

# Telecomunicazioni Wireless

**Sistemi di Telecomunicazione**

by diverse fonti

Si ringraziano Akira - Palla

# Sommario

<b>Capitolo 1 -L'UMTS.....</b>	<b>4</b>
1.1 - I sistemi cellulari .....	4
1.1.1 - Tecnica di accesso multiplo alla risorsa radio .....	4
1.1.2 - Tecnica di copertura cellulare .....	4
1.1.3 - Gestione della mobilità .....	4
1.2 Standard mondiale? .....	5
1.2.1 - Verso la terza generazione .....	5
1.2.2 - La creazione dello standard .....	5
1.2.3 - Le sigle dell'UMTS .....	5
1.2.4 - Un sistema aperto .....	6
1.3 - Requisiti dell'UMTS.....	6
1.4 - I servizi dell'UMTS .....	6
1.4.1 - I sistemi 2G, 2.5G e 2.75G .....	6
1.4.2 - Architettura dei servizi .....	7
1.4.3 - I servizi dell'UMTS .....	7
1.5 - Le release dell'UMTS e le specifiche tecniche .....	7
<b>Capitolo 2 - Architettura di rete .....</b>	<b>8</b>
2.3 - IP .....	8
2.4 - ATM (Asynchronous transfer Mode) .....	8
2.5 - Architettura di Release 99 (Schema generale) .....	9
2.5.3 - OSS (Operation Support System) .....	10
<b>Capitolo 3 - L'accesso radio WCDMA .....</b>	<b>10</b>
3.7 - High Speed Downlink Packet Access (HSPDA) .....	11
3.8 - Enhanced Uplink .....	11
<b>Capitolo 4 - I Canali del WCDMA .....</b>	<b>11</b>
4.3 - Dalla sorgente di utente all'onda radio .....	12
4.6 - Procedure base di accesso e allocazione delle risorse radio .....	13
4.7 - High Speed Downlink Packet Access (HSPDA) .....	13
4.7.1 - Canali fisici e di trasporto .....	13
4.7.2 - Architettura protocollare e funzionalità .....	14
4.7.3 - Hybrid ARQ e adattamento alle condizioni radio. ....	14
4.8 - Enhanced Uplink. ....	14
<b>Capitolo 5 - Tecnologie di accesso TDD e EDGE .....</b>	<b>15</b>
5.1 - L'interfaccia radio .....	15
5.1.1 - Timer Division Duplex (TDD).....	15
5.1.2 - Struttura Radio .....	15
5.1.3 - Burst .....	15
5.2 - Gestione delle risorse radio .....	16
5.2.1 - Power Control .....	16
5.4 EDGE .....	16
5.4.1 GSM .....	16
5.4.2 GPRS .....	17
<b>Capitolo 6 - Capacità E Carico del WCDMA.....</b>	<b>17</b>
6.1 - Limiti alle capacità del sistema .....	17
6.2 - Carico di cella.....	18
6.2.1 - Capacità di cella .....	18
6.2.2 - Link budget .....	18
6.2.3 - Dimensionamento .....	19
6.3 - Controlli di potenza .....	19
6.3.1 - Admission Control .....	20

6.3.2 - Load Control .....	20
<b>Capitolo 7 - Gestione Delle Risorse Radio.....</b>	<b>20</b>
7.1 - Propagazione Radio.....	20
7.2 - Rake Receiver .....	21
7.2.1 - Funzionamento RR .....	21
7.3 - Power Control .....	22
7.3.1 - Open Loop Power Control .....	22
7.3.2 - Inner Loop Power Control .....	22
7.3.3 - Outer Loop Power Control.....	22
7.4 - Handover.....	23
7.4.1 - Hard Handover .....	23
7.4.2 - Soft e Softer Handover.....	23
7.4.3 - Gestione del cambio cella nell'HDSPA .....	24
7.5 Interfacce Iu, Iur, Iub.....	24
7.5.1 - Interfacce Iu.....	24
7.5.2 - Interfaccia Iur.....	24
7.5.3 - Interfaccia Iub .....	24
<b>Capitolo 8 - Gestione della Mobilità e della Sicurezza .....</b>	<b>24</b>
8.1 - Gestione della mobilità .....	25
8.1.1 - Processo di registrazione e aggiornamento della posizione .....	25
8.1.2 - PLMN (Public Land Mobile Network) .....	25
8.2 - Gestione della sicurezza.....	26
8.2.1 - Identità temporanee .....	26
8.2.2 - Mutua autenticazione.....	27
8.2.3 - Cifratura dei dati utente e della segnalazione .....	27
8.2.4 - Protezione dell'integrità di segnalazione .....	27
8.2.5 - Quintetto di autenticazione .....	28
<b>Capitolo 9 - Gestione della comunicazione .....</b>	<b>28</b>
9.1 - La rete in Release 99.....	28
9.2 - Procedure di registrazione e Call/Data Routing.....	29
9.2.1 - Procedure di registrazione combinata GPRS/IMSI.....	29
9.2.2 - Procedure di instaurazione di chiamate CS.....	29
9.2.3 - Procedure di attivazione di un PDP Context (chiamata PS) .....	29
9.2.4 - Attivazione di un Contesto per un terminale in roaming .....	30
<b>Capitolo 10 - I Servizi .....</b>	<b>30</b>
10.1 - La qualità del servizio .....	30
10.2 - Il servizio voce .....	31
10.2.4 - Esempio di chiamata.....	31
10.3 - I servizi supplementari .....	31
10.4 - Le connessioni dati a circuito .....	32
10.4.1 - La videochiamata .....	32
10.4.2 - La chiamata dati a circuito NT .....	32
10.5 - Le connessioni dati a pacchetto.....	32
10.5.1 - Generalità .....	32
10.5.2 - La connessione dati a Internet.....	33
10.5.3 - La connessione dati a Intranet.....	33
10.6 - World Wide Web (WWW).....	33
10.8 - Servizi di messaggistica .....	33
10.8.1 - SMS (Short Message Service) e CBS (Cell Broadcast Service) ...	33
10.8.2 - MMS (Multimedia Messaging Service) .....	33
<b>Capitolo 11 - IP Multimedia Subsystem.....</b>	<b>34</b>
11.1 - Architettura IMS .....	34
11.5 - Servizi IMS .....	35

# Capitolo 1 -L'UMTS

UMTS = Universal Mobile Telecommunications System

IMT-2000 = International Mobile Telecommunications 2000, famiglia di sistemi, standard globale, ha come obiettivo il roaming mondiale, 3G, servizi multimediali a banda larga

## 1.1 - I sistemi cellulari

Il territorio da servire viene suddiviso in celle, ognuna coperta da una stazione radio base. Quest'ultima fa parte della Rete d'Accesso (Access Network), che consente la gestione della comunicazione radio con i terminali mobili. La Rete d'Accesso è interconnessa alle reti telefoniche/IP tramite la Rete di Commutazione (Core Network), che consente l'instaurazione e la terminazione delle chiamate voce/dati. Il canale radio, la risorsa fisica che permette la mobilità wireless in un sistema radiomobile, è utilizzato anche per altri servizi di telecomunicazione e deve quindi essere sfruttato con la massima efficienza possibile: i sistemi radiomobili impiegano due tecniche, l'accesso multiplo alla risorsa radio e la copertura cellulare.

### 1.1.1 - Tecnica di accesso multiplo alla risorsa radio

L'UMTS utilizza una banda radio di 5 MHz il cui spettro viene suddiviso in porzioni da assegnare agli Operatori. La banda viene utilizzata da più utenti contemporaneamente utilizzando la tecnica di CDMA (Code Division Multiple Access - Accesso Multiplo a Divisione di Codice): le comunicazioni vengono distinte mediante opportuni codici sia in uplink (tratta terminale-rete) che in downlink (tratta rete-terminale). Utilizzando il codice che contraddistingue la propria comunicazione, ogni apparato riesce a distinguere tra le varie comunicazioni che gli si sovrappongono (sovrapposte) in ricezione.

### 1.1.2 - Tecnica di copertura cellulare

Un sistema radiomobile deve gestire una comunicazione bidirezionale. L'intensità del segnale ricevuto è inversamente proporzionale al quadrato della distanza dalla sorgente; per sorgenti poste nelle vicinanze del suolo o di ostacoli, l'intensità è inversamente proporzionale alla quarta potenza della distanza. E' quindi necessario un elevato numero di antenne e stazioni radio base; inoltre il terminale ha un'antenna dalle dimensioni contenute e la potenza di emissione non è alta. La dimensione delle celle dipende dalla potenza emessa dalla stazione radio base, dall'altezza a cui è posta, dalla morfologia del territorio e dalla presenza di ostacoli. La capacità di una cella è definita come il carico massimo di traffico che una banda di 5 MHz riesce a smaltire in tale cella. In una zona dove si verificano congestioni si deve ripianificare la copertura prevedendo un numero maggiore di celle ma di dimensioni più piccole. L'intensità del campo elettromagnetico di una cella varia gradualmente, attenuandosi nella sua zona di confine: al confine tra due o più celle si creano delle zone di sovrapposizione della copertura radio. La copertura radio viene realizzata tramite siti trisetoriali, posti tra tre celle, con tre antenne poste a 120° ed ognuna illuminante una cella differente: i siti trisetoriali consentono un risparmio sul numero di stazioni radio base rispetto al caso di copertura monodirezionale. Sono impiegabili anche siti esasettoriali, più convenienti ma più complessi.

### 1.1.3 - Gestione della mobilità

**Cambio area di registrazione.** Le celle in cui è suddiviso il territorio vengono raggruppate in location area e routing area, o più semplicemente aree di registrazione, il cui identificativo viene trasmesso costantemente in ogni cella. Quando il terminale non ha una connessione radio attiva si sincronizza autonomamente sulla cella che riceve meglio, informando la rete ad ogni suo cambiamento di area (non di cella, altrimenti il carico di segnalazione verso la rete risulterebbe eccessivo): quindi, quando il terminale è acceso, la rete conosce sempre l'area di registrazione in cui è posizionato. Quando è in arrivo una chiamata, viene trasmesso un messaggio di paging (ricerca dell'utente) in tutte le celle dell'area di registrazione in cui si trova il mobile destinatario.

Quando un terminale con una connessione attiva si muove raggiungendo la

**Handover.** Zona di confine della cella servente, per evitare il degrado della qualità di comunicazione e/o l'abbattimento della chiamata, è possibile che il terminale attivi un canale radio su di una nuova cella. Questa tecnica funziona tra celle sia della stessa frequenza che di diversa frequenza o tecnologie differenti. L'UMTS prevede anche un Soft Handover per il quale un terminale può essere connesso contemporaneamente a più stazioni nel caso di condizioni radio critiche.

**Roaming nazionale e internazionale.** Il roaming consiste nella possibilità da parte dell'utente di usufruire dei servizi di telecomunicazione non solo nelle zone coperte dal proprio Gestore, ma anche in quelle di Operatori che si trovano nella stessa nazione o all'estero. I requisiti fondamentali di questo servizio sono l'accordo commerciale tra i gestori e l'interconnessione delle due reti: essendo l'UMTS uno standard, gli apparati di rete, terminali compresi, sono tra loro compatibili.

## **1.2 Standard mondiale?**

### **1.2.1 - Verso la terza generazione**

Gli standard di seconda generazione sono in grado di offrire servizi voce e dati a bassa velocità: i sistemi 2G sono quindi inadeguati a offrire i nuovi servizi multimediali e l'accesso a Internet a banda larga. La terza generazione della telefonia mobile nasce con l'intento di unificare gli standard (e garantire così il roaming mondiale) e offrire le innovative forme di comunicazione sorte con il forte sviluppo di Internet.

### **1.2.2 - La creazione dello standard**

Il processo di standardizzazione è cominciato nel 1992 quando la banda intorno ai 2 GHz è stata identificata come possibile frequenza per i sistemi radiomobili 3G; nel 2000, per allocare una banda maggiore, sono state aggiunte porzioni addizionali di spettro intorno ai 900 MHz, 1800 MHz e 2600 MHz. In realtà quello 3G non è un singolo sistema ma una famiglia di sistemi, denominata IMT-2000: questo è dovuto ai differenti interessi degli enti coinvolti e alla volontà di alcuni Operatori, già in possesso di una rete 2G, di realizzare una migrazione graduale verso la terza generazione. Nei sistemi 2G è la Rete di Accesso a non consentire bitrate elevati (la tecnologia radio utilizzata limita la capacità di allocazione di banda): il nuovo standard prevede nuovi nodi di rete con moduli radio a banda larga. La Rete di Commutazione, invece, non necessita di sostanziali cambiamenti se non nelle interfacce con la Rete di Accesso: in questo modo la nuova Rete di Commutazione conserva la compatibilità con lo standard precedente e può essere connessa anche alla Rete di Accesso 2G.

### **1.2.3 - Le sigle dell'UMTS**

In Europa è implementato il sistema UMTS, facente parte della famiglia IMT-2000: esso è costituito da una Rete di Commutazione che risulta essere un'evoluzione del GSM/GPRS e una Rete di Accesso che impiega le tecniche WCDMA (UTRA FDD) ovvero Wideband CDMA (Universal Terrestrial Radio Access - Frequency Division Duplex) e UTRA TDD (UTRA Time Division Duplex).

## **1.2.4 - Un sistema aperto**

La stesura delle specifiche tecniche dello standard 3G è affidata ai membri del 3GPP (3G Partnership Project) e del 3GPP2 (3G Partnership Project 2) per quanto riguarda, rispettivamente, l'UMTS (in Europa) e il cdma2000 (tecnica di accesso utilizzata in America): le specifiche sono disponibili gratuitamente, rendendo possibile una diffusione più rapida del sistema e lo sviluppo della concorrenza, sia per quanto riguarda gli Operatori che i fornitori degli apparati di rete.

## **1.3 - Requisiti dell'UMTS**

I requisiti di sistema che hanno guidato la creazione del nuovo standard sono, per quanto riguarda il bitrate:

- Rurale Outdoor: 144 (obiettivo 384) kbit/s @ 500 km/h
- Suburbano/Urbano Outdoor: 384 (obiettivo 512) kbit/s @ 120 km/h
- Indoor/Outdoor: 2 Mbit/s @ 10 km/h.

Il precedente standar era in grado di offrire un bitrate teorico di 160 kbit/s mentre in pratica si raggiungono solitamente 40 kbit/s in ricezione e 20 kbit/s in trasmissione. Il nuovo sistema 3G deve consentire:

- negoziazione degli attributi del canale che trasporta il servizio
- Quality of Service
- più servizi in parallelo, realtime / non realtime
- modalità di trasferimento a circuito e a pacchetto
- adattatività del link radio alle condizioni di propagazione di carico della rete

L'Handover deve essere garantito senza interruzioni tra celle così come il passaggio tra UMTS e GSM/GPRS deve essere efficiente. L'UMTS deve essere compatibile con i servizi forniti dalle reti fisse (basati su IP, ISDN) e mobili (GSM) già esistenti. I requisiti radio sono:

- alta efficienza spettrale, almeno pari a quella del GSM
- supporto di celle di varie dimensioni
- supporto dei servizi di localizzazione

Deve essere inoltre possibile realizzare terminali dual mode UMTS/GSM/GPRS, terminali portatili e schede PCMCIA.

