filtro adattato, più durerà il processo di identificazione. Tale tempo dipende anche da
  - Numero di percorsi multipath
  - Numero di celle nel raggio d'azione
  - Numero di celle già trovate
  - Numero di celle candidate
3. Il terminale identifica le celle tramite l'S-SCH ed il CPICH ed invia le misure effettuate all'RNC. L'identificazione delle celle richiede tipicamente meno di 5 secondi.
4. RNC comanda al terminale mobile di effettuare l'HO.

<sup>1</sup> "WCDMA for UMTS", H. Holma, A. Toskala, John Wiley & Sons, LTD, cap 6.

## ***Hard Handover***

Questo tipo di HO prevede l'interruzione del collegamento radio esistente prima di stabilire una nuova connessione tra terminale mobile e la rete. È l'unico HO utilizzato nel sistema GSM, dove a ogni cella è assegnata una differente banda di frequenza. Un utente che entra in una nuova cella, prima di venir connesso ad essa, si vede disconnettere da quella a cui era collegato. L'algoritmo che gestisce questo HO, nel caso più semplice, avvia la procedura quando il segnale proveniente da una cella confinante è più forte di quello della cella corrente di una soglia stabilita a priori dal gestore della rete.

Nel UMTS l'hard HO è utilizzato nel caso inter-frequency, inter-mode ed inter-system; di cui si è già parlato precedentemente. In altri termini l'hard HO è utilizzato ogni qual volta il soft-HO non è applicabile.

Nel GSM il problema principale che affligge l'hard HO è l'elevata probabilità di blocco esistente quando un utente entra in una nuova cella. Questa probabilità può essere ridotta dando la priorità agli utilizzatori HO di accedere alla cella target a scapito di chi tenta invece di stabilire una nuova connessione. Questo è ottenibile riservando parte della capacità di ogni cella per utilizzatori provenienti da altre celle e quindi aventi già una connessione in corso. D'altra parte questo porta ad un uso meno efficiente delle risorse ed a una maggiore difficoltà di connessione da parte di nuovi utenti.

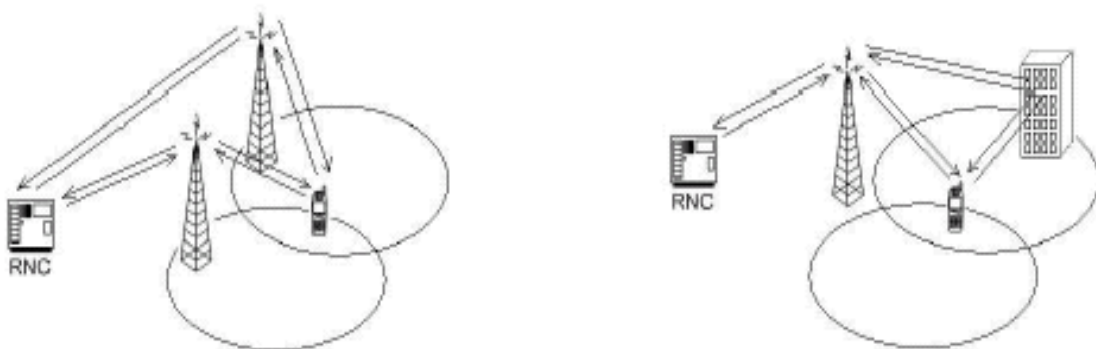
Questi problemi hanno portato alla nascita di soluzioni alternative quali il soft ed il softer-HO. Questi ultimi rimediano ad alcuni degli svantaggi dei sistemi CDMA e incrementano le prestazioni del sistema.

Tipicamente l'hard HO viene utilizzato in caso di problemi copertura e di sovraccarico della rete UMTS, mentre la richiesta di mobilità viene soddisfatta principalmente dal soft/softer HO.

## Soft e Softer Handover

Soft e softer Handover sono i tipi di Handover specifici per CDMA implementati nel sistema UMTS e costituiscono una delle particolari caratteristiche nei rivoluzionari metodi di accesso WCDMA.

In questo paragrafo viene discusso l'effetto dell'implementazione di tali tipi di Handover nella progettazione dei sistemi di telecomunicazioni radiomobili e viene analizzato l'algoritmo che sta alla base di tale metodo, come da specifica **3GPP TR 25.992**.



