

GPRS – General Packet Radio Service

Il sistema GPRS permette ad un utente di trasmettere e ricevere dati a pacchetto senza utilizzare risorse di rete in modalità a circuito.

I servizi e le modalità di trasferimento che sono state standardizzate hanno lo scopo di adattarsi a traffici dati che hanno le seguenti caratteristiche:

- Traffici intermittenti o non periodici in cui il tempo fra due trasmissioni consecutive sia maggiore del ritardo di trasferimento medio end to end.
- Frequenti trasmissioni di piccoli volumi di dati: trasmissioni di meno di 500 ottetti con numerose trasmissioni al minuto.
- Trasmissioni non frequenti di grandi volumi di dati; esempio di questo tipo di traffico può essere un trasferimento di alcuni kbyte di dati con una frequenza di alcune richieste per ora.

All'interno del sistema GPRS sono disponibili due categorie di servizi.

- **Punto-Punto (PTP):** con questo servizio, pacchetti messaggio individuali possono essere trasmessi tra due utenti. Il servizio PTP viene offerto sia in modalità orientata alla connessione (Connection Oriented Network Service, PTP-CONS) che in modalità senza connessione (Connectionless Network Service, PTP-CLNS). Esempi di uso di servizi di categoria PTP:
 - Servizi di reperimento di informazioni su database remoti (es. WWW).
 - Servizi di messaggistica per la comunicazione attraverso unità di memorizzazione (es. E-mail service).
 - Servizi che prevedono una comunicazione con trasferimento dati bi-direzionale in tempo reale (es. Telnet).
 - Servizi caratterizzati dal trasferimento di piccole quantità di dati (es. validazione di carte di credito, monitoraggio di un sistema remoto).
- **Punto-Multipunto (PTM):** questo servizio consente ai pacchetti dati di essere trasmessi tra un utente di servizio e un gruppo specificato da questo utente, all'interno di una particolare area geografica. Il servizio PTM è suddiviso in:
 - *Multicast* (PTM-M) cioè servizi di distribuzione da un punto centralizzato all'interno della rete verso destinatari sparsi sul territorio (es. trasmissione di informazioni meteo o di traffico automobilistico).
 - *Group Call* (PTM-G) cioè servizi di conferenza che consentono il trasferimento in tempo reale ed in modalità multidirezionale di dati fra utenti sparsi sul territorio.

Per utilizzare i servizi forniti dall'architettura GPRS è previsto che l'utente registri l'attivazione del servizio mediante sottoscrizione esplicita e che identifichi il tipo di servizio richiesto mediante un profilo che definisce la qualità del servizio che deve essere garantita. I parametri necessari all'identificazione del profilo sono parte integrante del contratto e vengono successivamente mappati sulle connessioni fra gli elementi logici all'interno del sistema. Visto che lo scenario di mobilità degli utenti cambia le condizioni radio su cui opera un servizio (copertura, interferenza, ecc.) i parametri si riferiscono a condizione di copertura "accettabile" (senza entrare nel merito di tale definizione) e di carico normale della rete. In caso di congestione, tali parametri sono indicativi e la rete è tenuta solo a garantire la priorità fra i vari servizi.

Differenti profili di servizio sono disponibili in GPRS e sono stabiliti sulla base della qualità dei parametri di servizio, che sono:

- **Priorità**
Indica il livello di priorità relativa dei vari servizi in caso di funzionamento anomalo del sistema. Queste classi non vengono prese in considerazione nel caso in cui vi siano risorse sufficienti a servire tutti i flussi dati con gli attributi richiesti in fase di connessione o di sottoscrizione del contratto. Le classi di priorità previste dallo standard sono tre :
 - *Precedenza alta:* in caso di congestione, i servizi appartenenti a questa classe devono avere la