## **1.4 - I servizi dell'UMTS**

### **1.4.1 - I sistemi 2G, 2.5G e 2.75G**

Alla fine dell'ultimo decennio, per offrire i servizi basati su Internet, il sistema 2G ha visto l'introduzione del WAP (Wireless Application Protocol) e del GPRS (General Packet Radio Service). Il WAP permette all'utente, tramite un browser, di accedere a informazioni e servizi su Internet ma opportunamente creati per il nuovo standard. Con il GPRS viene fornita una connettività IP mediante trasferimento a pacchetto idonea per le connessioni dati: essendo un passaggio intermedio verso il 3G, questo nuovo standard

viene denominato 2.5G. Il modo di trasferimento a pacchetto consente di riservare le risorse di rete all'utente solo quando c'è un effettivo scambio di traffico, consentendo di rimanere sempre collegati alla rete ottenendo una tariffazione basata sul volume di traffico scambiato piuttosto che sulla durata della connessione. Il GPRS con il suo bitrate (teorico) di 160 kbit/s non è adatto a servizi multimediali a banda larga. L'EDGE (Enhanced Data rates for Global Evolution) è un'evoluzione del GSM/GPRS che, utilizzando una differente modulazione radio con una migliore efficienza spettrale, permette di triplicare il bitrate: aumentano le prestazioni, seppur non raggiungendo quelle dell'UMTS, e lo standard, identificato dalla sigla 2.75G, mantiene la compatibilità col precedente. Lo standard UMTS è stato concepito in modo da interlavorare con GSM/GPRS/EDGE, consentendo ad una chiamata di passare da un sistema all'altro senza essere abbattuta.

## 1.4.2 - Architettura dei servizi

L'UMTS di questa fase implementa i servizi in realtime (chiamate voce e video) con connessioni a circuito mentre quelli non in realtime (messaggistica e Internet) con connessioni a pacchetto. I terminali hanno una o più interfacce per consentire a dispositivi esterni, come PC e palmari, di poter usare il mobile come modem per accedere a Internet/Intranet.

## 1.4.3 - I servizi dell'UMTS

**Accesso ad Internet/Intranet.** Viene utilizzata una connessione virtuale a pacchetto che collega il terminale alla rete IP. Il canale virtuale è chiamato PDP Context.

**Informazioni ed intrattenimento.** Si tratta di una famiglia di servizi che consente l'accesso ad informazioni da terminale, con la possibilità di personalizzare i contenuti. I contenuti possono presentarsi sotto forma di testo, immagini, suoni e video: come esempio si pensi ai servizi offerti tramite WAP.

**Multimedia Messaging Service.** E' un servizio che arricchisce quello offerto dagli SMS consentendo di inviare messaggi con testo, grafica, immagini, suoni e video.

**Servizi di localizzazione.** La conoscenza della posizione dell'utente (cella in cui si trova, triangolazione tra stazioni radio base, ricevitore GPS) consente di personalizzare i servizi a seconda del luogo in cui si trova l'utente, ad esempio per fornire informazioni sulla zona (ristoranti, cinema, farmacie...).

**Voce e videochiamata.** Presence, Instant Messaging e Push to Talk over Cellular. Con Presence un utente segnala alla rete il proprio stato di disponibilità a comunicare e la rete distribuisce questa informazione agli utenti autorizzati dal primo a conoscere tale stato. Normalmente Presence è integrato con applicativi di Instant Messaging (scambio bidirezionale di messaggi brevi) o Push to Talk (funzionamento analogo ai Walkie Talkie).

## 1.5 - Le release dell'UMTS e le specifiche tecniche

Ogni nodo di rete è costituito da hardware e software: l'hardware è realizzato in maniera modulare per gestire facilmente aggiornamenti, espansioni e guasti. Le specifiche tecniche dell'UMTS sono in costante evoluzione: si definisce release un certo numero di specifiche con un determinato contenuto funzionale. Per aggiornare la rete ad una release è solitamente necessario installare nuovo software ed eventualmente sostituire/aggiungere nuovo hardware ai nodi di rete. La prima release è stata la Release 99, da parte degli Operatori europei, che definiva l'evoluzione della Rete di Commutazione 2G, le due modalità d'accesso UTRA FDD (WCDMA) e UTRA TDD (TD-CDMA), l'interlavoro 2G/3G e la possibilità di offrire i servizi offerti dal GSM. La Release 4 ha visto l'evoluzione della Rete di Commutazione, in cui il piano di trasporto è stato separato da quello di controllo della chiamata, e il supporto dei servizi di streaming e localizzazione. Le successive Release 5 e Release 6 rivoluzionano l'architettura dei servizi

con l'IP Multimedia Subsystem, che offre tutti i servizi su IP, voce compreso; a livello radio l'HDSPA (High Speed Downlink Packet Access) introduce una modulazione che consente bitrate più elevati.

## Capitolo 2 - Architettura di rete

Lo scambio di informazioni tra due utenti è costituito da una serie di operazioni che comportano l'elaborazione dei dati da trasferire, organizzandole in Unità Informative (UI), e la consegna di questi dati al ricevente. Questo scambio avviene attraverso dei sottoprocessi (livelli) con proprie funzionalità, organizzati come una pila, e le informazioni viaggiano verso gli strati sottostanti o sovrastanti a seconda di chi stia trasmettendo o ricevendo. Se un utente vuole comunicare, i dati, partendo dagli strati superiori, vengono "imbustati" assieme alle informazioni specifiche di ogni livello; quando arrivano allo strato omologo si effettua il processo inverso. Una rete radiomobile è costituita da una Rete di Accesso e da una Rete di Commutazione, la quale a sua volta si divide in Rete di Commutazione a Circuito e Rete di Commutazione a Pacchetto: la prima consente l'instaurazione, il mantenimento e l'abbattimento delle chiamate voce e video;

La seconda è responsabile della connettività dati verso le varie reti IP, le quali possono essere accedute tramite APN (access point name).

Nel caso del servizio a commutazione a circuito, la comunicazione avviene attraverso un percorso statico interno creato durante l'instaurazione della chiamata: le risorse impiegate sono quelle necessarie al trasferimento delle informazioni; perciò il pagamento avviene sulla durata della chiamata e quindi non offre una efficiente utilizzazione delle risorse. Nel caso del servizio a commutazione a pacchetto le informazioni sono organizzate in pacchetti, ognuno dei quali contiene le informazioni utili per l'instradamento verso il destinatario che avviene attraverso vari percorsi; ogni nodo memorizza il pacchetto ricevuto e lo trasmette al nodo successivo; alla fine il destinatario ricombina i vari pacchetti arrivati da diversi percorsi. Le risorse vengono utilizzate in base alla necessità. L'assegnazione per l'utilizzazione delle risorse avvengono attraverso due modalità:

- assegnazione della risorsa su domanda: ogni pacchetto è indipendente dagli altri ed è trasmesso come nel servizio postale, ossia considerando indirizzo mittente e destinatario;
- preassegnazione delle risorse mediante instaurazione del canale virtuale: si crea un canale virtuale attraverso cui transitano pacchetti con l'identificativo della connessione.

### 2.3 - IP

Nel protocollo IP i pacchetti vengono instradati attraverso router, cioè nodi di transito, verso la corretta destinazione, esaminando l'header del pacchetto che contiene l'indirizzo del destinatario.

Un pacchetto IP è costituito da un campo header e da un campo dati (payload); nell'intestazione del pacchetto si ha il source address e il destination address. Tutti gli indirizzi IP sono caratterizzati da 32 bit e sono univoci nella rete: questo comporta però una limitatezza del numero di indirizzi disponibili e quindi si è passati a IPv6 in cui lo spazio di indirizzamento è stato ampliato da 32 a 128 e introducendo anche funzionalità di Flow Labeling per migliorare le prestazioni di alcuni tipi di traffico etichettando i flussi e funzionalità di sicurezza. Un indirizzo IPv6 è formato da 128 bit divisi in 8 gruppi da 16 bit.

### 2.4 - ATM (Asynchronous transfer Mode)

L'ATM è un modo di trasferimento a pacchetto dove le UI, chiamate celle. Hanno lunghezza di 53 bytes di cui 5 di intestazione e 48 di dati; ogni cella contiene le informazioni utili al corretto instradamento. Grazie

all'ATM è possibile moltiplicare e commutare più connessioni garantendo la QoS richiesta. Le informazioni per l'instradamento sono fornite da due campi.

- VCI (Virtual Channel Identifier)
- VPI (Virtual Path Identifier)

Più virtual channels possono comporre un virtual path. La rete ATM è in grado di commutare servizi a priorità variabile in base alla classe di servizio richiesto attraverso gli opportuni strati di adattamento AAL-ATM.

## 2.5 - Architettura di Release 99 (Schema generale)

La Rete di accesso rispetto al GSM è costituita da nuovi elementi mentre la Core Network è una evoluzione di quello 2G. La rete di accesso si connette sia al dominio a pacchetto sia a quello a circuito; il terminale UMTS è chiamato UE (User Equipment) oppure MS (Mobile Station): esso è costituito da due parti:

1. ME (Mobile Equipment)
2. USIM (Universal Subscriber Identity Module)

Il primo contiene l'hardware e il software che implementano i servizi di UMTS ed è identificato univocamente da un codice (IMEI). Il secondo è implementato in un circuito integrato, il UICC e contiene informazioni sull'utente, tra cui l'identità (IMSI), sulla rete e sui servizi; il codice IMSI è costituito da MCC+MNC+MSIN.

Tra i vantaggi c'è sicuramente il fatto che essendo implementati separatamente, è possibile da parte dell'utente cambiare terminale e anche l'inserimento dei numeri e salvataggio anche di sms nella USIM.

Nella rete di accesso troviamo i Node B e gli RNC (Radio Network Controller) che formano l'RNS (Radio Network System): i Node B sono nodi che dialogano con l'MS sfruttando l'interfaccia radio; è collegato all'RNC attraverso l'interfaccia Iub ed esegue operazioni come: modulazione/demodulazione, misure della qualità del servizio, controllo di potenza, diversità di ricezione utilizzando due antenne per la ricezione....

L'RNC governa una o più stazioni radio base, si connette ad altri RNC attraverso l'interfaccia Iur e alla Core Network attraverso la Iu; è addetto alla gestione della chiamata, al controllo del carico, alle procedure di Handover, all'accettazione di nuove chiamate e alla gestione dei codici; nei casi di Soft Handover si collega a due Node B gestiti da due RNC, uno Serving (SRNC) e l'altro Drift (DRNC).

Nei nodi del dominio a circuito si hanno: MSC (Mobile Switching Centre) costituisce l'interfaccia tra la parte radio e la parte fissa ed ha funzionalità quali l'instaurazione, il mantenimento e l'abbattimento delle chiamate e la gestione della sicurezza e mobilità degli utenti; VLR (Visitor Location Register) implementa le procedure di registrazione per le MS che entrano in nuove LA (Location Area); nel database del VLR vi troviamo: IMSI, MSISDN (numero telefonico), MSRN per il roaming, LA, TMSI (identità temporanea) e infine una identità dell'SGSN dove l'MS è registrato. Inoltre GMSC che è il gateway per connettere rete esterna, come quella fissa, e la rete mobile, IWF che connette mondo mobile e mondo fisso. Nei nodi del dominio a pacchetto troviamo: SGSN, equivalente all'MSC del dominio a circuito, gestisce traffico utenti, la loro mobilità e la loro sicurezza; inoltre le attività di instaurazione, mantenimento e abbattimento dei canali virtuali (PDP context) collegando l'UE alla rete esterna. Le celle sono raggruppate in RA (Routing Area) a sua volta contenuta in LA; quando un MS si sposta di RA aggiorna la posizione informando l'SGSN che memorizza i seguenti dati per la gestione della mobilità e del traffico: IMSI, TMSI, indirizzi IP, informazioni sulla cella o sulla roaming area, numero del VLR associato se è presente il Gs, indirizzo di ciascun GGSN per il quale è attivo il canale IP; GGSN (Gateway GPRS Support Node) si interfaccia con le reti esterne e memorizza i dati utente per gestire il traffico di un PDP Context quali: IMSI, indirizzi IP, indirizzo dell'SGSN dove il mobile è registrato. Infine si ha il BG (Border Gateway) la cui funzione è quella di gateway tra diverse reti radiomobili (PLMN).

Per quanto riguarda i nodi del Core Network comune si ha: HLR (Home Location Register) è un database che contiene le informazioni per gestire un utente mobile come: informazione sull'utente (IMSI, MSISDN, indirizzi protocolli dati), informazioni sulla locazione per l'instradamento delle informazioni agli MSC e SGSN dove l'MS è registrato, informazioni sui servizi; AuC consente l'autenticazione degli IMSI secondo procedure sicure e cifrare la comunicazione radio. Esso trasmette le informazioni all'MSC e

all'SGSN; infine abbiamo l'EIR che consente l'archiviazione delle identità (IMEI) dei terminali in apposite liste, bianca, grigia e nera che ne inibisce l'utilizzo.

### 2.5.3 - OSS (Operation Support System)

L'OSS è l'insieme degli elementi che consentono il controllo e il monitoraggio di tutti i nodi della rete ed esegue funzioni come il cambiamento e l'aggiornamento dei software dei nodi di rete; è costituito da server e workstation su cui vengono eseguite applicativi proprietari

## Capitolo 3 - L'accesso radio WCDMA

L'UMTS introduce una nuova tecnica di accesso radio, CDMA, caratterizzato da forte immunità ai disturbi e da distribuzione della potenza del segnale su banda molto ampia.

In questa tecnica, che prevede una frequenza di spreading di 5 MHz, i segnali utente viaggiano sulla stessa frequenza e l'accesso multiplo avviene moltiplicando i diversi flussi di informazione per delle sequenze di bit, detti codici.

La moltiplicazione del segnale con un codice di spreading ha l'obiettivo di spalmare l'informazione su una banda maggiore rispetto a quella richiesta dal segnale originario. In ricezione la separazione dei flussi è data dalla ortogonalità dei codici: la ricostruzione del segnale (despreading) è ottenibile come moltiplicazione del segnale dopo lo spreading per il codice di spreading. Per la separazione dei flussi esistono due tecniche, FDD e TDD: la prima separa i flussi di informazione nel dominio delle frequenze come nel GSM; la seconda invece prevede la separazione nel dominio del tempo allocando intervalli diversi per il downlink e uplink pur impegnando lo stesso la stessa banda di frequenza. Assegnate due sequenze di codici, C1 e C2, esse sono "ortogonali" se, moltiplicando le sequenze bit a bit, si ha che la somma finale è uguale a 0.

