

GPRS : Principes et Architecture

Simon ZNATY
EFORT

<http://www.efort.com>

Aujourd'hui, le transport des données sur le réseau GSM n'autorise qu'au mieux des débits de 9,6 kbit/s. Si ces débits permettent d'utiliser des services WAP basiques, peu consommateurs en bande passante, ils ne permettent pas d'offrir un véritable service d'accès à Internet.

D'autre part, le mode de connexion à Internet doit être de type permanent avec une facturation forfaitaire. Le mode actuel supporté par la norme GSM est une facturation à la durée, relativement élevée, incompatible avec le mode de consultation d'Internet qui le plus souvent s'effectue en mode non connecté. En effet, la plupart du temps lorsque l'on consulte un service Internet, on effectue une requête vers un serveur, celui-ci renvoie une réponse, et l'on passe ensuite un certain temps à consulter les informations renvoyées. En général, le temps passé à consulter les informations est largement supérieur à celui nécessaire à effectuer la requête et recevoir la réponse du serveur.

Le mode de connexion du standard GSM est un mode connecté en utilisant la commutation de circuit. Une fois la communication établie, le canal de données dans la cellule du réseau GSM est monopolisé pour cette connexion, y compris pendant les temps d'inactivité de l'utilisateur. Le canal est donc rendu indisponible à d'autres utilisateurs, alors qu'aucun trafic ne transite par ce canal. La monopolisation d'un canal a, outre le problème de l'indisponibilité pour les autres utilisateurs, l'inconvénient de générer un coût de connexion élevé, dû d'ailleurs principalement à cette monopolisation.

C'est pourquoi la technologie GPRS (General Packet Radio Service) a été définie, permettant de contourner le problème de monopolisation de canal, et par la même de résoudre le problème de la facturation à la durée, ainsi que de permettre des débits résolument plus importants.

Le chapitre 1 présente les avantages du GPRS par rapport au GSM pour les services de données. Le chapitre 2 montre l'impact de la technologie GPRS sur le réseau GSM existant et son intégration. L'architecture GPRS avec ses entités et ses interfaces est décrite au chapitre 3.

1 Avantages du réseau GPRS

Parmi les avantages de GPRS comparé au GSM pour les services de données, figurent :

Des débits élevés : Les débits proposés par GPRS sont supérieurs au débit de 9,6 kbit/s offert par GSM pour le transfert de données: Ceci est possible en configurant l'équipement mobile afin d'utiliser plusieurs ITs (Intervalles de temps) dans les sens montants et descendants. En pratique, un équipement GPRS peut généralement utiliser 4 ITs dans le sens descendant et 2 ITs dans le sens montant. Les débits obtenus sont alors de 50 kbit/s et 20 kbit/s respectivement.

Une connexion permanente : Outre une augmentation du débit, le temps d'établissement de session GPRS et l'accès au service est plus court qu'avec GSM.

Une session est établie pour transférer et recevoir des données, Si l'utilisateur dispose d'une adresse IP statique, il est aussi possible de notifier la station mobile de l'arrivée de paquets (Push) afin qu'elle puisse ouvrir une session GPRS et recevoir les données. Alors que le GSM actuel fonctionne en mode "connecté", appelé également mode "circuit", le GPRS utilise pour sa part le mode de connexion virtuel. En mode "virtuel", les ressources sont partagées. L'IT n'est jamais affecté à un utilisateur unique, mais partagé entre un certain nombre d'utilisateurs. Chaque utilisateur en dispose lorsqu'il en a besoin et uniquement dans ce cas. Le reste du temps, elles sont disponibles.

Une facturation au volume ou au contenu : GPRS permet de facturer les services en fonction du volume (nombre de paquets échangés) ou en fonction du contenu (e.g., par image envoyée), à la différence de la politique de facturation à la durée pour le transfert de données en mode circuit. Cela permet de disposer d'une session de données "permanente" sans que l'utilisateur ait à payer pour les périodes d'inactivité et sans allocation de ressource de manière statique.