**Figura 8:** soft e softer HO a confronto <sup>[4]</sup>

L'handover viene avviato quando il terminale mobile si trova nell'area di sovrapposizione tra due celle o settori adiacenti. L'utente ha due connessioni simultanee all'UTRAN utilizzando contemporaneamente differenti canali.

La maggior parte delle celle è realizzata da tre antenne direttive orientate solitamente a 120° l'una dall'altra. La zona di copertura di una di queste antenne è definita "settore"

Nel caso di *soft handover* il terminale mobile si trova nell'area di sovrapposizione tra due settori appartenenti a differenti stazioni base.

Il *Softer Handover* invece avviene tra due settori appartenenti alla stessa cella e quindi alla stessa stazione base.

## Softer Handover

Durante il *softer handover*, un terminale mobile si trova nell'area di copertura di due settori adiacenti di una stessa stazione radio base.

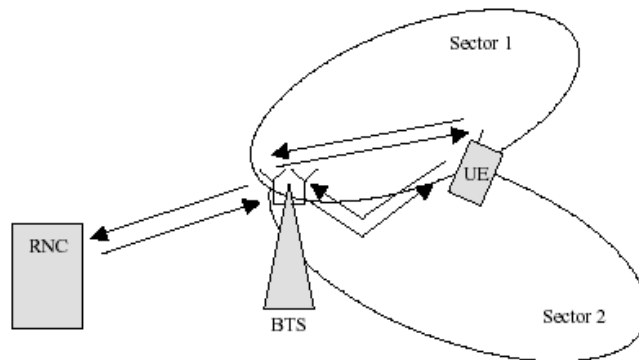


Figura 9: Softer handover <sup>[6]</sup>

La comunicazione tra l'UE e la *base station* avviene quindi per mezzo di due canali distinti sull'interfaccia radio, uno per ciascun settore, anche se di fatto trasportano la stessa informazione. Tale situazione richiede l'uso di due codici di spreading distinti nella direzione in *downlink*, affinché il terminale sia in grado di distinguere i due segnali in ricezione. Nella direzione in *uplink*, ha luogo un processo simile. Infatti nella stazione base i dati d'utente sono ricevuti da due canali diversi (corrispondenti a due codici differenti) e una volta spostati in banda base, possono essere combinati già nella stazione base e inoltrati verso il RNC.

La stazione base riceve due segnali provenienti dal stesso terminale mobile attraverso la propagazione multi-path. Il segnale trasmesso dalle stazioni mobili raggiunge la stazione base da due settori differenti perché riflette su edifici o barriere naturali prima di raggiungere destinazione. Il segnale ricevuto durante la procedura di Softer Handover viene trattato in modo analogo ad un segnale multi-path.

Nella direzione di *uplink* i segnali ricevuti dalla stazione base sono elaborati dallo stesso ricevitore rake, quindi combinati attraverso la tecnica a rapporto massimale. (*maximum ratio combining technique*).

Nella direzione di *downlink* la situazione è lievemente differente, infatti la stazione base usa differenti codici di scrambling per separare i differenti settori serviti. È necessario quindi applicare il codice di de-spreading appropriato ai differenti rami del ricevitore rake per i segnali ricevuti dai diversi settori prima di ricombinarli. Il softer handover accade circa nel 5-10% delle connessioni <sup>[1]</sup>. Vista la natura del softer handover c'è solo un circuito di controllo di potenza attivo.

## Soft Handover

Durante il *soft handover*, un terminale mobile si trova nell'area di copertura di due settori appartenenti a due stazioni base differenti. Come nella situazione precedente, la comunicazione tra l'UE e la rete avviene per mezzo di più canali sull'interfaccia radio.

