# 2 Architettura logica

Come accennato precedentemente, il GPRS è stato progettato in modo da riutilizzare il più possibile gli elementi delle reti GSM esistenti; in particolare, per le chiamate vocali o per servizi di trasferimento dati a commutazione di circuito i terminali GPRS fanno uso dei nodi e dei servizi tipici del GSM, comportandosi di fatto come terminali GSM standard.

Tuttavia, l'introduzione del servizio GPRS a commutazione di pacchetto e l'interconnessione diretta con reti a pacchetto esterne rendono necessari nuovi elementi, nuove interfacce e nuovi protocolli. In particolare, le antenne possono essere riutilizzate, nelle BTS (*Base Transceiver Station*) e nei vari database è sufficiente un aggiornamento software, mentre nei BSC (*Base Station Controller*) è necessaria anche l'installazione di una PCU (*Packet Control Unit*); sono infine necessari due nuovi nodi nella rete di transito, detti *GPRS Support Node* (GSN): l'SGSN (*Serving GPRS Support Node*) e il GGSN (*Gateway GPRS Support Node*). Agli utenti è naturalmente richiesta la sostituzione dei terminali GSM con altri capaci di supportare il nuovo standard.

L'architettura logica risultante è schematizzata in Figura 2.1.

## 2.1 MS

Con MS (*Mobile Station*) si indica l'unità mediante la quale l'utente può usufruire del

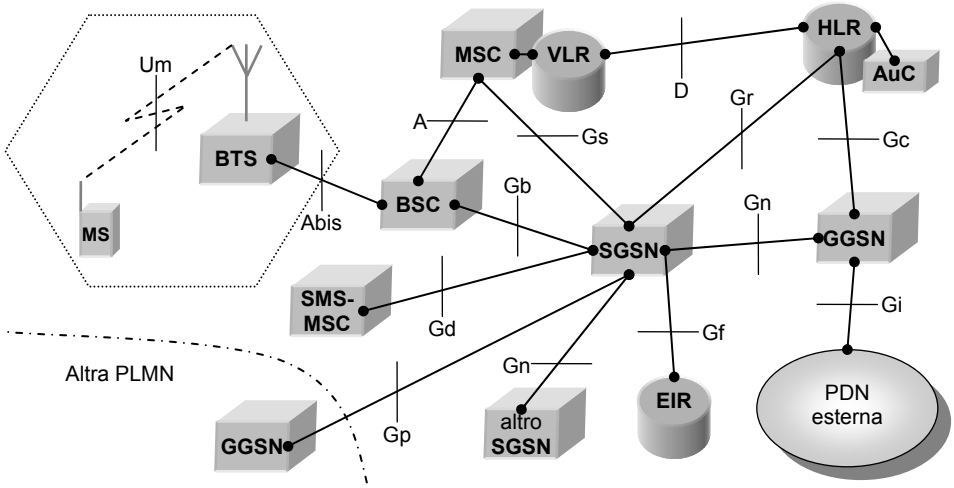


**Figura 2.1.** Architettura logica GSM/GPRS

servizio GPRS, unità composta da TE (*Terminal Equipment*) e MT (*Mobile Terminal*).

Il TE costituisce l'interfaccia del sistema GPRS con l'utente; può essere ad esempio un personal computer o un palmare. Ad esso (mediante interfacce seriali, a infrarossi, PCMCIA, Bluetooth ecc.) deve essere collegato l'MT, costituito ad esempio da un telefono o da una scheda GPRS, che si occupa della comunicazione tra il TE dell'utente e la rete GPRS. I due componenti possono anche essere riuniti in un unico dispositivo. In ogni caso, le MS sono suddivise in 3 classi:

- **Classe A**: i terminali di questa classe permettono la connessione simultanea ai servizi GSM e GPRS e l'effettuazione simultanea di chiamate GSM e GPRS; a tal fine, il terminale deve essere capace di gestire contemporaneamente più connessioni e di monitorare sia i canali GSM che quelli GPRS per rilevare chiamate entranti.
- **Classe B**: i terminali di questa classe possono monitorare simultaneamente i canali GSM e GPRS, ma supportano un solo servizio per volta; possono cioè connettersi simultaneamente a più servizi, ma non possono attivarli in contemporanea. Ad esempio, se arriva una chiamata GSM per un utente dotato di terminale di classe B già impegnato in un trasferimento di dati tramite GPRS, la chiamata può essere accettata e la connessione GPRS può rimanere attiva, ma la trasmissione dei dati deve essere interrotta.
- **Classe C**: i terminali di questa classe supportano la connessione sequenziale a uno solo dei servizi (GSM o GPRS); l'utente deve decidere di volta in volta a quale servizio connettersi, e risulta irraggiungibile per quello non selezionato. Esistono anche terminali (ad esempio, le schede GPRS da inserire in un PC portatile) progettati per supportare unicamente il servizio di trasmissione di dati a pacchetto; anche questi, evidentemente, appartengono alla classe C.

Il GPRS, così come il GSM, distingue esplicitamente tra l'utente e il dispositivo mediante cui questi si connette alla rete, ed assegna a ciascuno un codice identificativo internazionale. L'identità dell'utente è associata ad una tessera personale detta SIM (*Subscriber Identity Module*), che può essere trasferita liberamente da un terminale mobile all'altro o utilizzata in terminali fissi predisposti. In questo modo è possibile per uno stesso utente utilizzare terminali diversi senza dover effettuare alcuna registrazione manuale.

Ogni terminale mobile è identificato univocamente da un codice detto IMEI (*International Mobile station Equipment Identity*), mentre ogni utente, al momento della registrazione con un determinato operatore, riceve un IMSI (*International Mobile Subscriber Identity*), memorizzato nella carta SIM. Un utente può collegarsi alla rete GPRS solamente se una carta SIM con un codice IMSI valido è inserita in un terminale con un codice IMEI valido.

## 2.2 BSS

Il BSS (*Base Station Subsystem*) è l'elemento che si occupa della comunicazione radio con le MS presenti in una determinata area geografica (*routing area*), costituita da una o più celle, e del trasferimento delle informazioni tra le MS stesse e il resto della

rete. Ogni BSS è composto da un BSC (*Base Station Controller*) e da diverse BTS (*Base Transceiver Station*), una per cella[6]. Questi sono gli stessi componenti presenti nella rete GSM, con la sola aggiunta, in ogni BSC, di un nuovo componente funzionale detto PCU (*Packet Control Unit*), che permette di supportare il trasporto di pacchetti di dati. Il traffico originato da una MS, sia esso di tipo voce o dati, arriva infatti, attraverso la BTS, al BSC, il quale deve provvedere a separare il traffico relativo a servizi a commutazione di circuito (instradato verso l'MSC, v. par. 2.3) da quello relativo a servizi a commutazione di pacchetto (inviato all'SGSN, v. par. 2.7).

Ogni BTS comprende tutti gli strumenti (antenne, amplificatori, dispositivi per l'elaborazione del segnale…) necessari per la comunicazione radio con diversi terminali mobili presenti all'interno di una cella; le sue funzioni sono di stabilire il collegamento radio verso il terminale e di modulare e demodulare il segnale.

Il BSC controlla le BTS dello stesso BSS, concentra le connessioni relative a diverse BTS su di un unico collegamento fisico, gestisce le risorse radio utilizzate, riserva le opportune frequenze per le varie comunicazioni, instaura e abbatte le connessioni, si occupa degli handoff tra BTS di uno stesso BSS e determina la posizione della MS nel caso di chiamate entranti.