- precedenza sui servizi di ogni altra classe. Si realizza un meccanismo a priorità in cui questa classe deve essere servita a discapito di ogni altra.
- *Precedenza normale*: mantiene le stesse caratteristiche della classe a precedenza alta ma soltanto nei confronti delle classi inferiori.
 - *Precedenza bassa*: è servita soltanto in assenza di traffico appartenente alle altre classi.
- **Affidabilità**
Indica le caratteristiche trasmissive che un'applicazione richiede ai livelli sottostanti. Le classi, di numero pari a 3, sono caratterizzate da varie probabilità di errore (perdita di pacchetto, pacchetto duplicato, pacchetto fuori sequenza, pacchetto con errori). Per la classe 1, queste probabilità devono essere tutte inferiori a 10^{-9} .
 - **Ritardo**
Nel caso di servizi interattivi sono stati definiti i ritardi massimi che la rete deve garantire al flusso di informazioni transiente all'interno del sistema GPRS. Le classi, in numero pari a 4 (1 – ritardo minimo, ..., 4 – best effort) sono definite in termini di valore medio ed 95o percentile del ritardo nel flusso di informazioni all'interno della rete GPRS ed includono il ritardo di accesso alla rete in uplink ed il ritardo di pianificazione in downlink. Ad entrambi i tipi di comunicazione va aggiunto il ritardo di transito all'interno della rete GPRS fino all'inoltro del traffico sulle reti esterne. I punti di riferimento su cui ci si basa per determinare i ritardi sono l'interfaccia R e l'interfaccia G dell'architettura logica del sistema. La rete dovrà garantire sicuramente la classe best effort, lasciando libertà ai gestori di adottare le altre tipologie.
 - **Capacità**
E' un parametro che dovrebbe fornire un'indicazione quantitativa della banda richiesta per il trasferimento dei dati di utente. I parametri di throughput che possono essere specificati si riferiscono al comportamento medio (Mean Throughput) e di picco (Peak Throughput) della comunicazione. Il parametro Peak Throughput class è particolarmente importante in quanto viene utilizzato a livello MAC. Tale parametro è scambiato tra BTS e MS in fase di instaurazione della comunicazione e può essere utilizzato per allocare le risorse trasmissive. In base a questi parametri, negoziati al momento della sottoscrizione del servizio o in fase di instaurazione del collegamento, il terminale mobile ottiene una assegnazione delle risorse radio ed una priorità che viene utilizzata per la gestione dei flussi informativi. Le possibili priorità che possono essere assegnate a livello radio sono quattro e vengono utilizzate in fase di instaurazione del collegamento. L'assegnazione delle risorse radio si basa sulla peak throughput class e sulla capacità di ricezione e trasmissione del terminale mobile. La scelta della priorità radio viene mappata sullo specifico flusso dati e viene utilizzata in fase di pianificazione dei vari flussi all'interno della BTS.

Architettura Logica

La familiare architettura GSM è espansa, per il servizio dati a pacchetto, da tre nuovi elementi.

Il Gateway GPRS Support Node (GGSN) opera come interfaccia con le reti esterne. In questo dispositivo avviene l'analisi degli indirizzi del protocollo dati a pacchetto e la loro conversione nell'IMSI della rispettiva MS. I pacchetti dati sono decapsulati e, in accordo con le opzioni offerte dal protocollo di rete, inviati alla successiva entità dello strato di rete. Può richiedere il supporto del HLR per informazioni sulla localizzazione.

Il Serving GPRS Support Node (SGSN) fornisce alle stazioni mobili supporto funzionale. A questa unità vengono richiesti, da parte del GPRS Register (GR) gli indirizzi dei sottoscrittori di una chiamata di gruppo. Quando avviene un attach di un dispositivo GPRS, l'SGSN crea un contesto di gestione della mobilità, che contiene le informazioni riguardo ad esempio la mobilità e la sicurezza adottata per la MS; in fase di attivazione di un contesto PDP, l'SGSN crea un contesto PDP, utilizzato a scopo di routing, con il riferimento al GGSN che il sottoscrittore utilizzerà durante l'uso del servizio.