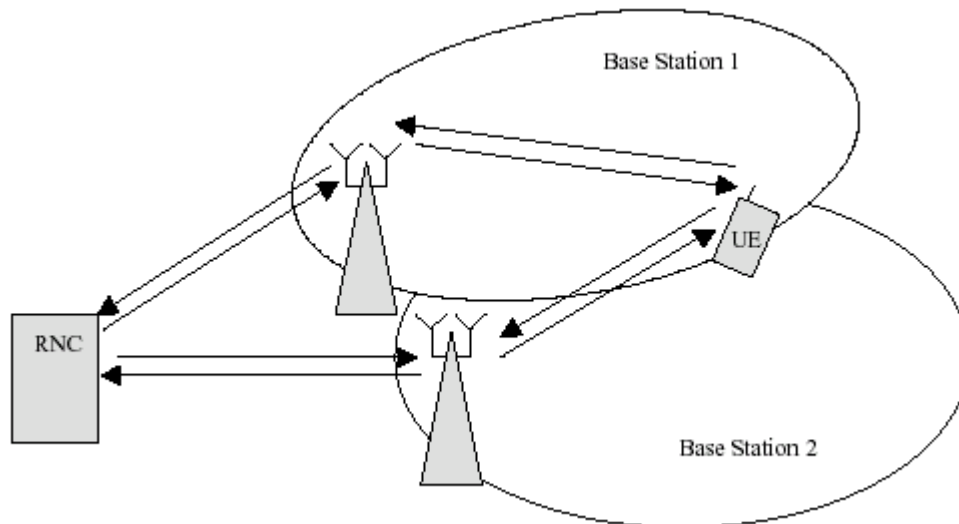


Figura 10: soft handover<sup>[6]</sup>

Dal punto di vista del terminale mobile, ci sono pochissime differenze tra il *soft* e il *softer handover*. Nella direzione in *uplink* invece le differenze sono rilevanti. Infatti le informazioni d'utente sono ricevute da due stazioni radio base diverse. I segnali ricevuti non possono quindi più essere ricombinati nella stazione base e vengono inviati al RNC. Il combinatori segue un principio differente; nel RNC i segnali sono confrontati frame per frame e il miglior candidato è scelto dopo ogni periodo di interleaving. Per esempio ogni 10, 20, 40 o 80 ms.

L'algoritmo per il controllo di potenza del ciclo di uscita misura l' SNR dei segnali ricevuti in direzione di *uplink* ad un rate tra 10 e 100Hz. Questa informazione è usata per selezionare il frame con la migliore qualità durante il soft handover.

Il *soft* e *softer handover* permettono di realizzare facilmente la trasmissione in macrodiversità, ovvero una trasmissione attraverso un insieme di collegamenti radio differenti tutti riferiti però alla stessa connessione. Questo si addice alla natura dei sistemi CDMA in quanto a celle adiacenti viene assegnata la stessa frequenza.

## 3GPP TR 25.992

Di seguito verrà trattato il processo di handover come descritto nella specifica TR 25.992 [2].

A livello base il soft handover è composto da due funzioni principali:

- acquisizione ed elaborazione della misurazione
- esecuzione dell'algoritmo di handover

Prima di iniziare l'analisi di queste funzioni definiamo alcuni termini che verranno utilizzati per la descrizione del processo di handover:

- *Set*: lista di celle o nodi
- *Active set*: lista di celle connesse con la stazione base
- *Monitored set*: lista delle celle (più vicine) i cui canali di comunicazione sono continuamente misurati, ma che non sono abbastanza forti da essere aggiunti all'Active set.

### Misurazione

Le misurazioni accurate del rapporto  $E_c/I_o$  sui canali pilota (*CPICH*) formano l'input principale per i rapporti di misura RRC, necessari per prendere decisioni rispetto all'handover. Principalmente tre parametri possono essere misurati. Oltre al rapporto  $E_c/I_o$  della CPICH vengono misurati anche la potenza del codice del segnale ricevuto (*RSCP*) e l'indicatore di forza del segnale ricevuto (*RSSI*). L'RSCP è la potenza portata dal canale pilota decodificato e RSSI è la potenza ricevuta sulla larghezza di banda totale rispetto alla banda del canale. Il rapporto  $E_c/I_o$  è definito come:

$$\frac{E_c}{I_o} = \frac{RSCP}{RSSI}$$

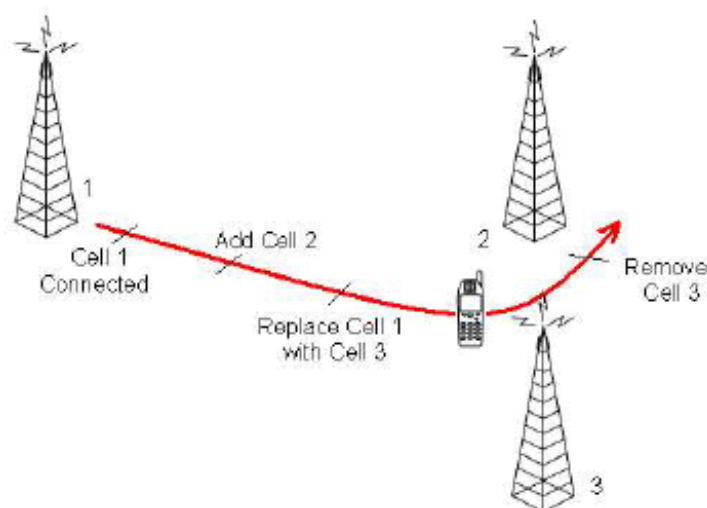
È importante applicare un filtro alle misurazioni di handover per mediare gli effetti del fading veloce (*fast-fading*). Errori di misura possono portare a procedure di handover non necessarie, mentre un appropriato filtraggio può accrescere le performance del sistema in modo considerevole. Come descritto dalla specifica 3GPP [2] lunghi periodi di filtraggio causano ritardi nell'handover; la lunghezza del periodo di filtraggio deve essere scelta come compromesso tra l'accuratezza della misura e il ritardo dell'handover. Spesso viene scelto un tempo di filtraggio pari a 200ms.

Un'altra informazione essenziale richiesta durante l'handover soft e softer è l'informazione sui tempi (*timing information*). Le reti WCDMA sono di natura asincrona pertanto si hanno differenze di tempi di ritardo relativi tra le celle. Per permettere una facile ricombinazione nel ricevitore rake e fornire ritardi nel circuito di controllo potenza, le trasmissioni devono essere sincronizzate. Dopo che il terminale mobile ha misurato la differenza di tempi tra i canali CPICH della cella servente e la cella obiettivo, la RNC spedisce l'informazione sull'"aggiustamento" dei tempi DCH alla cella obiettivo.

## L'algoritmo di soft handover

L'algoritmo di soft handover come descritto nelle specifiche 3GPP TR 25.992 differisce leggermente dall'algoritmo *IS 95A* usato nei sistemi *CdmaOne*, lo standard dei sistemi cellulari Nord Americani anch'essi basati su CDMA.

Basandosi sulla misura del rapporto  $E_c/I_o$  del set di celle monitorate, il terminale mobile decide quale delle tre azioni base eseguire; è possibile aggiungere, rimuovere o rimpiazzare una stazione base (nodo B) nel collegamento attivo. Questi compiti sono chiamati rispettivamente "*Radio Link Addition*" e "*Radio Link Removal*", mentre l'ultimo è chiamato "*Combined Radio Link Addition and Removal*". L'esempio qui sotto è tratto direttamente dalle specifiche 3GPP. [2]



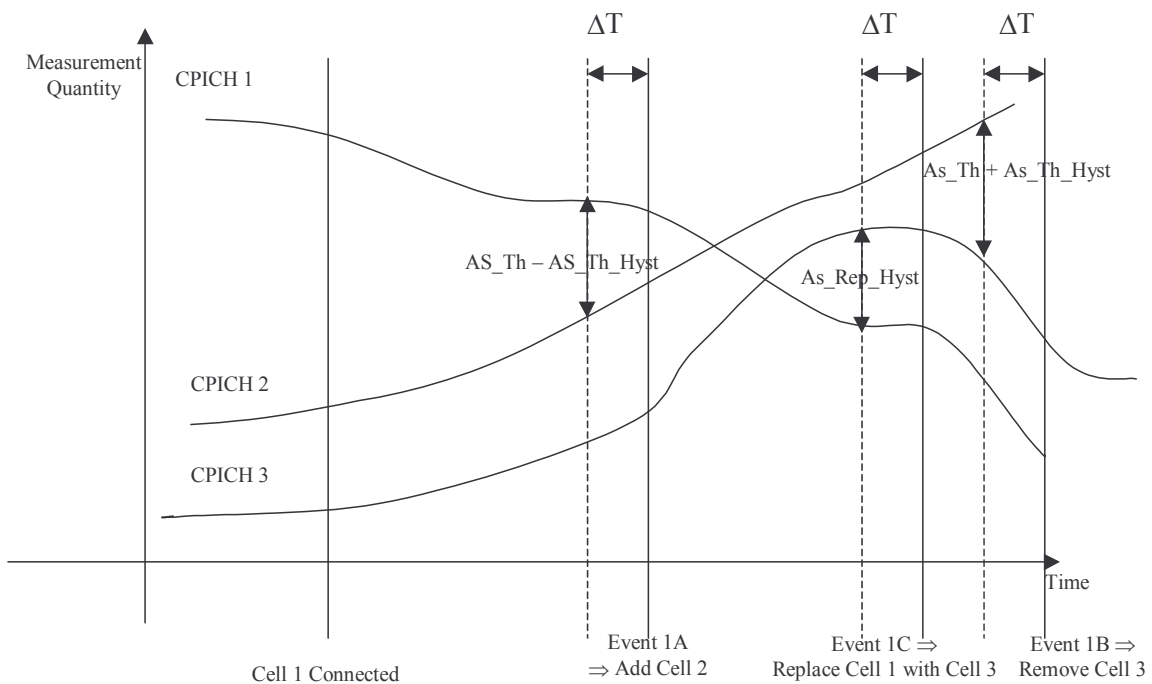
**Figura 11:** scenario di soft handover [4]

