9 Verso la terza generazione

Il GPRS rappresenta un primo importante passo verso i sistemi di telecomunicazione mobile di terza generazione, costituendo un prerequisito per la loro introduzione. Tale standard permette infatti ai gestori di implementare un'architettura di rete di trasporto interamente basata su IP, che può essere facilmente riutilizzata ed espansa in seguito per supportare i sistemi di terza generazione. Inoltre, l'adozione del GPRS consente agli operatori di telefonia mobile di verificare la risposta del mercato alle diverse tipologie di servizi offerti, permettendo di inglobare e sviluppare nei sistemi futuri quelli di maggior successo.

Tra i principali sviluppi del sistema GPRS si ricordano l'EDGE, il GERAN e l'UMTS.

9.1 EDGE

Lo standard EDGE (*Enhanced Data rate for GSM Evolution*) introduce una nuova tecnica di modulazione per la trasmissione dei pacchetti di dati via radio tra la MS e la BTS e alcune nuove funzioni per la gestione dei collegamenti. Tale standard può essere applicato sia a reti a pacchetto GPRS che a reti basate sulla commutazione di circuito. L'introduzione dell'EDGE su reti a circuito prende il nome di ECSD (*Enhanced Circuit Switched Data*); nel seguito si considererà invece l'applicazione della nuova tecnica a reti GPRS, denominata EGPRS (*Enhanced GPRS*).

Mentre il GPRS, come il GSM, si basa su una tecnica di modulazione di tipo GMSK, l'EDGE può utilizzare anche una 8-PSK (*8-Phase Shift Keying*), caratterizzata da una maggiore efficienza spettrale. Questa tecnica, unita a metodi di trasmissione che tollerano gli errori, a nuovi meccanismi di adattamento dei collegamenti e a nuovi schemi di codifica, permette all'EGPRS di ottenere velocità di trasferimento fino a 473.6 kbit/s. I servizi introdotti dal GPRS non vengono modificati, ma il loro utilizzo è reso più veloce ed efficiente.

Oltre all'aumento del throughput per ogni utente, l'introduzione dell'EDGE permette anche di aumentare la capacità della rete: ora uno stesso timeslot può supportare più di un utente, quindi a parità di risorse radio cresce il numero di utenti che possono essere serviti.

Le modifiche necessarie all'introduzione dello standard EDGE sulle reti GPRS esistenti sono abbastanza ingenti: l'infrastruttura interna (reti di transito, SGSN, GGSN)

viene totalmente riutilizzata, ma si rende necessaria, oltre all'aggiornamento software di BTS e BSC, l'introduzione in ogni BTS di un modulo detto TRU (*Transceiver Unit*), con il compito di supportare il nuovo schema di modulazione e le nuove tecniche di gestione dei collegamenti. L'accresciuta velocità di trasmissione richiede inoltre l'aggiornamento delle interfacce Abis tra BTS e BSC. Oltre a ciò, naturalmente, gli utenti devono sostituire i propri terminali con altri compatibili col nuovo standard.

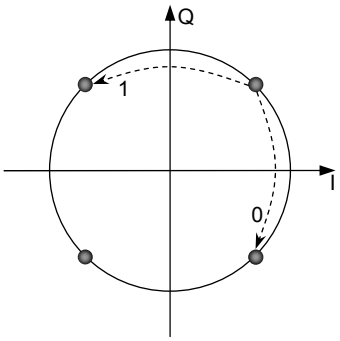

Figura 9.1. Modulazione GMSK

L'incremento della velocità di trasmissione è dovuto principalmente alla variazione del formato di modulazione. Il GSM/GPRS, come si è visto, utilizza la GMSK: ad ogni bit di dati è associata una variazione di $\pm \pi/2$ della fase del segnale modulato; in altre parole, ogni variazione di fase rappresenta un bit. In un diagramma I/Q (v. Figura 9.1), quindi, ad ogni bit corrisponde un simbolo. Con l'EDGE è stata introdotta, oltre alla GMSK, la modulazione 8-PSK; la scelta di tale formato di modulazione è stata determinata dal fatto che questo, pur avendo una maggiore efficienza spettrale, genera sui canali adiacenti un'interferenza simile a quella generata dalla GMSK. In questo modo è possibile integrare i canali EDGE nelle stesse bande precedentemente riservate a canali GSM/GPRS. Nella 8-PSK, tre bit consecutivi sono mappati su un unico simbolo, come mostrato in Figura 9.2. La velocità di trasmissione di un simbolo rimane la stessa del GSM, ma ora ogni simbolo rappresenta tre bit anziché uno.

