

Reti mobile UMTS

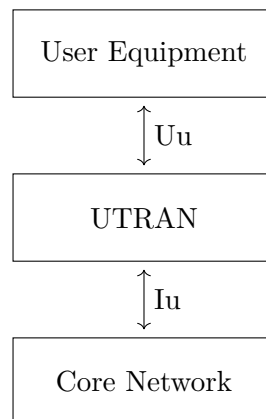
1 UMTS

UMTS, Universal Mobile Telecommunications System, è un sistema di terza generazione, 3G. Come già anticipato, esso usa la tecnica di accesso al mezzo **CDMA, Code Division Multiple Access** (in particolare WCDMA, Wideband CDMA), che aumenta le risorse radio disponibili, permettendo una maggiore capacità del sistema e una più alta velocità di trasporto dei dati (2Mbps in un ambiente fisso, 384kbps per l'utenza mobile a velocità pedonale e 144kbps per l'utenza veicolare).

Rispetto al GPRS, l'UMTS supporta diverse nuove applicazioni, anche *real-time*. Alcune delle principali applicazioni sono: teleconferenza, audio hi-fi, videotelefonia, messaggistica, trasferimento di file, web browsing e streaming video.

2 Architettura di rete

Ad alto livello, l'architettura di rete UMTS è formata da tre componenti:



- **User Equipment (UE)**: il terminale mobile tramite il quale l'utente usufruisce dei servizi offerti dal sistema. Esso è costituito da un dispositivo **Mobile Equipment (ME)**, che gestisce la trasmissione radio e l'interfacciamento dell'utente ai servizi offerti, e da un modulo **USIM (UMTS Subscriber Identity Module)**, che è un chip contenente informazioni relative al profilo dell'utente e codici di sicurezza (simile al modulo SIM del GSM).

- **UTRAN** (UMTS Terrestrial Radio Access Network): la rete di accesso, ovvero l'entità che controlla l'accesso alla rete tramite la gestione delle risorse radio. Questo è il "cuore" del sistema UMTS, l'entità che maggiormente lo differenzia dai sistemi GSM/GPRS (principalmente per l'introduzione della tecnica CDMA).
- **Core Network**: l'entità che si occupa della commutazione e dell'instradamento. Essa comprende due **domini** di rete: quello a **commutazione di circuito** (**CS domain**, Circuit Switched domain) e quello a **commutazione di pacchetto** (**PS domain**, Packet Switched domain).

La UTRAN comunica con l'User Equipment tramite l'interfaccia radio **Uu** (basata appunto sul CDMA), e con il Core Network tramite l'interfaccia **Iu** (in particolare **Iu-CS** per la commutazione di circuito e **Iu-PS** per la commutazione di pacchetto).

Lo standard UMTS ha avuto più release (versioni), nelle quali sono cambiate le componenti che costituiscono la rete. In seguito, verranno illustrate le evoluzioni più significative, a partire dalla prima versione, la release 1999.

2.1 Release 1999

La UTRAN è composta da due tipi di nodi:

- **nodi B**: sono l'analogo delle base station (BTS) del sistema GSM/GPRS;
- **Radio Network Controller (RNC)**: sono l'analogo dei Base Station Controller GSM/GPRS.

L'insieme di un RNC connesso a uno o più nodi B (tramite l'interfaccia **Iub**) prende il nome di *Radio Network Subsystem (RNS)*.

Una novità dell'UMTS è che gli RNC sono connessi direttamente tra loro (tramite un'interfaccia chiamata **Iur**), rendendo più semplici la gestione della mobilità e il processo di handover (UMTS implementa il soft handover). Nel GSM/GPRS, invece, non essendoci comunicazione diretta tra i BSC, si era obbligati a contattare gli MSC per effettuare l'handover.

L'RNC che gestisce le risorse radio relative a un nodo B è detto **Controlling RNC (CRNC)**, mentre si chiama **Serving RNC (SRNC)** quello che gestisce la connessione tra User Equipment e Core Network, controllando le risorse utilizzate dall'utente. Normalmente, entrambi questi ruoli vengono svolti dallo stesso RNC.