Esistono due rappresentazioni per i codici: struttura a matrice e struttura ad albero. Definiamo SF (Spreading Factor) la dimensione o lunghezza del codice. Dato che è necessario avere un rate del canale CDMA costante pari a 3.84, si adoperano SF variabili al variare del bit rate; bit rate e SF sono inversamente proporzionali: se aumenta uno, diminuisce l'altro e viceversa ( $\text{Rate} = 3.84 \text{ Mcps/SF}$ ). Lo spreading quindi consiste nel rappresentare ciascun bit della sequenza del segnale attraverso la sequenza del codice, mentre il despreading serve per ricostruire il segnale originario moltiplicando il segnale per lo stesso codice utilizzato in trasmissione. In ricezione, all'uscita dal filtro, si ha un isolamento del segnale utile da uno interferente ed inoltre si ha una eliminazione o riduzione del contributo del rumore di fondo che si somma al segnale utile: l'operazione di filtraggio quindi è utile per eliminare quei picchi di rumore che potrebbero causare una errata lettura della sequenza. Si definisce poi guadagno di processo ( $G_p$ ) il rapporto tra la velocità di cifra all'uscita del blocco di spreading e il bit rate della sorgente. L'operazione di spreading distribuisce tutta la potenza su una banda larga, mentre l'operazione di despreading la raccoglie in una banda più stretta: quindi al diminuire del bit rate e quindi della banda del segnale sorgente, aumenta  $G_p$  e quindi migliora, a parità di potenza, il rapporto segnale-rumore. Dopo l'operazione spreading, il segnale viene assoggettato ad una operazione di scrambling ossia ad una moltiplicazione chip a chip per opportune sequenze, grazie al quale si ha un aumento di capacità dei canali disponibili e si ha un mescolamento dei chip in modo tale da evitare codici uguali che ridurrebbero la banda del segnale. Questi codici di scrambling preservano un buon grado di ortogonalità anche in presenza di effetti propagativi nel canale radio. In conclusione i codici di spreading vengono utilizzati: in uplink per differenziare i canali fisici di dati da quelli di controllo e i canali dati tra loro, relativi ad uno stesso terminale; in downlink per differenziare i canali fisici di una stessa cella. Mentre i codici di scrambling vengono utilizzati: in uplink per discriminare differenti UE, cioè ogni terminale ha un proprio codice di scrambling assegnatogli dalla rete; in downlink per discriminare diverse celle, consentendo il riuso dello stesso codice.

### 3.7 - High Speed Downlink Packet Access (HSPDA)

L'HSDPA introduce un'evoluzione dell'accesso radio in downlink soprattutto grazie ad un diverso sistema di modulazione del tipo 16QAM e codifica che consente di raggiungere bit rate elevati (14 Mbps) e di ridurre il tempo di trasferimento. Dato l'utilizzo della modulazione 16QAM che comporta una vicinanza dei punti della costellazione, è necessario avere tecniche radio più evolute come L'AMC e soprattutto l'H-ARQ, che è un più efficace meccanismo di ritrasmissione.

La modulazione varia tra QPSK e 16 QAM, a seconda delle condizioni radio. Se le condizioni lo permettono si utilizza 16 QAM, il quale permette una costellazione di 16 punti, con una processazione di 4 bit alla volta, mentre nel caso di problemi di rete viene utilizzata QPSK, la quale contiene una costellazione di soli 4 punti, diminuendo così la velocità di modulazione ma a sua volta diminuendo il rischio di errore e di disturbo. Difatti in caso di disturbo, poiché la cattiva processazione di un punto è data in caso di errore dalla troppa vicinanza tra i punti stessi, nel caso dell'QPSK, essendo solo 4 i punti in costellazione, e essendo quindi distanti tra loro, la possibilità di disturbo diminuisce notevolmente, ovviamente a discapito della velocità.

### 3.8 - Enhanced Uplink

L'EU offre una maggiore capacità ai canali dedicati in uplink e di ridurre i ritardi di trasferimento. Tale funzionalità permette insieme all'HSPDA di migliorare le prestazioni della connessione dati della Rete di Accesso.

## Capitolo 4 - I Canali del WCDMA

Il canale è il mezzo di comunicazione che consente il trasporto e lo scambio di informazione tra i più elementi della rete. Esistono diverse tipologie differenti di informazioni: quella utente, cioè lo scambio di informazione vera e propria, quella di segnalazione utilizzata per descrivere il servizio che si vuole ricevere, quella di controllo che serve per il mantenimento dell'informazione. Un mobile e la rete comunicano attraverso i canali che sono il supporto fisico e logico che consente la trasmissione e lo scambio dei dati; il canale fisico è caratterizzato dalla tripletta: frequenza, codice di spreading e codice di scrambling. L'architettura protocollare dell'UTRA FDD prevede più livelli, cui corrispondono canali differenti, a causa della molteplicità delle informazioni che l'UMTS deve trasportare: salendo la pila si parlerà di canali fisici, canali di trasporto e canali logici, a sua volta divisi in canali di traffico e canali di controllo. Cominciamo parlando dei canali fisici dedicati: essi sono molto importanti in quanto attraverso questi passano le chiamate a circuito e la maggior parte del traffico a pacchetto. Ci sono due canali:

1. DPDCH (Dedicated Physical Data Channel): trasporta i dati utente, suddivisi in trame o frame di 10ms ciascuno corrispondenti a 15 time slot, con bitrate variabile, implementando le operazioni di spreading e scrambling;
2. DPCCCH (Dedicated Physical Control Channel): trasporta le informazioni di controllo del livello fisico per mantenere una buona qualità di comunicazione. Entrambi i canali sono trasmessi diversamente in uplink e downlink.

In uplink i due codici sono multiplati con due codici di spreading, uno per il ramo in fase e uno per il ramo in quadratura, ed uno di scrambling, mentre il downlink sono multiplati con un codice di spreading ed uno di scrambling. In downlink quindi si ha un bitrate doppio rispetto all'uplink. L'architettura

protocollare dell'interfaccia radio è costituita da tre livelli dove si trovano rispettivamente i canali logici, di trasporto e fisici.

I canali logici si dividono in canali di controllo e canali di traffico: quelli di controllo hanno la funzione di trasportare le informazioni di segnalazione e di controllo per consentire la raggiungibilità dell'utente, l'instaurazione, il mantenimento e l'abbattimento delle comunicazioni; i canali di traffico trasportano il traffico utente vero e proprio.

Tra i canali di traffico citiamo:

- DTCH (Dedicated Traffic Channel): bidirezionale, trasporta il traffico utente; per il trasporto utilizza il DCH (Dedicated Transport Channel), a sua volta trasportato dal canale fisico DPDCH; in alternativa i downlink possono essere utilizzati il DSCH, FACH, e in uplink il CPCH, RACH;
- CTCH (Common Traffic Channel): canale punto-multipunto che trasporta, basandosi sul FACH, traffico diretto tra più utenti.

Tra i canali di controllo citiamo:

- BCCH (Broadcast Control Channel): canale che ogni nodo B impiega in downlink per trasmettere informazioni di sistema, come location area, identità dell'operatore;
- PCCH (Paging Control Channel): è impiegato nelle procedure in cui la rete deve iniziare una comunicazione con un utente mobile: la rete trasmette a tutte le celle il messaggio di paging, l'utente risponderà rendendo possibile l'instaurazione della chiamata; tale canale è trasportato dal PCH (Paging Channel) a livello di trasporto e dal S-CCPCH (Secondary Common Control Channel) a livello fisico;
- CCCH (Common Control Channel): canale bidirezionale per le informazioni di controllo tra UE e rete; è trasportato dal RACH in uplink e FACH in downlink a livello di trasporto e dal PRACH (Physical Random Access Channel) in uplink e S-CCPCH in downlink a livello fisico;
- DCCH (Dedicated Control Channel): canale logico bidirezionale per le informazioni di segnalazione e controllo della chiamata; trasporta il numero di telefono, il tipo di chiamata, le informazioni di autenticazione e di handover; è trasportato dal DCH (trasporto) e dal DPDCH (fisico). Per la sincronizzazione del mobile appena acceso con la rete è necessario individuare le frequenze di trasmissione dei canali fisici, il codice di spreading e scrambling.

Tra i canali per la sincronizzazione citiamo:

- P-SCH (Primary Synchronization Channel): rappresenta la firma dell'UMTS ed è un codice univoco noto che viene trasmesso dai node B degli operatori; il mobile scandisce le frequenze alla ricerca del codice di questo canale;
- S-SCH (Secondary Synchronization Channel): dopo aver trovato il codice del P-SCH, il terminale ricerca il codice specifico della cella. P-SCH + S-SCH = SCH - CPICH (Common Pilot Channel): noto l'SCH, è possibile rilevare il canale che trasmette in chiaro il codice di scrambling della cella;
- BCCH (Broadcast Control Channel): note le frequenze usate e il codice di scrambling utilizzato, il mobile può mettersi in ascolto del BCCH che fornisce il codice di spreading impiegato.

Il mobile effettua ciclicamente ricerche di ulteriori S-SCH e CPICH su celle vicine per trovare alternative alla cella corrente in caso di handover.

## 4.3 - Dalla sorgente di utente all'onda radio

Il processamento dei dati da trasmettere avviene sui canali DTCH e DCCH. L'informazione, durante le operazioni del processamento, viene protetta, elaborata, adattata per fornire al canale DPDCH un bitrate coerente con la capacità offerta dal canale fisico. L'informazione del DTCH è composta da 1280 bit che si ripete ogni 20ms per formare un bitrate netto di 64 Kbit/s. La descrizione delle operazioni svolte parte dalla Cifratura, che modifica il contenuto delle informazioni tramite un codice segreto per rendere difficile l'intercettazione; poi c'è l'aggiunta del CRC, ossia aggiunta di bit all'informazione per consentire la rilevazione di errori; poi vi è l'aggiunta di bit in coda, per ottenere la lunghezza desiderata del blocco dell'informazione; poi vi è la Codifica per la correzione di eventuali errori a causa di interferenza fra codici, rumore, ...: ci sono due algoritmi di codifica: codifica convoluzionale e la turbo modifica; poi c'è il

rate matching: si rende idoneo il blocco con aggiunta o rimozione di bit; l'interleaving: si sparpagliano i bit in modo tale la decodifica rende meglio se gli errori che si presentano sono singoli e non a blocchi; segmentazione: si suddivide il blocco in tante sequenze più piccole per adattarlo alla struttura del livello protocollare più basso; multiplazione: si mischiano i flussi informativi e si trasmettono a blocchi.

## **4.6 - Procedure base di accesso e allocazione delle risorse radio**

Per quanto riguarda le procedure d'accesso alla rete, innanzitutto consideriamo il RACH che viene utilizzato come canale di trasporto in uplink per segnalare alla rete di voler iniziare una chiamata, per rispondere ad un paging o per trasmettere una bassa quantità di dati. La procedura consiste in: richiesta dell'UE sul PRACH, risposta del Node B sull'AICH, terminazione dell'UE sul PRACH con il messaggio RACH.

Per l'allocazione delle risorse, vi è una procedura di setup che viene utilizzata ogni volta che si vuole una connessione tra UE e rete. La procedura, detta RRC Connection Setup, consiste in: RRC Connection Request

mediante richiesta dell'UE sul CCCH/RACH (nel messaggio per esempio IMSI) , RRC Connection Setup mediante risposta del Node B o RNC sul CCCH/FACH (nel messaggio per esempio canali da impiegare), messaggio di terminazione di RRC Connection Setup Complete da parte dell'UE sul DCCH (nel messaggio capacità radio).

## **4.7 - High Speed Downlink Packet Access (HSPDA)**

### **4.7.1 - Canali fisici e di trasporto**

Nell'HSPDA vengono introdotti nuovi canali oltre alle evoluzioni dei vecchi canali presenti nelle release passate. Il canale di trasporto è l'HS-DSCH (evoluzione del vecchio DSCH Downlink Shared Channel). I canali fisici sono il HS-PDSCH (Physical Downlink Shared Channel), L'HS-DPCCH (Dedicated Physical Control Channel che è l'uplink di HS-DSCH), e HS-SCCH (Shared Control Channel per HS-DSCH). L'HS-SDCH è un canale condiviso con più utenti. I canali logici DTCH e DCCH (cioè canale di traffico dedicato e canale di controllo dedicato) sono trasportati in downlink dal DSCH e quindi dal canale fisico HS-PDSCH, che usa un codice di canalizzazione con SF fisso uguale a 16. La sottotraccia è composta da soli 3 Timeslot e dura 2 ms, lo SF di 16 consente un bit rate di 480Kbit/s e raddoppia con l'utilizzo della 16 QAM. Il vantaggio di abbassare la trama da 10 a 2 aumenta la capacità di reazione dei dispositivi radio. Per calcolare la velocità di trasmissione dobbiamo considerare il rapporto tra il chip rate e lo SF, questo metodo calcola il numero di simboli che vengono trasmessi al secondo, con la codifica QSPK abbiamo solo 2 bit per ogni simbolo (solo 4 punti) mentre nella 16QAM abbiamo 4 bit di informazione (che derivano dai 16 punti della costellazione). A parità di Symbol Rate (240), il Bit Rate della 16QAM raggiunge il doppio della velocità di trasmissione ( 960Kbit/s) della normale modulazione QSPK, naturalmente lo Spreading Factor di entrambe le modulazioni è 16 poiché è il codice di canalizzazione del canale fisico. Per evitare problemi di congestione è possibile usare più codici di Spreading ( utti uguali a 16), questo porta ad un aumento della capacità del canale. Usando la modulazione 16QAM trasmettendo 15 codici contemporaneamente è possibile arrivare ad un bit rate massimo di 14Mbit/s (dobbiamo eliminare la codifica). L'informazione trasportata da questo canale non è relativa al livello fisico, infatti il canale che si occupa della comunicazione per il livello fisico è il HS-SCCH cioè il canale shared. (sono quelle di sincronizzazione?). Il HS-SCCH è usato in downlink, ha un bit rate di 60 kbit/s con SF=128, trasporta le informazioni necessarie al mobile per la gestione e codifica del HS-DSCH. L'identità dell'UE a cui sono dirette le informazioni TFRI le informazioni sul codice di canalizzazione usato e la modulazione usata nei canali HS-PDSCH HARQ informazioni sul protocollo HARQ Hybrid ARQ related information. L'HS-DPCCH è usato in uplink per trasportare i riscontri relativi all'HS-DSCH trasmessi in downlink.

In questa release i terminali vengono divisi in categorie, in base al numero di codici che riesce a gestire e dalla modulazione utilizzata. Le classi di canali usate sono 3 (5, 10 e 15 canali) mentre per la maggior parte delle categorie vengono usate entrambe le modulazioni.

#### **4.7.2 - Architettura protocollare e funzionalità**

Nella release 99 e nella release 5/6 vengono usati il RLC (Radio Link Control) e il MAC (Media Access Control) come protocolli per il trasporto sul canale radio e per la segnalazione del traffico utente. RLC si occupa della ritrasmissione dei dati in caso di errori, sostanzialmente è diviso in 3 modi:

1. Transparent Mode: non sono aggiunte informazioni relative al protocollo;
2. Unacknowledged: Mode non è assicurata la consegna dei dati e non c'è ritrasmissione;
3. Acknowledged Mode: viene garantita la consegna dei dati senza errori.

La ritrasmissione dei dati, la terza modalità, avviene di solito per servizi a pacchetto e viene utilizzato il protocollo ARQ per garantire la ricezione dei dati senza errori. Il MAC ha 3 componenti:

1. MAC-B: si trova nel Node B e nell'UE gestisce il BCH (Broadcast Channel);
2. MAC-C/sh: si trova sull'RNC e sull'UE e gestisce i canali comuni e condivisi (PCH, FACH, RACH, DSCH);
3. MAC-D: gestisce i canali dedicati si trova sull'RNC.

