UMTS

C. Delage et T. Gazagnaire

mai 2002

Table des matières

1 Introduction

La troisième génération de réseau cellulaire (communément dénommé 3G) représente la prochaine phase dans l'évolution de la technologie cellulaire, après les systèmes analogiques (première génération), et les systèmes numériques (seconde génération). Les réseaux 3G vont représenter une convergence des services centrés sur la voix vers des services intégrés, incluant la voix, les données, la vidéo, le fax, ...

Le développement d'UMTS est la solution 3G dominante, représentant une évolution des réseau GSM standarts, pouvant s'interfacer avec des réseaux GSM existants. 3G va implémenter un nouvel accès aux réseaux, en profitant de l'amélioration technique de l'interface radio et des différentes nouvelles technologies pour l'interface entre le réseau d'accès et le réseau radio.

1.1 La problématique du sujet

La problématique des services dans un reseau de téléphonie cellulaire 3G type UMTS est de définir un système de gestion des services dedié a l'UMTS. Il faudra introduire quelques concepts utiles pour comprendre comment le reseau s'adapte a ces différents services. Quels sont les moyens mis en oeuvre dans le reseau pour les supporter ?

Pour cela on s'intéressera d'abord aux differentes classes de services qui ont été définies dans un reseau 3G. Ces classes permettent de distinguer la nature des flux circulant dans le reseau (par exemple un flux de video streaming n'aura pas les mêmes contraintes ni les mêmes caractéristiques pour le réseau qu'un flux de voix). On verra ensuite les deux sous ensembles du réseau UMTS qui sont la couche du réseau comprenant les fonctions d'accès radio de celle indépendantes du lien radio. On verra l' importance d'avoir un réseau coeur indépendant du reseau d'accès. Ensuite, on verra que c'est au niveau du RAB(Radio Access Barrier) que sont déterminé de manière générique les caractéristiques a allouer sur le segment Radio en fonction de la nature de l'application (pour la transmission de données). On enchaînera ensuite sur l'architecture globale (composée d'entités fonctionnelles interconnectées via des interfaces normalisées) pour plusieurs raisons : L'UMTS réalise la convergence de 2 mondes fondamentalement distinct que sont la commutation de circuit du monde téléphonie classique et la commutation de paquet du monde des réseaux informatiques. De plus il y a une forte corrélation entre la compréhension de cette architecture et la definition de vecteurs de paramètre caractérisant tel ou tel aspect du réseau. Nous terminrons avec une partie plus technique sur l'optimisation des ressources radio en fonction notamment des classes de service. Puis quelques concepts de gestion de la mobilité en mode veille et connecté et de mobilité intersystèmes qui dans le cadre de l'UMTS sera critique lors des premieres phases de deploiement

1.2 L'UMTS en quelques mots

Perspectives :
L'UMTS est un standard qui va remplacer les normes de type GSM qui qui sont arrivées aux limites de leur possibilités et ne permettent plus de garantir une itinérance a l'échelle mondiale ni de tenir compte de nouveaux services(internet wireless,multimedia).

Incomplatibilité des systemes 2G entre eux :
Les normes de deuxième génération ont des différences au niveau des paramètres radio (Bande, structure canaux physique)qui interdit toute compatibilité aux technologies : Un mobile fonctionne et ne peut fonctionner sur une technologie différente de celle pour laquelle il a été conçu.

Raison economique :
L'UMTS est conduit par un impératif économique. L'exemple en est la surenchère des licences UMTS : un opérateur qui a choisit une technologie cellulaire dont on sait qu'elle sera minoritaire subira nécessairement un manque a gagner.

Buts de l'UMTS :

- compatibilité avec les systèmes 2G, notamment pour des raisons économiques.
- multimedia
- Debit plus élevé : quelques chiffres : 144 kBIt/s,384 Kbit/s. 2Mbit/s. Plus le debit est élevé plus les contraintes qui pèsent sur l'environnement radio sont importantes. Ce debit ne sera atteint que dans des conditions de transmission radio optimales (usager quasi immobile , proche de l'antenne d'emission de la cellule).

