

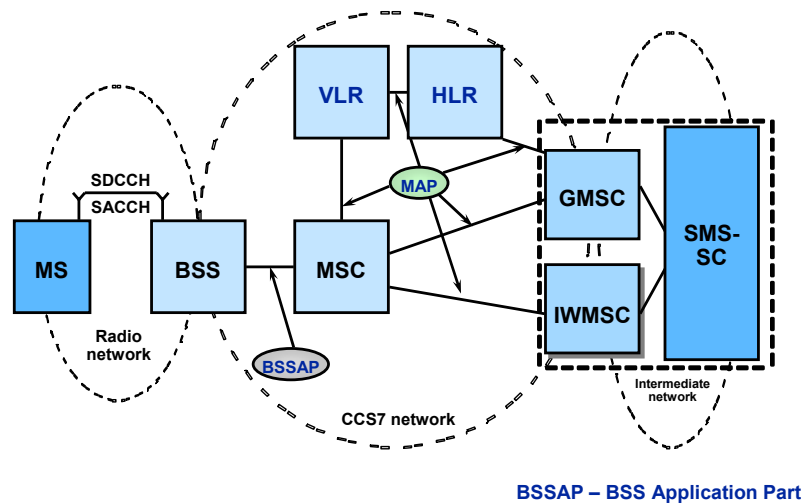
Dati GSM e GPRS: sistema e servizi

Gruppo Reti TLC

giancarlo.pirani@telecomitalia.it

<http://www.telematica.polito.it/>

GSM Short Message Service network architecture



GIANCARLO PIRANI – TELECOM ITALIA LAB

GPRS Dati - 2

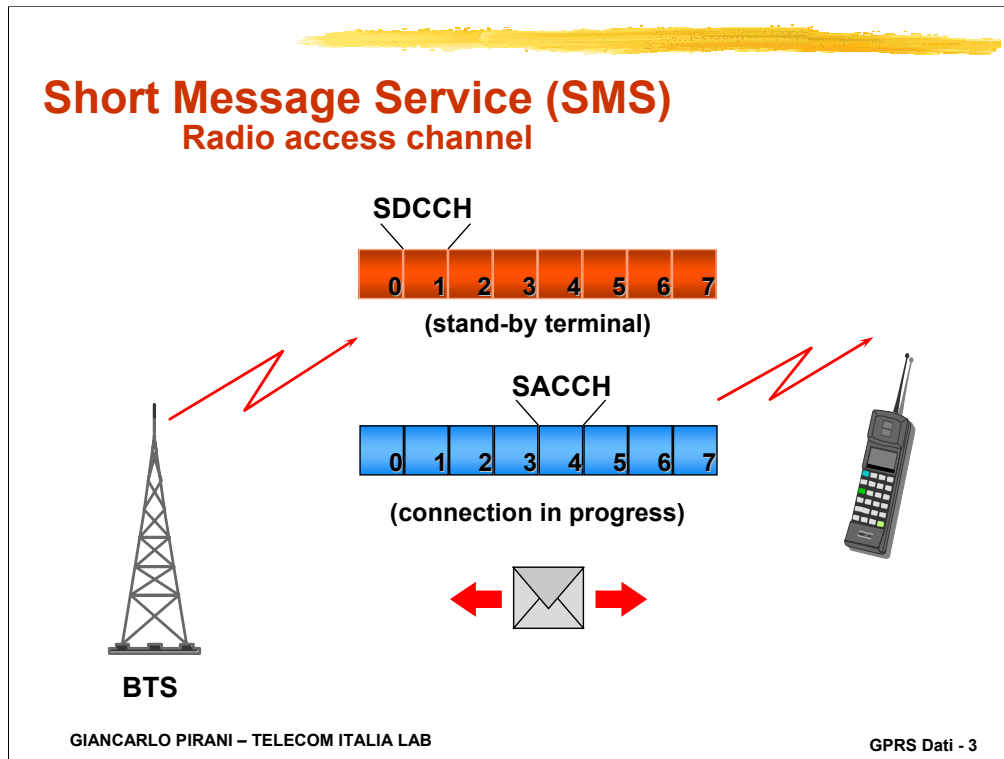
È opportuno iniziare a parlare di dati proprio dai meccanismi dello *Short Message Service* che abbiamo visto come servizio nel capitolo precedente. Lo schema funzionale dello SMS è innestato su quello del GSM, o meglio sull'uso specifico di due canali di segnalazione del GSM, già incontrati come canali essenziali per il processo di telecomunicazione. Il Primo, lo *Slow Associated Communication Channel* (SACCH) come canale associato al canale di traffico per il trasporto dei dati di misura effettuati dal mobile, il secondo lo *Stand Alone Dedicated Control Channel* (SDCCH) come canale dedicato impiegato nelle procedure base dei segnalazione del GSM.

Questi due canali, attraverso modalità di impiego definite dallo standard possono essere usati per la trasmissione del pacchetto dati SMS. L'elemento concettualmente più rilevante è la modalità di trasporto che l'SMS abilita: lo *Store and Forward*. Il terminale che genera il messaggio comunica con il (i) terminale(i) attraverso una disgiunzione temporale introdotta dalla memorizzazione dello stesso in una base dati, che provvede poi a consegnare il messaggio secondo tempi che sono, tra l'altro, legati allo stato del sistema (es., stato dei canali, livello di congestione). Questa disgiunzione temporale non degrada (entro certi limiti) il servizio, in quanto esso si basa per sua natura su una comunicazione che non ha luogo *in tempo reale*.

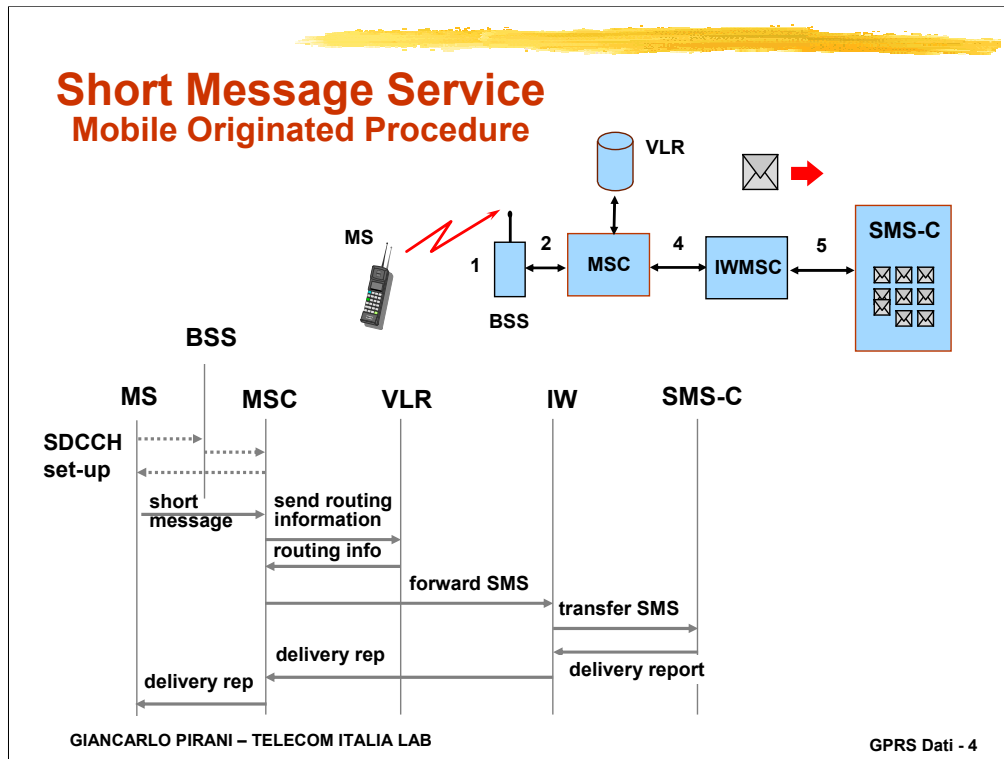
La figura rappresenta l'architettura impiegata dal meccanismo SMS.

L'*SMS Service Centre* (SC) è una base dati che registra ed inoltra tutti i messaggi SMS generati nella rete. Rappresenta il cuore del concetto *Store and Forward* che ispira tutto il servizio.

L'*SMS Gateway MSC* (GMSC) trasporta i messaggi terminati sul mobile; l'*SMS Interworking MSC* (IWMSC) quelli generati dal mobile.



I due canali SDCCH e SACCH sono definiti, come detto nel primo capitolo, secondo logiche di multitrama. Ovviamente tali logiche sono seguite in modo coerente anche per l'invio ed il recapito dei messaggi sull'interfaccia radio.



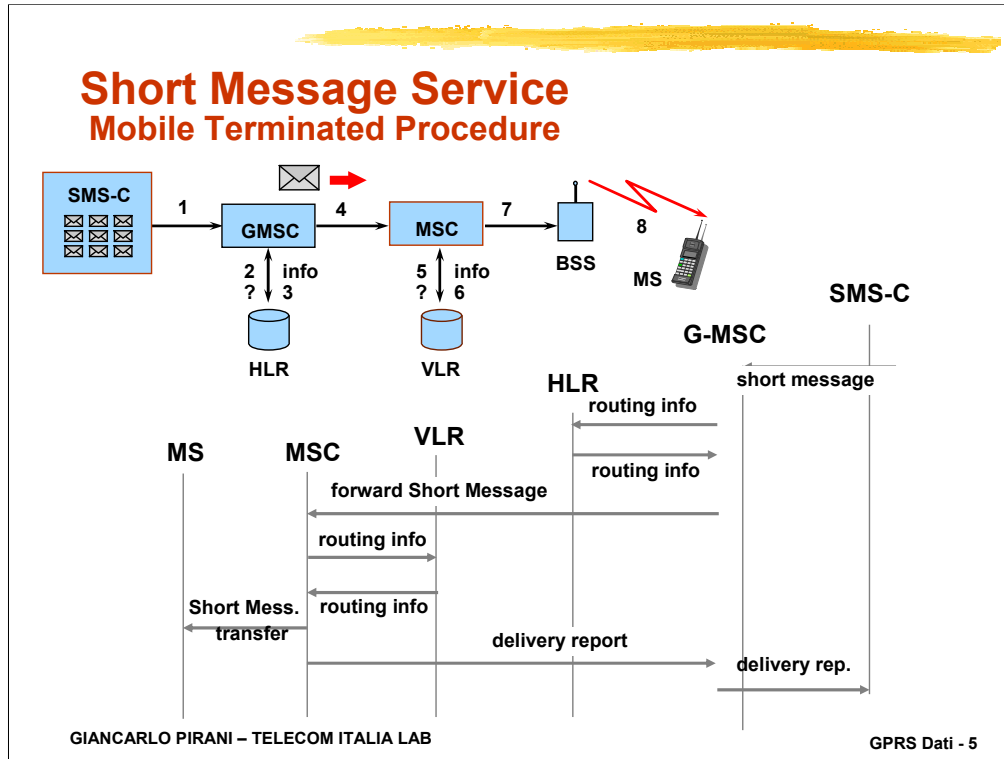
Il messaggio SMS trasporta 140 byte utili. L'informazione testuale equivalente in termini di caratteri trasportati può avere diverse lunghezze in funzione della codifica di carattere utilizzata (da 160 a 70 caratteri).

Il servizio offre due possibilità di inoltra: punto-punto e punto-multipunto (*cell broadcast*). La prima si svolge in due fasi:

- consegna del messaggio all'SMS-C (*mobile originated*)
- consegna del messaggio alla stazione mobile di destinazione (*mobile terminated*).

La figura mostra la prima delle due fasi. La sequenza rappresentata ipotizza che la stazione mobile non sia in comunicazione con la rete: essa deve quindi effettuare una procedura preliminare per attivare un canale SDCCH. Nel caso di comunicazione in corso, l'MS usa il SACCH. Il resto della procedura è autoesplicativo.

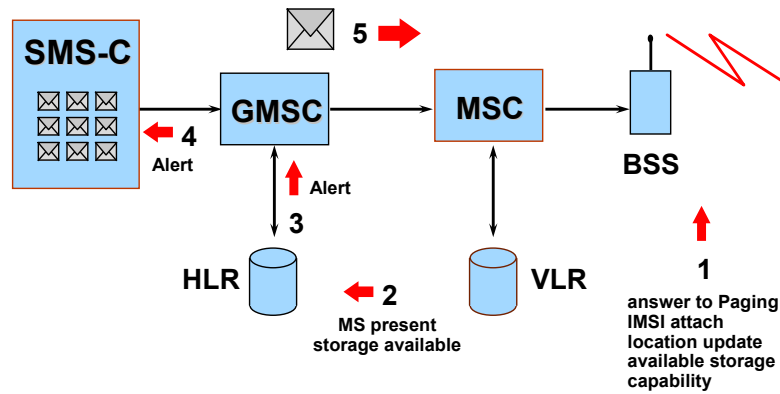
Tutti i messaggi di alto livello rappresentati in figura appartengono al protocollo *Mobile Application Part* (MAP) che, come visto, si basa sul #7.



