

Introduction aux Télécommunications
“Aspects physiques et architecturaux des réseaux de télécommunication, notamment de téléphonie”
Pierre Parrend, 2005

Les réseaux de seconde génération

Pourquoi ? Le succès de la téléphonie mobile des années 1980 cause petit à petit l’engorgement du réseau. Un système capable de supporter plus d’usagers est donc indispensable. Par ailleurs, la qualité des communications restait assez médiocre. Ces deux facteurs ont rendu indispensable le passage à la technologie numérique.

Les systèmes existants Les principaux systèmes de téléphonie de deuxième génération sont :

- le GSM, le plus répandu,
- IS-136, ou D-AMPS, en Amérique du Nord,
- IS-95, ou cdmaOne, en Amérique du Nord,
- PDC, au Japon.

1 Le GSM

1.1 Présentation

GSM est l’abréviation de Global System for Mobile Communications (Ou de ‘Groupe Spécial Mobile’ en français). C’est le système de téléphonie mobile le plus populaire : plus de 200 pays l’utilisent. Il est particulièrement implanté en Europe.

Principes Les principales caractéristiques du GSM sont :

- les communications numériques (canaux de voix et de contrôle),
- la possibilité forte de roaming,
- le transport de données.

L’usage du numérique, ainsi que le support de communications de données, distingue la deuxième génération de téléphonie mobile (2G).

Du point de vue de l’usager, le GSM apporte de nouveaux services, à bas coût. Par exemple les SMS.

Evolution Le GSM est compatible avec ses premières versions tout en continuant à évoluer. Les versions Release’97 et Release’99 introduisent le support de la transmission de volumes de données plus importants, ce qui permet l’introduction progressive de nouveaux services (GPRS), disponibles sur les nouveaux terminaux, tout en restant transparent pour les utilisateurs pré-existants.

Concurrence La différence entre le GSM et ses concurrents, tel IS-95, est la technique de multiplexage utilisée. Il s'agit encore de TDMA (comme sur la 1G), alors que la technologie cdma (Code Division Multiple Access), qui est généralisée pour la téléphonie de troisième génération (3G), est déjà en place dans IS-95. Les performances théoriques de cdma sont bien supérieures à celles de TDMA, mais il n'y a pas de différence flagrante en pratique.

1.2 Chronologie du GSM

Les principales dates marquant la mise en place du GSM sont :

1982 : fondation du groupe de travail GSM

1986 : tests de terrain

1987 : choix de TDMA

1988 : 'memorandum of understanding'

1989 : validation du système

1990 : opérationnel

1991 : lancement commercial

1992 : couverture des aéroports et villes

1993 : couverture des routes

1995 : couverture rurale

Organismes responsables Le projet GSM a été initialisé par le CEPT (Conférence Européenne des Postes et Télécommunications), puis l'ETSI pris le relais en 1989. En 1998, le projet 3G, mené par le groupe de travail 3GPP (3rd Generation Partnership Project) est lancé. Il prend en charge l'évolution du GSM, mais également sa maintenance.

1.3 Interface Radio

1.3.1 Le Signal

Multiplexage Le GSM met en place plusieurs technologies complémentaires pour le multiplexage des communication :

TDMA Time Division Multiple Acces - découpage d'une bande de fréquence en 8 canaux successifs, qui supportent chacun une communication,

SDMA Space Division Multiple Access - réutilisation de fréquence dans des cellules différentes,

FDMA Frequency Division Multiple Acces - usage simultané de différentes fréquences pour les différents canaux.

Chaque communication nécessite une paire de canaux radio qui permettent une communications en duplex.

Frequency Hopping Une communication en GSM met en œuvre également le mécanisme de 'Frequency Hopping' : pour ne pas mobiliser un canal, et permettre une adaptation dynamique aux conditions du réseau, le canal utilisé par la communication change régulièrement.

Modulation Le GSM utilise une modulation en fréquence, beaucoup moins coûteuse en énergie que la modulation en amplitude. Par contre, elle est moins performante en terme d'usage du spectre de fréquence, et utilise donc une bande de fréquence plus large.

Il s'agit plus précisément d'une modulation 'Gaussian shift keying'.

Schéma : les modulations (amplitude, fréquence, phase)

Bandes de fréquence La bande de fréquence utilisée par le GSM varie selon les pays. Deux systèmes existent : le GSM 900 (autour des 900 MHz) et le GSM 1800 (autour des 1800 Mhz). Précisément, les fréquences du GSM pour les canaux ascendants sont de 890 à 915 MHz, et pour les canaux descendants de 935 à 960 MHz. Pour le GSM 1800, la bande de fréquence est de 1710 à 1910 MHz.

1.3.2 Les cellules

On distingue quatre types de cellules : Macro, micro, pico, 'umbrella' cellules.