Per quanto riguarda invece il Core Network, nella release 1999 di UMTS esso coincide con l'infrastruttura di rete GSM/GPRS. Infatti, gli RNC comunicano:

- con gli MSC (tramite l'interfaccia Iu-CS) per i servizi a commutazione di circuito;
- con gli SGSN (tramite l'interfaccia Iu-PS) per i servizi a commutazione di pacchetto.

2.2 Release 4

La release 4 di UMTS apporta alcune modifiche alle entità presenti nel Core Network:

- L'MSC/VLR viene sostituito da un **server MSC**.
- Oltre all'HLR si ha anche l'**Home Subscriber Server (HSS)**, che svolge la stessa funzione ma comunica mediante interfacce a commutazione di pacchetto, basate ad esempio sul protocollo IP (mentre l'HLR utilizza normalmente interfacce a commutazione di circuito basate su SS7 — Signalling System 7).
- Si aggiunge un **Media Gateway (MGW)**, contenente la matrice di commutazione che gestisce fisicamente i vari flussi vocali sul percorso di trasmissione.

2.3 Introduzione del dominio IM

In una release successiva viene introdotto, in aggiunta ai domini CS e PS, un nuovo dominio completamente basato su IP, chiamato **dominio IM (IP Multimedia)**. Esso si fonda sul protocollo **SIP** (*Session Initiation Protocol*), e il terminale utente diventa un **agente SIP**.

Per implementare il dominio IM, vengono aggiunti al Core Network varie entità, tra cui:

- la **Call Session Control Function (CSCF)**, che gestisce le diverse fasi delle sessioni multimediali (attivazione, mantenimento e rilascio), e stabilisce anche la fatturazione;
- la **Media Resource Function (MRF)**, che supporta nuovi servizi come le chiamate tra più utenti e la videoconferenza;
- la **Media Gateway Controller Function (MGCF)**, che si occupa di inoltrare in modo opportuno i diversi flussi multimediali.

3 Architettura protocollare dell'interfaccia Uu

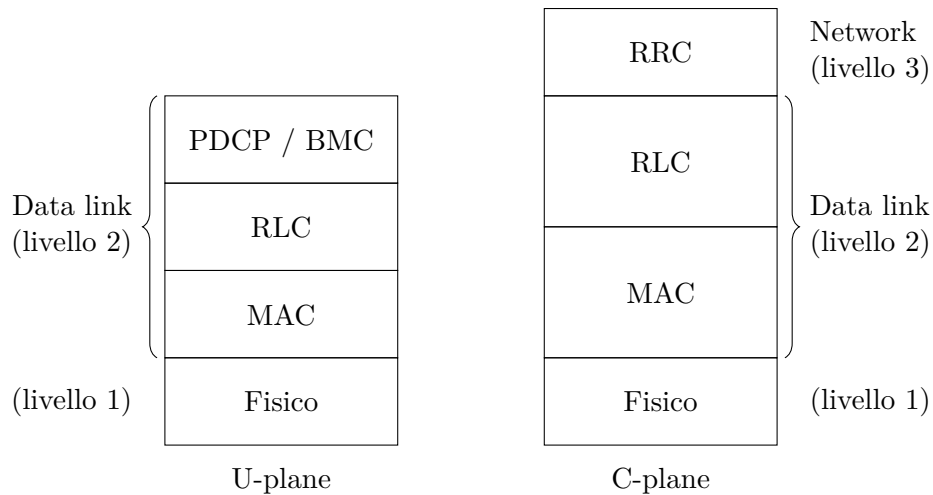
Come quella del GPRS, l'architettura protocollare di UMTS è suddivisa in un **piano di controllo (C-plane)** e un **piano d'utente (U-plane)**, che hanno i primi livelli in comune e livelli superiori diversi.

Le pile protocollari (di controllo e d'utente) dell'interfaccia radio Uu (quella tra lo User Equipment e l'UTRAN) sono divise in tre livelli principali:

1. **fisico**;

2. **data link**, a sua volta suddiviso nei sottolivelli **MAC**, **RLC**, **PDCP** (**Packet Data Convergence Protocol**) e **BMC** (**Broadcast/Multicast Control**);
3. **network**, nel quale si ha un importante sottolivello chiamato **RRC** (**Radio Resource Control**).