La seconda fase (la consegna del messaggio alla stazione mobile). Anche qui la figura non ha bisogno di commenti. La consegna all'MS avviene sui canali SDCCH o SACCH in funzione dello stato del terminale.

Occorre comunque precisare che nel caso in cui il terminale di destinazione non sia registrato, l'HLR lo comunica all'SMS-C che mantiene in memoria il messaggio stesso. A sua volta l'HLR tiene in memoria l'identificativo a cui il messaggio deve essere inviato: è quindi pronto ad informare l'SMS-C della necessità di re-invio del messaggio non appena il terminale mobile si registra.

Short Message Service Alert Procedure



GIANCARLO PIRANI – TELECOM ITALIA LAB

GPRS Dati - 6

Può capitare che il terminale mobile non abbia spazio in memoria per accettare un nuovo messaggio. Anche in questo caso la rete non lo può recapitare.

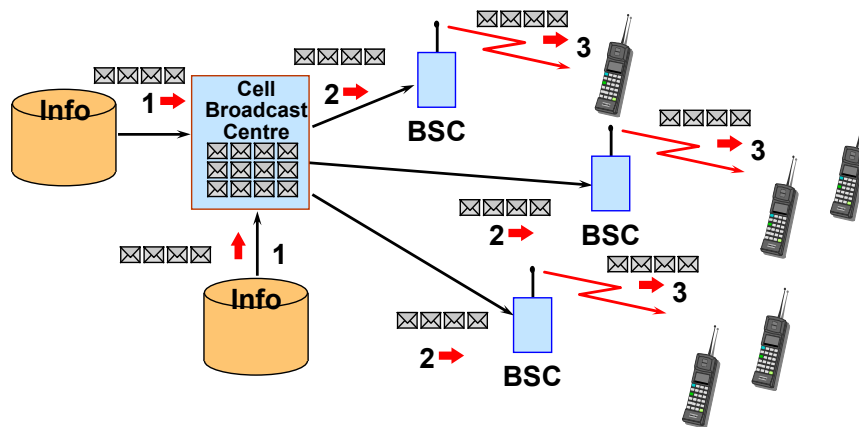
La figura rappresenta l'azione del terminale (*Alert*) per comunicare la sua disponibilità di memoria o per comunicare semplicemente la sua presenza nella rete (e dare quindi avvio all'invio del messaggio giacente nella memoria dell'SMS-C).

La procedura viene attivata in congiunzione con i seguenti eventi:

- *acknowledgement* al messaggio di *paging*
- *IMSI attach*
- aggiornamento di localizzazione.

Più messaggi possono essere concatenati tra di loro per superare i limiti di capacità del singolo SMS. Il concatenamento può coinvolgere fino a 255 messaggi attraverso una procedura di concatenamento che si basa su informazioni di controllo. La procedura per l'invio e la consegna dei messaggi appartenenti al *super*-messaggio utilizza un unico accesso all'HLR ed un unico messaggio di *paging*. Non tutti i terminali supportano questa modalità. È possibile allora usare una procedura di concatenamento basata su specifici simboli dell'alfabeto.

Short Message Service Cell Broadcasting

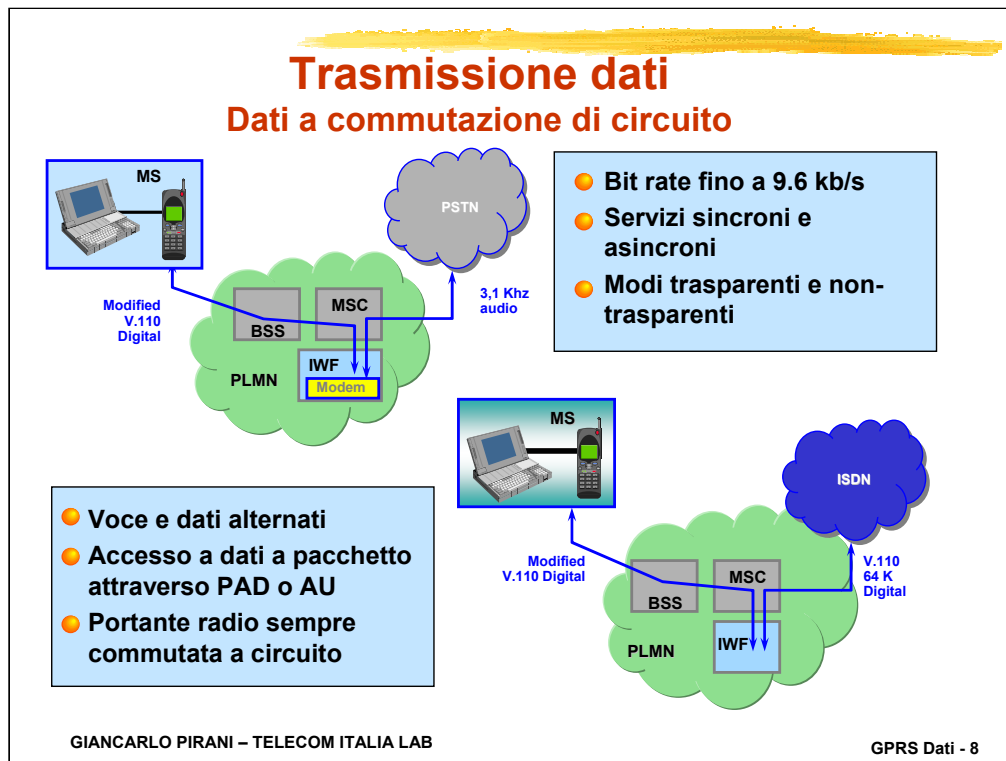


GIANCARLO PIRANI – TELECOM ITALIA LAB

GPRS Dati - 7

La modalità *Cell Broadcast* consente di inviare Messaggi SMS su intere zone geografiche (una o più celle).

Il *Cell Broadcast Centre* si fa carico di formare i relativi messaggi e di inviarli ai controllori di BTS in funzione dell'area scelta dal chiamante per la diffusione. La modalità si presta bene a servizi informativi di tipo diffusivo (es. notizie locali di interesse generale).



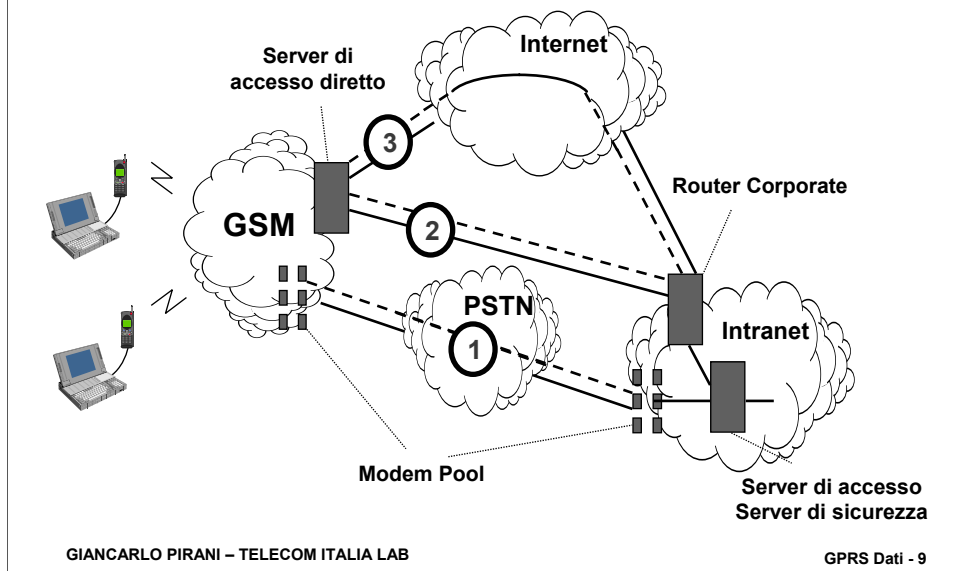
La fase iniziale di sviluppo delle comunicazioni mobili è stata interamente dedicata alla comunicazione vocale (ancora oggi i servizi voce sono quelli di gran lunga più usati). Non stupisce quindi che i servizi dati, pensati fin dall'inizio della fase di standardizzazione del GSM, abbiano seguito lo stesso modello di connessione seguito per la voce: il modello *a circuito*.

La crescita dei *personal computer* ha favorito, anche se su una fascia ristretta di utenti, l'uso dello stesso in associazione al terminale mobile. Lo standard ha definito l'interfaccia tra i due terminali e, sul lato alto della rete, le modalità di interconnessione di questa con le reti esterne alla rete mobili (nella figura la PSTN e l'ISDN).

L'interconnessione tra PC e terminale mobile è garantita dalla *Terminal Adaptation Function* (TAF) che traduce i protocolli del PC in quelli del terminale e viceversa. La traduzione dipende dalla modalità di trasmissione dei dati usata nella rete (trasparente o non trasparente).

Lo standard prevede tre configurazioni possibili a proposito della distribuzione delle funzioni TAF, del *Terminal Equipment* e del *Mobile Terminal*. Esse vanno dalla configurazione in cui il TE ed il MT sono inclusi nell'unica *Mobile Station* (è il caso della MS che contiene tutti gli elementi per trattare la comunicazione dati sull'interfaccia dati (MT) e per gestire la relativa applicazione (TE) alla configurazione in cui TE ed MT sono entità separate con la funzione TA intermedia.

Accesso GSM a Internet/Intranet

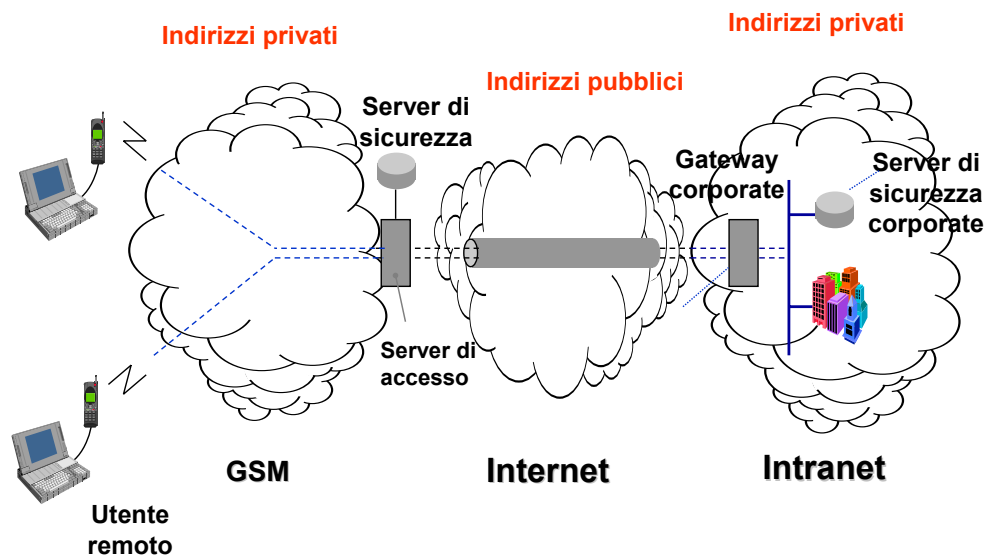


L'interconnessione della rete GSM con una rete IP impiega un *Access Server* che converte il flusso a circuito in quello a pacchetto. L'accesso ad IP può essere realizzato:

- attraverso la rete PSTN (o ISDN) con procedure di *dial-up*; nel primo caso vengono usati i modem e l'*Access Server* si trova presso la rete IP (nella figura un'*Intranet* aziendale)
- attraverso un *Access Server* che si trova nella rete GSM stessa. In questo caso si accede direttamente alla Internet o all'*Intranet* aziendale.

L'*Access Server* converte tipicamente flussi V.110 o flussi a 3.1 kHz audio: quelli restituiti dall'*interworking* dell'MSC.