La discussione di questo scenario fornisce una buona comprensione dell'algoritmo. Questo scenario può essere basato su un utente che percorre la traiettoria disegnata come descritto in figura.

All'inizio dello scenario l'utente è connesso alla cella numero 1 che possiede il segnale pilota più forte.

Gli spostamenti dell'utente nello spazio o il fading lento possono modificare la percezione della potenza del segnale da parte della stazione base, dunque vengono prese le seguenti iniziative:

- Evento A: la cella 2 viene aggiunta all'active set.
- Evento B: la cella 1 viene rimpiazzata dalla cella 3.
- Evento C: la cella 3 è rimossa dall'active set.



**Figura 12:** grafico dell'algoritmo di soft handover [2]

Il parametro principale nell'algoritmo di soft handover è la soglia  $AS\_Th$ . Il valore di questa caratteristica è un parametro di progettazione cruciale. Esso determina il numero degli utenti che applicano l'algoritmo di soft handover, inoltre influenza la capacità del sistema e la copertura.

$AS\_Th\_Hyst$  è l'isteresi per la soglia  $AS\_Th$ , mentre  $AS\_Rep\_Hyst$  è l'isteresi per il rimpiazzamento di un link.

L'algoritmo attuale è il seguente [2]:

- **Adding:** Se **Meas\_Sign** è maggiore di  $(\text{Best\_Ss} - \text{As\_Th} + \text{As\_Th\_Hyst})$  per un periodo di tempo  $\Delta T$  e l'active set non è pieno, la cella migliore (in termini di potenza) non presente nell'active set è aggiunta all'active set.
- **Removing:** Se **Meas\_Sign** è minore di  $(\text{Best\_Ss} - \text{As\_Th} + \text{As\_Th\_Hyst})$  per un periodo di tempo  $\Delta T$  si rimuove la cella peggiore dall'active set.
- **Replacing:** se l'active set è pieno e **Best\_Cand\_Ss** è maggiore di  $(\text{Worst\_Old\_Ss} + \text{As\_Rep\_Hyst})$  per un periodo di tempo  $\Delta T$ , si aggiunge la cella migliore fuori dall'active set e si rimuove la cella peggiore dall'active set.

Dove:

- **Best\_Ss** è la cella migliore misurata nell'active set
- **Worst\_Old\_Ss** è la cella peggiore presente nell'active set
- **Best\_Cand\_Set** è la cella migliore misurata presente nel monitored set
- **Meas\_Sign** è il rapporto  $E/I_0$  misurato e filtrato del canale pilota della cella monitorata