Itinérance :

Posibilité pour un abonné de continuer a bénéficier des services lorsqu'il se déplace sur un autre réseau que celui de l'opérateur auquel Il a souscrit.

2 Les Classes de Service

Plusieurs points vont permettre de distinguer les différentes classes de service :

Délai de transfert
Le délai de transfert de l'information doit être important pour des applications intéractives avec de fortes contraintes temps réel comme la téléphonie. Car une dégradation même faible (quelques centaines de milli-secondes) devient insupportable pour l'utilisateur.(ex : liaisons téléphoniques par satellites). Par contre, ce délai est peu d'important pour les services basés sur Internet, pour lesquels un temps de réponse de l'ordre de la seconde suffit.

Variation du délai de transfert
On s'intéresse ici à la notion de variance, c'est à dire d'écart par rapport a la moyenne. Par exemple, dans le cadre d'un flux de Video streaming il faut que le délai entre deux paquets d'images successives reçues soit le plus constant possible. Dans le cas de la téléphonie classique des ressources spécifiques ayant un debit condstant sont allouées a la communication. Donc le délai de transfert subit peu de variation. Ce n'est pas encore le cas des applications de diffusion vidéo sur Internet pour lesquels il faut recourir a des mécanismes particuliers pour compenser la gigue de phase plus connue sous le nom de jitter.

La tolerance aux erreurs de transmission
C'est un facteur important pour les applications de transmission de données. Par exemple, le transfert de fichiers via FTP pose problème si le taux erreur binaire est plus grand que 10^6. De même pour les applications critiques comme les transactions bancaires ou le commerce électronique requièrent que l'information soit fidèlement transmise par le réseau de transmission. Ce n'est par contre pas le cas pour des applications de type téléphonie classique qui peuvent accepter des taux d'erreurs bien superieurs, car la perception humaine est assez tolérante aux erreurs de transmission sur les applications de téléphonie.

2.1 UMTS Class A : Conversation

Pour les services bi-directionels implinquants deux ou plus utilisateurs. Les contraintes dépendent directement de la perception humaine : les délais doivent seulement être inférieurs à 0.2 secondes.
Cette classe est utilisé pour la téléphonie, la vidéophonie, pour des applications comme telnet, pour des jeux interactifs, ...

2.2 UMTS Class B : Streaming

Streaming pour des services impliquant un utilisateur et un serveur de donnée. Utilisé pour des applications asymétriques, où les données sont transmises du réseau vers le mobile. La non-interactivité entre l'utilisateur et la source de donnée permet de supporter des délais important (délais $\leq$ 10 secondes).
Par exemple, on utilise cette classe pour le broadcasting, ou encore le FTP

2.3 UMTS Class C : Interactivité

Pour les applications où l'utilisateur dialogue interactivement avec un serveur de données ou d'applications. Contrairement à la classe A et B, la contrainte ici n'est pas sur le délai (qui est en gros d'une seconde), mais sur la qualité des données transmises. Les informations transmises ne doivent pas être altérées.
Par exemple, les messages vocaux, le surf sur internet, le commerce électronique sont des applications de la classe C.

2.4 UMTS Class D : Tâches de fond

On veut toujours avoir une transmission sans altérations, et on peut supporter des délais plus conséquents (de l'ordre de 10 secondes).
Exemples :10 Second Examples : Fax, notification d'arrivée des e-mails, SMS...

3 Concepts

On a vu comment trier les services utilisateurs du point de vu de la problématique du reseau.(contraintes temps réelles , sensibilités aux erreurs de transmission). Quels sont les éléments fonctionnels ou autres qui permettent de s'adapter a ces différentes classes de services ? Pour y répondre

Il faut introduire quelques concepts : on doit voir que le réseau d'accès se comporte comme un prestataire de service vis a vis du réseau coeur, notamment en ce qui concerne l'allocation des ressources radio qui est fonction de paramètres négociés entre utilisateur et réseau coeur. La classe de service est l' un de ces paramètres.