Accesso GSM a Internet/Intranet



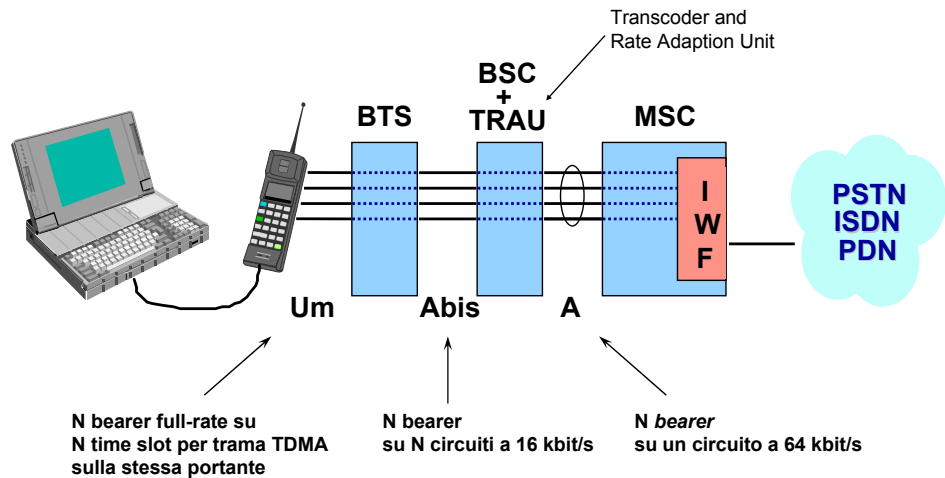
GIANCARLO PIRANI – TELECOM ITALIA LAB

GPRS Dati - 10

Nella connessione con la rete IP, il TE e l'Access Server vengono all'inizio coinvolti in uno scambio di messaggi che servono a negoziare i parametri della connessione dati e ad assegnare al TE il suo indirizzo IP (provvisorio). Alla fase di instaurazione del collegamento segue la fase di scambio dei dati. Entrambe sono gestite per mezzo del *Point to Point Protocol* che consente di incapsulare qualsiasi altro protocollo di livello 2.

Il transito attraverso Internet avviene con gli usuali meccanismi di gestione della mobilità (*tunneling*), della sicurezza. La connessione completa implica un uso accorto degli indirizzi privati IP.

Architettura HSCSD



GIANCARLO PIRANI – TELECOM ITALIA LAB

GPRS Dati - 11

L'*High Speed Circuit Switched Data* (HSCSD) si basa su una naturale estensione del principio della trasmissione dati attraverso lo schema a commutazione di circuito descritto precedentemente (CSD).

La capacità trasmissiva di base viene semplicemente incrementata attivando sulla stessa connessione un certo numero di capacità elementari di trasporto (*multibearer connection*).

Le capacità elementari di trasporto sono attivate su altrettanti slot della trama TDMA. Per ogni connessione *multibearer*, tutti i *bearer* elementari devono essere attivati sulla stessa frequenza.

Le modifiche necessarie per realizzare la funzionalità HSCSD riguardano:

- il MT e l'*Interworking Function*, dove occorre gestire le funzioni di *multiplexing* (*combining*) e di separazione (*splitting*) dei flussi elementari; inoltre MT e IW devono farsi carico delle inevitabili modifiche necessarie nella gestione del protocollo *Radio Link Protocol* (RLP)
- la BSS, che deve implementare nuove funzioni per garantire l'*handover* multiplo su tutti i *bearer* elementari (va detto che l'*handover* viene effettuato in contemporanea su tutti i *bearer*) e, qualora presente, le funzioni legate al *frequency hopping*.

La soluzione lascia inalterate le funzioni di interlavoro con le reti esterne (CSD). Può implementare connessioni simmetriche o asimmetriche. Le limitazioni vengono dall'occupazione dell'interfaccia radio e dalla commutazione che necessariamente è a 64kbit/s. I canali sono tipicamente a 16kbit/s e vengono controllati indipendentemente sull'interfaccia radio e sull'interfaccia Abis, mentre gli stessi sono affasciati nei canali a 64kbit/s nell'interfaccia A.

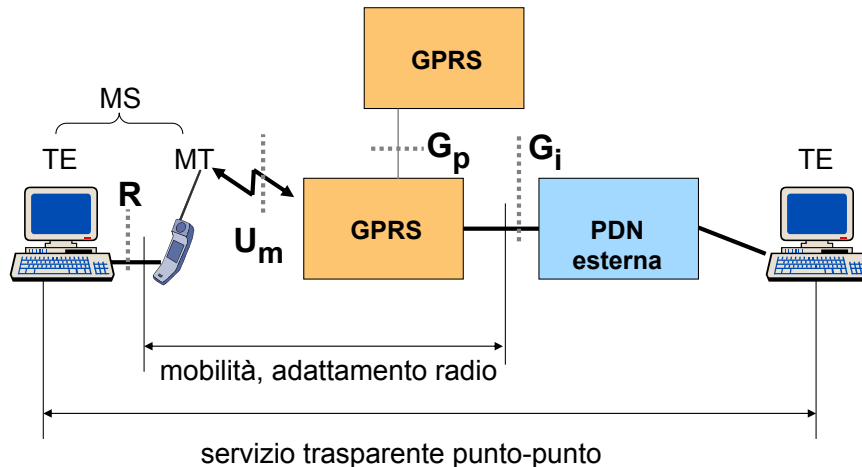


GPRS

GIANCARLO PIRANI – TELECOM ITALIA LAB

GPRS Dati - 12

GPRS: il concetto di trasparenza



GIANCARLO PIRANI – TELECOM ITALIA LAB

GPRS Dati - 13

Il GPRS introduce modalità di accesso alle reti dati, ad Internet in particolare, molto più evolute rispetto a quanto visto per le altre modalità (CSD, HSCSD). La differenza fondamentale sta nel fatto che GPRS offre il trasporto *end-to-end* a pacchetto dei dati.

Nei sistemi a circuito visti precedentemente, la connessione a circuito rimane attiva in tutta la rete ed accede poi ad un *Remote Access Server* che provvede ad effettuare la conversione a pacchetto verso le reti dati. Nel GPRS la modalità a pacchetto è realizzata fin dal terminale mobile. In tal modo, la soluzione GPRS risponde alle caratteristiche statistiche di traffico che riflettono la natura dei servizi dati:

- *burstyness*, trasmissioni con tempi di interarrivo elevati rispetto al ritardo complessivo di trasmissione dei dati appartenenti al *burst*
- interattività, spesso caratterizzata da volumi asimmetrici di dati nei due sensi di trasmissione
- condivisione delle risorse e relativamente alti valori del ritardo, adatti ad un traffico con bassi requisiti sul tempo di trasferimento; poca compatibilità con applicazioni *real-time*
- asimmetria nei due sensi di trasmissione, garantita dai terminali (ciò crea le condizioni per un buon adattamento ad applicazioni ad elevato *bit-rate* sul *down-link*).

La rete GPRS realizza di fatto un trasporto trasparente che porta i protocolli usati dal TE direttamente ad accedere alla rete dati esterna senza alcuna modifica. Anche qui sta la flessibilità del GPRS: nella possibilità di trasportare al limite ogni protocollo di comunicazione tra TE e la rete dati esterna senza che questo ponga requisiti pesanti alla propria organizzazione interna.

Sull'interfaccia radio, il GPRS usa in modo molto articolato le risorse (con modalità a pacchetto): può usare uno o più slot elementari e gestire comunicazioni asimmetriche, può attivare configurazioni di multiplexazione adatte al mix di traffico che ha luogo in un dato istante.

GPRS: concetto

GPRS (General Packet Radio Service) è:

1. un servizio portante
2. che usa una **trasmissione a pacchetto end-to-end** (cioè, compreso l'accesso radio!)

GPRS è parte del GSM di fase 2+ ed è chiamato normalmente 2.5G

L'attivazione del GPRS richiede modifiche hardware marginali nella rete di accesso radio, ma principalmente necessita di aggiornamenti software per inserire i nuovi protocolli richiesti.

Nella rete di transito fissa, occorre introdurre due nuove tipologie di nodi (SGSN e GGSN) a commutazione di pacchetto, che comunque saranno re-impiegati nell'UMTS.

Per quanto riguarda la configurazione dei canali sull'interfaccia radio, per effettuarla sono previste in alternativa due diverse modalità: la prima impiega canali *on-demand*, ossia condivisi tra GPRS e GSM, a seconda delle esigenze di traffico e con priorità per l'utenza che richiede il servizio in fonia GSM; la seconda utilizza invece canali "statici", configurati cioè in maniera permanente per le chiamate relative al trasporto dei dati GPRS. La combinazione pesata di queste due modalità dipende dal traffico previsto per i dati e dalle strategie del particolare operatore.



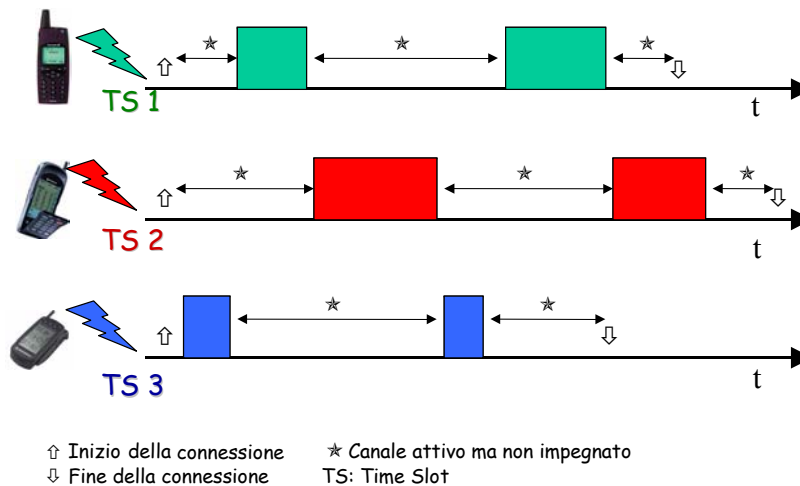
GPRS: concetto (1)

**Un servizio portante significa:
un servizio che può supportare altre applicazioni**

**Risorse condivise e elevati ritardi incoraggiano dati *bursty* e
applicazioni in background.**

Il GPRS non è adatto a applicazioni *real-time*

Connessioni dati su GSM (impiego di 3 Time Slot)



GIANCARLO PIRANI – TELECOM ITALIA LAB

GPRS Dati - 16

Qualunque connessione, sia essa dati o voce, necessita nel GSM l'instaurazione di un circuito che impegna un time slot per tutto il tempo della chiamata, anche negli intervalli di tempo in cui non vi siano dati da trasmettere.

Se per le comunicazioni vocali l'efficienza di impiego del canale è piuttosto elevata, circa il 50%, nel caso di connessione dati in cui la trasmissione è tipicamente intermittente, l'efficienza di utilizzo del canale è piuttosto bassa. Si pensi, ad esempio, alla navigazione Internet in cui la maggior parte del tempo è spesa nell'attesa per il reperimento e nella lettura delle informazioni richieste. Per queste applicazioni ad elevata intermittenza, i "tempi morti" potrebbero essere efficientemente impiegati attraverso la condivisione delle risorse trasmissive tra più utilizzatori.

Nella figura è illustrato un esempio in cui vi siano 3 utenti effettuano una trasmissione dati intermittente impegnando tuttavia un canale radio dedicato in modo continuativo.

Connessioni dati su GPRS (impiego di 1 Time Slot)



GIANCARLO PIRANI – TELECOM ITALIA LAB

GPRS Dati - 17

Il principio alla base del GPRS è invece illustrato nella figura 2, che evidenzia come i "tempi morti" possano essere impiegati da altri utilizzatori, così da conseguire una maggiore efficienza di utilizzo della risorsa condivisa. La tecnica in oggetto è la "multiploazione statistica" e richiede un'associazione esplicita dei vari pacchetti con l'utente attraverso un meccanismo di etichettatura, al fine di consentirne la corretta attribuzione, non essendoci in questo caso una relazione univoca tra canale ed utente.

La tecnica di multiploazione statistica richiede inoltre la memorizzazione delle informazione generate dagli utenti e la loro trasmissione negli intervalli in cui la risorsa trasmissiva è disponibile, introducendo così in generale una variazione del ritardo con cui i pacchetti vengono consegnati a destinazione. Di conseguenza, tale tecnica risulta essere adatta a quelle applicazioni per cui il requisito di "tempo reale" non è un vincolo stringente.

GPRS: concetto (2)

Trasmissione a pacchetto end-to-end significa:

1. **Uso ottimizzato delle risorse radio**
2. **"Always on"**
3. **Tariffazione a volume**

Concetto di base:

uso ottimizzato delle risorse radio non significa che un piccolo ammontare di risorse radio è sufficiente

L'impiego della multiplazione statistica consente di fornire la funzione "always on" tipica del GPRS, ossia la possibilità per l'utente di disporre sempre di una connessione *logica* con la rete, ma di vedersi assegnate risorse *fisiche* solo quando vi sono effettivamente dati da trasmettere. Inoltre, mentre per i sistemi tradizionali il gestore poteva unicamente applicare una tariffazione "a tempo", il GPRS consente la tariffazione sulla base del volume di informazione trasferito. Ad esempio, lo scaricamento di un brano musicale costerà la stessa cifra indipendentemente dalla durata dell'operazione essendo l'importo proporzionale al numero di byte di cui si compone il brano stesso.