Il MAC nella release 5/6 ha una velocità di ritrasmissione maggiore, per diminuire i tempi di reazione alcune funzioni dell'RNC vengono spostate sul Node B per la gestione dell'HS-DSCH.

La funzionalità più importante è l'Hybrid ARQ che permette la ritrasmissione dei dati errati ricevuti.

#### **4.7.3 - Hybrid ARQ e adattamento alle condizioni radio.**

Il sistema di ritrasmissione nelle release successive alla 99 richiedono un sistema flessibile e reattivo per determinare la correttezza dei dati e la loro eventuale ritrasmissione. Questo nuovo meccanismo ha come obiettivo la minimizzazione del tempo di ritrasmissione. In uplink l'UE informa il Node B della correttezza dei blocchi dati sul canale HS-DPCCH. Il Node B ritrasmette solo i blocchi che non sono stati ricevuti correttamente o trasmette nuove info.

Ci sono 2 modalità di ritrasmissione:

1. Chase Combining viene ritrasmesso lo stesso blocco (più efficace ma richiede più memoria);
2. Incremental Redundancy viene trasmessa una codifica aggiuntiva, questo permette di trovare l'informazione corretta dal blocco errato (più veloce).

Lo spostamento del riscontro di correttezza sul Node B permette di velocizzare il trasferimento, soprattutto in condizioni radio degradate. Per migliorare la comunicazione il mobile può comunicare al Node B informazioni sulle condizioni radio attraverso il CQI, il Node B quindi varia schema di modulazione e numero di canali da impiegare in funzione del degrado delle condizioni radio, per avere una comunicazione robusta. La reattività è garantita dal minor tempo di trama, (che scende a 2 ms). Un'altra innovazione è l'introduzione dello scheduler nel Node B per attribuire le risorse di trasmissione. Vengono applicati diversi algoritmi, basati sull'ordine di arrivo dei pacchetti o su un codice che rappresenta il grado di priorità. Un sistema alternativo è dare maggiore priorità ai terminali che hanno canali trasmissivi migliori per trasmettere i dati con un maggiore bit rate e quindi velocizzare la trasmissione.

#### **4.8 - Enhanced Uplink.**

Anche qui ci sono nuovi canali il canale di trasporto è l'E-DCH Enhanced Dedicated Channel (vecchio DCH) i canali fisici sono E-DPDCH (canale dati) e E-DPCCH (canale di controllo) inoltre ci sono altri 3 canali di controllo. L'E-DPDCH è usato per trasportare l'E-DCH mentre l'E-DPCCH è il canale delle

segnalazioni relative all'E-DCH. Qui la trama è composta da 5 sottotrame di 2 ms e ci possono essere fino a 4 E-DPDCH per ogni connessione. La capacità del canale dipende dallo SF. Il sistema di ritrasmissione è il MAC con correzione degli errori l'Hybrid ARQ.

## Capitolo 5 - Tecnologie di accesso TDD e EDGE

### 5.1 - L'interfaccia radio

#### 5.1.1 - Timer Division Duplex (TDD)

Il TDD usa la stessa tecnica di accesso radio del FDD (CDMA con chip rate di 3.84 Mcps con trama di 10ms divisa in 15 timeslot). A differenza dell'FDD usa solo una banda di frequenza condivisa tra uplink e downlink, per dividere le trasmissioni vengono dedicati alcuni timeslot all'uplink e altri al downlink asimmetricamente in funzione del servizio richiesto. Questa tecnica ha dei vantaggi per i servizi sbilanciati ma l'indisponibilità di tutti i timeslot corrisponde ad una limitazione della potenza media di un fattore di  $10 \log(n/15)$  dove n è il numero di timeslot dedicati. Questo porta ad un restringimento dell'area della cella. Quindi il TDD è vantaggioso nelle zone ad elevata copertura come hotel aeroporti etc..

#### 5.1.2 - Struttura Radio

La durata dei time slot è di 2560 chip come nell'FDD, la loro allocazione varia in base al servizio richiesto. Le informazioni da spedire vengono inserite nel Burst che viene inserito in un time slot all'interno di un radio frame, il burst è lungo quanto un timeslot e contiene campi di lunghezza variabile. È possibile trasmettere simultaneamente più Burst identificati con codici di canalizzazione. Lo spreading e lo scrambling vengono utilizzati anche in questa tecnologia. Ogni canale fisico è identificato attraverso il codice di spreading, scrambling, timeslot, frequenza burst type e allocazione del radio frame. Nel downlink lo SF è fisso a 16, mentre in uplink è variabile tra 1 e 16. Per aumentare la velocità del canale si possono usare più canali in parallelo con SF differenti. Gli algoritmi assegnano risorse cercando di minimizzare le interferenze e mantenere il livello minimo di qualità richiesto dal servizio.

#### 5.1.3 - Burst

Sono costituiti da 2 campi dati uno midamble e un Guard Period. I campi dati contengono le informazioni di utente e di segnalazione, il midamble è una sequenza di segnalazione per rilevare il burst, fare la stima del canale ed effettuare l'equalizzazione. Mentre il GP è un campo per ridurre i problemi derivati dalla tratta radio. Ci sono 3 tipi di burst che si differenziano per la lunghezza dei campi. Canali di trasporto e canali fisici

I canali sono gli stessi dell'FDD ma sono trasportati dai burst. Quelli più importanti sono:

- USCH(Uplink Shared Channel) canale condiviso in Uplink per informazioni di controllo e utente usa PUSCH(Physical Uplink Shared Channel) come canale fisico;
- DSCH(Downlink Shared Channel) è l'analogo del canale in downlink (usa PDSCH(Physical Downlink Shared Channel) come canale fisico);

- DCH(Dedicated Transport Channel) trasporta informazioni di controllo e utente utilizza il DPCH(Dedicated Physical Channel) e divide i timeslot per il downlink e quelli per l'uplink

Di solito vengono usati i canali S (comuni) per il trasferimenti piccoli. Il TrCH (Canale di trasporto) elabora i dati provenienti dagli strati superiori e li invia ai canali fisici. La modulazione utilizzata è QSPK.

## 5.2 - Gestione delle risorse radio

### 5.2.1 - Power Control

Il controllo della potenza deve evitare che la potenza emessa sia quella strettamente necessaria per la desiderata qualità del segnale, questo permette di limitare il consumo di batteria e limitare le interferenze. Per i canali fisici in Uplink (di solito DPCH e PUSCH oltre al PRACH) viene usato l'algoritmo di Open Loop: il terminale conosce la potenza emessa dal Node B, misura quella ricevuta e determina la potenza necessaria per la trasmissione. Si chiama open loop perché non c'è un anello di feedback. Non è possibile usare l'open loop in FDD perché uplink e downlink sono su frequenze diverse. La potenza in downlink è stabilita in base alla pianificazione di rete, per i canali dedicati la potenza di comunicazione iniziale è decisa dalla rete, ma poi viene modificata in base alle informazioni che il terminale invia al Node B. Quando un terminale cambia posizione rispetto al Node B, cambia anche il tempo di propagazione e questo richiede un'azione di allineamento. Lo slittamento temporale deve essere contenuto nel periodo di guardia (contiene un anticipo o un ritardo di trasmissione). L'handover può essere di 3 tipi: Hard Soft e Softer ed è relativo al passaggio tra celle diverse o tecnologie diverse (GSM). Nell'Hard il terminale passa da una connessione all'altra quando cambia cella, mentre nelle altre due il terminale ha due o più collegamenti e consente un passaggio graduale tra celle diverse (nel TDD c'è solo Hard).

## 5.4 EDGE

È l'evoluzione del GSM/GPRS ed è stata l'evoluzione delle reti americane. La caratteristica principale è la modulazione 8PSK che triplica la velocità rispetto al GSM/GPRS. Ogni simbolo contiene 3 bit (in GSMK un simbolo corrisponde ad un bit). Come per 16QAM c'è un aumento di sensibilità del segnale, il sistema di ritrasmissione quindi deve essere più reattivo, la trasmissione deve essere più robusta e deve saper cambiare

prestazioni in base al degrado della comunicazione radio, cioè saper passare da 8PSK a GSMK in base alle esigenze di trasmissione.

### 5.4.1 GSM

Lo standard GSM usa la tecnica di accesso FDMA/TDMA separando la tratta in ricezione da quella in trasmissione attraverso la FDD. Entrambe le portanti sono divise in 8 timeslot periodici. Ogni cella deve usare almeno una portante in downlink e una in uplink, utilizzando le stesse frequenze in celle il più possibile distanti tra loro. Ogni chiamata voce richiede un time slot in uplink e uno in downlink, quindi possiamo gestire

al massimo 8 comunicazioni per portante. In realtà per ogni portante solo 6 TS vengono usati per la comunicazione, gli altri 2 sono usati per le informazioni di sistema e lo scambio di segnalazioni. La presenza di una sola portante non è sufficiente, vengono usate diverse portanti per ogni cella. In questo caso una portante è dedicata a segnalazioni e informazioni di sistema, le altre sono dedicate al traffico. Per la trasmissione del segnale vocale vengono usate delle codifiche differenti la Full Rate permette un trasferimento di 13Kbps, per aumentare la capacità di una portante tale velocità si può dimezzare per arrivare ad una codifica Half Rate. In questo caso viene raddoppiata la capacità della portante, che può

servire fino a 16 utenti (se si tratta di una portante TCH). Oltre a queste codifiche sono state introdotte l'AMR (una tecnica mista tra le due) e l'EFR. Il numero di ricetrasmittitori dipende dunque dal traffico previsto della cella. 2% dell'utenza. Il GSM può essere usato anche per trasferimento dati. Questa modalità però occupa la risorsa anche in caso di assenza di trasferimento dei dati. Quindi l'allocazione di risorse è dispendiosa e inefficiente.

## 5.4.2 GPRS

Il GPRS è l'architettura per il trasferimento dati a pacchetto, usa la stessa modulazione del GSM (GSMK) e la stessa struttura radio quindi su una stessa portante possiamo usare sia connessioni dati a pacchetto e chiamate che usano il GSM. La grande differenza è la presenza di una core network strutturata come quella dell'UMTS con l'introduzione di un apparato (PCU) per l'instradamento dei pacchetti da e verso il SGSN. Il trasferimento dati avviene attraverso l'assegnazione di una risorsa temporanea per il downlink e per l'uplink, chiamata TBF costituita da uno o più TS. La capacità del GPRS viene indicata attraverso il numero di TS che il terminale è in grado di gestire in ricezione, e il numero di quelli che può trasmettere. Inoltre si possono utilizzare 4 tipi diversi di codifica, che variano tra loro per bit rate e quindi alla robustezza del segnale. La velocità del GPRS varia dunque dal tipo di codifica e dal numero di TS usati. È possibile riservare un numero minimo di TS al GPRS per garantire una banda minima per i servizi a pacchetto. È possibile usare anche la banda disponibile per il GSM quando non è già allocata. Quando l'informazione da trasportare è piccola possiamo anche trasportare informazioni destinate a diversi terminali in un unico TS, i mobili prelevano solo i blocchi a loro interessati attraverso l'identificativo di TBF. Il GPRS come il GSM può avere dei problemi di collisione quando più utenti vogliono trasmettere simultaneamente, ma possono essere evitati grazie ad un'operazione di arbitraggio, che viene vista dall'utente come una variazione di bit rate. Cambiando la codifica utilizzata nel GPRS possiamo triplicare la velocità di trasferimento. Usando 8PSK si raggiunge la velocità di quasi 60kbps per ogni slot, anche qui, un aumento di prestazioni coincide con un abbassamento della qualità del segnale. L'EGPRS dispone di 9 coding scheme che variano a un minimo di 8,8 kbps ad un massimo di 59,2 kbps.

# Capitolo 6 - Capacità E Carico del WCDMA

## 6.1 - Limiti alle capacità del sistema

L'unità fondamentale per la caratterizzazione delle prestazioni del sistema di trasmissione è l'energia associata ad un singolo bit  $E_b$ . Cioè la potenza media del segnale per la durata in bit del segnale oppure il rapporto tra la potenza del segnale e la sua capacità trasmissiva (bit rate). Considerando con  $P_n$  il rumore termico e delle interferenze con densità spettrale  $N_0$ .  $B$  è la densità del segnale espanso mentre  $R_b$  è il bit rate del segnale sorgente e  $T$  è la durata in bit. Il rapporto tra energia per bit e la densità spettrale del rumore è proporzionale al rapporto tra la banda del segnale e il suo bit rate di sorgente, quindi proporzionale al guadagno. La probabilità di errore (in QSPK) è proporzionale al rapporto tra  $E_b$  e  $N_0$ , o meglio, dato un certo rapporto, possiamo calcolare la probabilità d'errore. Nel caso di una cella isolata in cui tutti i terminali emettono la stessa potenza  $P$  a prescindere della distanza dal Node B Se considero con  $I$  tutte le interferenze (cioè tutta la potenza emessa dagli altri mobili) e con  $N$  il numero di sorgenti Questo consente di valutare il numero di utenti servibili in una cella dopo aver fissato i rapporti  $B/R_b$  e  $E_b/I_0$ . Il bit rate in una chiamata non è costante, infatti viene abbassato nei momenti di pausa della conversazione e quindi l'interferenza si attenua, il fattore  $v$  indica il tempo di conversazione rispetto al tempo di utilizzo della risorsa, considerando un fattore  $v = 0,5$  possiamo raddoppiare il numero degli utenti servibili. Quando gli utenti aumentano in una singola cella  $(N+M)$  l'SNR relativo ad ogni sorgente si abbasserà, per riportarlo ai valori iniziali bisognerà aumentare la potenza emessa dai terminali. Questo

provoca una serie di implicazioni. Questo sistema presenta lacune nel caso di terminali a bordo cella che abbiano raggiunto già i limiti di potenza di segnale, infatti non potrebbero effettuare la comunicazione. L'aumento del numero di utenti provoca un aumento di interferenze, l'effetto prodotto è la riduzione della copertura effettiva. L'innalzamento della potenza emessa dai terminali porta all'aumento delle interferenze, quindi ad un abbassamento del SNR, questo può essere l'inizio di un ciclo che porta al collasso della cella. L'UMTS garantisce alti throughput solo nelle vicinanze delle stazioni radio, quindi la copertura dipende dal servizio che vogliamo usare. Infatti ci sono dei limiti sulla potenza massima del segnale sorgente, questo impedisce di richiedere servizi che necessitano di un alto bit rate ad una distanza troppo elevata rispetto alla stazione base.