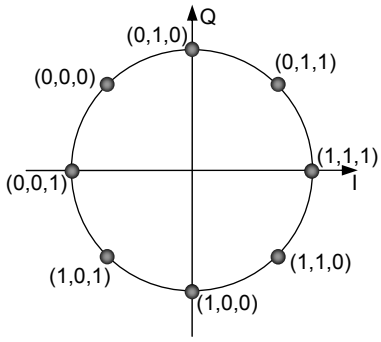

Figura 9.2. Modulazione 8-PSK

Evidentemente, però, il nuovo formato di modulazione riduce la distanza tra due simboli, aumentando la probabilità di errore del ricevitore. Tuttavia, alcuni dei bit aggiuntivi possono venire usati per la correzione degli errori, a seconda delle condizioni del canale. Se la qualità del segnale è eccessivamente bassa, inoltre, è previsto che si possa tornare alla GMSK.

Gli schemi di codifica introdotti dall'EDGE sono nove, indicati con le sigle da MCS1 a MCS9, in ordine di velocità crescente e di robustezza decrescente; i primi quattro utilizzano la GMSK, gli altri la 8-PSK. Le velocità di trasmissione (per timeslot) raggiungibili coi diversi schemi, confrontate con quelle ottenute dal GPRS, sono mostrate in Figura 9.3.

Come si è precedentemente accennato, lo standard EDGE introduce nuove tecniche di gestione dei collegamenti: se un pacchetto è stato ricevuto errato, l'EDGE (a differenza del GPRS) permette di risegmentarlo e ritrasmetterlo sfruttando uno schema di codifica più robusto. È anche possibile, in caso di errori, richiedere la trasmissione di altri bit ridondanti, che verranno poi combinati coi dati già ricevuti per tentare di correggere più efficacemente gli errori.

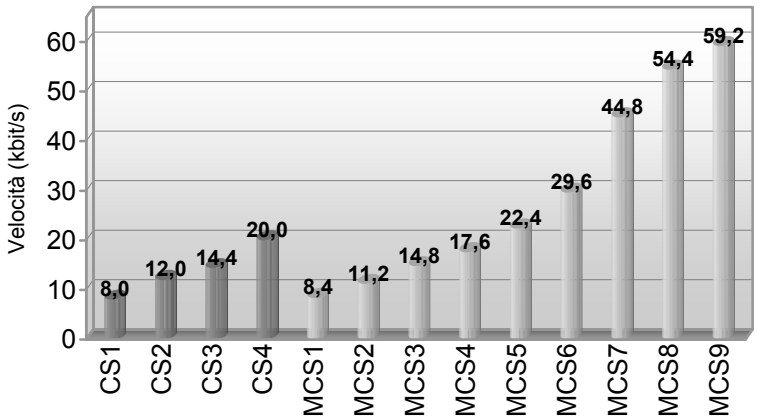

Figura 9.3. Velocità di trasmissione per timeslot di GPRS ed EDGE per i diversi schemi di codifica

L'EDGE introduce inoltre un nuovo sistema per stimare la potenza del segnale e la probabilità di errore, che, basandosi su ogni burst ricevuto anziché solamente sui due burst inutilizzati della struttura multitrama, permette di ottenere stime più accurate e di adattarsi più rapidamente alle variazioni del canale.

