

Capitolo 7

Conclusioni

I sistemi radiomobili sono oggi utilizzati da centinaia di milioni di persone in tutto il mondo e si sono diffusi negli ultimi anni con un tasso di crescita esplosivo. I servizi offerti agli utenti dagli attuali sistemi di seconda generazione (come il GSM) sono però limitati alla voce ed alla trasmissione di dati a bassa velocità. La sfida dei sistemi di comunicazione di terza generazione (fra cui la soluzione europea UMTS) è quindi quella di definire un nuovo *standard* capace di fornire servizi simili a quelli delle reti fisse. Per questo motivo, la terza generazione è stata pensata per rispondere ai nuovi requisiti posti dai servizi dati su mobile: l'universalità dei servizi forniti, la dinamicità in termini di *bit rate* e l'assegnazione efficiente e flessibile delle risorse di rete tra gli utenti. Mentre l'esigenza di universalità del servizio è perseguita attraverso l'interazione diretta col mondo *Internet* e poggia sulle funzioni di rete, i requisiti di trasporto e flessibilità sono coperti da una nuova modalità di accesso e di uso della risorsa radio. L'accesso radio, in particolare, si basa sulla tecnica a divisione di codice (CDMA) in quanto accetta per sua natura una vasta gamma di velocità trasmissive sullo stesso canale radio.

Nel sistema UMTS si è cercato di conseguenza di introdurre un certo grado di indipendenza tra l'interfaccia radio e le altre parti del sistema. Questa autonomia è stata realizzata mediante la separazione logica tra l'*Access Stratum* e il *Non Access Stratum*. Per *Access Stratum* si intende l'insieme di protocolli legati prevalentemente all'interfaccia radio; in modo complementare, con il termine *Non Access Stratum* si indicano quelli indipendenti dall'accesso radio.

In questa tesi si sono considerate le prestazioni dei soli protocolli a pacchetto di accesso radio. Lo studio ha riguardato in particolare il livello RRC (*Radio Resource Control*), le primitive di comunicazione con i livelli confinanti (MAC, RLC e gli strati superiori) e le problematiche di gestione delle risorse radio.

Il livello RRC è stato implementato utilizzando il linguaggio di programmazione C++ e seguendo quanto definito nello standard [23]. Il modello realizzato è stato inserito in un simulatore di rete UMTS, già fornito dei livelli MAC e RLC poi

opportunamente modificati al fine di interagire con il nuovo strato protocollare. Sopra i protocolli di accesso radio è stato sistemato un livello (denominato *Upper_layer*), che attualmente contiene le sole sorgenti di traffico e che si interfaccia con il RRC e il RLC rispettivamente nel piano di controllo e in quello d'utente. L' *Upper_layer* è stato però realizzato in vista di future espansioni della pila protocollare (come l'aggiunta dei livelli TCP e UDP). Il *Radio Resource Control*, così inserito nello strumento di simulazione, è in grado di gestire e controllare i livelli comunicanti; attraverso le misure (quali l'occupazione dei buffer e la qualità del canale fisico) effettuate dagli strati confinanti, il RRC esegue un monitoraggio delle risorse in maniera da poterle riconfigurare dinamicamente allo scopo di ottimizzarne la gestione. Per consentire inoltre al livello in esame una più realistica allocazione delle risorse, si è introdotto nel simulatore anche un modello di albero dei codici. Questo segue le regole definite nello standard [13]. Tale soluzione permette di supportare in contemporanea velocità di trasmissione differenti tra i vari utenti. Le velocità attualmente previste sono di 64, 144 e 384 kbit/s.

La gestione temporale del simulatore è di tipo sincrono con un passo di avanzamento pari alla durata di una trama (10 ms). A questo modulo di gestione è sovrapposta una struttura ad eventi che ha il compito di scatenare le procedure asincrone di sistema (come la scadenza di un Timer o la generazione di un nuovo pacchetto).