Come considerazione conclusiva, la trasmissione a pacchetto consente di gestire in maniera indipendente le risorse trasmissive nel verso entrante e uscente dal terminale quindi allocare risorse trasmissive con entità diversa nel caso di marcata *asimmetria* delle esigenze, basti pensare alla navigazione in Internet dove la mole dei dati associata alle interrogazioni ai vari siti è di gran lunga inferiore a quella richiesta dal trasferimento delle risposte dai siti stessi.

GPRS: concetto (3)

Servizi adatti per il GPRS:

- **WAP**
- **MMS**
- **Servizi di comunicazione personale “leggera”**
- **E-mail**
- **Web browsing**
- **FTP**



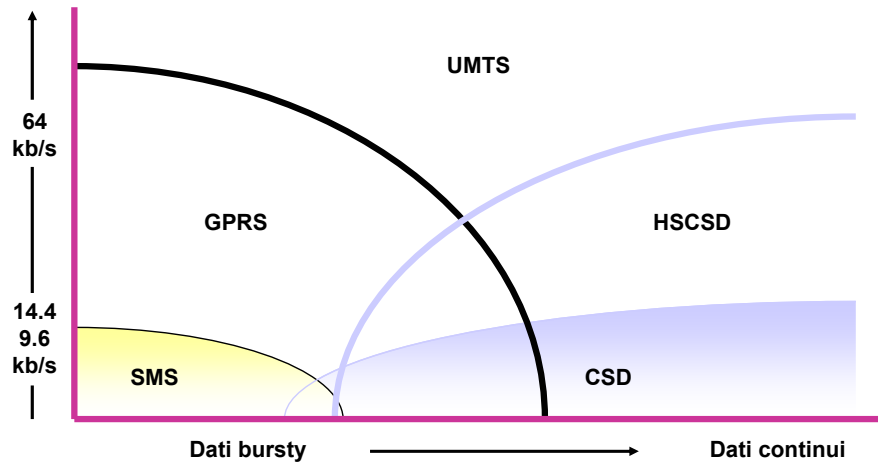
GPRS: concetto (4)

Servizi non adatti per il GPRS:

- **Voce**
- **Videostreaming**
- **Applicazioni Real Time**



GPRS: concetto (sintesi)

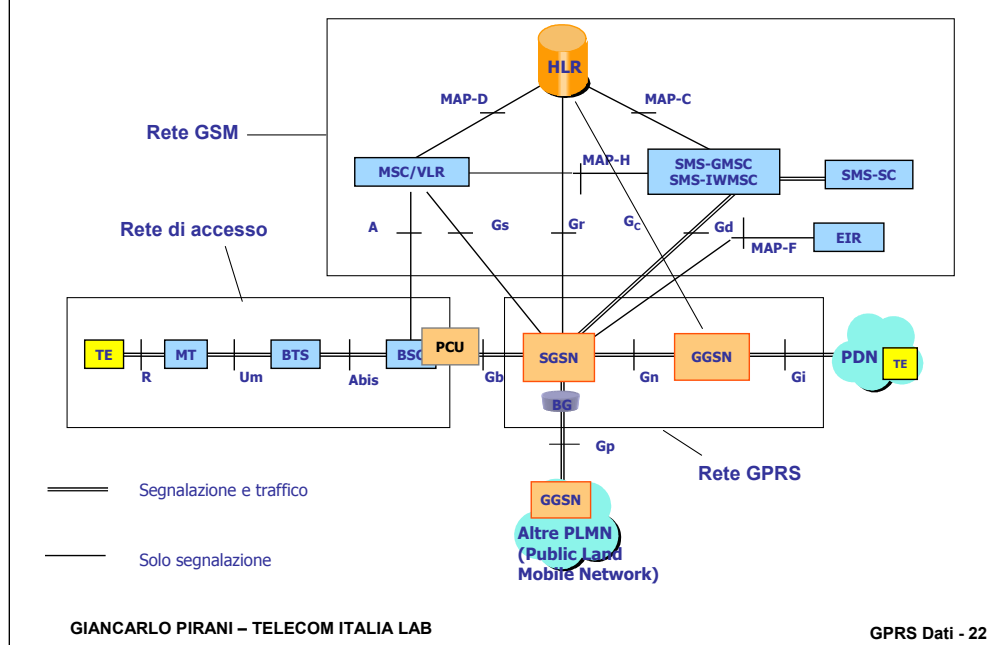


GIANCARLO PIRANI – TELECOM ITALIA LAB

GPRS Dati - 21



Architettura GPRS



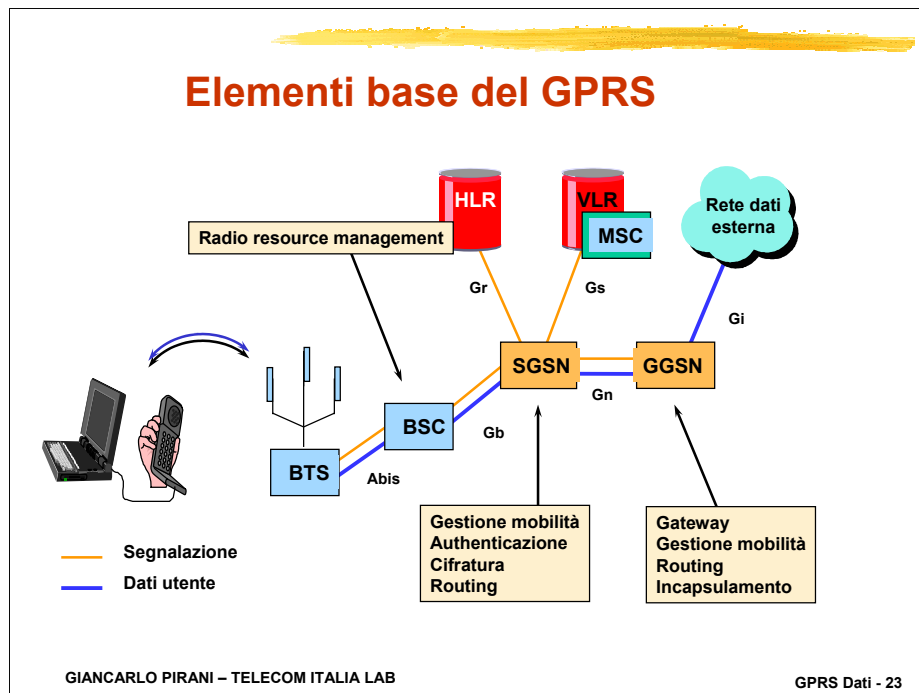
È opportuno a questo punto introdurre gli elementi base dell'architettura del GPRS. Si può immediatamente notare come il GPRS condivida il segmento di accesso con il GSM (vedremo quali sono le novità sull'interfaccia radio). Per gestire la parte a pacchetto, è stato tuttavia indispensabile introdurre alcune nuove entità fisiche e funzionali.

La biforcazione verso i livelli di gerarchia superiore (e la moltiplicazione verso i livelli di accesso) tra il segmento a commutazione di circuito e quello a commutazione di pacchetto è realizzata dal *Packet Control Unit* (PCU) che gestisce l'interfaccia G_b convertendo nei due sensi i flussi pacchetto/circuito.

Il *Serving GPRS Support Node* (SGSN) gestisce (come l'MSC per il traffico a circuito) le funzioni di mobilità e di instaurazione delle sessioni dati. Come si vede, esso è connesso attraverso opportune interfacce, con tutti le principali entità già introdotte per il GSM (si vedrà come spesso, lungo il processo di telecomunicazione risulti indispensabile che le due *porzioni* a pacchetto e a circuito del sistema complessivo si scambino informazioni).

Il *Gateway GPRS Support Node* (GGSN) realizza tutte le interfacce verso le *Packet Data Network* esterne. Esso gestisce anche le funzioni di *tunneling*, sicurezza (*firewall*) verso la suddetta rete esterna. Grazie al GGSN, la rete GPRS appare alla rete Dati esterna come una sua sottorete.

Esiste una certa libertà nell'allocazione delle funzioni tra GGSN e SGSN. La figura non rappresenta per semplicità le funzioni di conteggio per tassazione, che ovviamente sono specifiche per il sistema GPRS.



L'insieme degli apparati innovativi che il GPRS introduce consente di guardare al GPRS come al primo vero tentativo di integrare in modo coerente una rete mobile con il contesto IP (in ciò, ma non solo, è un vero passo intermedio verso l'UMTS).

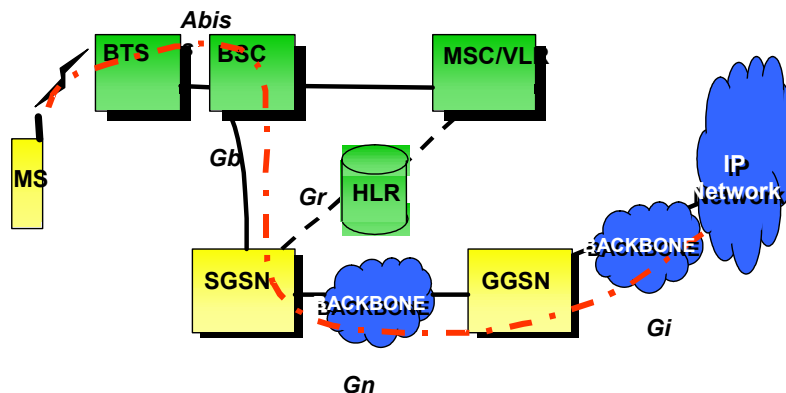
L'interfaccia A-bis (BTS-BSC) è mantenuta comune ai due segmenti, e con questa l'identificazione basata sul concetto (anch'esso completamente conservato) di *time slot*.

L'identificazione con il *time slot* non è assolutamente importante nel caso del CDMA, ove sono possibili connessioni a *bit rate* variabile, che non rispondono allo stesso principio modulare.

L'interfaccia G_n è un'interfaccia IP: SGSN e GGSN realizzano buona parte delle funzioni IP tipiche di un *router*. Anche il collegamento tra questi nodi ed i nodi equivalenti di un'altra rete GPRS è di tipo IP.

- L'interfaccia G_s connette MSC e SGSN per gestire in modo coordinato la fornitura di servizi a circuito e a pacchetto verso lo stesso terminale.
- L'interfaccia G_r è utilizzata dall'SGSN per aggiornare i dati variabili d'utente nell'HLR (ad esempio i dati di localizzazione); tramite l'interfaccia G_r , l'HLR inserisce nell'SGSN i dati relativi all'utente GPRS, tra cui le informazioni necessarie per l'autenticazione
- L'interfaccia G_b ha il compito di connettere BSC e SGSN, moltiplicando le connessioni associate a più utenti sulla stessa risorsa fisica; è basata sul protocollo Frame Relay
- L'interfaccia G_p connette nodi GGSN di differenti reti mobili a pacchetto
- L'interfaccia G_d consente di trasmettere e ricevere Short Message dal Centro Servizi mediante l'SGSN
- L'interfaccia G_i connette il GGSN alle reti IP esterne

Attivazione di un contesto PDP (Packet Data Protocol)



GIANCARLO PIRANI – TELECOM ITALIA LAB

GPRS Dati - 24

Il supporto ai servizi GPRS è fornito da una delle reti dati esterne collegate al GGSN. Affinché possa ricevere un servizio, la MS deve essere conosciuta dalla rete GPRS (stato "attached"); in questo stato è possibile attivare un contesto tra la MS e la rete dati (IP Network) interessata, come rappresentato in figura.

Un contesto è caratterizzato da un valore di APN (Access Point Name), che identifica la rete dati esterna, e da un indirizzo IP che viene assegnato al terminale; una volta attivato un contesto l'utente può accedere ai servizi GPRS: la navigazione in Internet, l'accesso a Gateway WAP, l'accesso a reti Corporate.

L'attivazione di un contesto può essere richiesta dalla MS o dal GGSN; nelle considerazioni che seguono viene esaminato, a titolo di esempio, solamente il primo caso.

Il messaggio di richiesta di attivazione di un contesto inviato dal terminale contiene, tra le altre informazioni, il valore dell'APN che identifica la rete IP esterna a cui collegarsi al fine di fruire del servizio richiesto. Il nodo SGSN, effettuate le opportune verifiche, identifica con l'ausilio del DNS (Domain Name System) il GGSN a cui è collegata la rete dati esterna da raggiungere. Nel caso in cui la rete esterna sia collegata a più GGSN, se ne sceglierà uno in base alla ripartizione di traffico più opportuna.