3.1 UMTS Terrestrial Radio Access Networks (UTRAN)

Tout d'abord, quelques définitions :

Réseau d'accès (AN) : le réseau d'accès fait référence a l'ensemble des équipement associés au segment radio du réseau et assurant les fonctions d'allocation de ressources radio et de multiplexage des usagers sur les différents canaux radio. Plusieurs technologies radios (RAN) y sont représentées, notamment l'UTRAN pour les téléphones mobiles (mais aussi BRAN et SRAN).

Réseau Coeur (CN) : le réseau coeur, fait référence a l'ensemble des équipements chargés de la gestion des abonnés, du routage des appels et de l'interconnexion avec les réseaux de communication extérieurs.

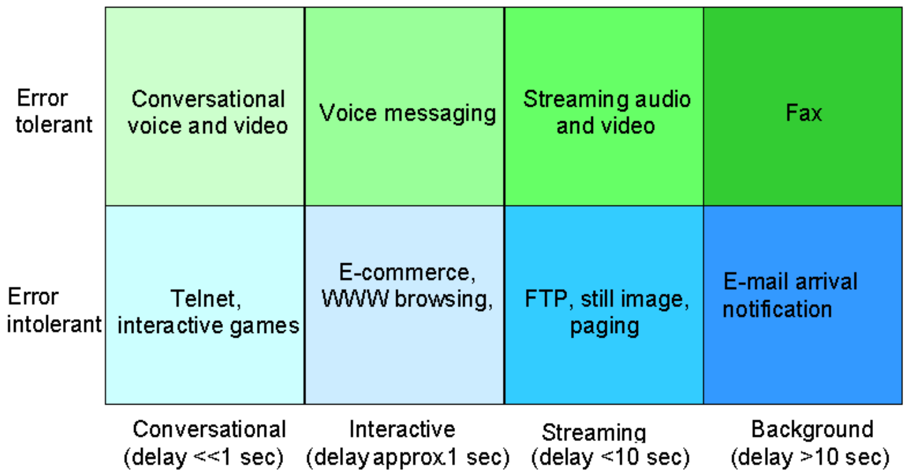
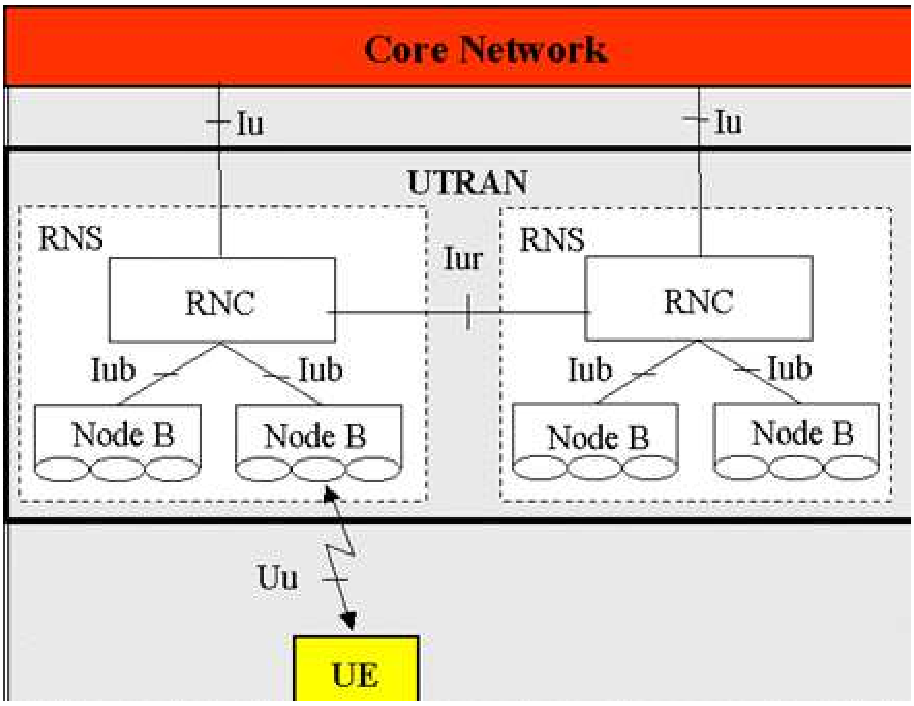


FIG. 1 – Classement des applications en fonction de la tolérance aux erreurs et au débit désirés.