Per valutare le prestazioni del sistema in presenza di diversi servizi, sono state introdotte nel simulatore due distinte sorgenti di traffico. Una genera traffico *real time a bit rate* variabile (VBR) appartenente alla classe *Streaming* come qualità di servizio; l'altra invece è una sorgente dati di tipo UDD (*Unconstrained Delay Data*) che emula una sessione WWW e appartiene alla classe *Interactive* di QoS. Per assegnare adeguatamente le risorse radio ai servizi, secondo i requisiti specifici della QoS, il *Radio Resource Control* include al suo interno un modello funzionale. Questo è composto di un negoziatore (*RAB_negotiator*) e di un esecutore (*RAB_fulfiller*). Il primo ha il compito di proteggere la qualità dei servizi già accettati dal sistema, scegliendo se ammettere o meno nuovi servizi (può eventualmente rinegoziare i parametri dei servizi già accettati al fine di soddisfare le nuove richieste). Il secondo invece deve garantire la qualità dei servizi ammessi allocando le risorse in modo opportuno. L'insieme di queste procedure ed algoritmi costituisce il *Radio Resource Management*, che svolge un ruolo di supervisione e coordinamento delle funzionalità presenti negli altri livelli (MAC, RLC e livello fisico), consentendo un uso corretto ed efficiente dei canali messi a disposizione dal livello fisico. La gestione delle risorse radio costituisce quindi un aspetto di particolare importanza per il funzionamento di un sistema radiomobile come l'UMTS.

I risultati delle simulazioni hanno evidenziato quanto fondamentale sia il ruolo del RRC nella gestione del sistema; in particolare si è dimostrato come le procedure

di monitoraggio del volume di traffico sui canali di trasporto e di stima della qualità del canale radiomobile consentano di:

- variare il *rate* trasmissivo di un utente al fine di evitare perdite di pacchetti dovute a *overflow* nei buffer di trasmissione;
- ridurre al minimo l'uso di un codice con basso *spreading factor*, al fine di incrementare la disponibilità di sequenze ortogonali per gli altri utenti presenti nel sistema;
- sospendere la trasmissione dei dati sull'interfaccia radio, quando la qualità del canale radiomobile è tale da danneggiare in modo irre recuperabile le informazioni trasmesse.

Per i servizi video si è visto che la configurazione dello *Streaming RABS*, che prevede di utilizzare il DCH come canale di trasporto e la modalità *Transparent* per trasferire le informazioni a livello RLC, consente al sistema di smaltire il traffico offerto garantendo una buona qualità del servizio. Per ottenere questo risultato è però necessario definire una politica di controllo sull'ammissione di nuovi servizi *Streaming* basata sulla disponibilità delle risorse radio. Questo criterio introduce inevitabilmente una probabilità di blocco, che cresce all'aumentare delle richieste di servizio.

Per quanto riguarda i servizi *Interactive*, si è notato come l'esistenza di diversi canali può essere sfruttata per supportare il trasferimento dei dati d'utente. In particolare il CPCH e il DSCH consentono al sistema di accettare tutte le richieste di servizio, indipendentemente dalla disponibilità dei codici nell'albero. Questo porta però a registrare dei valori di *throughput* che decrescono all'aumentare del numero di utenti presenti nel sistema e al peggiorare delle condizioni del mezzo trasmissivo. Il DCH invece permette di accettare al massimo tante richieste di servizio UDD quante sono le sequenze ortogonali associate al minimo *rate* che l'albero può fornire. In questo modo se da un lato il sistema riesce ad assicurare migliori prestazioni al servizio (garantendo la disponibilità di un codice per ogni servizio accettato), dall'altro deve bloccare le richieste di connessione quando non è più in grado di assegnare in modo dedicato una sequenza OVSF.

Infine le prove effettuate hanno mostrato come, in uno scenario misto di servizi dati e video, le politiche di *admission control* implementate e l'algoritmo di *pre-emption* delle risorse assegnate ai traffici *Interactive* siano in grado di garantire la QoS dei servizi *Streaming*, al variare del carico offerto dagli utenti con servizi *Interactive*.