

# Capitolo 11

## Conclusioni

In questo lavoro di tesi sono state analizzate le prestazioni dei protocolli a pacchetto per la trasmissione sull'interfaccia radio dei sistemi di comunicazione mobile cellulare GPRS (*General Packet Radio Service*) ed UMTS (*Universal Mobile Telecommunication System*). Per entrambi lo studio è stato effettuato ponendo particolare attenzione al livello *MAC (Medium Access Control)*, che gestisce l'accesso multiplo all'interfaccia radio in modo distribuito tra i vari utenti. Tale scelta è dovuta al fatto che i canali radio sono una risorsa preziosa e scarsa allo stesso tempo, in quanto regolamentata da leggi che ne assegnano l'utilizzo a vari operatori in modo fisso, non consentendo la scalabilità necessaria all'evolvere di un sistema di telecomunicazione in continua crescita come quello della comunicazione mobile. La scelta di algoritmi efficienti di gestione delle risorse diventa dunque cruciale per gli operatori che abbiano deciso di investire nei servizi di tipo GPRS ed UMTS.

In questa tesi di laurea è stato sviluppato uno strumento *software* di simulazione, utilizzando il linguaggio di programmazione C++, in grado di tenere conto delle caratteristiche principali dei sistemi di radiocomunicazione mobile: in particolare sono stati considerati gli aspetti di modellizzazione del traffico, mobilità degli utenti, allocazione e gestione delle risorse trasmissive. Inoltre sono state analizzate le procedure di comunicazione tra i vari livelli protocollari definite negli standard ETSI (*European Telecommunication Standard Institute*) e 3GPP (*3<sup>rd</sup> Generation Partnership Project*).

Il sistema GPRS rappresenta l'evoluzione dell'attuale rete GSM (*Global*

*System for Mobile communications*) verso l'introduzione della tecnica a commutazione di pacchetto sia sull'interfaccia radio che nell'architettura interna della rete. Questa caratteristica consente una connessione efficiente tra un terminale mobile e le reti fisse a pacchetto come Internet; il passaggio dall'architettura GSM a quella GPRS prevede l'introduzione di nuovi nodi di commutazione denominati GSN (*GPRS Support Node*) che svolgono funzioni di supporto per il traffico a pacchetto all'interno della rete.

Il livello fisico sfrutta la suddivisione delle portanti radio in una struttura di trame temporali, a loro volta ripartite in una serie di otto *time slot*, già utilizzata dal sistema GSM permettendo quindi di limitare le modifiche a livello radio. Il singolo *time slot* su ciascuna portante identifica un canale fisico e viene indicato con il termine PDCH (*Packet Data CHannel*).

Il canale radio, dedicato ad un utente GSM per tutta la durata di una comunicazione, viene ora utilizzato in modo da sfruttare le tecniche di moltiplicazione statistica mediante l'introduzione dell'entità denominata *Radio-block*. Un *Radio-block* è costituito dalla trasmissione dei dati per quattro trame successive nello stesso *time slot* e rappresenta l'elemento che permette la moltiplicazione tra i vari utenti GPRS. Le modalità previste dagli standard per l'assegnazione dei *Radio-block* sono di tre tipi:

- **Allocazione fissa:** ad un utente è assegnato un blocco radio su una portante in modo fisso ovvero ad intervalli regolari nel tempo.
- **Allocazione dinamica:** un utente è abilitato a trasmettere soltanto nei blocchi radio indicati espressamente dalla stazione radio base tramite l'invio, nel blocco precedente in downlink, di un opportuno flag denominato USF (*Uplink State Flag*).
- **Allocazione dinamica estesa:** la trasmissione avviene secondo le modalità indicate per l'allocazione dinamica, ma l'invio del flag USF assume un diverso significato, permettendo la trasmissione su di un maggior numero di *radio block* all'interno di una stessa trama.

Se GPRS è il sistema che ha introdotto la commutazione di pacchetto direttamente sull'interfaccia radio, UMTS (il cui ingresso sul mercato è previsto per il 2002) sarà il sistema che consentirà il trasporto di servizi multimediali a larga banda.

L'architettura UMTS si sviluppa a partire da quella GPRS introducendo un'interfaccia radio innovativa basata sulla tecnica di accesso multiplo CDMA (*Code Division Multiple Access*) che permette di raggiungere velocità di

trasmissione molto più elevate rispetto a quelle offerte dai sistemi GSM e GPRS. L'architettura di rete interna utilizza gli elementi GSN, introdotti in GPRS, apportando le modifiche necessarie a soddisfare le esigenze delle nuove tipologie di qualità di servizio ed introduce nuovi elementi di sistema quali il *Node B* ed il RNC (*Radio Network Controller*). La comunicazione avviene sulla base di trame radio suddivise in una serie di 15 *time slot*; la multiplexazione dei vari utenti viene effettuata tramite opportune sequenze pseudocasuali ortogonali denominate codici di *spreading*. Usando la tecnica CDMA è possibile la condivisione della stessa banda di frequenze negli stessi istanti temporali limitando, comunque, il livello di interferenza reciproco.