## 2.3 MSC/VLR

Il MSC (*Mobile-services Switching Center*) è l'elemento, già presente nell'architettura GSM, che svolge le funzioni necessarie per instaurare, controllare, tassare le chiamate relative al servizio a commutazione di circuito che interessano un terminale presente nell'area da esso gestita. L'area di competenza di ogni MSC può comprendere un gran numero di BSS. Un MSC non gestisce direttamente la connessione con la MS, ma instrada la chiamata verso l'opportuno BSC; si occupa cioè della gestione delle connessioni verso i BSC e verso altri MSC.

Il GMSC (*Gateway Mobile-services Switching Center*) è un particolare MSC che si occupa delle chiamate relative a servizi a commutazione di circuito che coinvolgono reti mobili di altri operatori o reti fisse a circuito (PSTN, *Public Switched Telecommunications Network*, o ISDN, *Integrated Services Digital Network*), operando come gateway tra la rete telefonica esterna e l'MSC su cui è registrato il terminale in questione.

Presso ogni MSC, generalmente integrato con esso, è presente un VLR (*Visitor Location Register*), ovvero un database distribuito che raccoglie temporaneamente informazioni sulle MS (anche di altri operatori) attive in quel momento nell'area gestita da quel MSC. Quando un utente entra nell'area di competenza di un certo MSC, il corrispondente VLR provvede a copiare le informazioni necessarie dall'HLR (*Home Location Register*, v. par. 2.4) al database locale, in modo da evitare frequenti aggiornamenti dell'HLR e trasmissioni delle informazioni riguardanti l'utente su lunghe distanze, permettendo così un più rapido accesso alle informazioni stesse.

[6] In effetti, si può definire una cella come l'area di copertura radio di una BTS.

Lo standard GPRS prevede inoltre che un MSC/VLR possa (a discrezione del gestore) essere esteso con nuove funzioni che permettano una efficiente coordinazione tra i servizi a commutazione di circuito e quelli a commutazione di pacchetto (v. par. 4.4).

## 2.4 HLR/AuC

L'HLR (*Home Location Register*) è il database centrale contenente informazioni dettagliate relative a tutti gli utenti registrati con un certo gestore. I dati contenuti, che possono riguardare sia il servizio GSM che il GPRS, si dividono in statici (IMSI, servizi sottoscritti, piani tariffari…) e dinamici (posizione corrente, stato…). Grazie a questi ultimi è possibile risalire in ogni momento all'area di traffico in cui l'utente si trova attualmente e dirigere la chiamata verso il nodo opportuno. L'HLR è un componente già presente nell'architettura GSM; con l'introduzione del GPRS è necessario un aggiornamento che permetta di includere, per ogni utente, informazioni relative ai nuovi servizi.

Associato all'HLR è l'AuC (*Authentication Center*), che contiene gli algoritmi per autenticare gli utenti e le chiavi per cifrare le informazioni trasmesse, in modo da proteggere l'identità dell'utente e le informazioni da esso scambiate. L'introduzione del GPRS non richiede alcuna modifica agli AuC già installati.

## 2.5 EIR

L'EIR (*Equipment Identity Register*) è un database contenente i codici IMEI di tutte le MS presenti nella rete di un operatore. A seguito di ogni tentativo di accesso alla rete GSM o GPRS da parte di un utente, viene effettuato un controllo del codice IMEI del terminale in questione, in modo da permettere funzioni di sicurezza come il blocco delle chiamate provenienti da telefoni rubati, obsoleti o che possono causare problemi alla rete.

In ogni EIR sono contenuti tre database: una *white list* contenente i codici dei terminali validi, una *gray list* contenente quelli relativi a terminali non funzionanti e una *black list* che contiene i codici IMEI dei terminali rubati. Ogni rete GSM/GPRS contiene un EIR; inoltre, per evitare che i terminali rubati possano venire usati in altre nazioni, sono previsti regolari scambi di dati con un unico registro centrale.