## 6.2 - Carico di cella

Per valutare il carico effettivo di una cella bisogna considerare il carico in entrambe le tratte, downlink e uplink. Il carico complessivo in uplink è la somma dei carichi derivati dalle  $n$  sorgenti, inoltre dobbiamo considerare il contributo delle interferenze derivanti dalle celle vicine. Il fattore di carico influenza il numero di utenti servibili, inoltre l'aumentare di  $v$  porta ad un valore maggiore del fattore di errore, questo porta ad una copertura minore. La scelta di  $v$  è uno dei parametri fondamentali dell'UTRAN ed è scelto direttamente dai gestori. In downlink il carico ha dei contributi differenti, infatti la dislocazione dei terminali provoca contributi interferenziali diversi. Inoltre è introdotto un fattore  $\alpha$ , per indicare quanto sia preservata l'ortogonalità dei codici trasmessi (è 1 per la perfetta ortogonalità, ma varia di solito da 0,4 a 0,9). Per calcolare la giusta potenza in downlink dobbiamo considerare che la potenza richiesta da ogni utente è quella che permette di ricevere il segnale e ricostruirlo senza eccessivi errori. Per fare questo dobbiamo considerare l'attenuazione del segnale quando si propaga e la sensibilità del ricevitore (il rapporto tra potenza del segnale e rumore, più il rumore tende a zero più il terminale è sensibile). L'area di copertura di una cella è influenzata soprattutto dalla tratta in downlink rispetto alla tratta in uplink. Infatti tenendo costante il segnale in downlink, all'aumentare del numero di utenti diminuisce il margine, e quindi il raggio della cella diminuisce. L'entrata nella rete di un nuovo terminale in uplink non cambia di molto il carico, mentre cambia nella tratta downlink, in funzione della distanza dalla stazione radio.

### 6.2.1 - Capacità di cella

La capacità di una cella è limitata da 2 fattori  
Limite hardware  
Limite causato da interferenze

#### Capacità SOFT

Nel caso delle interferenze possiamo notare che il carico di una cella è legato al carico (che crea interferenze) delle celle vicine. Più le celle circostanti hanno un carico basso più la cella in questione può sostenere del carico. Questo avviene quando caratterizziamo una cella solo con un tipo di servizi, il basso livello di interferenze create lascia alle celle vicine una capacità di carico aggiuntiva, quindi il restringimento di una cella porta all'estensione delle celle adiacenti. Quando questo non può avvenire, a causa di una limitata disponibilità di canali, siamo di fronte ad una capacità HARD. In questo contesto possiamo notare che le prestazioni migliorano notevolmente (soprattutto in downlink) con l'utilizzo di microcelle, le macrocelle infatti attenuano fortemente gli effetti propagativi del segnale.

### 6.2.2 - Link budget

Il bilancio di potenza viene usato per il dimensionamento delle celle e deve essere effettuato nelle due tratte. Il raggio della cella dipende da una variabile che è definita attraverso il link budget. In generale il bilancio di potenza dipende dalla potenza di emissione della radio base e dei terminali, dalla sensibilità dei ricevitori, dai guadagni di antenna. In UMTS il bilancio di potenza deve essere effettuato per ogni tipo

di servizio, cioè per ogni diverso bit rate (potenza) e comprende anche componenti aggiuntive rispetto a GSM:

- Margine di interferenza: incremento di potenza di rumore rispetto al rumore di fondo, il margine interferenziale dipende dal carico di una cella, quando questo aumenta diminuisce la copertura della cella;
- Margine di Fast Fading: valore usato per la regolazione della potenza nell'Inner Loop Power Control, contrasta i fenomeni di fast fading per terminali che si muovono a bassa velocità;
- Guadagno di Soft HO: quando un terminale è a bordo cella viene agganciato a più celle, vengono usati percorsi differenti per le diverse tratte, questo diminuisce il fading.

Il link Budget può essere considerato come un'equazione che esprime l'attenuazione nelle due tratte, calcolate separatamente.

I principali contributi sono dovuti a :

- (+) Potenza del segnale emessa dal trasmettitore (max 20dBm) o dal terminale (superiore a 21dBm)
- (-) Sensibilità del ricevitore, dipende dal tipo del servizio
- (-) Assorbimento del corpo umano quando viene usato nelle vicinanze del corpo
- (+) Guadagno di antenna in ricezione e trasmissione (quindi sono due componenti inentrambe le tratte)
- (-) Contributi di attenuazione dovuto a connessioni
- (-) Margine di Fast Fading, Fading Log-Normale
- (+) Guadagni di Soft Handover
- (-) Perdite dovute ad ambienti chiusi

### 6.2.3 - Dimensionamento

È possibile determinare la massima attenuazione sostenibile, da cui si ricava il raggio della cella. Molti parametri vengono influenzati dal tipo di servizio in considerazione che in pratica influenza l'attenuazione (il raggio). Per dimensionare una cella quindi bisogna avere una previsione del bacino di utenza e del tipo di traffico che potrebbe essere richiesto. Per il dimensionamento la tratta in downlink ha un peso maggiore dell'uplink, i terminali hanno una potenza disponibile ridotta rispetto alla radio base. L'algoritmo avviene in due fasi, una relativa all'uplink, che ha per input la valutazione del carico, i modelli propagativi e le previsioni di traffico/servizio/area, la fase in downlink avviene solo dopo la verifica di capacità/copertura in uplink e porta alla verifica del bilancio delle due tratte. Il carico viene fissato dal gestore. Si determina il numero di siti necessari alla copertura, simultaneamente si valuta la capacità e il numero di celle necessarie al conseguimento. Se i risultati non coincidono si cambiano gli input e si reitera il processo. Il bilancio di copertura per entrambe le tratte verifica la configurazione. Se non è accettabile l'algoritmo cambia i dati in input e si reitera l'intero processo.

### 6.3 - Controlli di potenza

In ogni cella la potenza viene campionata e misurata in ricezione ed emissione per evitare di superare i limiti predefiniti. Se vengono superati la rete intraprende delle azioni per riportare la potenza a valori contenuti. Lo sbarramento inibisce le richieste di risorsa quando il carico è vicino al limite. Per misurare il carico si usa il Noise Rise, naturalmente le due tratte vengono calcolate separatamente. In uplink può essere calcolato attraverso il rapporto tra potenza ricevuta totale (anche la potenza ricevuta dalle altre celle) e la quantità di rumore (nota – rumore di fondo + rumore del ricevitore) In Downlink il carico viene misurato attraverso il rapporto tra potenza emessa e potenza che il nodo può emettere.

### 6.3.1 - Admission Control

È lo strumento che analizza la richiesta e decide se può essere accolta o rifiutata. L'aumento di carico in una cella può portare alla riduzione di copertura e/o di qualità di servizio per le connessioni preesistenti. L'Admission Control ad ogni richiesta di setup o di modifica del canale (cambiamento di traffico/servizio) verifica che l'allocazione o il cambiamento di un canale non produca un aumento di carico tale da superare il limite fissato. Per l'instaurazione di una nuova connessione viene effettuato il controllo sia in uplink che in downlink per verificare che il carico introdotto con la nuova connessione non faccia superare il limite. La stima dell'incremento di carico viene valutata in base al tipo di servizio richiesto e al contributo di interferenziale provocato dalla nuova connessione sulle connessioni preesistenti. La stima del carico viene effettuata su

entrambe le tratte a causa dei possibili sbilanciamenti di carico. L'Admission Control stima il carico in base alla tipologia di traffico, per i servizi real time considera la condizione peggiore sugli incrementi di carico. Per i sistemi NRT c'è una flessibilità maggiore, infatti è possibile ridurre il bit rate. Nel caso di rifiuto, viene notificato un messaggio failure al terminale. L'AC può rifiutare la richiesta di RAB anche quando non ci sono codici disponibili o per l'indisponibilità di alcuni elementi hardware.

### 6.3.2 - Load Control

Il Load Control è l'elemento dedicato al controllo del carico della cella. Esso fornisce con buona frequenza misure sul traffico RT e NRT. La zona di lavoro per i servizi RT è compresa tra la linea di potenza normale e quella di potenza massima diminuita di un offset. Anche per il traffico a pacchetto viene determinata una soglia di potenza massima, superata quella soglia il sistema rifiuta la richiesta.

C'è una soglia oltre la Pmax che definisce l'area di overload. Quando il sistema entra in questa area (che teoricamente non dovrebbe essere raggiunta) l'AC e l'LC applicano le azioni di recupero per abbassare il carico:

- rifiutano le nuove connessioni
- riducono i bit rate del traffico a pacchetto
- inibiscono i comandi per l'aumento di potenza
- rinegoziano i vecchi RAB (cambi di codifica AMR)
- il traffico viene distribuito attraverso gli Handover su altre portanti o altre tecnologie
- abbattimento di RAB per servizi RT (ultimo intervento)

## Capitolo 7 - Gestione Delle Risorse Radio

### 7.1 - Propagazione Radio

E' il trasferimento di informazioni nello spazio attraverso un'onda elettromagnetica, e varia in base all'ambiente. Un'onda è caratterizzata da fase, frequenza e ampiezza. Lunghezza d'onda è il rapporto tra velocità della luce e frequenza ed è espressa in metri. Per una buona ricezione la dimensione dell'antenna deve essere paragonabile alla lunghezza d'onda. Per trasmettere un segnale bisogna modularlo, ovvero trasportare informazione in ampiezza, fase o frequenza di un'onda sinusoidale (portante). L'uso di diverse portanti permette più comunicazioni di diverso tipo e permette l'uso di antenne di dimensioni ragionevoli. Grazie a complessi fenomeni di propagazione e riflessione, le antenne non devono essere in visibilità ottica. A frequenza alte sorgono problematiche derivate dai fenomeni

propagativi come riflessione e scattering. Questi fenomeni introducono ritardi sia in downlink che in uplink che causano affievolimento (fading) del segnale. La potenza ricevuta varia in funzione inversamente proporzionale della distanza dall'antenna trasmittente (il quadrato della distanza in condizioni ottimali, altrimenti alla quarta). Esistono 2 tipi di fading dipendenti dalla velocità con cui si muove il mobile o quello che gli sta intorno.

- Lento: variazione lenta del segnale dovuta a movimenti rispetto a grossi ostacoli;
- Veloce: variazione rapida del segnale legata alla presenza di superfici riflettenti che causa la presenza di più segnali ritardati fra loro all'ingresso del ricevitore. Di solito il fading veloce è sovrapposto al lento.

Il fading dipende molto dalla frequenza sul quale si presenta, quindi non è detto che su diversi canali radio si abbia la stessa degradazione. In UMTS, per attenuare il fading, si utilizzano la diversità di ricezione: si usano 2 antenne spaziate fra loro per avere componenti di segnali scorrelati, ovvero con cammini differenti. I segnali sono ricombinati fra di loro con diversi criteri e viene stimato il segnale originale.

Un'altra tecnica è l'impiego di un'unica antenna che distingue i campi elettromagnetici lungo direzioni ortogonali (diversità di polarizzazione). Nella diversità di trasmissione la stessa informazione viene trasmessa mediante 2 antenne e 2 codifiche. Ultima tecnica è il rake receiver che separa le singole repliche dei cammini multipli e le somma costruttivamente.

## 7.2 - Rake Receiver

E' costituito da dispositivi chiamati finger, che stimano i ritardi delle singole componenti e rifasano il segnale complessivo. Ciascun finger ascolta una componente caratterizzata da un ritardo, quindi deve conoscere le caratteristiche del canale (numero di cammini con relativi sfasamenti e attenuazione).

I passi effettuati dal rake receiver sono:

- Stima del ritardo "tau" con cui arrivano i segnali in base alla del chip.
- Seguire le fluttuazioni di fase e ampiezza di ogni componente.
- Ricombinare in fase i segnali rivelati in ciascun finger.

Ogni finger si sintonizza quindi su una replica del segnale proveniente dal canale trasmissivo quindi si può anche sintonizzare su segnali provenienti da altre celle, realizzando soft o softer handover. Il RR effettua correlazioni su di un intervallo coincidente con la durata della trama (10ms), contenente l'intero codice scrambling.

### 7.2.1 - Funzionamento RR

La ricezione del segnale diretto e del segnale riflesso nel peggiore dei casi è un segnale risultante nullo (sfasamento 180°). Per individuare la replica in ricezione si usano codici sfasati di "tau" e invertiti annullando così l'effetto del canale trasmissivo (in realtà è il segnale ad essere invertito e sfasato di "tau"). Il finger ha il compito di rifasare, descrambling, e despreading ogni replica del segnale. I risultati vengono moltiplicati per un coefficiente  $g(\tau)$  che indica la qualità della replica e confluiscono in un sommatore. Il segnale d'ingresso del finger proviene da un blocco chiamato "stima del canale" che determina "tau", lo sfasamento e  $g(\tau)$ . Questo è quindi un filtro che rileva le repliche e le invia ai diversi finger che sono solitamente più di 4 per il soft handover. Per utilizzare il soft/softer handover basta aggiornare il finger con diversi codici di scrambling per trattare i segnali provenienti da diverse celle come fossero multipath. L'RR è efficace solo in caso di ritardi superiori al chip.

## 7.3 - Power Control

E' uno strumento che gestisce la potenza in modo da minimizzarla e garantire il SIR richiesto dal servizio. E' usato per attenuare i fenomeni di fading e mantenere bassa l'interferenza tra le diverse connessioni e preservare la capacità della cella. Durante la comunicazione UE e UTRAN comunicano tra di loro la variazione di potenza per mantenere il collegamento ai livelli di qualità richiesta.

Le funzionalità di controllo sono:

- Open loop power control (determina la potenza di trasmissione nella fase iniziale della chiamata)
- Inner loop power control (controllo del segnale in entrambe le tratte 1500 volte al secondo)
- Outer loop power control (valuta la qualità della connessione radio e determina il SIR target)

### 7.3.1 - Open Loop Power Control

Viene utilizzato durante l'instaurazione delle comunicazione tra UE e UTRAN. Si parte da una potenza minima (per non interferire con le altre connessioni già attive) reputata sufficiente per poi aumentarla fino alla ricezione di un ACK inviato dalla rete sul canale di acquisizione AICH. L'UE è sempre in ascolto del BCH che fornisce informazioni di sistema (carico, tipologia di traffico e potenza necessaria al collegamento, sincronizzazione posizione del RACH, lo scrambling code per l'accesso e le interferenze in uplink). Per stimare l'attenuazione, l'UE legge la potenza trasmessa dal NodeB sul BCH, misura la potenza ricevuta del NodeB legge le informazioni sui canali del RACH (sul BCH). Il calcolo dell'ampiezza del preambolo da inviare al NodeB è la somma della potenza ricevuta dall'UE con l'interferenza in uplink e un valore costante meno la potenza di trasmissione del CPICH. Se non è sufficiente si aumenta gradualmente (1-5dB) l'ampiezza del preambolo fino alla ricezione di un ACK sull'AICH. Tutte queste procedure vengono effettuate senza feedback, per questo è detto Open. A questo punto l'UE attiva la procedura di Inner Loop Power Control trasmettendo sul DPCCH con una potenza pari al valore di offset potenza DPCCH meno la potenza ricevuta dal mobile del CPICH.