Una volta completati i controlli sul profilo tariffario e sul profilo di servizio dell'utente nell'ambito della rete GPRS e della rete esterna, al terminale viene assegnato un indirizzo IP. A questo punto il contesto è attivo e rimane tale fino alla richiesta di abbattimento: finché il contesto è attivo, il cliente è "always on" e può ricevere o inviare dati IP in qualsiasi momento, così come può usufruire dei servizi offerti dalla rete GSM.

APN (Access Point Name)

Una rete esterna collegata alla Core Network GPRS tramite l'interfaccia Gi è identificata da un specifico valore di APN.

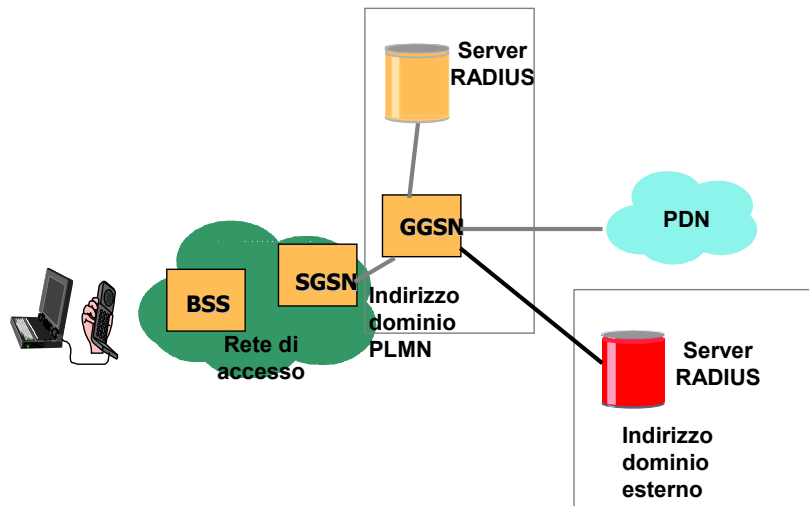
L'APN è composto di due parti:

L'APN Network Identifier identifica la rete esterna collegata al GGSN che fornisce supporto al servizio offerto,

L'APN Operator Identifier identifica la PLMN (Public Land Mobile Network) GPRS nella quale è localizzato il GGSN.

Interconnessione con servizi Internet

modo trasparente e non trasparente



GIANCARLO PIRANI – TELECOM ITALIA LAB

GPRS Dati - 25

Vi sono due modalità di accesso del terminale GPRS ad una rete PDN esterna: trasparente e non trasparente. Le modalità differiscono per l'attribuzione dell'indirizzo al terminale mobile: assegnato dalla PLMN da un suo server interno nel primo caso, assegnato da un Dominio di indirizzi esterno nel secondo.

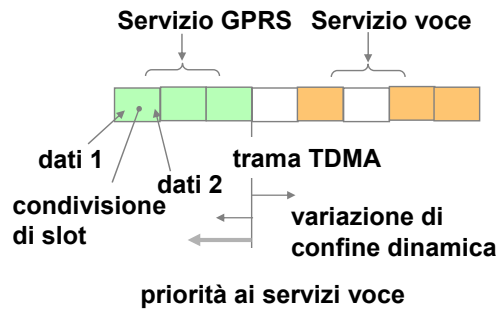
Se il terminale supporta un indirizzamento dinamico, riceve l'indirizzo dal GGSN all'atto della richiesta di instaurazione del *Packet Data Protocol Context*. Questa fase può essere preceduta da una fase di autenticazione effettuata ancora internamente alla PLMN.

Con l'acquisizione dell'indirizzo il terminale accede sia a server interni alla PLMN (es., server WAP dell'Operatore mobile) sia a server appartenenti alla Internet pubblica. Nell'accesso trasparente, possono essere utilizzati sia indirizzi privati che pubblici. Gli indirizzi pubblici sono normalmente utilizzati quando il terminale deve accedere a server esterni. Il loro utilizzo è obbligatorio quando si utilizzino meccanismi di sicurezza tipo Ipsec.

Lo strato fisico

condivisione di risorse e funzioni con il GSM

- Condivisione di risorse radio con i servizi voce e dati del GSM
- Allocazione dinamica e statica dei canali fisici
- Uno o più slot per un singolo utente GPRS
- Uno o più utenti GPRS su un singolo slot
- Parte di radio frequenza immutata rispetto al GSM



GIANCARLO PIRANI – TELECOM ITALIA LAB

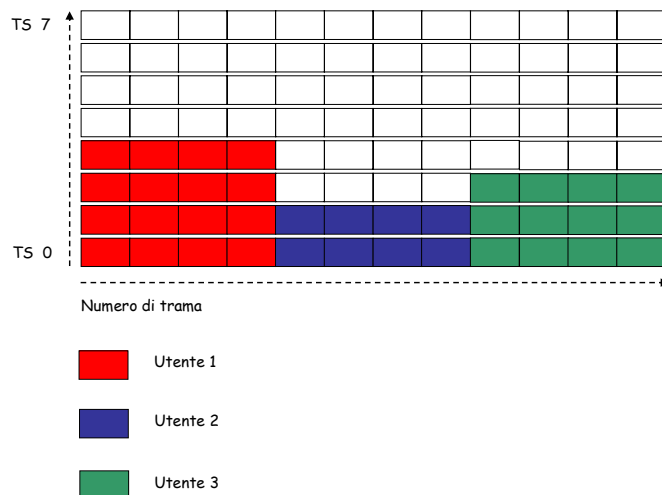
GPRS Dati - 26

Come detto nei paragrafi precedenti, il GPRS si innesta sull'infrastruttura del GSM e ne condivide totalmente le risorse radio, dalla banda di frequenza utilizzata al livello fisico *radio* (modulazione ecc.).

Esso rappresenta un sistema sovrapposto in cui il problema della condivisione delle risorse è stato risolto in modo piuttosto avanzato, secondo criteri di flessibilità ed efficienza.

Partiremo dal livello fisico in banda base per passare alla definizione dei blocchi di informazione gestiti a livello 2 (*Radio Link Control, Medium Access Control* – RLC – MAC).

Esempio di allocazione delle risorse GPRS



GIANCARLO PIRANI – TELECOM ITALIA LAB

GPRS Dati - 27

Nella figura è riportato un esempio di come potrebbero essere gestite le risorse radio: in particolare si hanno 3 utenti GPRS ai quali vengono assegnati, in tempi diversi, da 2 a 4 time slot consecutivi.

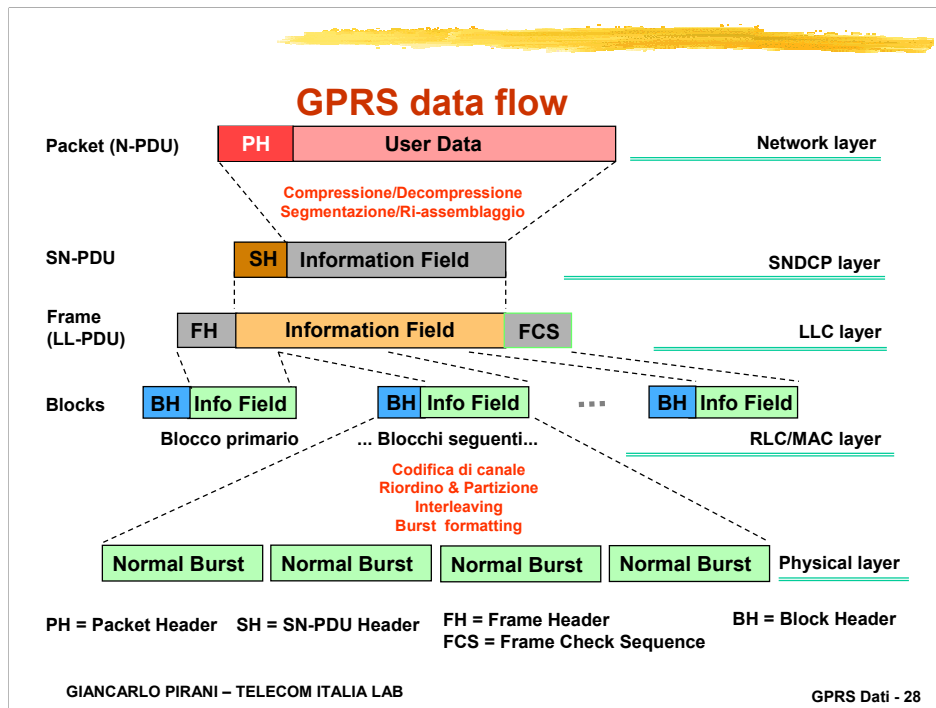
Nello standard GPRS, il tempo minimo durante il quale la risorsa radio è assegnata ad un unico utente è pari a 4 trame consecutive che costituiscono il cosiddetto “blocco radio” (di durata complessivamente di 20 millisecondi): chiaramente se l'utente ha necessità di trasmettere o ricevere grandi quantità di dati possono venirgli assegnati più blocchi radio.

L'insieme di blocchi radio inviati o ricevuti da una MS durante un periodo di trasmissione/ricezione costituisce un flusso denominato TBF (*Temporary Block Flow*). Un TBF è attivato solo quando l'utente ha qualcosa da trasmettere/ricevere e viene rilasciato non appena si invia l'ultimo blocco radio di una determinata sequenza di pacchetti. Una connessione dati in cui la sorgente presenta caratteristiche di intermittenza, sarà quindi costituita da un certo numero di TBF che vengono attivati in successione nei periodi in cui sono trasmessi i pacchetti dati (ad esempio viene scaricata una pagina web o inviata una e-mail) e de-attivati quando la sorgente è inattiva per un certo tempo (ad esempio nei periodi in cui l'utente è intento a leggere la pagina appena scaricata o ad esaminare l'e-mail ricevuta).

Per gestire la multiplexazione statistica, i diversi blocchi radio sono “contrassegnati” con un identificativo che indica la connessione logica di appartenenza (il TBF): tale identificativo è denominato TFI (*Temporary Flow Identity*).

In ricezione, infatti, ogni MS “ascolta” sul generico canale tutti i blocchi radio che fluiscono su di esso, prelevando però solo quelli per i quali effettivamente è destinataria, cioè quelli etichettati dal proprio TFI.

Una trama è costituita da 8 time slot consecutivi.



Come si vede, si parte dal *Normal Burst*, introdotto per il livello fisico del GSM. 4 *Normal Burst* GSM formano un blocco radio, col suo *header*. Ogni blocco radio corrisponde quindi a 18.5 ms. Si vedrà che, come avviene per il GSM, una trama TDMA ogni 13 non viene trasmessa per trasportare informazioni di controllo. Il tempo medio di trasmissione di un blocco radio è quindi di $18.5 \times 13 / 12 = 20 \text{ ms}$. I blocchi radio sono sottoposti a processi di codifica, *interleaving*, e riordino. Ovviamente i blocchi radio si riferiscono a 4 *time slot* TDMA che hanno luogo su 4 frame TDMA successive.

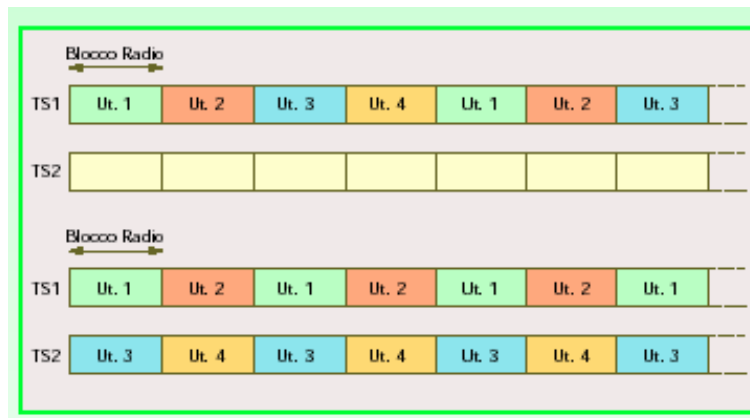
I blocchi radio vengono inseriti nella trama *Link Layer (LL)* l'*information field* delle quali contiene al più 1520 byte.

Le *Sub-network dependent Protocol Data Unit* vengono inserite nelle trame del *Link Layer*.

Una o più delle *Protocol Data Unit* del *Sub network dependent Protocol Data Unit* formano il pacchetto del livello di rete.

Questa apparente complessità deriva da esigenze di codifica, protezione, ritrasmissione.