9.2 UMTS

I sistemi cellulari di terza generazione (3G) puntano ad offrire uno standard globale per tutti i servizi di trasferimento di voce e dati senza filo, caratterizzato da elevate velocità di trasferimento e da un'elevata flessibilità. Gli utenti hanno infatti la possibilità di accedere, mediante un unico standard, a tutti i sistemi di telecomunicazioni mobili, dai sistemi satellitari alle reti cellulari terrestri alle reti senza filo in area locale (v. Figura 9.4). In Europa, lo standard previsto dal 3GPP (*Third Generation Partnership Project*) per i sistemi di terza generazione prende il nome di UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*).

L'introduzione dello standard UMTS non consiste tanto nella creazione di un sistema di telecomunicazioni totalmente nuovo, quanto nell'evoluzione delle tecnologie esistenti in modo da dotarle di maggiori capacità e di permettere attraverso di esse l'erogazione di nuovi servizi. In particolare, per quanto riguarda i servizi di telecomunicazione cellulare, il nuovo standard si appoggia all'infrastruttura e alla tecnologia delle reti GSM/GPRS esistenti, riutilizzandone le sezioni di transito, ed estendendole con nuovi nodi e nuove interfacce. Le modifiche necessarie consistono principalmente nell'introduzione dei nodi necessari a supportare la nuova interfaccia radio, detta UTRA (*UMTS Terrestrial Radio Access*).

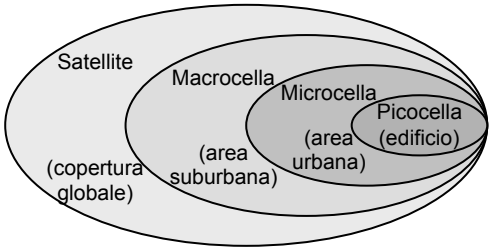

Figura 9.4. Aree di copertura UMTS

La rete UMTS (che si va a sovrapporre alle reti GSM/GPRS esistenti) comprende diversi *Radio Network System* (RNS), ognuno dei

quali è controllato da un *Radio Network Controller* (RNC), che connette uno o più elementi, detti nodi B, ognuno dei quali serve varie celle. In pratica, l'RNC è equivalente al BSC della rete GSM/GPRS, mentre il nodo B svolge le funzioni della BTS.

Come si è accennato, l'interfaccia radio dell'UMTS, detta UTRA, è completamente diversa da quella utilizzata dal GSM/GPRS, sia per quanto riguarda la banda di frequenze su cui opera (intorno ai 2 GHz), sia per le nuove tecniche di accesso multiplo utilizzate (di tipo WCDMA, *Wideband Code Division Multiple Access*). L'adozione di queste tecniche consente di raggiungere una massima velocità teorica di 2 Mbit/s al chiuso, di 384 kbit/s nelle aree urbane e di 144 kbit/s nelle aree rurali.

La tecnica di accesso multiplo a divisione di codice prevede che diversi utenti possano effettuare la trasmissione dei rispettivi dati nello stesso tempo e sulle stesse frequenze. I differenti segnali trasmessi sullo stesso canale possono essere separati grazie all'utilizzo di codici di spreading differenti. In fase di trasmissione, ogni bit di informazione viene moltiplicato per un'opportuna sequenza di bit di codice, differente da quella usata dagli altri utenti; a seguito di questa moltiplicazione, la banda occupata dal segnale aumenta. Il segnale così ottenuto viene trasmesso sulla stessa banda utilizzata dagli altri utenti; in ricezione, il singolo flusso di bit è estratto moltiplicando il segnale ricevuto per la stessa sequenza di bit di codice utilizzata al trasmettitore. Questa operazione ha l'effetto di ridurre nuovamente la banda del segnale utile, amplificandolo; gli altri segnali (dovuti non solo alle trasmissioni degli altri utenti ma anche a cammini multipli) costituiranno solo un rumore di bassa intensità. La Figura 9.5 schematizza tale processo.

L'utilizzo di una banda più ampia (di 5 MHz per canale) consente anche di diminuire le perdite di potenza dovute a fading, soprattutto nelle aree urbane con un gran numero di ostacoli. Inoltre, la tecnica a divisione di codice consente di poter utilizzare l'intera banda disponibile in ogni cella, senza rischi di interferenza tra celle adiacenti.