Un support pour de nouveaux services : Parmi les applications envisageables grâce au réseau GPRS, figurent :

- La navigation sur Internet à partir d'un portable ou d'un PDA.
- L'envoi et la réception de photos ou cartes postales.
- L'envoi et la réception de séquences vidéo telles que des bandes annonce.
- L'usage des groupes de discussions (chat).
- L'accès au réseau Intranet de son entreprise.
- Le partage des données.
- La télémétrie.

Ces applications n'étant pas exhaustives, de nombreuses nouvelles applications vont apparaître sur le marché au fur et à mesure que le taux de transfert augmentera.

Une intégrité du transfert des données : GPRS améliore l'intégrité du transfert de données à travers plusieurs mécanismes. D'abord, les données de l'utilisateur sont encodées avec des redondances afin d'améliorer la résistance aux mauvaises conditions radio. Cette redondance est plus ou moins importante en fonction de la qualité de l'interface radio. GPRS définit quatre scénarii de codage, CS1 à CS4. Initialement, seuls CS-1 et CS-2 seront supportés, permettant un débit de 9 et 14 kbit/s par IT. Si une erreur est détectée sur une trame reçue dans la BSS, la trame est retransmise jusqu'à ce qu'elle soit reçue sans erreur pour être transférée sur le sous-système réseau GPRS.

Des mécanismes de sécurité sophistiqués : GPRS s'appuie sur le modèle d'authentification et de chiffrement proposé par GSM. Lorsqu'une station mobile tente d'initier une session GPRS, elle est authentifiée grâce à des clés d'authentification et des calculs réalisés par la carte SIM et l'AuC. Outre l'authentification GPRS, une seconde authentification peut être mise en œuvre pour l'accès à Internet ou à un réseau de données d'entreprise en utilisant le protocole RADIUS (Remote Authentication Dial In User Service). GPRS assure par ailleurs le chiffrement des données de l'utilisateur entre la station mobile et le sous-système réseau GPRS alors que dans le réseau GSM, le chiffrement est assuré entre la station mobile et l'entité BTS.

Un passage obligé pour la migration vers l'UMTS : Les nœuds GPRS seront réutilisés pour la migration vers l'UMTS.

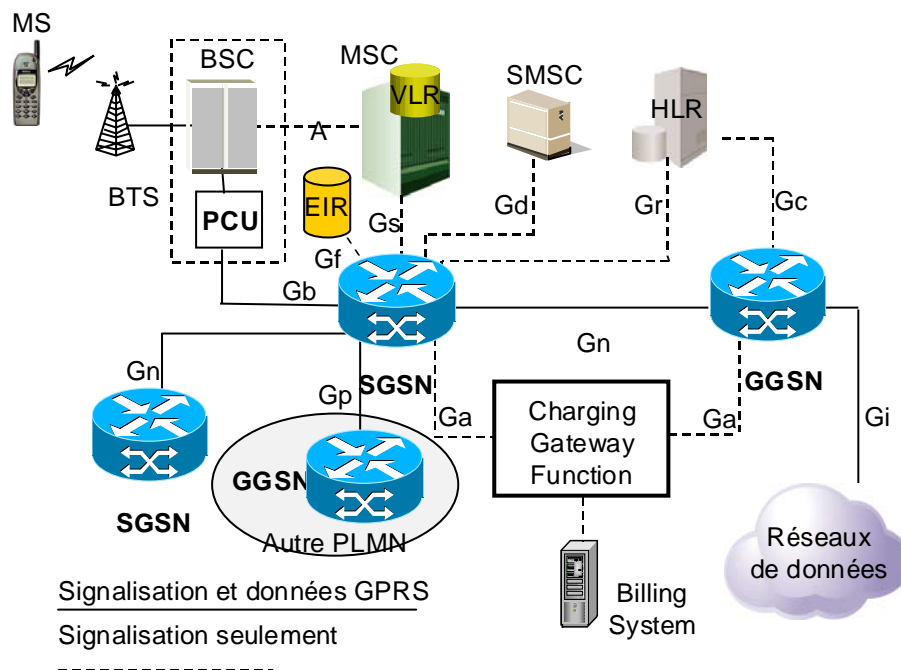


Figure 1 : Architecture GPRS

2 Impact de GPRS sur GSM

Afin d'intégrer GPRS (General Packet Radio Service) dans une architecture GSM existante, Un nouveau type de nœud appelé GSN (GPRS Support Node) est introduit (Figure 7). Les GSNs sont responsables de la livraison et du routage des paquets de données entre la station mobile (MS, mobile station) et des réseaux de données externes (PDN, Packet Data Network).