Macrocellule cellule à grande couverture, avec antenne au dessus des obstacles,

Microcellule cellule à couverture moyenne, avec antenne sous le niveau moyen des toits ; elle est utilisée souvent en zone urbaine,

Picocellule petite cellule de quelque dizaine de mètres, souvent en intérieur

Cellule umbrella (parapluie) cellule destinée à couvrir des lieux masqués par des obstacles (hauts batiments), ou à réaliser la couverture entre deux cellules.

Taille des cellules Le diamètre des cellules varie de quelques centaines de mètres à plusieurs dizaines de kilomètre, selon la densité de population, le relief, et naturellement les caractéristiques de l'antenne (hauteur, gain).

La taille maximale d'une cellule est de 35 km : elle est due au découpage de TDMA du temps en 'slots'. Au delà de 35 km, la propagation du signal est trop longue, et il y a chevauchement avec le slot suivant.

Pour permettre l'existence de très grandes cellules (70 km ou plus), il est possible d'utiliser non pas un, mais deux slots par signal. La capacité du réseau est naturellement réduite d'autant. De telles cellules sont utilisées dans des régions à très faibles densité de population, ou dans les régions maritimes.

1.4 Architecture

1.4.1 Présentation

Le réseau GSM est composé de trois parties principales :

- le réseau d'accès (BSS - Base Station System),
- le réseau de transport (NSS - Network Switching System),
- le réseau de maintenance (OSS - Operation and Supervision System).

La figure 1 présente l'architecture type du réseau.

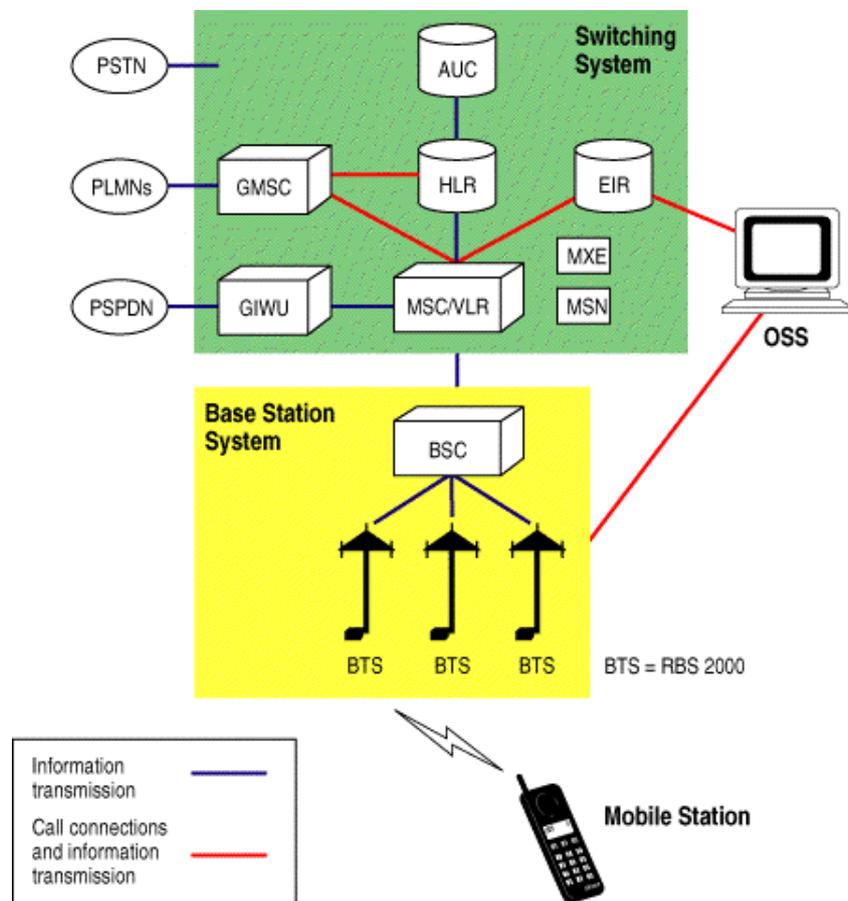


FIG. 1 – Architecture d'un réseau GSM

1.4.2 La carte SIM

La carte SIM L'autre élément important du GSM est la carte SIM (Subscriber Identity Module). Elle est insérée au niveau du terminal. Elle a pour rôle d'identifier l'utilisateur, indépendamment du terminal. Elle permet donc la mise en place de services personnalisés.

L'innovation du GSM est donc la séparation entre le terminal, et l'utilisateur : un utilisateur peut utiliser différents terminaux tout en conservant les mêmes services (numéros de téléphone, carnet d'adresse). C'est ce que les Américains appellent le PCS (Personal Communication System).

Ceci permet également l'usage d'un terminal donné avec des cartes SIM différentes, et donc dans le cadre d'abonnements différents.