Possibili gestioni alternative delle risorse radio GPRS



GIANCARLO PIRANI – TELECOM ITALIA LAB

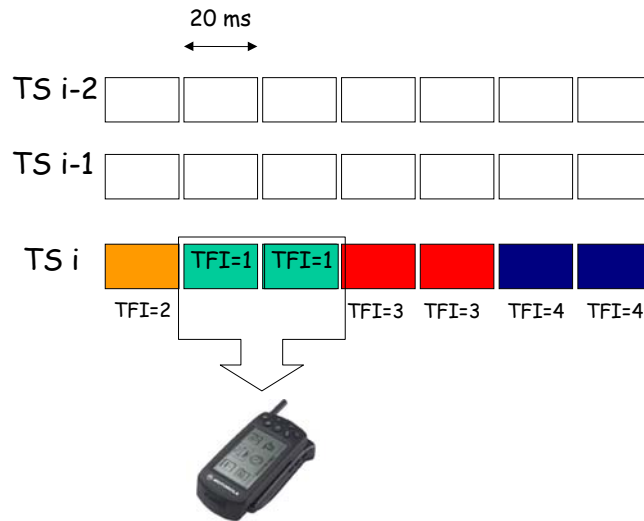
GPRS Dati - 29

Osservando la figura, si rileva inoltre come la risorsa radio sia assegnata ai vari terminali in maniera non adattiva: infatti, detto N il numero di utenti che insistono sul generico time slot, in un intervallo T , il tempo assegnato a ciascuno di essi è pari a T/N . In altri termini, il GPRS non permette oggi la gestione di diversi utenti sulla base di criteri eterogenei, come ad esempio il tipo di contratto stipulato con il gestore. Tale limitazione potrà essere superata

in futuro con l'applicazione di parametri di *QoS (Quality of Service)*: le specifiche prevedono infatti la possibilità di caratterizzare ogni utente con un *profilo di servizio* definito da una serie di caratteristiche e prestazioni che la rete si impegna a rispettare durante la connessione. Uno dei principali parametri è il ritardo di trasferimento dell'informazione (*delay class*) all'interno della rete GPRS: sono definite quattro diverse classi di ritardo, ognuna

delle quali è legata a un ritardo massimo tollerabile. La classe quattro presenta un ritardo massimo non specificato (al limite "infinito") ed è chiamata *best effort*. In una più ampia accezione del termine, con *best effort* si indica un tipo di profilo che non tiene conto di alcun parametro di qualità (throughput di picco, medio, affidabilità del trasferimento, priorità dei pacchetti). Con l'introduzione del concetto di *QoS* potranno essere differenziati i servizi offerti alla clientela, definendo di volta in volta i parametri più opportuni per una certa connessione: ad esempio, un utente che intenda effettuare *audio streaming* sarà trattato con una priorità maggiore e con un ritardo minore rispetto a un utente che debba inviare o ricevere delle e-mail.

Ricezione in downlink



GIANCARLO PIRANI – TELECOM ITALIA LAB

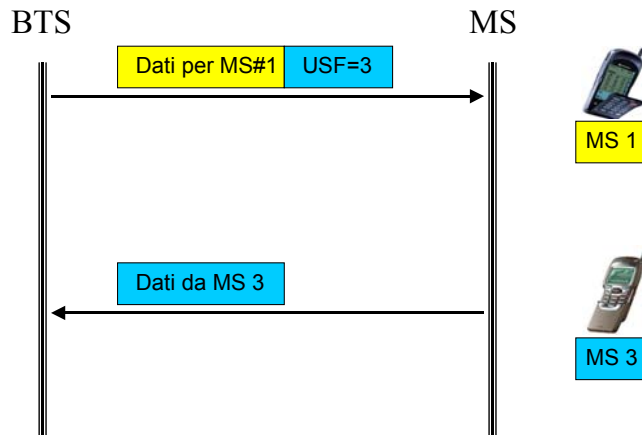
GPRS Dati - 30

Nella figura si nota come solo i 2 blocchi destinati effettivamente alla MS raffigurata (contrassegnati con TFI=1) sono estratti dal terminale dalla sequenza; gli altri blocchi sono invece scartati in quanto destinati ad altri utenti (con diverso TFI).

La trasmissione nel verso stazione radiobase-terminale (*downlink*) non si presenta particolarmente critica trattandosi di un trasferimento punto-multipunto, nella quale la rete diffonde i pacchetti opportunamente sequenzializzati ed è compito delle varie stazioni riceverli prelevando i blocchi di pertinenza.

La trasmissione nel verso terminale-stazione radiobase (*uplink*) risulta essere invece più complessa, essendo del tipo multipunto-punto. Occorre quindi prevedere un meccanismo che eviti che i pacchetti emessi da più terminali giungano alla stazione radiobase contemporaneamente con sovrapposizione dei segnali (*collisione*) tale da rendere non decodificabili le informazioni. La procedura utilizzata in uplink per la gestione della risorsa radio è molto simile a quella impiegata nelle reti locali di calcolatori con protocollo "*token ring*", in cui un particolare pacchetto (il *token* o gettone) viene fatto circolare sulla rete. La stazione che vuole inviare dei dati, deve attendere il passaggio del token, lo deve "catturare", ricevendolo e non ritrasmettendolo e solo a questo punto può procedere alla trasmissione; durante questa fase gli altri terminali, non possedendo il gettone, non possono trasmettere. Una volta completata la trasmissione, la stazione in oggetto rimette in circolo il gettone, permettendo così ad altri di catturarlo, acquisendo il diritto di trasmettere.

Principio di funzionamento dell'USF

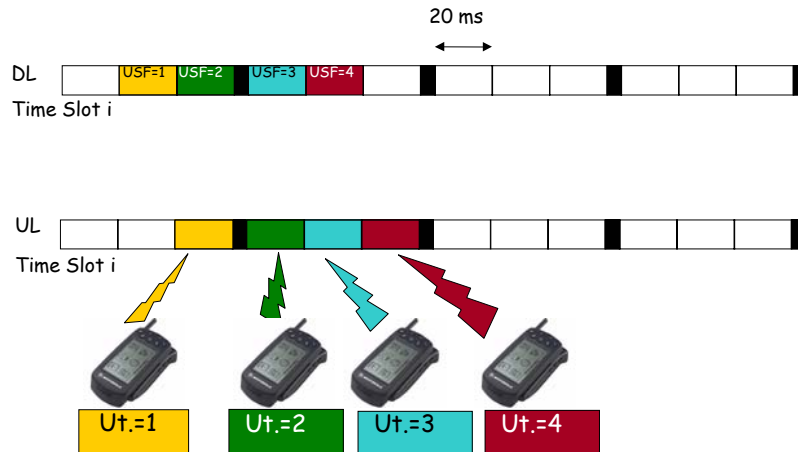


GIANCARLO PIRANI – TELECOM ITALIA LAB

GPRS Dati - 31

Per realizzare il protocollo di accesso in uplink, nel GPRS, nei blocchi radio trasmessi in downlink, oltre ai dati per le MS, viene anche inviato un campo denominato USF (*Uplink State Flag*) che determina, tramite uno degli 8 valori che può assumere, la MS che è abilitata a trasmettere nel successivo blocco radio, in modo da escludere ogni possibile evento di collisione in uplink. Dall'esempio di figura si nota che nel pacchetto inviato alla MS numero 1, è presente un campo con USF=3, indicando appunto che la prossima MS abilitata a trasmettere è la numero 3.

Esempio di regolazione dell'accesso alle risorse radio in uplink



GIANCARLO PIRANI – TELECOM ITALIA LAB

GPRS Dati - 32

Dalla figura 11 si evince che tutte le MS (nell'esempio sono 4) "ascoltano" ciò che viene trasmesso in downlink, sia per prelevare i pacchetti ad esse destinati, sia per verificare tramite lettura dell'USF la possibilità di trasmettere. In particolare, la MS 1, a fronte della lettura di un blocco radio, indipendentemente dalla destinazione dei dati che esso trasporta, si accorge che il campo USF ha valore "1" che le garantisce la possibilità di trasmettere in esclusiva nel prossimo blocco radio.

Si osserva che il campo USF permette di indirizzare in uplink al più 8 MS per uno stesso time slot: in pratica, tale valore scende a 6 o a 7, a causa di specifiche esigenze di segnalazione che necessitano dell'uso di uno o due valori di USF.

Schemi di codifica

• Schema di codifica	• Throughput (kbps)	• C/I (db)
• CS-1	• 9.05	• 9
• CS-2	• 13.4	• 13
• CS-3	• 15.6	• 15
• CS-4	• 21.4	• 23

GIANCARLO PIRANI – TELECOM ITALIA LAB

GPRS Dati - 33

Lo standard prevede differenti schemi di codifica (CS = Coding Scheme) in cui si varia il contenuto informativo netto (payload) rispetto alla capacità trasmissiva lorda (payload + codifica a correzione d'errore). La capacità per singolo time slot va da 8 kbit/s (utilizzo del CS-1; alta codifica di canale) fino a 20 kbit/s (utilizzo del CS-4; modalità non codificata). Il ritmo binario netto per un singolo utente (denominato anche throughput) è quindi dipendente da due parametri che possono variare più volte durante l'arco di una connessione GPRS: il tipo di codifica impiegata (CS-1... 4) ed il numero di time slot allocati all'utente.

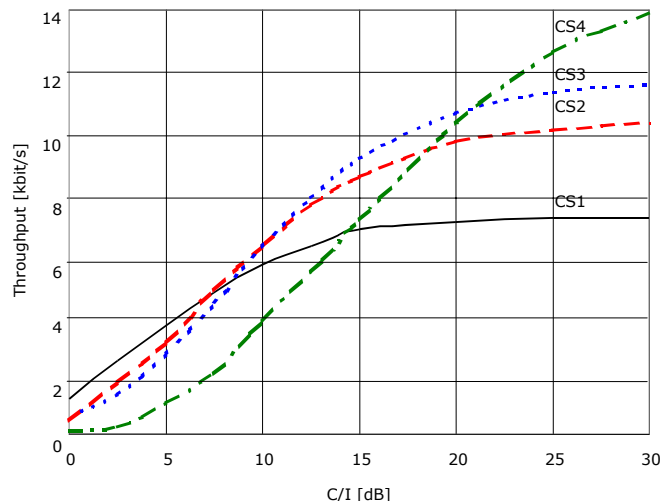
Nella tabella si riportano le velocità raggiungibili per singolo time slot con i 4 schemi di codifica di canale e i relativi valori di rapporto segnale-interferenza richiesti.

A titolo di esempio, nel caso in cui una MS impieghi 4 time slot in parallelo e con la codifica CS-4, il throughput è pari a $20 \times 4 = 80$ kbit/s.

Throughput atteso per utente

<u>CS2, 2 TS</u>	<u>CS2, 4 TS</u>	
20.44 kb/s	40.88 kb/s	Application data
22.2 kb/s	44.44 kb/s	TCP/IP
22.32 kb/s	44.64 kb/s	SNDCP
22.62 kb/s	45.24 kb/s	Logical link
23.2 kb/s	46.4 kb/s	Radio link
26.8 kb/s	53.6 kb/s	Radio layer

Throughput in un singolo time slot in funzione del rapporto C/I e dello schema di codifica



GIANCARLO PIRANI – TELECOM ITALIA LAB

GPRS Dati - 35

Nella figura sono riportate alcune curve nelle quali, per via simulativa, si è ottenuto il throughput in funzione del C/I, nell'ipotesi di impiego di singolo time slot (il caso generale si ottiene moltiplicando, per un desiderato valore di C/I, il throughput ottenuto per il numero di time slot allocati all'utente).

All'aumentare del C/I, tutte le curve tendono ad appiattirsi per raggiungere asintoticamente un valore limite che rappresenta la massima velocità di trasmissione ottenibile con quella determinata codifica. L'andamento tendente a zero per bassi valori di C/I è dovuto al fatto che, al diminuire della qualità del canale, aumenta il numero di ritrasmissioni dei blocchi radio errati e diminuisce di conseguenza il throughput d'utente, il quale è sempre riferito non ai blocchi trasmessi ma a quelli ricevuti correttamente.

Si osserva inoltre che le codifiche di tipo CS-1 e CS-2, garantiscono un maggior throughput rispetto a quelle di tipo CS-3 e CS-4 in presenza di bassi C/I; il comportamento è opposto in presenza di alti C/I. La spiegazione è immediata se si considera che codifiche a basso ritmo binario hanno però un alto grado di ridondanza per la correzione d'errore e sono quindi più protette nei confronti dei disturbi, mentre codifiche ad alto ritmo binario sono poco o per niente protette. In caso di canale degradato, le prime riescono a trasferire "piccole" quantità di informazioni con poche ritrasmissioni, mentre le seconde, seppure virtualmente in grado di trasferire maggiori quantità di informazioni, di fatto a seguito delle numerose ritrasmissioni garantiscono un throughput minore delle altre.

Di conseguenza codifiche come il CS-1 e CS-2 sono più adatte ad ambienti molto interferiti, come nel caso di macrocelle; codifiche come il CS-3 e CS-4 sono invece più adatte a coperture indoor, come ad esempio uffici e hall di aeroporti, in cui il rapporto C/I è in genere molto buono se si fa uso di micro o pico-celle.