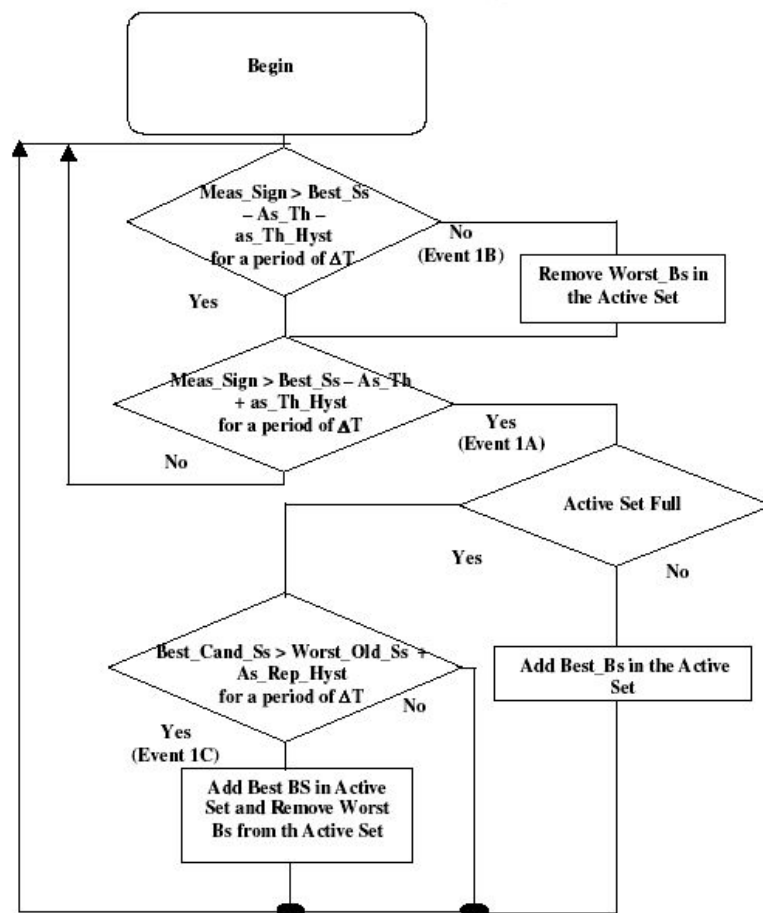


Figura 13: flowchart dell'algoritmo di soft handover presente nelle specifiche 3GPP [2]

## **Appendici**

### **Dal sistema GSM all'UMTS**

Durante i primi anni '80 i sistemi di telefonia cellulare hanno avuto una rapida crescita. In quel periodo in ogni nazione si andava affermando un sistema proprietario diverso da quello degli altri paesi. Questa tendenza non permetteva l'utilizzo del telefonino a livello internazionale. Nel 1982 avviene una svolta. Una compagnia di telecomunicazioni (Nordic PPT) propone l'implementazione di un servizio di telefonia mobile europeo. Dopo un decennio viene lanciato il sistema di seconda generazione (**2G**) GSM, primo sistema di trasmissione numerica su canale radio standardizzato a livello europeo, operante in 22 paesi. Il sistema è basato su una tecnica ibrida TDMA/FDMA <sup>[1]</sup>. Caratteristica base del GSM, è il *roaming*, ovvero la possibilità per l'utente di accedere a servizi anche quando si trova all'estero sotto la copertura di un gestore di telefonia diverso dal suo. Oltre a questo il GSM offre la possibilità di trasmissione dati, dando vita ai primi servizi multimediali.

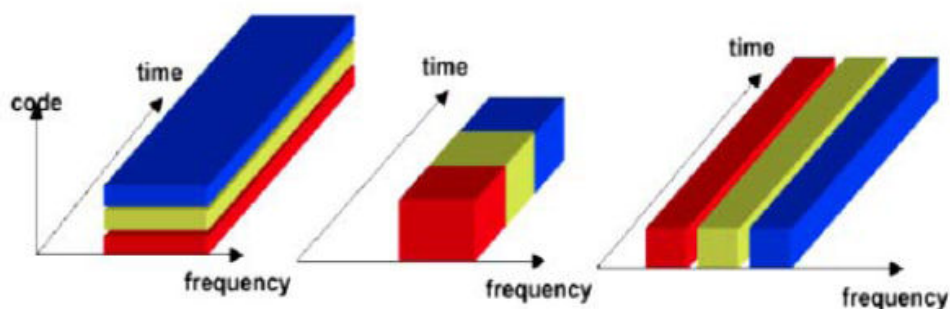
Il clamoroso successo ottenuto da tali servizi ha portato gli operatori all'incremento delle potenzialità del GSM introducendo un sistema di accesso ai dati contenuti nella rete internet. Questa tecnologia prende il nome di WAP (Wireless Application Protocol).