SIM locking Le *SIM locking* est le blocage d'un terminal pour une carte SIM donnée, ou pour un opérateur donné. Il permet aux opérateurs d'inclure le prix du terminal dans l'abonnement, et donc de le faire baisser fortement lors de l'achat. Il est illégal dans certains pays, et dans la grande majorité des cas

réversible.

1.4.3 Sécurité

La carte SIM permet également la mise en œuvre de mécanisme de sécurité : authentification vis-à-vis du réseau, ainsi que protection des communication (confidentialité et intégrité). Les algorithmes utilisés pour la cryptographie sont de type A5.

1.4.4 Base Station Subsystem

Le sous-système de Station de Base est responsable de la transmission et de la réception du signal vers les terminaux. Il fait donc le lien entre l'utilisateur et le réseau d'acheminement des communications. Il est composé des BTS (Base Transceiver Station - Station de Base de Transmission), et des BSC (Base Station Controller - Contrôleur de Station de Base).

Les Base Station Transceiver Le BTS est le contrôleur de la ou les antennes de la cellule. Il peut contenir plusieurs Transceivers (TRX). Dans le cas où plusieurs antennes sont présentes, il y a sectorisation de la cellule, c'est à dire que chaque antenne couvre un certain angle du territoire (par exemple, pour 3 antennes, 120°).

Les Base Station Controller Le BSC permet la gestion d'un ensemble de BTS. Typiquement, il en contrôle quelques dizaines ou quelques centaines. Le BSC gère l'allocation de fréquences, le contrôle de puissance de l'émission pour chaque terminal, les handovers. Un BSC est relié à un MSC (Mobile Switching Center), par lequel il achemine les communications au travers du réseau.

Le BSS contient également un transcodeur, qui convertit le signal tel qu'il est émis par le terminal (codage GSM) en signal acheminé par le réseau (codage PCM). De plus, un PCU (Packet Control Unit) a été ajouté pour gérer la transmission de données.

1.4.5 Network and Switching System

Le Système de commutation (Network Switching System, NSS) permet d'acheminer les communications entre deux terminaux. Il est composé de commutateurs (MSC - Mobile Switching Center), et de bases de données qui permettent de contrôler l'accès et la facturation des utilisateurs. Le NSS est dédié au transport par commutation de circuit, et donc à la voix. Les services de données, avec commutation de paquet, sont réalisés par le GPRS.

Le Mobile Switching Center Le MSC est un commutateur téléphonique qui assure un certain nombre de services : gestion de la mobilité, roaming, communication voix et données. Une communication est typiquement transportée à travers plusieurs MSC. Un MSC particulier est celui qui relie deux réseaux d'opérateurs entre eux, c'est le GMSC (Gateway MSC - MSC passerelle).

Les bases de données Deux bases de données gèrent les données utilisateurs : le HLR (Home Location Registry), qui contient les informations originales, mises à jour par le fournisseur de l'abonnement. Le VLR (Visitor Location Registry), qui contient une copie de ces données à l'endroit où l'utilisateur est connecté au réseau.

Deux autres bases de données sont chargées de contrôler la validité de la connection au réseau : le AUC (Authentication Center), contient les informations concernant la carte SIM, et le EIR (Equipment Identity Register), celles sur les terminaux.

Pour pouvoir téléphoner, il est donc indispensable de disposer d'une carte SIM valide ET d'un terminal autorisé. Ceci permet notamment de bloquer les appareils en cas de vol.

1.5 Canaux de transmission

Le GSM utilise plusieurs canaux pour réaliser les communications : des canaux de transport d'information (voix et données), naturellement, mais également des canaux de contrôle d'appel, et un canal pour informer les terminaux d'une cellule des paramètres de connection à l'antenne (fréquences utilisées, etc.).

Ces canaux sont :

TCH , Transport Channel, le canal de transport de communication. Deux sont nécessaire par communication pour assurer le full-duplex.

BCCH , Broadcast Control Channel, canal de diffusion des informations sur la cellule. Un par cellule.

FCH , Frequency Channel, même voix que le BCCH, il permet au BTS de diffuser la fréquence du signal auquel il fonctionne.

SCH , Signal Channel, même voix que le BCCH, signalisation.

SDCCH Stand-alone Dedicated Control Channel. canal de contrôle dédié à une communication. A chaque Canal de Transport est associé 1/8 de canal pour le SDCCH.

Le lien entre N_f le nombre de porteuses disponibles et N_C le nombre de canaux d'information disponible est :

$$N_C = \text{fix}(8 * (N_f - 1) / (1 + 1/8)) \quad (1)$$

2 IS-95

La norme IS-95 est le système de téléphonie utilisé au Etats-Unis. Il est également appelé cdmaOne, car il utilise non pas la technique TDMA comme le GSM, mais CDMA (Coded Division Multiple Access), qui permet une meilleur efficacité en bande passante. Le CDMA est utilisé dans les réseaux de troisième génération, comme l'UMTS. Nous verrons en détail cette technique dans la partie 3G.