Le funzionalità del GGSN e del SGSN possono essere implementate fisicamente in una singola unità. Inoltre, GGSN e SGSN contengono funzionalità di routing su IP, in tal modo possono interconnettersi a router IP.

Tutti i dati relativi a servizi GPRS sono immagazzinati in un GPRS Register (GR), che spesso è considerato parte del HLR.

Uso del servizio

Attach/Detach

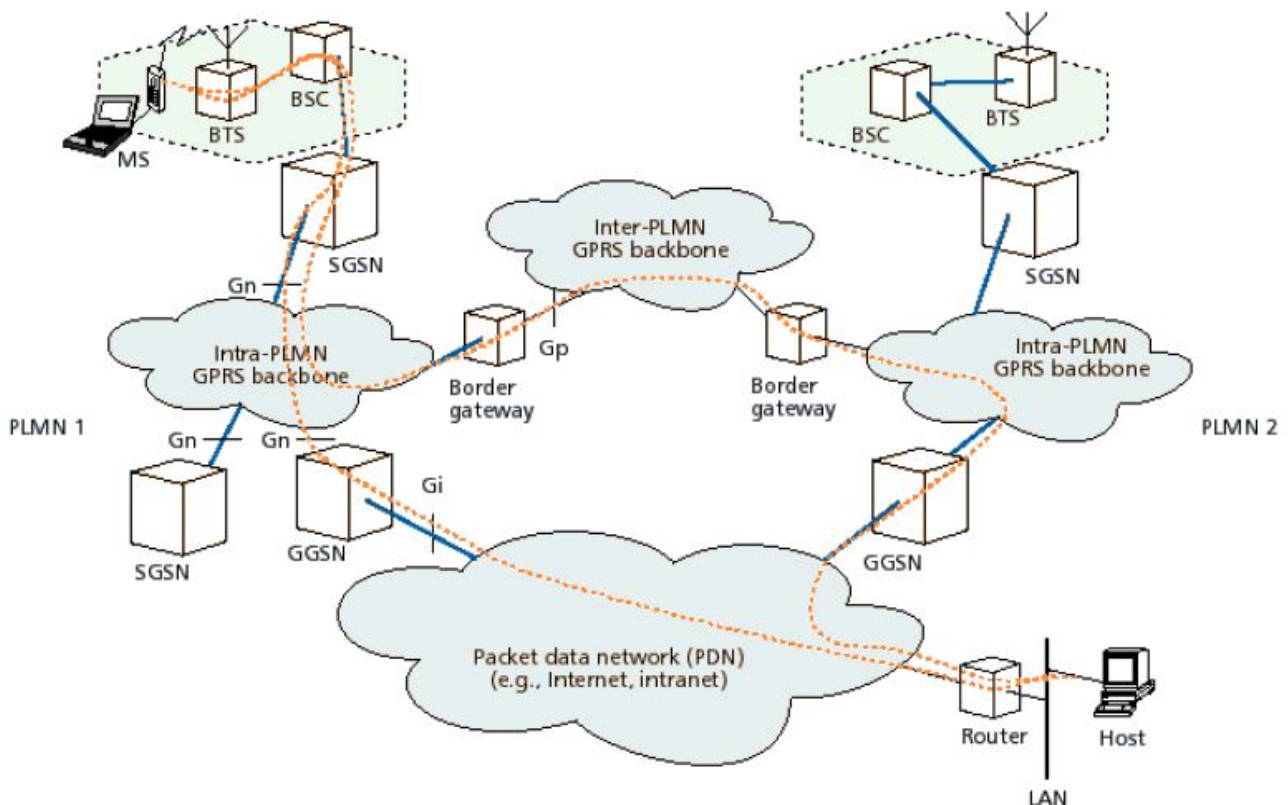
Affinché una mobile station possa usare i servizi GPRS, deve registrarsi presso un SGSN della rete GPRS. La rete controlla se l'utente sia autorizzato, copia il profilo utente dall'HLR all'SGSN, ed assegna un packet temporary mobile subscriber identity (P-TMSI) all'utente. Questa procedura è chiamata GPRS attach. Per la MS che usano sia i servizi a commutazione di circuito che quelli a commutazione di pacchetto, è possibile avere una procedura di attach combinata per GPRS e IMSI. La disconnessione da una rete GPRS è chiamata GPRS detach. Essa può essere iniziata sia dalla MS che dalla rete (SGSN o HLR).