La tecnologia 2G, assieme all'assenza di un vero e proprio standard, permetteva delle prestazioni contenute, in quanto il canale GSM ha una capacità di soli 9,6 kbps. Per far fronte alle esigenze di maggiori velocità nella trasmissione dati, la seconda generazione si è evoluta verso la generazione **2,5G**. Un esempio è l'introduzione del GPRS sulle reti GSM, il quale consente una maggiore velocità di trasmissione dati (171 kbps), e una più vasta gamma di servizi offerti (Packet Data). Con questo sistema è ora possibile realizzare delle trasmissioni in modalità "Always On", ovvero si rimane sempre connessi alla rete fintanto che il terminale è acceso. Questo viene reso possibile appunto dalla possibilità di adattare il traffico a commutazione di pacchetto sulla attuale rete GSM, che per sua natura è a commutazione di circuito. La differenza consiste nella possibilità di trasferire contemporaneamente in modo efficiente dati che richiedono bitrate variabili e informazioni di segnalazione. Rispetto al sistema GSM tradizionale, un collegamento dati GPRS utilizza le risorse di rete solamente quando i dati vengono effettivamente trasmessi, ed un utente potrà quindi avere tariffe orientate verso la quantità dei dati trasmessi indipendentemente dal tempo effettivo della connessione.

Il progressivo passaggio da "commutazione a circuito" a "commutazione a pacchetto", insieme alla crescente richiesta di velocità di trasmissione e di nuovi servizi, ha portato all'avvento della terza generazione (**3G**).

In Europa l'ente responsabile della realizzazione di uno standard è la 3GPP e lo standard proposto è l'UMTS (*Universal Mobile Telecommunication System*), basato su tecnica CDMA.

## Schema delle diverse tecniche di accesso al canale radiomobile <sup>[5]</sup>



**CDMA:** Code Division  
Multiple Access

**TDMA:** Time Division  
Multiple Access

**FDMA:** Frequency Division  
Multiple Access

## Caratteristiche a confronto tra UMTS e GSM <sup>[5]</sup>

	UMTS	GSM
Potenza massima di emissione del terminale mobile	125 – 250 mW	2W
Procedura di accesso al canale	CDMA	TDMA/FDMA
Capacità di trasmissione dati per utente	Fino a 2 Mbit/s	9,6 – 171,2 <sup>(GPRS)</sup> Kbit/s
Ampiezza di banda per canale	5MHz	200KHz
Frequenza degli impulsi	100 Hz	217 Hz
Numero i intervalli di tempo al secondo	15 <sup>(TDD)</sup>	8
Frequenza di lavoro	2 GHz	900 MHz/1800 MHz
Numero di collegamenti vocali per canale	108*	8
Raggio massimo delle celle (celle rurali)	ca. 8 km**	35 km

\*al 50% di attività vocale, al 100% il n°di collegamenti massimi sono 72

\*\*senza interferenze (basso traffico), con interferenze il raggio massimo è 2-3 km.<sup>[10]</sup>

## **Bibliografia**

- [1] H. Holma, A. Toskala ”*WCDMA for UMTS – Radio Access For Third Generation Mobile Communications*”, - John Wiley & Sons, Ltd, 2<sup>nd</sup> edition - 2002
- [2] 3GPP TR 25.922 V6.0.1 (2004-04) 3rd Generation Partnership Project;  
Technical Specification Group Radio Access Network;  
Radio resource management strategies (Release 6) - 2004
- [3] A.Brand, H.Aghvami “*Multiple Access Protocols for Mobile Communications*”  
John Wiley & Sons, Ltd - 2002
- [4] Stijn N. P. Van Cauwenberge – “*Study of soft handover in UMTS*” - 2003
- [5] Adele Guarnaccia – “*studio delle antenne delle Stazioni Radio Base dei sistemi di comunicazione UMTS e GSM*” - 2003
- [6] Francesco Zaio – “*Sviluppo di un simulatore per i protocolli di controllo delle risorse radio in sistemi UMTS*” - 2002
- [7] <http://www.reteumts.info>
- [8] <http://www.umtsworld.com>
- [9] M.Benson, H.J.Thomas - “*Investigation of the UMTS to GSM handover procedure*”  
0-7803-7484-3/02 © IEEE - 2002
- [10] D.Staehle, K.Leibnitz, K.Heck, B.Schröder, A.Weller, B.Tran-Gia ,”*Analytical Characterization of the Soft Handover Gain in UMTS*”, 0-7803-7005-8/01 © IEEE - 2001

### Consultazioni:

- Heikki Kaaranen, Siamak Naghian, Lauri Laitinen, Ari Athiainen, Valtteri Niemi,  
“*UMTS Networks: Architecture, Mobility and services*”
- *Overview of 3GPP Release 99, Summary of all release 99 Feature*. Version 05/03/04  
ETSI Mobile Competence Centre, Copyright ETSI - 2004