### 7.3.2 - Inner Loop Power Control

Ha la funzione di controllare la potenza una volta instaurato l'accesso. Il terminale e il NodeB si scambiano 1500 TPC comandi al secondo per garantire la qualità del collegamento, riducendo le degradazioni introdotte dal fast fading. L'RNC informa il NodeB con una certa frequenza il SIR target (rapporto tra segnale e interferenza). Ogni TS viene inviato un TPC in downlink che confronta il SIR target con il SIR ricevuto e determina la variazione della potenza. Per calibrare la potenza in uplink vengono usati dei PowerControlAlgorithm che variano la potenza di 1 o 2 dB. Nel primo algoritmo la variazione avviene ogni TS ed è di 1dB. Nel secondo avviene dopo 5 TPC consecutivi concordi. Normalmente si utilizza il primo. In downlink è l'UE che trasmette i controlli al NodeB e il resto del funzionamento è analogo a parte il secondo algoritmo che varia la potenza dopo 3 TPC consecutivi.

### 7.3.3 - Outer Loop Power Control

In uplink l'SRNC fornisce il SIR target al NodeB per mantenere il BLER (block error ratio) desiderato. In downlink viene configurato il SIR target e il BLER varia conseguentemente. UL: è localizzato nell'SNRC; utilizza come input la qualità stimata dei canali di trasporto in uplink e quella di riferimento per il tipo di servizio; trasmette al NodeB i valori aggiornati del SIR target DL: si trova nell'UE e alcuni parametri nell'UTRAN; l'input è la qualità stimata dei canali di trasporto in dl e quella per il tipo di servizio; mantiene la qualità del collegamento radio pari a quella richiesta e fornisce all'inner loop il SIR target da utilizzare.

## 7.4 - Handover

Quando l'UE si sposta verso un'altra cella L'UTRAN attiva un altro collegamento radio per evitare l'interruzione di collegamento. Inoltre l'handover è utile per distribuire il traffico. Può esserci anche un passaggio tra celle con diverse frequenze ma con stessa copertura. Il passaggio può avvenire tra 3G e 2G (Inter System Handover) e tra FDD e TDD (FDD/TDD Handover). Nell'hard handover il primo collegamento è interrotto e viene attivato subito dopo il secondo. Nel soft vengono invece mantenuti i 2 collegamenti impegnando più risorse ma garantendo un miglior servizio. Si chiama softer quando il passaggio avviene tra celle dello stesso NodeB. Per mettere in comunicazione gli RNC coinvolti si usa il collegamento Iur.

### 7.4.1 - Hard Handover

E' deciso dall'RNC in base alle misure effettuate dall'UE e dal NodeB al carico della cella servente e di quelle vicine. L'UTRAN segnala all'UE quali celle misurare (Monitoring Set). L'interfrequency handover è utile per aumentare la capacità del sistema. L'intersystem handover FDD-GSM è utile per liberare risorse nell'UMTS, mettendo le chiamate voce su GSM e su UMTS i servizi ad alto bitrate. L'UE per effettuare misure su celle con diverse frequenze interrompe la ricezione e trasmissione utilizzando intervalli temporali comunicati dall'UTRAN. Questa funzionalità è chiamata Compressed Mode (CM). Quando viene usata bisogna aumentare la potenza.

Per consentire un servizio senza interruzioni esistono diverse soluzioni:

- CM ottenuto riducendo lo SF di un fattore 2 (quindi aumenta il bitrate)
- CM ottenuto mediante puncturing: si effettua un rate matching per ottenere gap temporali
- CM ottenuto mediante rescheduling: i livelli alti riducono il bitrate per ottenere i gap temporali

L'RNC per comunicare correttamente le celle da misurare, deve conoscere la capability dell'UE (ad esempio supporto del GSM e del CM).

### 7.4.2 - Soft e Softer Handover

La possibilità dell'UE di essere connesso contemporaneamente a più celle è detto Macrodiversità. Nel softer in uplink la ricombinazione dei segnali associati ai diversi radio link avviene nel Rake Receiver. Nel soft invece avviene nell'RNC selezionando ogni volta i blocchi informativi migliori. In downlink la ricombinazione viene effettuata dal RR dell'UE in entrambi i casi. L'Active Set è il gruppo di celle a cui è connesso l'UE. La rete di accesso comanda l'aggiunta (Radio Link Addition), il rilascio (Radio Link Removal) o l'aggiornamento (Combined Radio Link Addition and Removal) delle risorse radio in base al contenuto dell'Active Set (Active Set Update).

Gestione dell'Active Set: Soft e softer sono basate su eventi nel WCDMA al verificarsi dei quali l'UE invia un Measurement Report all'RNC per l'attuazione della relativa procedura.

- Evento 1A: aggiunta di un nuovo collegamento radio (misura effettuata sufficiente per l'inclusione della cella nell'Active Set)
- Evento 1B: rimozione della cella dall'Active Set
- Evento 1C: sostituzione cella peggiore con un'altra non presente, mediante il parametro replacement activation threshold fornito dall'UTRAN
- Evento 1D: individuazione migliore cella per valutare le altre
- Evento 1E: qualità del CPICH di una cella migliora
- Evento 1F: qualità del CPICH di una cella peggiora

Per far scattare una procedura un fenomeno deve durare almeno quanto il Time to Trigger associato all'evento. Gestione del Radio Link: L'RNC inizia la procedura, ad esempio Radio Link Addition (detto anche Branch Addition), a seguito della ricezione dei Measurement Report sul DCCH. Dopo aver valutato invia all'UE un RRC message contenente un Active Set Update sul DCCH. L'UE risponde con un Active Set Update Complete. Gestione delle interfacce Iur: L'UE è sotto un RNC (Serving). Quando si sposta verso un altro NodeB con un diverso RNC si instaurano 2 collegamenti radio. Il secondo RNC (Drift)

reinstrada i dati dal mobile verso il Serving attraverso l'interfaccia Iur. Una volta completato il trasferimento sul secondo NodeB vengono rilasciate le iniziali risorse radio.

### **7.4.3 - Gestione del cambio cella nell'HS-DSPPA**

Non avviene il soft handover, bensì il serving HS-DSCH cell change. L'UTRAN in base alle misure dell'UE in uplink decide la cella sulla quale spostare la comunicazione.

## **7.5 Interfacce Iu, Iur, Iub**

Tutte sfruttano ATM o IP come protocolli di trasporto. Ognuna è suddivisa in 2 strati, Radio Network Layer (scambio di messaggi relativi alle procedure radio) e Transport Network Layer (fornisce il servizio di trasporto su cui veicolare le info). Verticalmente sono divisi tra Control Plane (dati di controllo) e User Plane (dati utente).

### **7.5.1 - Interfacce Iu**

Collegano UTRAN e Core Network sia per Control Plane che per User Plane. Tra RNC e Core Network a circuito c'è il collegamento IuCS, a pacchetto IuPS, in Broadcast IuBC. Il Control Plane usa il protocollo RANAP (Radio Access Network Application Part) su SCCP. RANAP si occupa della gestione dei Radio Access Bearer (instaurazione, modifica, abbattimento), del trasferimento messaggi tra UE e Core Network, del controllo della sicurezza nell'UTRAN, di funzionalità di gestione dei collegamenti Iu. VEDERE GRAFICO SUL LIBRO PER L'ARCHITETTURA PROTOCOLLARE (pag 184).

### **7.5.2 - Interfaccia Iur**

Collega 2 RNC e l'architettura protocollare è molto simile a quella dell'Iu. Il protocollo responsabile per lo scambio delle info è RNSAP (Radio Network Subsystem Application). VEDERE GRAFICO SUL LIBRO PER L'ARCHITETTURA PROTOCOLLARE (pag 186).

### **7.5.3 - Interfaccia Iub**

Collega NodeB a RNC. Il protocollo di Radio Network Layer è l'NBAP (NodeB Application Part). Viene usata anche per l'Operation & Maintenance del NodeB. L'NBAP è diviso in Common (gestione canali comuni, configurazione e gestione NodeB, fault management) e Dedicated (gestione canali dedicati e condivisi, come setup, riconfigurazione e rilascio, misure dei singoli canali, fault management). VEDERE GRAFICO SUL LIBRO PER L'ARCHITETTURA PROTOCOLLARE (pag 187).

## **Capitolo 8 - Gestione della Mobilità e della Sicurezza**

## 8.1 - Gestione della mobilità

Il telefonino quando si trova in idle mode deve scegliere la cella sotto il quale deve mettersi in ascolto delle segnalazioni. Quando esegue questa operazione si dice che il telefonino si “accampa”, normalmente si aggancia alla cella che trasmette il segnale ricevuto meglio dal terminale, di solito il segnale del NodeB più vicino.

### 8.1.1 - Processo di registrazione e aggiornamento della posizione

La rete deve conoscere la posizione dell' UE per rendere possibile l'uso dei servizi, quindi il terminale deve informare la rete riguardo un suo cambio di posizione. Il Node B trasmette sul canale BCCH informazioni di sistema tra cui quelle sulla posizione della cella (location Area, routing Area, operatore e id di cella). Il terminale comunica la sua posizione alla rete inviando la sua location Area all'MSC/VLR (per il dominio a circuito) e la sua Routing Area all'SGSN (per il dominio a pacchetto) dove vengono memorizzati, mentre l'HLR contiene gli indirizzi del MSC/VLR e SGSN dove il terminale è stato registrato. Il territorio è diviso in celle, più celle formano una Routing Area (per il dominio a pacchetto), più routing Area formano una Location Area (per il dominio a circuito). Ogni cambiamento di routing area viene comunicato all'SGSN mentre viene comunicato all'MSC/VLR quando si cambia Location Area. L'update di area avviene periodicamente con frequenza decisa dall'operatore. Il paging è la ricerca dell'utente da parte della rete per servizi entranti (messaggi...), per le chiamate l'MSC richiede alla rete di localizzare il mobile all'interno della Location Area, mentre per servizi a pacchetto la rete invia attraverso il canale PCH l'identificativo dell'utente IMSI in tutte le celle della location/routing area. Il mobile quando riceve il paging risponde con un messaggio di richiesta di servizio nella cella in cui è accampato. Il mobile invia la sua posizione, il continuo aggiornamento di posizione avrebbe portato ad un sovraccarico del canale di segnalazione. Questa procedura avviene quando non è presente l'interfaccia Gs, quando il Core Network a pacchetto è collegato al Core Network a circuito il terminale comunica la sua posizione solo al SGSN che poi comunicherà per via interna la posizione dell'UE all'MSC/VLR, risparmiando così l'uso del canale radio. Questa procedura combinata si chiama Operation Mode I, quando non è presente l'interfaccia Gs è chiamata Operation Mode II. L' IMSI attach è la procedura con cui l'UE fa sapere alla rete la sua accensione, mentre l'IMSI detach rende noto il suo spegnimento (nel dominio a circuito). È una funzionalità opzionale, ma utile, in caso di chiamata non si effettua il paging se c'è stato l'IMSI Detach si attivano servizi come la segreteria telefonica). Ci sono le stesse procedure con il dominio a pacchetto GPRS Attach/Detach.

### 8.1.2 - PLMN (Public Land Mobile Network)

Le reti radiomobili sono chiamate PLMN (Public Land Mobile Network), queste reti appartengono a diversi operatori e la loro interconnessione forma la rete UMTS. Quando acquistiamo un'USIM ci registriamo ad una rete chiamata HPLMN (home PLMN). Il roaming permette di avere quasi tutti i servizi presso un operatore diverso dal proprio cioè quando l'UE è accampato in una PLMN diversa dalla HPLMN.

Ci sono 2 tipi di Roaming:

1. Roaming Internazionale: l'UE riceve il servizio su una PLMN diversa da quella del proprio HPLMN
2. Roaming Nazionale: l'UE riceve il servizio da una PLMN diversa ma nella stessa nazione di appartenenza della HPLMN. In questo caso si fa una scansione periodica alla ricerca della propria rete.

Lo sviluppo del roaming nazionale ha permesso ad altri operatori di entrare sul mercato usando le reti degli altri operatori nelle zone non coperte dalla propria rete. Si può dire che il roaming ha favorito uno sviluppo rapido della concorrenza. Il terminale capisce sotto quale gestore si trova, di solito usa la HPLMN ma può anche operare sotto altre reti. Infatti la selezione della rete può avvenire in maniera automatica (secondo una lista di scelte preconfigurate dall'operatore) o manuale. L'USIM contiene diverse informazioni riguardo il roaming nazionale. La forbidden PLMNs è la lista delle reti a cui il

terminale non può avere accesso, viene aggiornata ad ogni tentativo di registrazione rifiutata. Il terminale eviterà di registrarsi a quelle reti risparmiando tempo. L'operatore inserisce dei campi nell'USIM per predefinire la tecnica di accesso radio e per le liste di PLMN. Le cell reselection/selection sono procedure automatiche che permettono al terminale di accamparsi sulla cella il cui segnale è ricevuto meglio. Questa procedura avviene soprattutto nelle zone di confine, nel caso di mobilità dell'utente o nel caso di segnali con andamenti fluttuanti nel tempo.

La cell selection si divide in due operazioni:

1. Selezione iniziale della cella: il terminale effettua una scansione di tutti i canali per cercare una cella idonea nella PLMN scelta, quando viene trovata si mette in ascolto del canale di segnalazione.
2. Selezione di cella mediante informazioni registrate si sfruttano informazioni registrate come frequenza e scrambling consentendo una selezione più veloce.

Per ritenere una cella idonea deve avere un segnale sul CPICH con potenza maggiore di un valore impostato dall'operatore e una la sua qualità deve essere superiore di un valore minimo prefissato. La cell reselection sfrutta le informazioni di sistema, che trasmettono anche le informazioni relative ai canali radio delle celle adiacenti. Il terminale effettua un confronto, se un'altra cella ha un segnale migliore il telefonino cambia cella.

La procedura di cell reselection può avvenire in tre modi:

1. Intrafrequency Cell Reselection: il segnale della cella di partenza e il segnale della cella finale hanno stessa frequenza
2. Interfrequency Cell Reselection: il segnale della cella di partenza e il segnale della cella finale hanno frequenze diverse
3. Inter Radio Access Technology: le due celle appartengono a due tecnologie di accesso diverse

In un ambiente ad alta densità di traffico viene usato l'interfrequency, in condizioni normali viene utilizzato l'intrafrequency, mentre la terza modalità avviene solo quando il terminale si muove verso zone senza copertura UMTS. Per distinguere le celle, le location area le routing area e le PLMN vengono assegnati dei codici. Per l'identificazione univoca di location area, routing area PLMN, e service area si usano degli identificativi che sono la combinazione (o la somma) di questi codici. Per esempio la Location Area Identification è composto dal PLMNid + LACode.

## 8.2 - Gestione della sicurezza

Nei sistemi di prima generazione c'erano dei problemi di sicurezza: era possibile intercettare le chiamate e clonare i terminali. I sistemi 2G hanno delle procedure di autenticazione a cifratura. L'UMTS necessita di un

sistema robusto per garantire un sicurezza e confidenzialità.