## 2.6 SMS-MSC

Lo standard GPRS, come spiegato nel paragrafo 3.2, prevede la possibilità di trasferire i messaggi SMS non solo attraverso i canali di segnalazione GSM ma anche utilizzando i canali destinati al servizio a pacchetto. A tal fine, non è necessario modificare né gli SMS-GMSC (*Short Message Service Gateway Mobile Switching Center*) né gli SMS-IWMSC (*Short Message Service Interworking Mobile Switching*

*Center*) già installati nelle reti GSM, ma è sufficiente l'aggiunta di un collegamento tra i nodi stessi e gli SGSN.

Poiché il servizio SMS, sia che si basi sul GSM sia che sfrutti i canali GPRS, opera in modalità "store-and-forward", tutti gli SMS-MSC di un determinato gestore sono collegati ad un server centrale dove i messaggi vengono memorizzati prima di essere spediti verso le rispettive destinazioni.

## 2.7 SGSN

L'SGSN (*Serving GPRS Support Node*) è uno degli elementi fondamentali introdotti nella rete GSM per gestire il servizio GPRS, e costituisce l'interfaccia tra la parte di rete che si occupa dell'accesso radio e la parte interna di trasporto. Il compito principale dell'SGSN è di recapitare alle MS presenti all'interno della sua area di traffico i pacchetti di dati diretti ad esse e instradare opportunamente sulla dorsale GPRS i pacchetti spediti dalle MS stesse.

Per questo, l'SGSN deve rilevare le nuove MS presenti nella propria area, inviare richieste all'HLR per ottenere informazioni sugli utenti, effettuarne l'autenticazione e la registrazione, tenere traccia della loro identità e posizione in un apposito registro (simile al VLR), gestirne il roaming. L'SGSN si occupa inoltre di cifrare e decifrare i dati scambiati con la MS, per garantire la riservatezza delle comunicazioni via radio.

## 2.8 GGSN

Il secondo elemento introdotto nella rete GSM per permettere la gestione del servizio di trasporto di dati a pacchetto è il GGSN (*Gateway GPRS Support Node*). Questo svolge la funzione di interfaccia tra la rete a pacchetto di proprietà del gestore del servizio GPRS e altre reti a pacchetto esterne (principalmente Internet, ma non solo): il suo compito è di convertire i pacchetti GPRS provenienti dall'SGSN nel formato appropriato alla rete su cui devono essere instradati e di rilanciarli sulla rete stessa; nella direzione opposta, il GGSN riceve i pacchetti dalla rete esterna e li invia all'opportuno SGSN. Evidentemente, il GGSN deve anche effettuare la conversione degli indirizzi di sorgente e/o destinazione in modo da uniformarli a quelli in uso sulla rete verso cui dovranno essere inviati i dati. Le reti esterne possono essere di diversi tipi: IP, X.25, reti GPRS di altri gestori, intranet aziendali ecc.

In generale, tra gli SGSN ed i GGSN c'è una relazione "da molti a molti": un GGSN può costituire l'interfaccia verso una rete esterna per diversi SGSN, mentre un SGSN può utilizzare diversi GGSN per scambiare i pacchetti con diverse reti esterne.

## 2.9 Interfacce

Lo standard GPRS definisce, oltre ai nodi che costituiscono la rete, le interfacce da utilizzare per lo scambio di dati tra i nodi stessi. Alcune di esse sono le stesse già in uso per il servizio GSM, altre invece sono specifiche del GPRS.