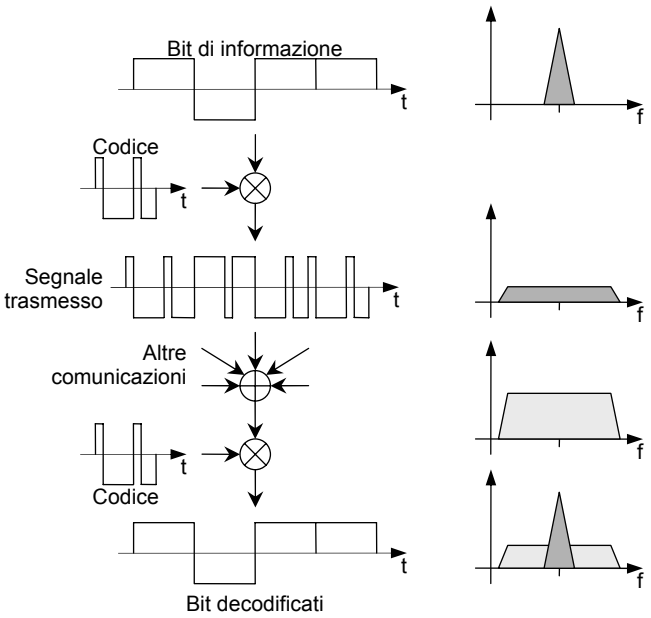

Figura 9.5. Accesso multiplo a divisione di codice

In questo modo, d'altronde, ogni utente di una stessa cella contribuisce ad abbassare il rapporto segnale/rumore percepito dagli altri utenti; in altre parole, le dimensioni della cella (intesa come l'area coperta dal segnale proveniente da una stazione base) diminuiscono all'aumentare del carico. Se il carico di una cella è eccessivo, gli utenti posti ai bordi possono essere assegnati alle celle limitrofe (principio di *cell breathing*), aumentando le dimensioni di queste ultime.

Nel sistema UMTS, a differenza del GPRS, le classi di qualità del servizio previste dipendono dal servizio per cui il sistema viene utilizzato: la classe conversazionale è utilizzata per conversazioni in tempo reale, la classe monodiffusa per la diffusione in broadcast di audio o video in tempo reale, la classe interattiva per l'accesso a servizi che prevedono un'interazione con l'utente, la classe subordinata per il trasferimento di dati a bassa priorità.

L'elevata velocità di trasmissione disponibile permette di offrire agli utenti servizi innovativi quali la videotelefonia in tempo reale o lo scambio di messaggi multimediali, oltre a rendere l'UMTS una valida alternativa per l'accesso veloce a Internet rispetto ai sistemi cablati.

9.3 GERAN

Lo standard GERAN (*GSM/EDGE Radio Access Network*) punta a fornire mediante EGPRS gli stessi servizi offerti dai sistemi a spettro espanso, connettendosi alla stessa rete di transito utilizzata da questi ultimi. Per competere direttamente con sistemi di terza generazione, parallelamente all'introduzione di nuovi servizi è necessario accrescere la capacità del sistema e l'efficienza spettrale dell'interfaccia radio. Grazie a tali sviluppi è possibile mettere a disposizione degli utenti le stesse quattro classi di qualità del servizio offerte dall'UMTS (conversazionale, monodiffusa, interattiva, subordinata), permettendo di gestire adeguatamente le applicazioni che necessitano di trasferire informazioni in diverse forme. In particolare, per introdurre lo standard GERAN su una rete GPRS esistente è necessario sviluppare il supporto delle classi conversazionale e monodiffusa, essendo le rimanenti due classi già supportate adeguatamente dal sistema GPRS.

In definitiva, il GERAN appare uno standard interessante soprattutto per gli operatori che non dispongono di una licenza per l'UMTS: grazie a tale standard essi possono offrire servizi simili a un prezzo teoricamente inferiore.