I requisiti principali su cui è stata fondata l'architettura di sicurezza:

- Confidenzialità dell'identità e della localizzazione dell'utente: L'IMSI deve essere protetto sull'interfaccia radio e non deve essere possibile determinare la posizione dell'utente
- Mutua autenticazione tra utente e rete: l'utente si deve autenticare sulla rete (per evitare intrusioni) e la rete sull'utente (per evitare che l'utente si connetta a reti fake)
- Confidenzialità della segnalazione e dei dati d'utente: il flusso di dati dall'utente deve essere protetto attraverso la cifratura, sia i dati d'utente che la segnalazione.
- Integrità dei dati ed autenticazione della sorgente di emissione: il terminale e la radio base devono verificare l'integrità del messaggio di segnalazione, che provenga dalla sorgente predefinita e non sia stato alterato (Integrità Checksum)

### 8.2.1 - Identità temporanee

Vengono usate per garantire la confidenzialità dell'utente e la sua localizzazione. Alcuni messaggi non possono essere cifrati, e attraverso questi gli intrusi possono conoscere la posizione (location/routing

area) dell'utente. Per il riconoscimento vengono usate identità temporanee che sostituiscono l'IMSI dell'utente: TMSI (circuito) e P-TMSI (pacchetto). Sono utilizzati per associare la location-routing area in cui si trova il mobile all'IMSI. Il VLR mantiene l'associazione tra IMSI e TMSI mentre SGSN tra IMSI e P-TMSI nella routing area. Questi identificativi vengono cambiati con una buona frequenza.

## **8.2.2 - Mutua autenticazione**

L'autenticazione dell'utente è importante per garantire l'accesso alla rete solo a chi ha sottoscritto il servizio. L'autenticazione della rete non era presente in GSM. E' stata introdotta in UMTS per permettere la riservatezza di alcuni dati, così l'utente può essere sicuro di inviare i suoi dati alla stazione radiobase dell'operatore e non a stazioni "pirata" (attacchi attivi di falsa radiobase).

### **Autenticazione d'utente**

Si fornisce l'identificativo e la password che viene protetta attraverso un sistema che la rende ogni volta diversa. La rete decide un numero casuale RAND e lo invia al terminale che lo processa insieme alla sua chiave K attraverso la funzione F2. L'UE poi trasmette il risultato (RES) alla rete, che lo confronta con il risultato del calcolo effettuato con gli stessi parametri (XRES), se corrispondono l'utente viene autenticato. La forza dell'algoritmo si basa sulla difficoltà di calcolo dell'inversa di F2, mentre il suo calcolo diretto è facile. Un altro punto di forza dell'algoritmo è la rigenerazione ad ogni autenticazione di Rand, quindi RES è ogni volta diverso.

### **Autenticazione di rete**

Viene usato lo stesso RAND dell'autenticazione d'utente e di un numero generato dall'HLR/AuC SQN, attraverso due funzioni F1 e F5 vengono calcolati due parametri e MAC (da un parametro aggiuntivo AMF, K e RAND e SQN) e AK (da RAND e K). Questi due parametri vengono combinati tra di loro e formano una nuova variabile AUTN che viene inviata al terminale. SQN deve essere generato secondo una logica prestabilita evitando ripetizioni, infatti intrusi potrebbero utilizzare esattamente lo stesso codice AUTN per una nuova autenticazione. Il terminale recupera il codice MAC attraverso SQN e AK e verifica la SQN. L'autenticazione quindi si basa sulla conoscenza di K solo da parte della USIM e del AuC/HLR. Per minimizzare le segnalazioni tra MSC e AuC, quest'ultimo calcola una serie di valori che vengono inviati e memorizzati nel VLR/SGSN, in questo modo si effettuano più autenticazioni senza l'intervento dell'AuC.

## **8.2.3 - Cifratura dei dati utente e della segnalazione**

Il calcolo della cifratura avviene a valle della procedura di autenticazione. Si usa il valore RAND che insieme alla K per calcolare la CK attraverso F3. La chiave CK viene utilizzata insieme ad altri parametri per calcolare (F8) la sequenza chiave con cui si ricava la sequenza cifrata attraverso la somma binaria Xor. Questo metodo avviene sia dal mobile al RNC che viceversa. Sequenza in chiaro = (sequenza in chiaro + sequenza chiave) + sequenza chiave) Gli algoritmi usati per la cifratura della sequenza chiave F8 vengono chiamati UEA UMTS Encryption Algorithm.

## **8.2.4 - Protezione dell'integrità di segnalazione**

Per il trasporto dell'informazione l'UMTS usa Integrity Protection per evitare intrusioni. Viene aggiunto un blocco MAC-I (integrity Checksum) alla fine di ogni blocco, che dipende dalla chiave K: Infatti il RAND e K sono usati come input della funzione F4 che calcola il valore IK, la funzione F9 poi calcola il codice MAC-I usando l'IK e altri parametri, la segnalazione viene accettata solo quando viene verificata l'uguaglianza del codice calcolato (XMAC-I) col codice ricevuto (MAC-I).

## 8.2.5 - Quintetto di autenticazione

Il quintetto di autenticazione è composto da RAND XRES CK IK e AUTN e permette l'autenticazione e l'accordo con le chiavi.

La procedura che viene eseguita per le autenticazioni e protezioni è:

1. Viene generato il quintetto dall'AuC e viene inviato all'RNC/VLR o alla SGSN
2. Il VLR/SGSN invia il RAND e l'AUTN (autenticazione di rete e protezione della segnalazione) al mobile che nel frattempo calcola il suo XRES.
3. Il mobile controlla l'AUTN (controlla la rete dove si accampa) e invia il RES al VLR/SGSN e calcola CK e IK per la segnalazione.
4. Il VLR verifica il RES inviato dal terminale con il suo XRES e invia l'IK e CK alla rete, viene conclusa l'Authentication and Key Agreement.
5. Viene attivata la cifratura della comunicazione e la protezione dell'integrità informativa della segnalazione.

# Capitolo 9 - Gestione della comunicazione

La Rete di Commutazione della Release 99 non subisce sostanziali variazioni rispetto a quella GSM/GPRS: pertanto, per garantire l'interlavoro dei due sistemi, verrà mantenuta la distinzione netta tra i domini a circuito e a pacchetto, almeno fino a che l'intero sistema non evolverà verso IMS (IP Multimedia System) delle Release 5/6.

## 9.1 - La rete in Release 99

In una rete multistandard, i nodi MSC e SGSN possono disporre anche delle interfacce "A" e "Gb" per connettersi ai BSC della rete GSM. Per far convivere i due standard viene interposto tra RNC e MSC un modulo adattatore di interfaccia e transcodifica, il MediaGateway, le cui funzionalità in questa Release sono a carico dell'MSC 3G. Inoltre, l'MSC gestisce la sicurezza e la mobilità dei terminali, lavorando strettamente con il VLR (database delle identità temporanee, TMSI) e l'HLR (database degli utenti, IMSI). L'AuC gestisce autenticazione e cifratura mentre l'EIR contiene gli identificativi IMEI dei terminali. L'SGSN è il corrispettivo dell'MSC (dominio a circuito) per quanto riguarda il dominio a pacchetto: le funzioni sono praticamente le stesse e comprendono GPRS Attach/Detach, autenticazione e ciphering, Mobility Management (routing area updating), trasmissione/ricezione dati da e verso i terminali nella propria routing area, produzione di Call Data Record per la tariffazione. Il GGSN è il nodo di interfaccia reti dati esterne e assolve le funzioni tipiche di un router quali l'assegnazione di un PDP address associato all'IMSI, l'inoltro dei pacchetti dati verso il corretto SGSN attraverso l'Encapsulation e Tunneling GTP (GPRS Tunneling Protocol), la ricezione dei pacchetti attraverso il corretto APN (Access Point Name), la richiesta di dati sulla localizzazione del terminale ed infine la produzione di Call Data Record.

## 9.2 - Procedure di registrazione e Call/Data Routing

### 9.2.1 - Procedure di registrazione combinata GPRS/IMSI

1. Attach Request: il terminale notifica alla rete la propria presenza specificando il tipo di attach e fornendo informazioni come l'identificativo dell'utente e la classe del terminale. Se il terminale invia il P-TMSI con RAI (Routing Area Identifier) e se l'SGSN è diverso da quello presso cui aveva effettuato il precedente Detach, il nuovo SGSN richiederà l'IMSI al vecchio SGSN: se il terminale fosse sconosciuto anche al vecchio SGSN, il nuovo SGSN invierà all'UE una Identity Request per ottenere l'IMSI.
2. Send Authentication Info: se l'SGSN non ha precedentemente autenticato quell'IMSI, lo invia all'HLR/AuC registrandolo sotto il suo dominio.
3. Send Authentication Info Ack: è il messaggio di ritorno all'SGSN contenente i dati del vettore di autenticazione.
4. Authentication Request: richiesta da parte della rete di autenticazione del terminale, secondo l'algoritmo supportato. In caso il terminale non sia abilitato, l'UE riceverà un Attach Reject.
5. Authentication Response: il terminale invia i risultati dell'autenticazione (SRES)
6. Security Mode Command, Security Mode Complete: messaggi che gestiscono l'Integrity Protection e la cifratura.
7. Location Updating: in caso di cambio di SGSN o di prima registrazione del terminale, l'SGSN invia il suo Number e Address all'HLR perchè li associ all'IMSI. L'HLR invia un Cancel Location all'eventuale vecchio SGSN e i dati di registrazione al nuovo SGSN.
8. Location Updating Request: l'SGSN invia un Location Updating all'MSC/VLR che gestisce la location area del mobile. Se è cambiato, l'MSC/VLR manderà un Update Location all'HLR che a sua volta invierà un Cancel Location al vecchio MSC/VLR e i dati dell'utente al nuovo MSC/VLR.
9. Location Updating Accept: l'MSC/VLR notifica l'aggiornamento all'SGSN
10. Attach Accept: conclude la registrazione notificando al terminale la sua identità temporanea P-TMSI.
11. Attach Complete: ack da parte del terminale all'SGSN, che invia all'MSC il TMSI, eventualmente riallocato.

### 9.2.2 - Procedure di instaurazione di chiamate CS

L'MSISDN (Mobile Subscriber Integrated Services Digital Network) è formato dai campi CC (Country Code), NDC (National Destination Code, che identifica l'Operatore) ed SN (Subscriber Number, che identifica il singolo utente). Il mobile attiva la procedura di instaurazione della chiamata con il messaggio CM Service Request; seguono le procedure di autenticazione, cifratura e Integrity Protection dopo le quali il terminale invia il messaggio di Setup contenente il numero telefonico di destinazione. Core Network e RNS provvederanno ad allocare le opportune risorse per la comunicazione; al seguito di ciò il mobile riceve i messaggi di Alerting (suoneria) e Connect (risposta). La procedura di terminazione della chiamata differisce da quella di instaurazione per l'individuazione dell'MSC/VLR e la procedura di Paging; nel caso in cui la comunicazione avvenga tra due reti PLMN, interviene il GMSC, che assolve funzioni da Gateway instradando le chiamate verso il corretto MSC. In roaming, si ha l'effetto di tromboning, per cui il percorso della fonia viaggia avanti e indietro tra le due nazioni.

### 9.2.3 - Procedure di attivazione di un PDP Context (chiamata PS)

Un PDP Context è un canale virtuale che connette il mobile alla rete, caratterizzato da parametri come bitrate medio, ritardo accettabile, ecc. e la cui procedura di attivazione è la seguente:

1. Activate PDP Context Request: contiene le informazioni relative alla sessione che il mobile intende aprire (parametri di QoS, informazioni sul PDP Address necessario al mobile, APN della rete dati cui si vuole accedere)
2. Create PDP Context Request: l'SGSN trasmette la richiesta al corretto GGSN sulla base della risoluzione, tramite DNS, dell'APN.
3. Create PDP Context Response: il GGSN associa all'IMSI del mobile un PDP Address disponibile e crea un Tunnel GTP.
4. Activate PDP Context Accept: la rete notifica al terminale l'accettazione della richiesta e il PDP Address assegnato.

Analogamente alla procedura di attivazione, per la disattivazione vengono scambiati messaggi duali tra terminale e Core Network. Nel caso di una chiamata dati attivata dalla rete, il GGSN che riceve un pacchetto IP per un certo indirizzo (cui corrisponde un determinato IMSI) deve interrogare l'HLR per conoscere l'indirizzo dell'SGSN sotto cui è temporaneamente registrato l'utente; noto l'SGSN, il GGSN può instaurare un Tunnel GTP tramite il quale l'SGSN può attivare con il mobile il contesto.

#### **Secondary PDP Context Activation.**

Per alcune applicazioni è necessario attivare un Secondary PDP Context all'interno di un contesto già attivo con cui condividerà PDP Address e APN ma differirà per i parametri di QoS. Per il corretto instradamento dei pacchetti nel canale virtuale, il TFT (Traffic Flow Template) definisce i valori dell'header di pacchetto per i quali il traffico viene inoltrato nel nuovo contesto: in questo modo, il GGSN è in grado di separare e indirizzare opportunamente i flussi in ingresso che hanno la stessa destinazione ma richiedono trattamenti diversi. Per utilizzare più servizi contemporaneamente è possibile avere più PDP Context primari attivi, ognuno con IP e APN diversi.

### **9.2.4 - Attivazione di un Contesto per un terminale in roaming**

Quando un mobile in roaming chiede l'attivazione di un contesto, il VSGSN (Visitor SGSN) instrada la chiamata verso l'HGGSN (Home GGSN) che assegnerà al mobile il PDP Address, poi comunicato al VSGSN per creare il PDP Context; la comunicazione tra le due PLMN avviene attraverso dei Border Gateway (BG) che hanno funzioni di firewall. Il VSGSN e l'HGGSN producono separatamente i Call Data Record, permettendo la tariffazione da parte di entrambi gli Operatori. Un'altra possibilità è quella di escludere la HPLMN, lasciando al VGGSN il compito di gestire la chiamata; questa modalità non è utilizzabile nel caso in cui il servizio richiesto sia fornito solo dal proprio Operatore.

## **Capitolo 10 - I Servizi**

### **10.1 - La qualità del servizio**

Se si vogliono garantire i requisiti richiesti dai servizi durante l'assegnazione delle risorse di rete, deve essere implementata la Quality of Service (QoS).

Prima che un servizio possa iniziare, bisogna segnalare alla rete il tipo di traffico e i requisiti mediante dei parametri (in UMTS sono detti attributi):

- Traffic Class (identifica macroscopicamente la natura della comunicazione: conversational, streaming, interactive, background)
- Maximum Bitrate (basso per i servizi voce, alto per streaming e internet)
- Guaranteed Bitrate
- Residual Bit Error Ratio (zero su internet, su voce invece deve essere <3%)
- Transfer Delay (alto su internet, molto basso su voce)

La traffic class è segnalata alla rete dall'UE in base al tipo di comunicazione che vuole effettuare. I servizi voce e videochiamata la class è "Conversational". La core network a circuito supporta solo "Conversational" e "Streaming", mentre quella a pacchetto le supporta tutte e 4. Il Core Network comunica all'UTRAN, nel messaggio di RAB assignment, di creare una connessione nella tratta radio trasmettendo anche i relativi valori dei parametri di QoS. Questi parametri saranno più stringenti rispetto a quelli comunicati dall'UE in quanto devono tener conto del cammino all'interno del Core Network. Per il trasporto del traffico e della segnalazione nell'UTRAN si usa ATM, in futuro si userà IP. Nel dominio a circuito la QoS è quella del circuito instaurato per tutta la durata della connessione, mentre per il dominio a pacchetto la QoS può variare a seconda del servizio richiesto.