Una funzionalità che permetterà di ottimizzare il throughput d'utente è la cosiddetta *link adaptation*, che consiste nella possibilità di modificare la codifica impiegata durante l'arco di una connessione a seconda della qualità istantanea del canale. Con la link adaptation la curva di throughput è quindi rappresentata dall'involuppo superiore delle 4 curve rappresentate in figura.

Stati di gestione della mobilità (Mobility Management – MM)

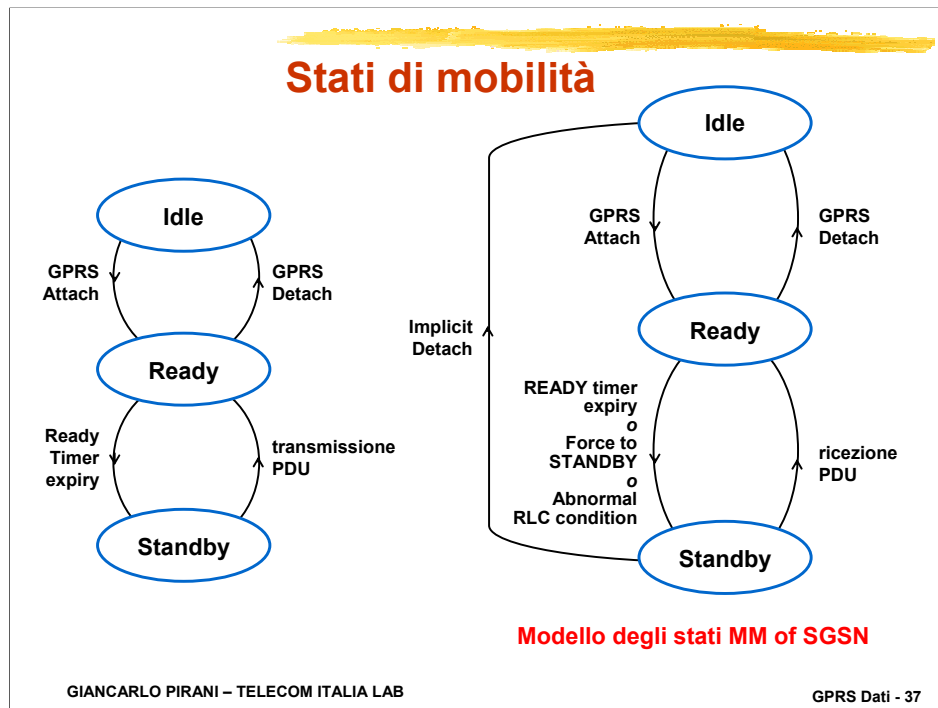
La gestione della mobilità del GPRS è circa la stessa di quella del GSM

La gestione della mobilità del GPRS include

- “Attach/Detach”
- Le funzioni di sicurezza sono le stesse del GSM CS
- Location Update a livello di cella (Cell Update) e a livello di rete (Routing Area Update)

Alcune differenze sono:

- la “Cell Update” può essere gestita solo dal terminale (l’ “handover” del GSM CS è gestito solo dalla rete)
- Gli stati di mobilità sono denominati e gestiti in modo diverso:
Idle/Standby/Ready corrispondono a Detached/Idle/Connected



Sono definiti tre stati di Mobility Management (MM) per la MS e la rete (SGSN)

IDLE: l'utente non è raggiungibile dalla rete

STANDBY: l'utente è "attached" ma non attivo. La localizzazione dell'utente è conosciuta a livello di RA, riceve *paging*, effettua procedure di MM.

READY: l'utente è "attached" e attivo. La localizzazione dell'utente è conosciuta a livello di cella.

Routing Area

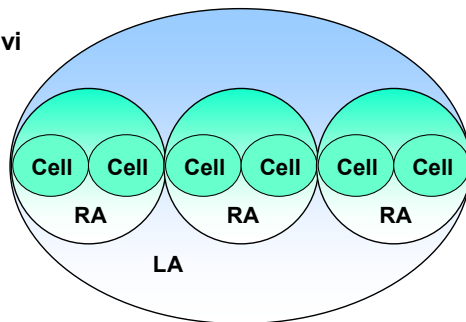
RA (Routing Area) è concettualmente la stessa di LA (Location Area)

Il SGSN “insegue” gli utenti:

- al livello di cella quando sono attivi (Ready State)
- al livello RA quando essi sono inattivi (Standby State)

RA è più piccola o uguale a LA:

- RA può essere più piccola di LA, per ridurre il “flooding” di paging GPRS
- RA non può incrociare LA, per permettere procedure combinate di updating di RA/LA. (Se l'interfaccia G_s è attiva)



Routing area

Routing Area (RA):

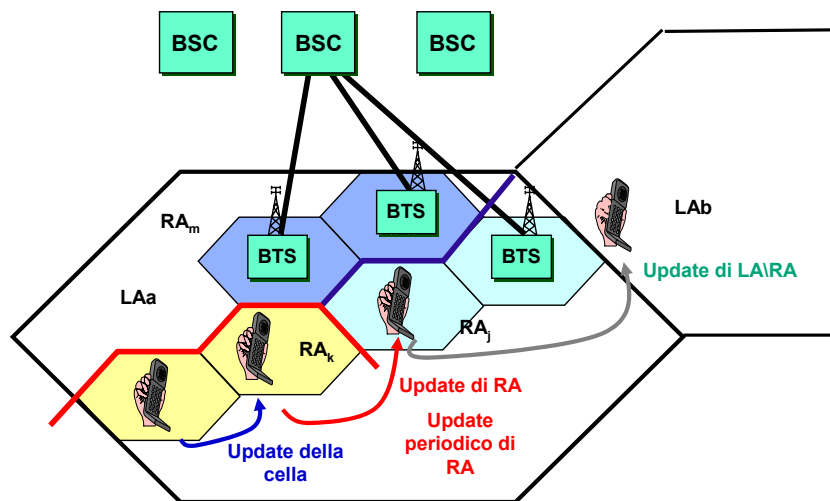
- è compresa in una sola LA
- è gestita da un solo SGSN
- l'identificatore di Routing Area (RAI) è annunciato sul BCCH tra le informazioni di sistema
- La coppia RAI + TLLI è unica in tutta la rete

Le procedure relative alla Routing Area sono:

- Update della Routing Area (Intra e Inter SGSN)
- Periodico Update della Routing Area (sempre intra SGSN)



Riassunto delle procedure di Mobility Management

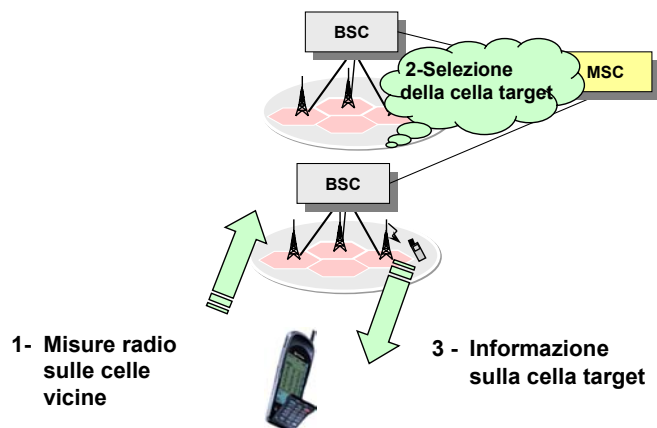


GIANCARLO PIRANI – TELECOM ITALIA LAB

GPRS Dati - 40

Handover GSM CS

Nella procedura di Handover di CS-GSM è la rete (BSC) che stabilisce qual è la nuova cella (target cell)

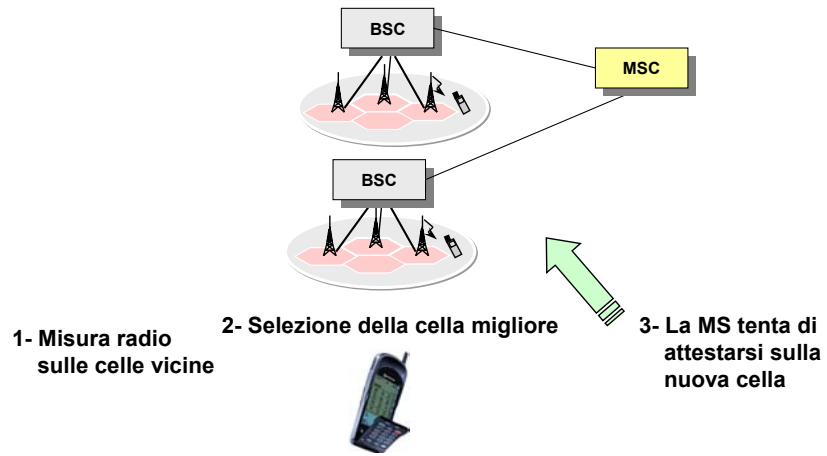


GIANCARLO PIRANI – TELECOM ITALIA LAB

GPRS Dati - 41

Update della cella

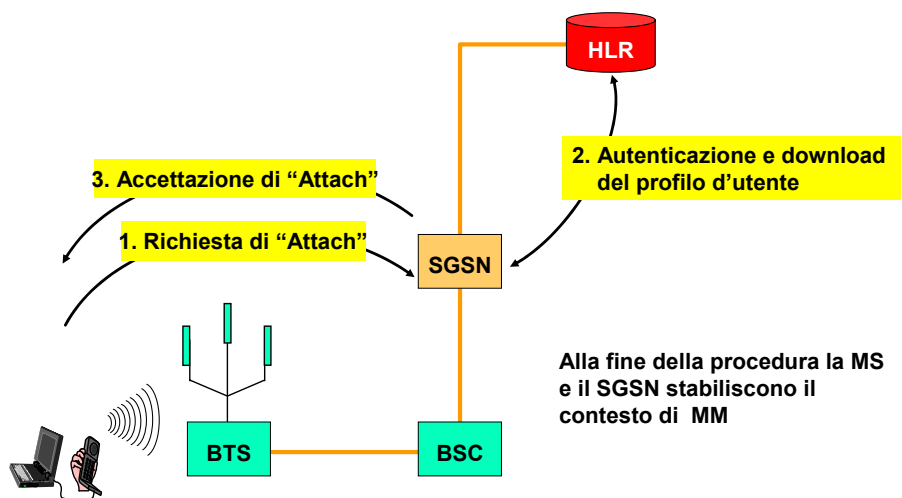
Nel GPRS la MS sceglie autonomamente la cella target
(Autonomous Cell Re-selection)



GIANCARLO PIRANI – TELECOM ITALIA LAB

GPRS Dati - 42

“Attach” (registrazione)



GIANCARLO PIRANI – TELECOM ITALIA LAB

GPRS Dati - 43

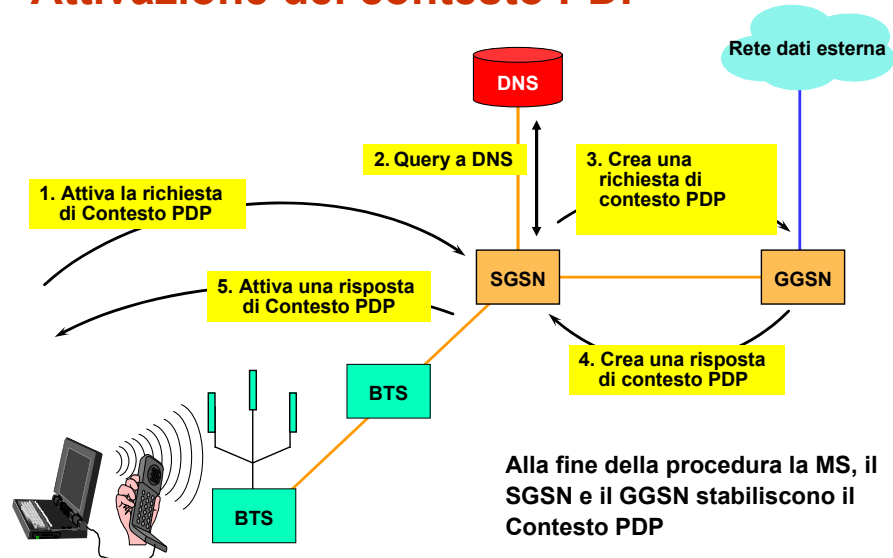
Profilo di QoS

- **Precedenza di servizio:** livello di priorità nel mantenere gli impegni di servizio. Tre livelli: Alto, Medio, Basso.
- **Affidabilità:** Cinque classi di affidabilità ai livelli GPT, LLC, RLC
- **Ritardo:** quattro classi di ritardo
- **Throughput:** Classi di throughput di picco e medio

La MS negozia la QoS con la rete durante la procedura di attivazione del contesto PDP