Interface Iu : connection entre CN et AN. Cette interface est capable de relier des réseaux d'accès de technologies differentes grâce à une définition très générique.



Pour assurer l'indépendance de l'interface Iu par rapport a la technologie d'accès, cette interface intègre la notion de RAB (Radio Access Bearer) qui permet de décrire de manière générique le canal de communication utilisé dans le reseau d'accès.

3.2 Découpage en Strates

C'est une vision conceptuelle qui est a la base de la structure du reseau, des différents protocoles et des interfaces de l' UMTS. Le découpage en strates assez similaire a celui de l'OSI permet de séparer des niveaux de services indépendants dans le réseau UMTS.

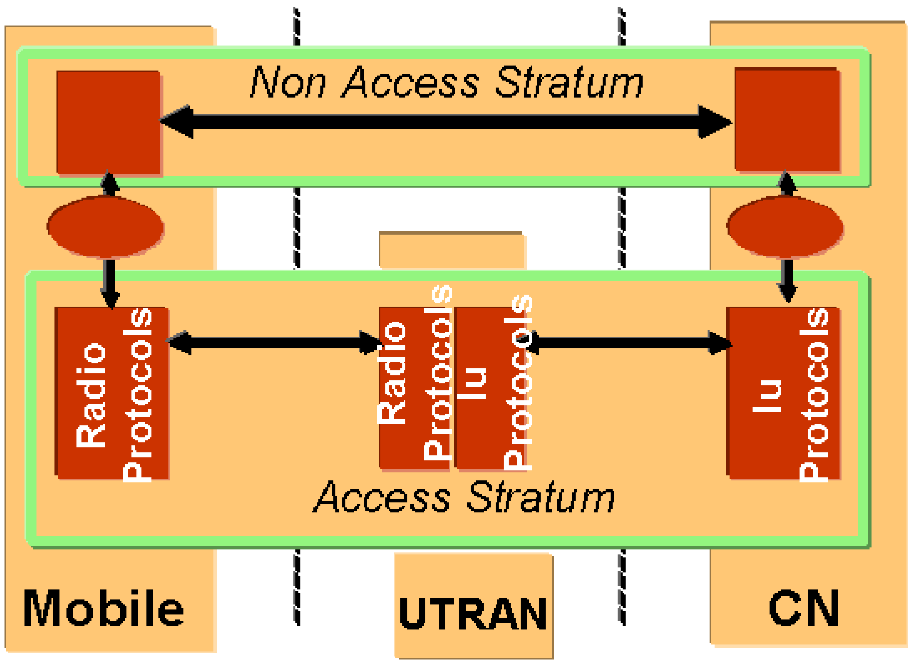
Access Stratum (AS)
Regroupe toutes les fonctions du réseau UMTS lié au réseau d'accès. Par

exemple, les fonctions de gestion de ressources radio et de handover[1]. Par définition, l'UTRAN est en tant que réseau d'accès entièrement inclus dans l'Acces Stratum. Il comprend aussi une partie de l'équipement (celle qui gère les protocoles de l'interface radio), ainsi qu' une partie du réseau coeur (celle qui correspond a l'interface Iu).

Non Access Stratum (NAS)
Le niveau Non Acess Stratum regroupe toutes les autres fonctions du reseau UMTS indépendantes du réseau d'accès comme Les fonctions d'établissement d'appel correspondant aux couches de protocoles CC (call control) pour les appels circuit et SM (Session Management) pour les appels paquet. Les fonctions de gestion de la mobilité en mode veille correspondent aux couches de protocoles MM (Mobilite Management) et GMM (GPRS Mobility Management)pour les appels paquets.

Cette séparation fonctionnelle est à mettre en parallèle avec celle de CN \ AN qui réalise une séparation architecturale. Elle correspond à une

[1]mécanisme visant a transférer les ressources d'un équipement radio a un autre (effectué lors d'un changement de cellules).



répartition logique des fonctions du reseau.