## 10.2 - Il servizio voce

Viene usata la codifica AMR (Adaptive Multi Rate), che cambia la codifica vocale ogni 20 ms, facendo variare il bitrate tra i 4,75kbit/s e i 12,2kbit/s. Altra funzionalità è l'SCR (Source Controlled Rate) che permette di trasmettere il rumore con bitrate inferiore a quello usato di solito per la voce. (si usa un bitrate di 1.80kbit/s). Il Wideband AMR è un'evoluzione di AMR, che aumenta la banda del segnale vocale passando dai tipici 3,4 kHz usati finora ai 7 kHz. In AMR-WB i bitrate variano dai 6,6kbit/s ai 23,85kbit/s. Esiste il servizio di chiamata di emergenza che può essere usato anche in assenza di USIM (è l'unico servizio disponibile in queste circostanze).

### 10.2.4 - Esempio di chiamata

Inizio chiamata e accesso alla rete: UE richiede l'accesso sul canale CCCH con il messaggio RRC Connection Request. L'RNC risponde con RRC Connection Setup su CCCH dando info su canale fisico e di trasporto. L'UE risponde con RRC Connection Setup Complete su DCH assegnatogli. Con CMService Request l'UE trasmette all'MSC, attraverso RNC, la richiesta di chiamata originata e la sua identità. Mutua autenticazione, cifratura e protezione dell'integrità informativa: MSC trasmette RAND e AUTN nell'Authentication Response, UE risponde con RES. RNC risponde con Security Mode Command attivando la cifratura e l'integrity protection, e UE conclude con Security Mode Complete. Tutto avviene su DCCH. Setup della chiamata: UE segnala con Setup le info per instaurare la chiamata, MSC risponde con Call Proceeding.

**Attivazione del canale radio:** MSC manda il RAB Assignment Request all'RNC con gli attributi QoS. L'RNC manda all'UE i parametri che definiscono la canalizzazione fisica di trasporto e logica. Le relative risposte sono: Radio Bearer Setup Complete e RAB Assignment Complete. Alla fine viene mandato all'UE un messaggio di Alerting (il destinatario squilla), Connect (il destinatario alza la cornetta). Finalmente avviene la comunicazione vocale.

## 10.3 - I servizi supplementari

eMLPP (enhanced Multi Level Precedence and Pre-emption) consente di creare differenti livelli di precedenza per l'instaurazione delle chiamate e la continuità degli Handover. CLIP (Calling Line Identification Presentation) per vedere il numero del chiamante, CLIR (Calling Line Identification Restriction) per evitare di mandarlo. COLP (Connected Line Identification Presentation) per conoscere il numero con cui si è in connessione COLR (Connected Line Identification Restriction) per evitare di rendere noto il numero da cui si sta ricevendo la chiamata. CNAP (Calling Name Presentation) per ricevere il nome del chiamante. CFU (Call Forwarding Unconditional), CFB (Call Forwarding on mobile subscriber Busy), CFNRy (Call Forwarding on No Reply) ed il CFNRc (Call Forwarding on mobile subscriber Not Reachable) per inoltrare le chiamate su numeri differenti. CW (Call Waiting) avviso di chiamata HOLD (Call Hold) per mettere in attesa CW per commutare su una nuova chiamata MultyParty

per una chiamata con più di una persona BAO (Barring of Outgoing Calls), BOIC exHC, BAIC, BAIC Roam realizzano una restrizione sulla possibilità di effettuare o ricevere chiamate in diversi scenari.

## 10.4 - Le connessioni dati a circuito

**Modalità di trasferimento dati Trasparente (T):** il flusso informativo attraverso ogni nodo della rete in maniera "trasparente", ovvero senza alcun controllo o recupero di errori. Bitrate e ritardo di trasmissione fissi a discapito della qualità

**Modalità Non Trasparente (NT):** ridondanza per rilevare e correggere errori, si perde in bitrate e ritardo di trasmissione per guadagnare qualità.

**Modalità Sincrona:** i bit vengono trasmessi in maniera regolare

**Modalità Asincrona:** si ha un protocollo di trasmissione.

### 10.4.1 - La videochiamata

Usiamo come esempio il caso in cui si utilizza il bitrate di 64kbit/s. La trasmissione dati in questo caso si dice Unrestricted Digital Information (UDI). La modalità di trasmissione da estremo ad estremo è un servizio dati, trasparente e sincro (Synchronous Transparent Data Service). Il setup di una videochiamata è molto simile a quello di una chiamata voce, a parte il messaggio Setup che dovrà contenere le info per instaurare una connessione dati, sincra e trasparente a 64 Kbit/s. I flussi audio e video sono separati. Inizialmente i 2 terminali inviano i messaggi Terminal Capability Set (lista funzionalità supportate) e Master Slave Determination (per determinare chi è il master per evitare possibili conflitti). Dopo questa fase si attivano i canali logici per il trasporto dei flussi audio e video attraverso Open Logical Channel (uno per audio, uno per video). In release 6 è stato introdotto il Service Change and UDI Fallback che permette di passare da video+audio a solo audio quando ad esempio si passa ad una rete 2G, senza interrompere la chiamata stessa.

### 10.4.2 - La chiamata dati a circuito NT

Si dice non trasparente (NT) perché aggiunge alle unità informative una ridondanza per rilevare errori e ritrasmettere i pacchetti corrotti. E quindi indicata per connessioni a reti dati, ma non viene utilizzata, in quanto meno efficiente rispetto ad una connessione a pacchetto.

## 10.5 - Le connessioni dati a pacchetto

### 10.5.1 - Generalità

La filosofia generale delle specifiche è di scorrelare i servizi dal sistema radio utilizzato. La Rete d'Accesso rappresenta un mezzo attraverso cui il terminale può trasferire dati, con il vincolo che venga garantita la QoS negoziata. Una connessione dati a pacchetto consiste in un circuito virtuale (con determinate caratteristiche di QoS) che viene instaurato tra terminale e GGSN che fornisce l'accesso alla rete dati desiderata. RNS, SGSN e GGSN immagazzinano i pacchetti e li rilanciano con un opportuno ordine. L'identificazione della rete a pacchetto con cui connettersi avviene al momento dell'instaurazione del PDP Context. In UMTS è possibile avere contemporaneamente una connessione a circuito ed una a pacchetto (multirab).

## 10.5.2 - La connessione dati a Internet

In UMTS si è cercato di mantenere la compatibilità con il software presente nei PC. Per aumentare l'efficienza della trasmissione, può essere impiegata la tecnica di header compression. Gli header dei pacchetti vengono compressi dall'RNC e decompressi dall'UE o viceversa.

## 10.5.3 - La connessione dati a Intranet

Grazie a questo servizio un utente può utilizzare gli strumenti informatici aziendali anche non trovandosi nella sua postazione fissa e fruire dell'accesso alla rete in mobilità. Per permettere questa funzionalità è necessario utilizzare una connessione IP su cui viene instaurato un tunnel IPsec che connette il GGSN al router di accesso dell'Intranet. In questo tipo di connessione è necessaria un'altra autenticazione per permettere all'azienda di verificare l'identità di chi accede all'intranet. Dopo i passaggi iniziali (comandi AT, Parametri di config, attivazione PPP), l'UE si autentica tramite PAP (Password Authentication Protocol) o CHap (CHallenge Authentication Protocol). Per gli altri passaggi vedere figura 10.17 pag. 259.

## 10.6 - World Wide Web (WWW)

WWW è un modello che consiste in client (che effettua le richieste) e server (su cui risiedono le info). Tutti i server sono identificati da un URL. I contenuti sono di tipo noto e i linguaggi di presentazione sono standard (come HTML) come anche i protocolli di trasmissione (come HTTP).

## 10.8 - Servizi di messaggistica

### 10.8.1 - SMS (Short Message Service) e CBS (Cell Broadcast Service)

SMS: possibilità di inviare messaggi di testo di 160 caratteri o più messaggi concatenati. Il servizio fa uso di un centro messaggi (SMSC) dove i messaggi vengono raccolti e poi spediti. Se un utente non è raggiungibile (entro un limite di tempo) l'SMSC lo recapiterà appena ritorna disponibile. Il servizio è disponibile sia su dominio a circuito che a pacchetto.

CBS: il messaggio viene distribuito dalla rete a tutti i mobili presenti in una determinata area (che va da una cella a tutta la rete).

### 10.8.2 - MMS (Multimedia Messaging Service)

Evoluzione dell'SMS per consentire l'invio di messaggi contenenti testo, immagini, suoni, animazioni, ecc. Il messaggio multimediale viene inviato e memorizzato nella rete, successivamente viene inviato al destinatario seguendo un meccanismo analogo a quello relativo all'SMS. È possibile l'invio e la ricezione tra mobile applicativo per consentire servizi come l'invio di pubblicità, news ecc.

L'architettura comprende differenti tipi di reti (reti mobili di seconda e terza generazione), infatti è disponibile sia su GPRS/EDGE sia su UMTS.

- MMS server: gestisce e memorizza i messaggi;
- MMS Relay: trasferisce i messaggi tra i differenti sistemi;
- MMS User Data: contiene le informazioni per la gestione degli utenti.
- MMS User Agent: applicazione che risiede nel telefonino tramite il quale è possibile gestire o creare gli MMS

Un MMS è un insieme di differenti tipi di contenuti, per consentire la gestione e l'organizzazione si seguono standard opportuni come SMIL (Synchronised Multimedia Integration Language). In questo

modo è possibile definire la sequenza e la temporalizzazione delle pagine, la posizione delle immagini e il testo sullo schermo.

Il servizio MMS supporta l'indirizzamento MSISDN (tramite il numero del telefonino interessato) e/o l'indirizzo e-mail.

Per quanto riguarda i protocolli di trasporto utilizzati:

- HTTP/TCP/IP con MMS Server/Relay attraverso un Gateway
- HTTP o SMTP con MMS Server e MMS Relay
- SMTP con due MMS Relay di differenti operatori

In generale l'UE non ha una connessione attiva per la ricezione dei messaggi. Per attivare il PDP Context bisogna sollecitare l'utente tramite un opportuno SMS. Questa procedura viene effettuata mediante il Push Proxy Gateway (eventualmente integrato nel WAP Gateway) e l'SMSC. L'MMS Relay viene informato, tramite il WAP, sulle caratteristiche del destinatario, in quanto non è detto che possiede le stesse caratteristiche del mittente e quindi potrebbe servire un adattamento dell'MMS inviato (es: risoluzione ridotta, scarto di componenti, formato, ecc). L'architettura dell'MMS poggia su quella WAP, i campi dell'header HTTP sono analoghi a quelli della GET, sono presenti il Content-Type, User-Agent, User-Agent Profile.

Invio MMS:

1. Invio all'MMS Relay/Server l'MMS interessato (Send Request attraverso la homepage specificata nella configurazione) e invia un codice identificativo;
2. L'MMS Relay/Server risponde con un Send.conf contenente il codice suddetto;
3. Il primo terminale riceve una notifica di consegna (Delivery.ind).

Ricezione MMS:

1. Invio del Notification.ind da parte dell'MMS Relay/Server (contiene varie info relative all'MMS)
2. L'UE effettua il prelievo dell'MMS mediante HTTP GET
3. L'MMS Relay/Server invia un M-Retrieve.conf
4. L'UE invia l'M-NotifyResp.ind per confermare la ricezione dell'MMS

Quando viene creato un MMS viene anche definito un file per la descrizione del messaggio (informazioni di carattere generale e specifiche). Il file è scritto nel linguaggio SMIL, dove la struttura è simile a quella dell'xHTML MP.

Il file si divide in due sezioni:

1. Header: informazioni di carattere generale;
2. Body: informazioni relative alla temporizzazione delle immagini ed i file presenti.

## Capitolo 11 - IP Multimedia Subsystem

### 11.1 - Architettura IMS

IMS è la nuova architettura che si basa su IP, per la gestione di diverse tipologie di servizio. E' divisa in 3 piani (connettività, controllo e applicazione). Tutti i servizi a circuito sono stati trasferiti su IMS che è basato sul dominio a pacchetto. Per garantire un graduale passaggio a questa nuova architettura non deve essere eliminato il dominio CS. La convergenza verso un'unica piattaforma comporta diversi vantaggi, quali la maggiore semplicità di implementazione dei servizi, e la possibilità di utilizzare protocolli diffusi dal mondo internet come SIP (Session Initiation Protocol).

- **CSCF**: registrazione, setup e controllo della sessione (elaborazione messaggi SIP)

- **P-CSCF**: inoltrare le richieste di registrazione, inviare messaggi SIP, inviare richieste/risposte SIP, eseguire compressione/decompressione messaggi SIP, eseguire protezione integrità informativa e cifratura. Può far parte della visited network
- **I-CSCF (elemento di contatto con altre reti)**: assegnazione di un S-CSCF dopo aver interrogato l'HSS, routing richieste/risposte SIP, generazione di Call Data Record (CDR)
- **S-CSCF (elemento principale)**: SIP Registrar (registrazione utente), instaurazione e controllo sessione, generazione di CDR. Fa parte solo della home network.
- **HSS (evoluzione dell'HLR/AuC)**: memorizzazione dati, profilo, info e localizzazione utente.
- **AS (Application Server)**: permette l'erogazione dei servizi. Viene assegnato dall'S-CSCF in base alle info fornite dall'HSS.
- **SEG (Security Gateway)**: nodo di protezione e interconnessione, che rafforza le policy di sicurezza nell'interfacciamento con i SEG di altri domini (di altri operatori).
- **SLF**: fornisce al nodo richiedente (AS o CSCF) l'HSS di pertinenza.

## 11.5 - Servizi IMS

Il pregio di questa nuova architettura è quello di utilizzare la stessa rete di trasporto, seppur con differenti valori di QoS, per servizi voce e dati. IMS inoltre non si basa solo su IP e SIP, ma anche su diverse altre funzionalità necessarie a realizzare reti robuste, sicure, interoperabili fra loro, in grado di offrire roaming e servizi con qualità. SIP è un protocollo di segnalazione in grado di creare, modificare, terminare sessioni di comunicazione tra più partecipanti. Per implementare un meccanismo di QoS è necessario utilizzare altri protocolli come SDP ed RTP. Il messaggio SIP contiene anche una parte SDP con informazioni su banda necessaria, codec etc.etc.. Durante una sessione SIP, i due mobili si scambiano info sulle rispettive capacità per associarle coerentemente alla sessione. E' possibile aggiungere altri media alla sessione già instaurata. Per servizi di tipo conversational viene utilizzato il protocollo UDP che consente bassi tempi di trasferimento e una bassa variabilità dei ritardi con cui arrivano le unità informative. La release 6 introduce il SIP Forking, che permette di trasmettere a più di una destinazione una richiesta SIP. La Service Based Local Policy consente di correlare i parametri negoziati durante l'instaurazione della sessione con quelli utilizzati durante e dopo l'attivazione dei PDP Context aggiuntivi. Nell'architettura 5/6 vengono introdotti PDF (Policy Decision Function) per il controllo delle risorse che vengono riservate a livello di connettività, ed il PEP (Policy Enforcement Point) per il controllo delle caratteristiche dei flussi IP.