Creazione di un contesto PDP

Per scambiare pacchetti con PDN (Packet Data Network) esterne dopo un attach GPRS che ha avuto successo, una mobile station deve rivolgersi a uno o più indirizzi usati nella PDN, per esempio un indirizzo IP nel caso in cui la PDN sia una rete IP. Questo indirizzo è chiamato indirizzo PDP (Packet Data Protocol). Per ogni sessione, viene creato un cosiddetto contesto PDP, il quale descrive le caratteristiche della sessione. Esso contiene il tipo PDP (per esempio Ipv4), l'indirizzo PDP assegnato alla mobile station (per esempio 129.223.123.45), la richiesta QoS, e l'indirizzo di un GGSN che serve come punto di accesso alla PDN. Questo contesto è salvato nell'MS, nel SGSN e nel GGSN. Con un contesto PDP attivo, la MS è visibile per la PDN esterna ed è in grado di mandare e ricevere pacchetti. Il mappaggio dei due indirizzi, PDP e IMSI, abilita il GGSN a trasferire pacchetti di dati tra la PDN e l'MS. Un utente può avere più contesti PDP simultanei in un determinato tempo. L'allocazione dell'indirizzo PDP può essere statica o dinamica. Nel primo caso, l'operatore di rete della PLMN dell'utente assegna permanentemente un indirizzo PDP all'utente. Nel secondo caso, un indirizzo PDP è assegnato all'utente su attivazione di un contesto PDP. L'indirizzo PDP può essere assegnato dall'operatore della PLMN dell'utente o dall'operatore della rete ospite. L'operatore di rete dell'utente decide quale possibile alternativa usare. Nel caso di un'assegnazione dinamica di un indirizzo PDP, il GGSN è responsabile per l'allocazione dell'attivazione / disattivazione degli indirizzi PDP.

Usando il messaggio "activate PDP context request", l'MS informa l'SGSN circa in contesto PDP richiesto. Se l'assegnazione dinamica dell'indirizzo PDP è richiesta, il parametro dell'indirizzo PDP verrà lasciato vuoto. Inoltre, le funzioni di sicurezza (per esempio l'autenticazione dell'utente) vengono operate. Se l'accesso è garantito l'SGSN manderà un messaggio "create PDP context request" al relativo GGSN. Quest'ultimo creerà una nuova voce nella sua tabella del contesto PDP, la quale abilita il GGSN a instradare i pacchetti di dati tra l'SGSN e una PDN esterna. Inoltre, il GGSN dà un messaggio di conferma "create PDP context response" all'SGSN, il quale contiene l'indirizzo PDP nel caso in cui un'allocazione dinamica dell'indirizzo sia stata richiesta. L'SGSN aggiorna la sua tabella dei contesti PDP e conferma l'attivazione di un nuovo contesto PDP all'MS ("activate PDP context accept"). IL GPRS supporta anche l'attivazione di un contesto PDP anonimo. In questo caso, le funzioni di sicurezza mostrate nella figura soprastante vengono saltate, e pertanto, l'utente (cioè l'IMSI) usando il contesto PDP rimane sconosciuto alla rete. L'attivazione di un contesto anonimo può essere impiegata per i servizi prepagati, dove l'utente non vuole essere identificato. Solo l'allocazione dinamica degli indirizzi è possibile in questo caso.