- **A**: interfaccia tra BSC e MSC/VLR, usata per trasferire i dati relativi al servizio GSM;
- **Abis**: interfaccia tra BTS e BSC, mutuata dal GSM, eventualmente aggiornata al fine di incrementarne la capacità;
- **D**: interfaccia tra MSC/VLR e HLR, anch'essa già in uso nel GSM standard;
- **Gb**: interfaccia tra un SGSN e la PCU all'interno di un BSC, basata sul protocollo *Frame Relay*;
- **Gc**: interfaccia (opzionale) tra GGSN e HLR;
- **Gd**: interfaccia (opzionale) tra SGSN e SMS-MSC, utilizzata per consentire la trasmissione di SMS sulla rete a pacchetto GPRS;
- **Gf**: interfaccia tra SGSN e EIR;
- **Gi**: interfaccia tra la rete GPRS (ovvero uno dei suoi GGSN) e una rete a pacchetto (*Packet Data Network*, PDN) esterna (nello standard GPRS sono supportate interfacce verso reti IPv4, IPv6 e X.25);
- **Gn**: interfaccia tra due GSN, ovvero SGSN e GGSN, utilizzata se i due GSN appartengono alla stessa PLMN[7];
- **Gp**: interfaccia tra due GGSN appartenenti a diverse PLMN;
- **Gr**: interfaccia tra SGSN e HLR, che consente l'accesso alle informazioni sugli utenti e l'aggiornamento dei dati variabili (ad esempio quelli relativi alla localizzazione);
- **Gs**: interfaccia (opzionale) tra SGSN e MSC/VLR, utile a favorire la collaborazione tra le reti GSM e GPRS per coordinare la fornitura dei servizi a circuito e a pacchetto allo stesso terminale;
- **Um**: interfaccia radio tra MS e BSS, mutuata dal GSM.

Tutti i GSN sono collegati tra loro mediante reti di transito (dorsali, *backbone*) basate su IP. All'interno di queste dorsali, i GSN incapsulano i pacchetti e li trasmettono utilizzando il protocollo GTP (*GPRS Tunneling Protocol*). Si possono distinguere due tipi di backbone: una *intra-PLMN backbone* (rappresentata dall'interfaccia Gn) è una dorsale di proprietà del gestore della rete GPRS che connette tutti i GNS del gestore stesso, mentre una *inter-PLMN backbone* (rappresentata dall'interfaccia Gp) connette GSN di reti GPRS appartenenti a gestori diversi, e viene installata solo se esistono accordi di roaming tra i gestori.

[7] L'interfaccia Gn costituisce, in pratica, la dorsale GPRS.

## 2.10 Interconnessione con reti IP

Come si è precedentemente accennato, una delle caratteristiche innovative del sistema GPRS rispetto al GSM tradizionale è la possibilità di interconnettere direttamente la rete GPRS con reti a pacchetto esterne (in particolare con reti IP come Internet o intranet aziendali) tramite un GGSN, in modo che, dall'esterno, la rete GPRS appaia come una qualsiasi sottorete e i terminali mobili come normali host. Il GPRS può quindi essere visto come un'estensione senza filo di una rete IP: le MS hanno accesso diretto alla rete esterna e viceversa.

Per ottenere questo risultato, è necessario assegnare ad ogni terminale mobile un indirizzo IP. È possibile effettuare un'assegnazione statica o dinamica; in quest'ultimo caso l'indirizzo assegnato ad ogni MS è valido solamente per la durata di una sessione. Ogni gestore di reti GPRS dispone di un certo numero di indirizzi IP riservati, alcuni dei quali possono essere assegnati in modo statico, mentre altri possono essere assegnati di volta in volta alle sole MS attive; per supportare l'assegnazione dinamica è però necessaria l'installazione di un server DHCP (*Dynamic Host Configuration Protocol*). La risoluzione tra indirizzi IP e indirizzi GSM/GPRS è effettuata dal GGSN collegato alla rete IP esterna. L'instradamento dei pacchetti attraverso la rete esterna fino all'opportuno GGSN avviene sulla base dell'indirizzo IP assegnato alla MS, che dovrà essere coerente con l'indirizzo della rete su cui la MS è registrata. Per effettuare il mappaggio dei nomi di dominio sui corrispondenti indirizzi IP è inoltre necessaria l'installazione di un DNS (*Domain Name Server*), mentre per proteggere i terminali registrati sulla rete da accessi non autorizzati è possibile installare un firewall tra la sottorete IP di proprietà del gestore e la rete IP esterna.