En réutilisant l'infrastructure GSM, le coût d'introduction de GPRS dans le réseau GSM est principalement relatif à l'extension logicielle des entités GSM. Les principaux matériels rajoutés à l'architecture GSM existante sont l'intégration d'une carte PCU (Packet Control Unit) dans l'entité BSC, la fourniture de nouveaux terminaux GPRS aux usagers, l'introduction des nœuds de commutation de paquets GPRS, à savoir SGSN et GGSN, la mise en place d'un Charging Gateway pour la taxation GPRS et d'OMC-G (Operations and Maintenance Centre - GPRS) pour l'exploitation des équipements de réseau GPRS.

L'extension logicielle peut être effectuée efficacement. Dans la majorité des solutions proposées par les constructeurs, il est possible de télécharger de nouveaux logiciels GPRS dans les BTS et les BSC. Le tableau 1 montre les extensions requises pour chaque entité du réseau.

Entités GSM/GPRS	Logiciel	Matériel
BTS	Extension requise	Aucun changement
BSC	Extension requise	Interface PCU
MSC/MLR	Extension requise	Aucun changement
HLR	Extension requise	Aucun changement
Nouvelles entités		
MS	Mobile Station	
SGSN	Serving GPRS Support Node	
GGSN	Gateway GPRS Support Node	
CGF	Charging Gateway Function	
OMC-G	Operations and Maintenance Centre GPRS	

Tableau 1: Impact de GPRS sur les entités GSM

3 Architecture GPRS : Entités et Interfaces

3.1 SGSN

L'entité SGSN (Service GPRS Support Node) se charge dans son aire de service des transmissions de données entre les stations mobiles et le réseau mobile. Le SGSN est relié par des liens Frame Relay au sous-système radio GSM.

Le SGSN est connecté à plusieurs BSC et présent dans le site d'un MSC.

Le SGSN :

- Authentifie les stations mobiles GPRS
- Prend en charge l'enregistrement des stations mobile au réseau GPRS (attachement)
- Prend en charge la gestion de la mobilité des stations mobiles. En effet, une station mobile doit mettre à jour sa localisation à chaque changement de zone de routage.
- Etablit, maintient et libère les contextes PDP, qui correspondent à des sessions de données permettant à la station mobile d'émettre et de recevoir des données.
- Relais les paquets de données de la station mobile au réseau externe ou du réseau à la station mobile
- Collecte les données de taxation de l'interface air
- S'interface à d'autres nœuds (HLR, MSC, BSC, SMSC, GGSN, Charging Gateway).

3.2 GGSN

L'entité GGSN (Gateway GPRS Support Node) joue le rôle d'interface à des réseaux de données externes (e.g., X.25, IP). Elle décapsule des paquets GPRS provenant du SGSN les paquets de données émis par le mobile et les envoie au réseau externe correspondant. Egalement, le GGSN permet d'acheminer les paquets provenant des réseaux de données externes vers le SGSN du mobile destinataire. Le GGSN est généralement présent dans le site d'un MSC. Il existe un GGSN ou un nombre faible de GGSN par opérateur

Le GGSN :

- Joue le rôle d'interface aux réseaux externes de type IP ou X.25 même si en pratique seule l'interface vers des réseaux IP est mise en œuvre.
- Ressemble à un routeur. D'ailleurs dans de nombreuses implantations, il s'agit d'un routeur IP avec des fonctionnalités supplémentaires.
- Relais les paquets aux stations mobiles à travers un SGSN; Il faut noter que les paquets ne sont pas délivrés à la station mobile si cette dernière n'a pas activé un contexte PDP.
- Route les paquets émis par la station mobile à la destination appropriée.
- Filtre le trafic usager.

- Collecte les données de taxation associées à l'usage des ressources entre SGSN et GGSN.
- S'interface à d'autres nœuds (SGSN, HLR, Charging Gateway).