I livelli fisico, MAC e RLC sono presenti in entrambi i piani, mentre PDCP e BMC si trovano solo nel piano d'utente, e RRC appartiene solo al piano di controllo.



3.1 Livello fisico

I compiti del livello fisico sono:

- l'esecuzione dei soft handover;
- il rilevamento e la correzione degli errori;
- la modulazione e demodulazione del segnale;
- la sincronizzazione nel dominio del tempo e della frequenza (cioè di time slot, frequenze e codici);
- il multiplexing di più canali di trasporto attivati da un unico User Equipment;
- l'adattamento alla velocità di trasmissione;
- la misurazione del volume di traffico e della qualità della trasmissione, il cui risultato viene indicato ai livelli superiori.

3.2 Livello MAC

Il livello MAC (Medium Access Control) svolge numerose funzioni:

- *trasferimento dei dati*, in modalità unacknowledged (senza acknowledgement) e senza eseguire segmentazione/riassembaggio (che spettano invece al sottolivello superiore, RLC);
- definizione, nell'interfaccia con il sottolivello RLC, di una serie di canali logici, classificati in *canali di controllo* (assegnati al piano di controllo) e *canali di traffico* (assegnati al piano d'utente);
- *mappatura tra canali logici e canali di trasporto* (fisici);
- *multiplexing e demultiplexing* delle PDU dei livelli superiori;
- *selezione del formato di trasporto* da usare sul canale;
- *riallocazione delle risorse radio*, su richiesta del livello RRC;
- *gestione delle priorità*, sia tra diversi flussi dati di uno stesso User Equipment che tra diversi User Equipment sui canali condivisi;
- *cifratura* (solo quando il sottolivello RLC opera in modalità "transparent"), per garantire la *confidenzialità* delle informazioni (cioè prevenirne l'acquisizione non autorizzata);
- *rapporto delle misurazioni* raccolte dal livello fisico, che vengono inoltrate al livello RRC;
- *monitoraggio del volume del traffico* sui canali logici, che viene comunicato al livello RRC;
- *identificazione degli User Equipment* sui canali di trasporto comuni.

3.3 Livello RLC

RLC (Radio Link Control) è il sottolivello 2 del livello data link. Esso usufruisce dei servizi offerti dal sottolivello MAC per garantire a sua volta ai livelli superiori (RRC sul piano di controllo, e PDCP/BMC sul piano d'utente) un determinato numero di servizi specifici. In particolare, RLC prevede tre diverse modalità di trasmissione dei dati — **transparent**, **unacknowledged** e **acknowledged** —, e svolge le seguenti funzioni:

- *segmentazione e riassembaggio* delle PDU dei livelli superiori;
- *concatenazione* dell'ultimo segmento di una RLC PDU con il primo segmento della successiva, per poter riempire completamente ogni segmento (di lunghezza prefissata) senza bisogno di padding;

- *padding*, se la concatenazione non è attiva e i dati non occupano un intero segmento;
- *correzione di errore*, solo in modalità acknowledged;
- *rilevamento dei duplicati*;
- *consegna in sequenza* delle PDU di livello superiore;
- *controllo del numero di sequenza*, nella modalità unacknowledged, per garantire l'integrità delle PDU riassemblate;
- *controllo di flusso*, cioè adattamento della velocità di trasmissione in funzione della capacità dell'entità paritetica ricevente;
- funzioni di "*suspend and resume*", che permettono di sospendere e poi riattivare il trasferimento dei dati;
- *cifratura*, eseguita solo in modalità transparent.

3.4 Livello PDCP

PDCP (Packet Data Convergence Protocol) è il primo livello presente solo nel piano d'utente, ed è l'equivalente UMTS del livello SNDCP presente nel GPRS: esso nasconde ai livelli superiori i dettagli della rete UMTS. Le sue funzionalità sono:

- *trasferimento dei dati* nelle tre diverse modalità supportate dall'RLC;
- *segmentazione e riassemblaggio* delle PDU di livello superiore;
- *consegna in sequenza* delle PDU di livello superiore;
- *compressione e decompressione delle intestazioni di rete* (ad esempio quelle di TCP/UDP e IP);
- *multiplexing* di più flussi informativi verso una stessa entità RLC.