Instradamento



La figura mostra un esempio di come i pacchetti sono instradati nel GPRS. Una MS GPRS che si trova in PLMN1 manda pacchetti IP ad un host connesso alla rete IP, per esempio ad un web server connesso ad internet. L'SGSN a cui la MS è registrata incapsula i pacchetti IP che provengono dalla MS, esamina il contesto PDP, ed li instrada attraverso il backbone GPRS intra-PLMN al GGSN appropriato. Il GGSN decapsula i pacchetti e li manda sulla rete IP, dove i meccanismi di instradamento IP sono usati per trasferire i pacchetti al router di accesso della rete di destinazione. Quest' ultimo manda i pacchetti IP all'host. Si assuma che la PLMN della MS sia PLMN2. Pertanto, l'indirizzo IP ha lo stesso prefisso di rete che ha l'indirizzo IP del GGSN di PLMN2. L'host corrispondente sta ora mandando dei pacchetti IP all'MS. I pacchetti sono mandati fuori alla rete IP ed instradati al GGSN di PLMN2 (il GGSN dell'MS). Quest' ultimo interroga l'HLR ed ottiene le informazioni che l'MS si trovi in quel momento in PLMN1. Esso incapsula i pacchetti IP entranti e crea un tunnel per questi attraverso il backbone inter-PLMN del GPRS all'SGSN appropriato di PLMN1. L'SGSN decapsula i pacchetti e li manda all'MS.

Gestione della localizzazione

L'obiettivo principale del location management è tenere traccia dell'ubicazione corrente dell'utente, cosicché i pacchetti in arrivo possano essere instradati all'MS. Per questo motivo, l'MS manda frequentemente messaggi di aggiornamento della collocazione al proprio SGSN. Se l'MS mandasse di rado gli aggiornamenti della sua collocazione, quest' ultima (per esempio la cella corrente) non sarebbe esattamente nota e darebbe necessario il paging per ogni pacchetto in ricezione, con il risultato di avere un significativo ritardo nel trasporto dei pacchetti stessi. D' altra parte, se gli aggiornamenti sulla locazione avvengono spesso, la locazione dell'MS è ben nota alla rete, e i pacchetti possono essere consegnati senza ulteriori ritardi dovuti al paging. Ad ogni modo, parecchia capacità radio in trasmissione e la batteria del terminale vengono consumati in questo caso. Pertanto, una buona strategia di gestione della locazione deve essere un compromesso tra questi due metodi estremi.

Per questa ragione è stato definito un modello a tre stati per la gestione della locazione in GPRS. Un MS può essere in uno di questi tre stati in base al suo traffico corrente; la frequenza di aggiornamenti della locazione dipende dallo stato dell'MS. Nello stato di IDLE l'MS non è raggiungibile. Facendo un GPRS attach, l'MS va nello stato di READY. Con un GPRS detach esso può disconnettersi dalla rete e tornare nello stato di IDLE. Tutti i contesti PDP saranno cancellati. Lo stato di STANDBY sarà raggiunto quando una MS non manda

alcun pacchetto per un lungo periodo di tempo, e quindi termina il timer di READY (che era partito al GPRS attach). Nello stato di IDLE, non viene fatto nessun aggiornamento della locazione, cioè, la locazione corrente dell'MS non è nota alla rete. Un MS in stato di READY informa il suo SGSN di ogni movimento verso una nuova cella. Per la gestione della locazione di un MS in STANDBY una location area (LA) del GSM è divisa in più routing area (RA). In generale una RA consiste di più celle.

L'SGSN sarà solo informato quando una MS si sposterà in una nuova RA; i cambiamenti di cella saranno trasparenti. Per trovare la cella corrente dell'MS nello stato di STANDBY, deve essere fatto il paging dell'MS in una certa RA. Per gli MS in stato di READY, il paging non è necessario.