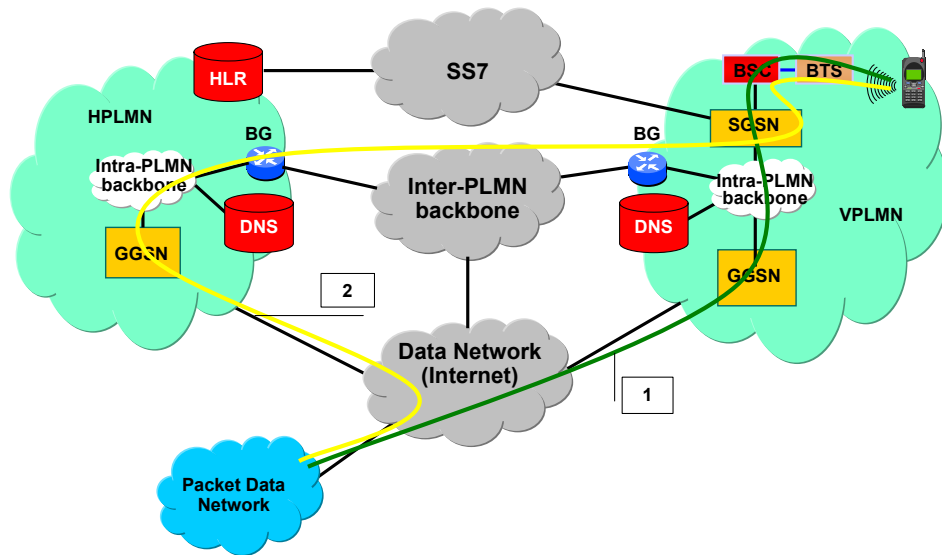
Attivazione del contesto PDP



GIANCARLO PIRANI – TELECOM ITALIA LAB

GPRS Dati - 45

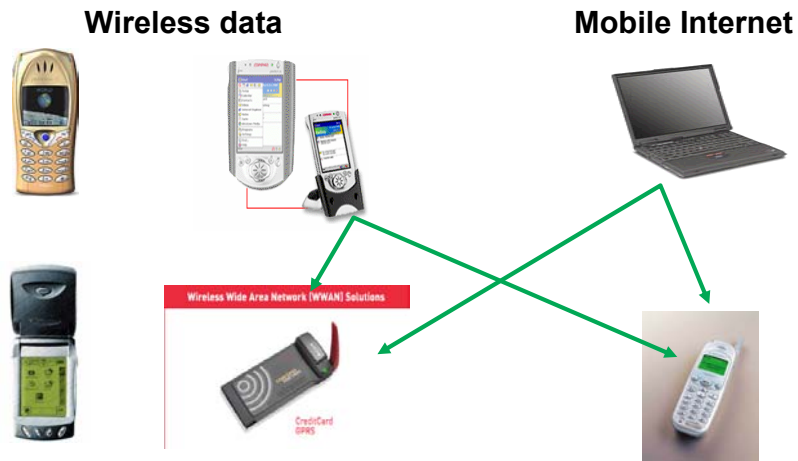
Roaming GPRS



GIANCARLO PIRANI – TELECOM ITALIA LAB

GPRS Dati - 46

Terminali



GIANCARLO PIRANI – TELECOM ITALIA LAB

GPRS Dati - 47

Terminali

Classe A

Traffico CS e PS simultaneo

Class B

“Attach” simultaneo; traffic simultaneo CS e PS non permesso

Class C

“Attach” simultaneo non permesso

GIANCARLO PIRANI – TELECOM ITALIA LAB

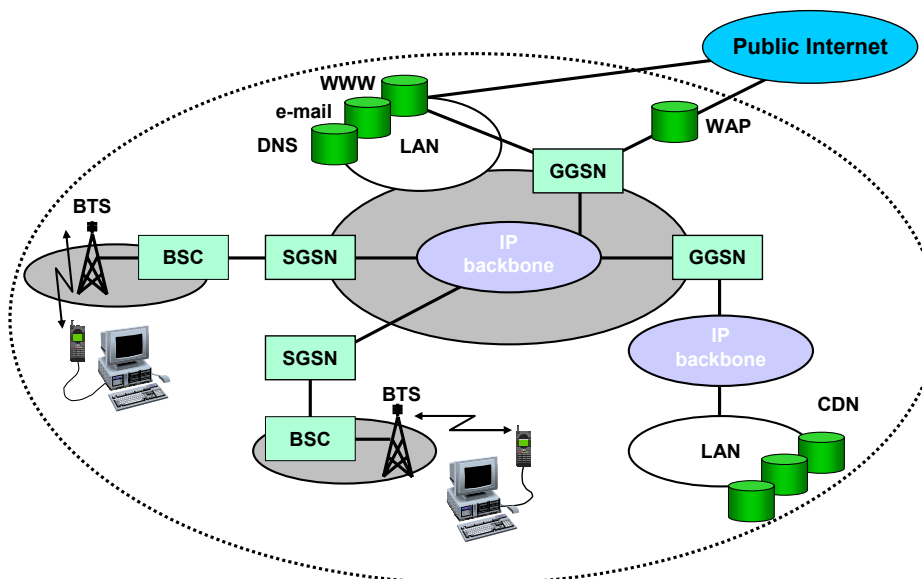
GPRS Dati - 48

Classe A: terminale in grado di gestire simultaneamente comunicazioni GSM e GPRS.

Classe B: terminale raggiungibile contemporaneamente da chiamate GSM e GPRS, ma in grado di gestire alternativamente comunicazioni GSM e GPRS.

Classe C: terminale in grado di gestire alternativamente chiamate GSM o GPRS.

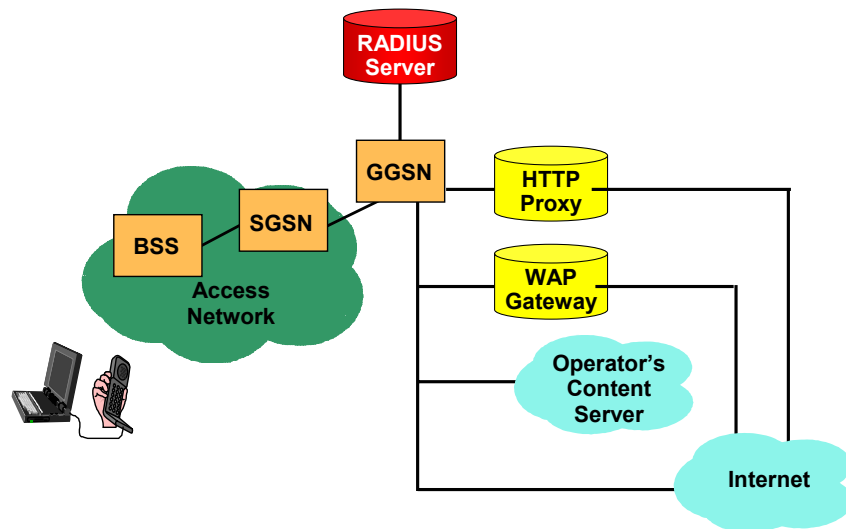
Operatore GPRS come ISP



GIANCARLO PIRANI – TELECOM ITALIA LAB

GPRS Dati - 49

Operatore GPRS come ISP



GIANCARLO PIRANI – TELECOM ITALIA LAB

GPRS Dati - 50

Nella Figura è descritta l'architettura di rete per un operatore GPRS che si proponga anche come ISP. In questo caso i Gateway GPRS (GGSN) sono connessi a Server appartenenti all'infrastruttura di rete dell'operatore, quali ad esempio un nodo per l'accesso a Internet, un Server Web che ospiti il portale dell'operatore, un Gateway per l'offerta dei servizi WAP (*Wireless Application Protocol*) e un Server di posta elettronica.

A fronte del maggiore impegno per la realizzazione della rete, l'operatore che opti per questa scelta ha l'opportunità di fornire servizi a valore aggiunto, svincolandosi dal ruolo di semplice fornitore del servizio di trasferimento dell'informazione.

Operatore GPRS come ISP

L'indirizzamento è tipicamente effettuato dal GGSN.
Alternativamente può essere effettuato attraverso un Server RADIUS (la maggior parte dei GGSN realizzano un Client RADIUS)

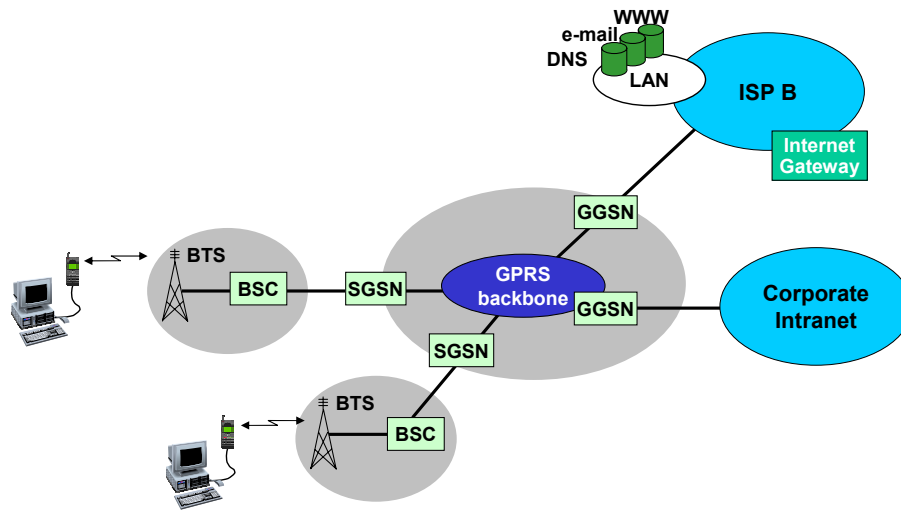
Gli indirizzi possono essere pubblici o privati:

- indirizzi privati richiedono “application proxy”
- non tutte le applicazioni permettono l'uso di “proxy server” (es., applicazioni VPN sicure)

RADIUS può essere usato anche per scopi di autenticazione



Accesso a ISP/Intranet via GPRS



GIANCARLO PIRANI – TELECOM ITALIA LAB

GPRS Dati - 52

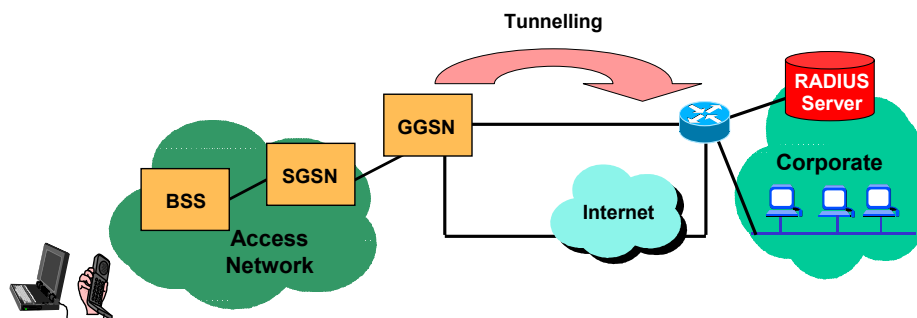
Accesso remoto a Intranet tramite GPRS

Accesso remoto a host e server sulla Intranet

Temi principali:

- **Autenticazione**
- **Indirizzamento**
- **Sicurezza dei dati**

RAS (Remote Access Service) controllato dall'operatore

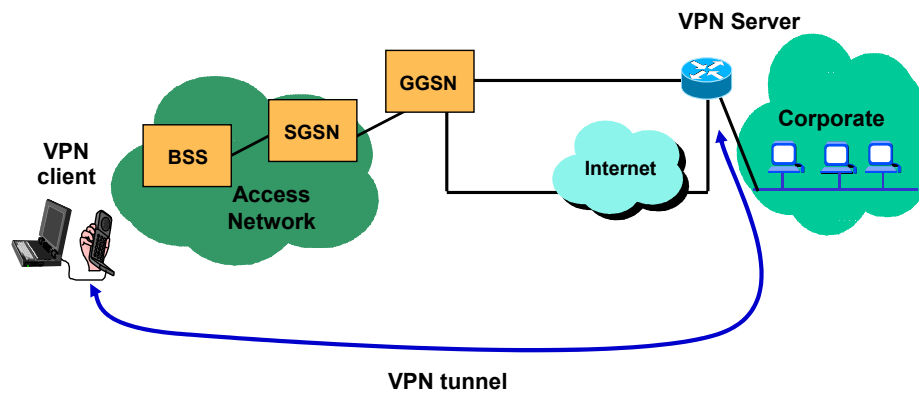


GIANCARLO PIRANI – TELECOM ITALIA LAB

GPRS Dati - 54



RAS (Remote Access Service) controllato dall'utente



GIANCARLO PIRANI – TELECOM ITALIA LAB

GPRS Dati - 55