Les termes SGSN et GGSN identifient des entités fonctionnelles qui peuvent être implantées dans un même équipement ou dans des équipements distincts (comme pour les entités fonctionnelles MSC et GMSC).

3.3 PCU

Pour déployer le GPRS dans les réseaux d'accès, on réutilise les infrastructures et les systèmes existants. Il faut leur rajouter une entité responsable du partage des ressources et de la retransmission des données erronées, l'unité de contrôle de paquets (PCU, Packet Control Unit) par une mise à jour matérielle et logicielle dans les BSCs.

3.4 Backbones GPRS

L'ensemble des entités SGSN, GGSN, des routeurs IP éventuels reliant les SGSN et GGSN et les liaisons entre équipements est appelé réseau fédérateur GPRS (GPRS backbone).

On peut distinguer deux types de backbones GPRS :

- Backbone intra-PLMN : il s'agit d'un réseau IP appartenant à l'opérateur de réseau GPRS permettant de relier les GSNs de ce réseau GPRS.
- Backbone inter-PLMN : Il s'agit d'un réseau qui connecte les GSNs de différents opérateurs de réseau GPRS. Il est mis en œuvre s'il existe un accord de roaming entre deux opérateurs de réseau GPRS.

Deux backbones Intra-PLMN peuvent être connectés en utilisant des Border Gateways (BGs). Les fonctions du BG ne sont pas spécifiées par les recommandations GPRS. Au minimum, il doit mettre en œuvre des procédures de sécurité afin de protéger le réseau intra-PLMN contre des attaques extérieures. La fonctionnalité de sécurité est déterminée sur la base d'accords de roaming entre les deux opérateurs.

3.5 CGF

La passerelle de taxation (CGF, Charging Gateway Function) permet le transfert des informations de taxation du SGSN et du GGSN au système de facturation (BS, Billing System). L'entité CGF peut être implantée de façon centralisée ou de manière distribuée en étant intégrée aux nœuds SGSN et GGSN. L'interface entre les GSNs et l'entité CGF est supportée par le protocole GTP'.

3.6 MS

Une station mobile GPRS (MS, Mobile Station) peut fonctionner dans l'une des classes suivantes :

Classe A : Un mobile GPRS classe A peut se rattacher simultanément aux réseaux GSM (IMSI-Attach) et GPRS (GPRS-Attach). L'utilisateur mobile peut alors disposer simultanément d'un service GPRS et d'une communication téléphonique. Le service GPRS est pris en charge par le SGSN alors que la communication téléphonique est supportée par le MSC. Un mobile classe A GPRS doit disposer au minimum de deux ITs dans le sens montant et de deux ITs dans le sens descendant. Des ITs supplémentaires peuvent lui être alloués pour le trafic GPRS afin d'améliorer la vitesse de transfert.

Classe B : Un mobile GPRS classe B peut s'enregistrer auprès d'un MSC/VLR et d'un SGSN simultanément afin de pouvoir disposer des services GSM et GPRS. Il dispose d'un mode de veille double qui scrute les appels classiques et les demandes de service GPRS mais qui ne peut activer qu'un seul type de service. Si l'utilisateur est actif dans une session GPRS et

qu'il reçoit un appel téléphonique entrant, il peut soit continuer sa session auquel cas l'appel téléphonique est redirigé vers sa boîte vocale, soit accepter l'appel téléphonique et dans ce cas, la session GPRS est suspendue; elle sera reprise à la fin de l'appel téléphonique. Un mobile GPRS classe B requiert au minimum un IT dans le sens montant et un IT dans le sens descendant. Des ITs supplémentaires peuvent lui être alloués pour le trafic GPRS afin d'améliorer la vitesse de transfert.

Classe C : L'utilisateur doit positionner son mobile soit en mode GSM, soit en mode GPRS. En mode GSM, il a accès à toutes les fonctionnalités d'un terminal GSM ordinaire. En mode GPRS, il peut initier des sessions de données. Un mobile GPRS classe C a deux comportements possibles :

Mobile GPRS Classe CC : Il s'enregistre au réseau GSM et se comporte comme un mobile GSM ne pouvant ainsi accéder qu'aux services de commutation de circuit.