Quando un MS si muove verso una nuova RA, esso manda un "routing area update request" al suo SGSN assegnato. Il messaggio contiene la routing area identity (RAI) della sua vecchia RA. La BSS aggiunge un cell identifier (CI) della nuova cella, da cui l'SGSN può derivare il nuovo RAI. Sono possibili due differenti scenari:

- *L'aggiornamento della RA intra-SGSN:* l'MS si è spostato verso una RA assegnata allo stesso SGSN di quella vecchia. In questo caso, l'SGSN ha già salvato il profilo utente necessario e può assegnare un nuovo new packet temporary mobile subscriber identity (P-TMSI) all'utente ("routing area update accept"). Dal momento che il contesto di instradamento non cambia, non c'è bisogno di informare altri elementi di rete, come il GGSN l'HLR.
- *L'aggiornamento della RA inter-SGSN:* la nuova RA è amministrata da un differente SGSN rispetto a quello della vecchia. Il nuovo SGSN realizza che l'MS ha cambiato la sua area e richiede al vecchio SGSN di mandare il contesto PDP all'utente. Dopodiché, il nuovo SGSN informa i GGSN relativi circa in nuovo contesto di instradamento dell'utente. Inoltre, l'HLR, se necessario, l'MSC/VLR vengono informati del nuovo SGSN dell'utente.

Ci sono inoltre degli aggiornamenti combinati per RA e LA. Questi avvengono quando un MS che usa contemporaneamente il GPRS e il GSM si sposta verso una nuova LA. L'MS manda un "routing area update request" all'SGSN. Il parametro "update type" è usato per indicare che è necessario un aggiornamento di LA. Il messaggio viene quindi inoltrato al VLR, che fa un aggiornamento di LA. Per riassumere la gestione della mobilità per il GPRS consiste di due livelli:

- la gestione della *micromobilità* che tiene traccia della corrente RA o della cella della MS. Viene fatta dall'SGSN.
- La gestione della *macromobilità* tiene traccia dell'SGSN corrente della MS e salva le informazioni relative nell'HLR, VLR, GGSN.

Una cella che supporta il GPRS può allocare i canali fisici per il traffico GPRS. Un tale canale fisico è contraddistinto come un packet data channel (PDCH). I PDCH sono presi dall'insieme comune di tutti i canali disponibili nella cella. Pertanto, le risorse radio di una cella sono condivise da tutti i gli utenti GPRS e non che si trovavano in quella cella. Il mappaggio dei canali fisici con i servizi a commutazione di pacchetto o di circuito può essere fatta dinamicamente in base al traffico, alla priorità. Una procedura di supervisione del carico monitorizza il carico di PDCH nella cella. In base alla domanda corrente, il numero di canali allocati per il GPRS può essere cambiato. I canali fisici non correntemente in uso dal GSM possono essere allocati come PDCH per incrementare la qualità del servizio. Quando c'è una domanda di risorse per servizi con alta priorità, i pdch possono essere deallocati.

Canali logici

Il mapping dei canali dati a pacchetto (PDCH) sui canali fisici segue lo stesso principio di GSM. Un PDCH è quindi determinato da un timeslot fisico e da un numero TDMA. Il canale di uplink e il canale di downlink rappresentano risorse logiche separate (ad esempio su uno stesso PDCH, i dati possono essere inviati ad una MS in downlink e altri dati possono essere inviati da una MS in uplink nello stesso tempo). L'allocazione di un PDCH è controllata in modo dinamico.

Tutte le necessarie segnalazioni hanno luogo sul cosiddetto *Master Packet Data Channel* (MPDCH), il quale è suddiviso logicamente in:

- Packet Broadcast Control Channel – veicola informazioni di controllo specifiche per GPRS

- Packet Random Access Channel – per l'accesso random
- Packet Paging Channel – indica quali dati stanno per essere inviati in downlink
- Packet Access Grant Channel – in cui vengono indicate le autorizzazioni di accesso.

Il trasferimento dei dati e le segnalazioni relative alle connessioni sono veicolati sul cosiddetto *Slave Packet Data Channel* (SPDCH) che include:

- Packet Traffic Channels (PTCH) – che sono allocati temporaneamente e individualmente alle MS per il trasferimento di dati
- Packet-Associated Control Channels (PACCH) – su cui vengono trasmessi i dati di segnalazioni relative alle connessioni.