UMTS function	Access Stratum	Non access Stratum
Call signaling Management		---
Authentication		---
Handover Functions	---	
Radio Resources Management	---	
ciphering	---	(---)
compressing	---	(---)
Billing mechanisms		---
Adding services		---

3.3 Radio Access Bearer (RAB)

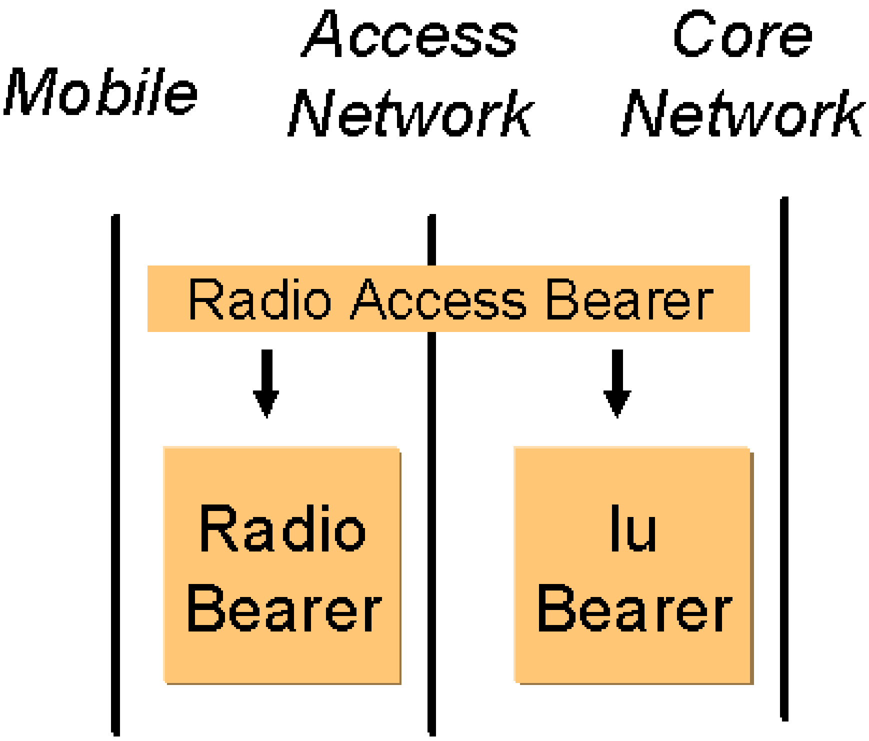
Fonction

Le RAB permet de décrire de manière générique le canal de communication utilisé dans le réseau d'accès . Il permet de faire circuler des flux d'information de nature différente de la même manière en attribuant de manière générique des ressources appropriées). Lors de l'établissement d'un appel, le type de service et les caractéristiques des resources qui serviront de support a la communication sont négociées entre l'usager et le réseau au niveau du NAS. Ainsi L'AS sera charge par le NAS d'établir le chemin de communication dans le réseau d'accès.

Du fait du principe d'indépendance des niveaux de l'UMTS, le NAS ne connaît pas les caractéristiques précises du RAB, c'est à dire la façon dont il sera mis en oeuvre dans le réseau d'accès. Le RAB n'est en fait caractérisé que par des attributs de QoS négociés entre l'usager et le réseau coeur.

Attributs

Lors de la phase d'établissement d'une communication, le réseau d'accès reçoit une demande d'allocation du RAB du réseau coeur avec la liste des attributs de qualité de service associés au RAB. Le réseau d'accès doit alors


Mobile
Access Network
Core Network
Radio Access Bearer
Radio Bearer
Iu Bearer

interpréter les attributs du RAB et determiner les caractéristiques a allouer sur les segments radio et Iu. Le RAB est caractérisé par les attributs suivant :

- classe de service (A,B,C,D) de l'application qui utilise le RAB
- débit maximum garanti
- taille des SDU
- taux d'erreurs residuelles
- délais de transfert
- priorité
- capacité de préemption