Mobile GPRS Classe CG : Il s'enregistre au réseau GPRS permettant l'accès au service GPRS uniquement.

Un mobile GPRS classe C requiert au minimum un IT dans le sens montant et un IT dans le sens descendant. Des ITs supplémentaires peuvent être alloués au mobile GPRS classe CG pour le trafic GPRS afin d'améliorer la vitesse de transfert.

3.6.1 Classes multislots

Indépendamment des classes de terminaux (A, B, C), la classe multislots d'une station mobile GPRS est un des principaux facteurs différenciateur. Elle permet de déterminer le nombre maximum d'ITs que la station mobile peut utiliser dans les sens montant d'une part, et dans le sens descendant d'autre part. Elle indique par ailleurs le nombre total d'ITs pouvant être utilisés simultanément dans les sens montants et descendants (Tableau 2).

Par exemple, si la classe est 6, 4 ITs au maximum peuvent être alloués à la station mobile, dont un nombre inférieur ou égal à 3 dans le sens descendant et un nombre inférieur ou égal à 2 dans le sens montant.

Rx: Nombre maximum d'ITs dans le sens descendant que la station mobile peut utiliser par trame radio GSM appelée trame TDMA (Time Division Multiple Access).

Tx: Nombre maximum d'ITs dans le sens montant que la station mobile peut utiliser par trame TDMA

Somme: Nombre total d'ITs dans les sens montant et descendant que la station mobile peut utiliser simultanément à un instant donné par trame TDMA.

Afin d'acheminer le trafic GPRS, de nouveaux schémas de codage (CS, Coding Scheme) ont été définis et normalisés. A chacun correspond un débit donné (Tableau 3).

La norme GPRS prévoit de faire passer dans chaque IT réservé à une session GPRS un débit de données variant de 9,05 kbit/s (en CS-1) à 21,4 kbit/s (CS-4).

Classe Multislot	réception (Rx)	Transmission (Tx)	Nb Max slots (Somme)
1	1	1	2
2	2	1	3
3	2	2	3
4	3	1	4
5	2	2	4
6	3	2	4
7	3	3	5
8	4	1	5
9	3	2	5
10	4	2	5
11	4	3	5
12	4	4	5
13	3	3	illimité
14	4	4	illimité
15	5	5	illimité
16	6	6	illimité
17	7	7	illimité
18	8	8	illimité
19	6	2	illimité
20	6	3	illimité
21	6	4	illimité
22	6	4	illimité
23	6	6	illimité
24	8	2	illimité
25	8	3	illimité
26	8	4	illimité
27	8	4	illimité
28	8	6	illimité
29	8	8	illimité

Tableau 2 : Classes Multislot

Schéma de Codage	Débit (Kbit/s) Interface Air	Débit utilisable
CS-1	9,05	6,8
CS-2	13,4	10,4
CS-3	15,6	11,7
CS-4	21,4	16,0

Tableau 3 : Schémas de codage et débits GPRS

Chaque terminal est capable de communiquer en utilisant plusieurs ITs de chaque trame radio GSM qui en contient 8 et ce dans les deux sens (montant et descendant). Ce qui permet en théorie un débit maximal en utilisant le codage CS-4 de huit fois 21,40 kbit/s, soit 172,1 kbit/s.

Par contre, un tel débit ne sera jamais atteint pour plusieurs raisons :

- Les seuls schémas de codage implantés et utilisés sont CS-1 et CS-2. On ne dépassera donc pas 13,4 kbit/s par IT. En effet, l'efficacité des différents codages est inversement proportionnelle à leur résistance aux erreurs. Les codages CS-3 et CS-4 permettent d'obtenir d'excellents débits par IT, mais sont difficilement utilisables car ils nécessitent des conditions de communication excellentes entre le terminal et les stations de base, ce qui est rarement le cas.
- Il est aussi peut probable que le nombre d'ITs utilisés pour communiquer soit égal à 8. Les terminaux actuels supportent 3 à 4 ITs. De plus, cela reviendrait à allouer la capacité

entière d'une trame radio à un seul utilisateur, ce qui n'est pas forcément souhaité par l'opérateur.