Il livello MAC prevede la possibilità di variare la velocità di trasmissione sulla base della trama radio, ovvero ogni 10 ms, in modo tale da raggiungere alti livelli di efficienza e da adattarsi velocemente alle caratteristiche delle sorgenti di informazione e del canale radio. Il trasporto dei dati può avvenire attraverso diversi canali a seconda della qualità di servizio richiesta dall'utente.

Lo strumento *software* è stato sviluppato con lo scopo di analizzare le prestazioni dei livelli MAC di entrambi i sistemi GPRS ed UMTS. La gestione temporale del simulatore è di tipo sincrono sulla base della durata temporale di una trama, con sovrapposta una struttura ad eventi che ha lo scopo di dare inizio a procedure di sistema quali la generazione di pacchetti dati, l'aggiornamento di posizione dei mobili, ecc.

La struttura del simulatore è costituita da un modulo di base che gestisce la mobilità degli utenti, secondo il modello di ambiente macrocellulare definito nello standard 3GPP UMTS 3G.03, a partire dal quale sono stati sviluppati separatamente i due sistemi. Lo scenario è costituito da un insieme di stazioni radio base disposte su di uno spazio ripiegato in modo da ottenere un'elevata efficienza computazionale.

Nel caso di GPRS sono state implementate le modalità di allocazione dinamica e fissa ed è stata prevista la possibilità di gestire le risorse in modalità dinamica estesa secondo quanto definito nello standard ETSI GSM 04.60. Inoltre è stato inserito un modulo per la simulazione contemporanea di traffico dati GPRS e traffico voce GSM per verificare il comportamento del sistema in caso di condivisione delle risorse.

Uno degli obiettivi del simulatore UMTS è la verifica del comportamento del sistema nel caso di trasmissione sui canali di trasporto comuni RACH, CPCH, DSCH e dedicato DCH, standardizzati da 3GPP nello standard UMTS 25.321.

I parametri prestazionali tenuti in considerazione sono stati la probabilità di blocco sulle connessioni GPRS e sulle chiamate GSM, il ritardo di accesso alle rete, il ritardo di trasferimento di un blocco dati di livello MAC ed il traffico smaltito. Per le simulazioni sono state utilizzate sorgenti di traffico di tipo ON-OFF, facendo variare il *bit-rate* generato per studiare le reazioni dei sistemi sui vari canali in diverse condizioni di carico.

I risultati ottenuti tramite le simulazioni sul sistema GPRS mettono in evidenza che, nel caso di condivisione di una portante con GSM, la rete può smaltire, con adeguate garanzie di servizio, il traffico offerto da 4 utenti GPRS che generano approssimativamente fino a 10 kbit/s, nel caso di alto carico GSM. Le prestazioni migliorano notevolmente nel caso di allocazione di risorse esclusiva per il GPRS su 7 PDCH, in quanto si riesce a gestire fino a 20 utenti in downlink che trasferiscono circa 20 kbit/s ognuno. Se si riserva un solo PDCH al traffico dati, le prestazioni decadono rapidamente al crescere del numero degli utenti. In questo caso si arriva a trasferire, con adeguate garanzie di servizio un traffico di 6.4 kbit/s con 5 utenti. Visto che nella sua fase iniziale il GPRS prevede una condivisione delle risorse con GSM, si conclude che non sarà possibile offrire servizi ad alto *bit-rate* in presenza di un elevato numero di utenti.

I risultati delle simulazioni UMTS hanno dimostrato che l'esistenza di diversi canali può essere sfruttata per supportare le differenti tipologie di servizi garantendo, comunque, l'efficienza nell'utilizzo delle risorse. Il RACH (canale a contesa in uplink), infatti, è un canale adatto a trasportare piccole quantità di dati senza, però, richiedere l'utilizzo di un codice dedicato. Per il trasporto, in uplink, di quantità di dati più consistenti si può utilizzare il canale CPCH che consente, con 3 codici allocati, di supportare fino a 10 utenti che generano un traffico di picco pari a 144 kbit/s. Per la trasmissione di traffico di tipo WWW in downlink, il canale DSCH, pur non essendo adatto a trasmissioni *real-time*, permette di ottenere *throughput* elevati se il numero di mobili si mantiene confrontabile al numero di codici attivati. Per trasportare i servizi dati *realtime*, invece, il DCH si dimostra essere il canale più indicato in quanto utilizza i codici in modalità dedicata a circuito; per il traffico WWW si potrebbero, inoltre, ipotizzare opportune politiche di rilascio del DCH per garantire una maggiore efficienza.

Dalle considerazioni appena evidenziate risulta che l'introduzione del sistema GPRS potrebbe essere utile come primo passo per la fornitura di servizi

multimediali nel caso in cui non vi sia un numero elevato di utenti; il sistema UMTS, invece, permetterà di soddisfare la crescente richiesta di servizi ad alto *bit-rate*, anche in aree geografiche densamente popolate.