En fonction de la valeur de ces attributs l'UTRAN doit effectuer plusieurs operations :

- Choix d'un codage canal, c'est à dire choix de la protection à apporter aux données utilisateur échangées sur l'interface radio (taux d'erreurs requis pour le RAB).
- Dimensionnement des ressources radio associées au RAB (paramètre de débit garanti, classe maximale de service et codage canal). L'UTRAN détermine le débit de la ressource à utiliser sur l'interface radio.
- Il doit allouer le radio bearer et de l'Iu Bearer. En cas de congestion de traffic, les attributs de préemption et de priorité du RAB permettent a l'UTRAN de préempter une ressource existante ou de placer l'UTRAN en file d'attente.
- Configuration des protocoles radio en fonction des caractéristiques des SDU qui seront échangés sur le RAB.

On a donc définit deux types de séparation : une séparation architecturale(transversale) pour rendre le reseau coeur independent de la technologie d'accès et une séparation fonctionnelle (verticale) pour distinguer différents niveaux de services. Et on a vu le RAB qui permet de décrire de manière générique le canal de communication à allouer.

4 Evolution par rapport aux réseaux existants

Changements induits par l'intégration de service

Pourquoi de nouvelles entités dans le reseau d'accès , de nouvelles interfaces ? Contrairement au réseau coeur de l'UMTS qui ne different pas beaucoup du reseau coeur GSM/GPRS , le réseau d'accès UMTS est très différent de son homologue. Etre capable de commuter de la voix à 64 kBit/s n'a pas grand chose a voir avec commuter des données à 2 MegaBit/s. Les techniques de Handover doivent en particulier être redéfinies. Car si durant un changement de cellule une communication téléphonique peut être coupée quelques millisecondes sans pour autant altérer la QoS ressentie par l' utilisateur, interrompre un transfer de données à un debit de 2 Mbit/s même pur quelques microsecondes conduirait a une perte complète d'information.

Gestion des abonnés
Comment retrouver l'information subscriber dans le réseau ? IMSI = Identite de l'abonné qui est stocké dans la carte SIM (USIM) pour la norme GSM(UMTS). Cela permet l'itinérance car seul l'ID est stocké dans le portable , son abonnement et ses caractéristiques sont stockées en base distribuée (à la différence de certains systèmes 2G ou toutes les caractéristiques étaient stockées dans le mobile).

Commutation par paquets et mode Connecté
Dans une commutation de circuit il y a une allocation de ressources préalable à tout transfert de flux. L'opérateur sait donc exactement par où et comment circule les flux. Il a la parfaite maîtrise du canal. Il peut donc garantir au subscriber un débit et un temps de transfert.
Ce n'est pas le cas dans une transmission en mode paquet ou les ressources ne sont pas allouées avant le transfert. le problème du routage se pose en chaque noeud du réseau.

5 Identification des terminaux

Les point d'entrés des fournisseurs de services sont identifié par un schéma spécifique appellé APN (Access Point Name) qui est interfacé avec l'exterieur par des noms DNS. Les terminaux UMTS utilisent entre eux des noms E.164 (comme RNIS/ISDN). L'identification d'un terminal pour les gens de l'extérieur est réalisé par le fournisseur de services et passera probablement par des noms DNS (si l'abonné en a déjà).

5.1 Implémentation d'IP sur UTMS

Étant donné les débits offerts par l'UMTS, la voix ne va représenter qu'une infime partie de la bande passante. La norme UMTS prevoit donc de donner aux terminaux une adresse IP, et d'implémenter la commutation de paquets IP, ce qui permet aux utilisateur d'acceder à toutes les ressources d'internet.

On peut distinguer deux façons d'utiliser les adresses IP :

– pour les “end-points” des réseaux GPRS/UMTS (gérés par les opérateurs) ;
– pour les terminaux mobiles (gérés par les fournisseurs de services).

Il est à noter que les adresses utilisés à l'intérieur des réseaux UMTS n'étaient pas visibles de l'extérieur pour les versions 3 et 4 de la norme. La version 5 devrait permettre cette visibilté, mais ce n'est pas certain.