- Enfin, considérons non pas le débit théorique mais le débit utile, c'est à dire réellement dédié au transport des données utilisateur. Il est égal au débit théorique auquel on retranche le débit induit par les en-têtes des couches protocolaires. Pour une communication en CS-2 le débit utile n'est que de 10,4 kbit/s pour un débit théorique de 13,4 kbit/s

3.7 Interfaces GPRS

La norme GPRS définit un certain nombre d'interfaces pour assurer le fonctionnement entre SGSN et GGSN et l'interfonctionnement avec les entités GSM (Figure 1) :

- Gb : L'interface Gb connecte le SGSN et le BSS(Base Station Subsystem). Il s'agit d'un service de transport Frame Relay sur lequel s'appuient les protocoles de signalisation radio GPRS.
- Gr: L'interface Gr est une interface MAP / SS7 entre le SGSN et le HLR. Elle est utilisée lorsque le SGSN contacte le HLR afin d'obtenir des données de souscription d'usagers GPRS.
- Gd: L'interface Gd est une interface MAP / SS7 entre le SGSN et le SMSC afin d'assurer la livraison de SMS d'un usager GPRS.
- Gs : L'interface Gs est une interface BSSAP+ / SS7 entre le SGSN et le MSC/VLR permettant l'attachement ou la mise à jour de localisation combinée GSM et GPRS.
- Gf : L'interface Gf existe entre le SGSN et l'EIR. Elle permet de vérifier l'authenticité de l'équipement mobile auprès de l'EIR. Elle est supportée par le protocole MAP/SS7.
- Gn : L'Interface Gn est l'interface de base dans le backbone GPRS et est utilisée entre les GSNs. Le protocole utilisé sur cette interface est GTP (GPRS Tunneling Protocol) qui s'appuie sur un transport TCP/IP ou UDP/IP. Il s'agit d'un protocole de contrôle (pour l'établissement, le maintien et la libération de tunnels entre GSNs), et de transfert des données d'usager.
- Gc : L'interface Gc est une interface MAP / SS7 entre le GGSN et le HLR dans le cas d'une activation d'un contexte PDP initié par le GGSN. Le GGSN utilise cette interface pour interroger le HLR et identifier ainsi l'adresse IP du SGSN auquel est rattachée la station mobile.
- Gp : L'interface Gp connecte un GSN à d'autres GSNs de différents PLMNs. Elle sert notamment pour le transfert des données concernant un usager GPRS en roaming international. Le protocole utilisé sur cette interface est le protocole GTP.
- Gi : L'interface Gi connecte le PLMN avec des réseaux de données externes. Dans le standard GPRS, les interfaces aux réseaux IP (Ipv4 et Ipv6) et X.25 sont supportées. En pratique, il s'agit principalement d'une interface vers des réseaux externes IP.
- Ga : L'interface Ga connecte un SGSN ou un GGSN à une entité CGF. Elle sert pour le transfert de tickets de taxation des nœuds GSN à l'entité CGF. Le protocole utilisé sur cette interface est GTP' en utilisant un transport TCP/IP ou UDP/IP.

4 Conclusion : De GPRS vers UMTS

Le GPRS est lui-même susceptible d'évoluer vers la technologie EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution). Cette dernière propose un débit supérieur (en pratique 100 kbit/s) et nécessite une modification technique moindre que pour l'UMTS (Elle est qualifiée à ce titre de technologie 2,75 G). Elle est en revanche beaucoup plus onéreuse que la migration GSM/GPRS car elle nécessite une nouvelle technologie de modulation. Potentiellement l'EDGE pourrait s'intégrer aux réseaux GSM/GPRS en Europe.

Références

- ETSI TS 101 344 V7.9.0, Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); General Packet Radio Service (GPRS) Service description; Stage 2 (3GPP TS 03.60 version 7.9.0 Release 1998), Décembre 2002.
- Alan Kavanagh, John Beckmeyer, GPRS Networks, Osborne Publishing, Septembre 2002.
- John Hoffman, GPRS Demystified, McGraw-Hill Professional, Février 2002.
- Regis J. Bates, GPRS : General Packet Radio Service, McGraw-Hill Professional, Décembre 2001.
- Nadège Faggion, Le GPRS : Du WAP à l'UMTS. Editions Dunod, 2002.