3.5 Livello BMC

Il livello BMC (Broadcast/Multicast Control) viene usato solo per i servizio di *broadcast* e *multicast*, mentre risulta trasparente a tutti gli altri tipi di servizi. Per trasmettere messaggi in broadcast e multicast, BMC usa solo la modalità unacknowledged del livello RLC, altrimenti gli acknowledgement di tutti i destinatari di un messaggio creerebbe un overhead eccessivo, che renderebbe pessime le prestazioni della rete.

3.6 Livello RRC

Al livello 3 del piano di controllo si trova RRC (Radio Resource Control), una delle componenti più importanti dell'architettura protocollare dell'interfaccia radio. Esso è infatti responsabile della gestione delle risorse radio e della loro allocazione a ogni singolo utente. Le sue funzioni sono:

- *instaurazione, mantenimento e rilascio di una connessione di segnalazione;*
- *configurazione dei canali radio;*
- *gestione della mobilità*, compresi gli handover verso reti GSM;
- *paging;*
- controllo della *qualità del servizio (QoS) richiesta*, in modo da allocare a ciascun flusso informativo una quantità di risorse radio adeguata per il tipo di servizio;
- *controllo della cifratura* (mentre l'esecuzione vera e propria della cifratura avviene ai livelli RLC e MAC).

4 Funzioni dell'UTRAN

Come detto prima, l'UTRAN è la parte più importante della rete UMTS, in quanto svolge il ruolo di “ponte” tra lo User Equipment e il Core Network. Nello specifico, esso si occupa di:

- *trasferimento dei dati d'utente* tra l'interfaccia Uu (verso lo User Equipment) e l'interfaccia Iu (verso il Core Network);
- *controllo di accesso* alla rete di nuovi utenti, accettandoli o rifiutandoli per cercare di evitare situazioni di sovraccarico;
- *controllo della congestione;*
- *cifratura e decifratura dei canali radio;*
- *gestione della mobilità*, tra cui in particolare l'*handover*;
- *gestione delle risorse radio*, per garantire un accesso adeguato ai canali;
- *codifica (e decodifica) di canale*, che aggiunge informazioni ridondanti al segnale per renderlo più “robusto”, facilitando l'identificazione degli errori in ricezione;¹

Quello della cifratura, in particolare, è un altro aspetto innovativo dell'UMTS: è la prima volta che si considerano problematiche di sicurezza nell'ambito delle reti mobile.

¹La codifica *di canale* si distingue dalla codifica *di sorgente*, che ha un comportamento “duale”: essa elimina dal segnale le informazioni ridondanti per renderlo “più leggero”, ridurre l'overhead della trasmissione.

5 Classi di QoS

I nuovi servizi offerti dal sistema UMTS richiedono non solo velocità di trasferimento dei dati elevate, ma anche ulteriori requisiti prestazionali (ritardo, errori, jitter tra flussi monomediali di un segnale multimediale, ecc.).

Mentre GPRS prevedeva un sistema di QoS basato direttamente sui vari parametri prestazionali, UMTS definisce quattro classi di QoS corrispondenti a *tipi di servizi* che hanno determinate caratteristiche:

- Classe **conversazionale**: servizi real-time con velocità di trasferimento simmetriche, bassa tolleranza ai ritardi e al jitter, e bit-rate dipendente dal tipo di servizio (telefonia o videoconferenza).
- Classe **streaming**: servizi monodirezionali con bassa tolleranza agli errori, ma, in generale, elevata tolleranza ai ritardi, perché l'applicazione ricevente bufferizza i dati prima di riprodurli.
- Classe **interattiva**: servizi real-time di tipo dati (come ad esempio il web browsing), che sono molto sensibili agli errori ma hanno requisiti temporali meno stringenti rispetto alla classe conversazionale.
- Classe **background**: traffico best-effort, senza vincoli temporali, che però richiede una trasmissione esente da errori (ad esempio SMS e email).

Ciascuna di queste classi possono essere messa in corrispondenza con una combinazione di impostazioni dei parametri di QoS del GPRS, ad eccezione delle classi relative a servizi **real-time**: questi ultimi sono appunto una novità dell'UMTS, mentre il GPRS non era in grado di supportarli.