Le nombre “d'entités” (ordinateur, téléphone, PDA, etc.) souhaitant utiliser internet (et donc posséder une adresse IP) augmente considérablement depuis quelques années. Il apparait donc que la norme IPv4 n'est pas suffisante (elle ne permet que 4 milliards d'adresses). Les implémentations d'IP sur UMTS vont donc utiliser IPv6. Mais du fait le grande mobiliré potentielle des terminaux UMTS (ce sont en général des téléphones portables) les normes récentes utilisent une variante de IPv6, appelée MIPv6 (Mobile IPv6).

problèmes de compatibilité

Comme les premières versions d'UMTS utilisaient IPv4 avec une allocation dynamique des adresses, alors que les nouvelles normes utilisent IPv6 avec adresse fixé (globalement uniquement pour chaque terminal, à la manière des adresses MAC), il faut que le réseau soit à même d'assurrer la compatibilité. Pour cela un mécanisme de “tunnelling” peut-être mis en place pour connecter entres eux plusieurs réseaux IPv6 (voir Figure 2).

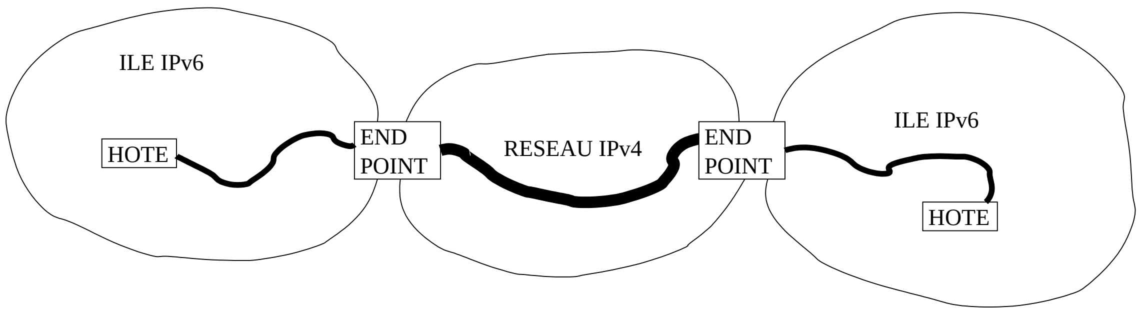


Fig. 2 – Tunnelling IPv6 sur IPv4

6 Méthodes d'Optimisation du Flux Radio

6.1 Multiplexage

La norme UMTS propose deux techniques de multiplexage sur la voix radio. Le TDD (Time Division Duplex) et le FDD (Frequency division Duplex).

TDD : multiplex temporel sur une bande de fréquence.

FDD : chaque sens de la communication utilise une fréquence particulière.

En FDD on attribut souvent la même quantité de spectre aux deux sens de la communication. Ce qui est adapté pour des applications présentant des débits symétriques comme la téléphonie. Par contre lorsque les débits ne sont pas équilibrés comme dans bon nombre d'applications de données (navigation sur le web ou consultation de message) cette technique n'est pas optimale. Ici la technique TDD est plus adaptée que le FDD car elle permet de privilégier un sens de communication par rapport a un autre par l'allocation de ressources non symétriques.

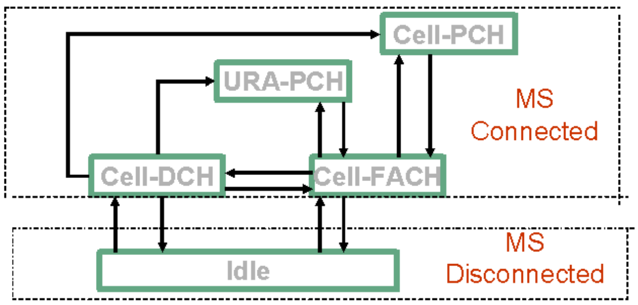
6.2 Etats de la connection

La couche RRC de l' UTRAN a été conçue pour maintenir une connexion Mobile Réseau permanente même lorsque aucune donnée n'est transférée tout en ne consommant aucune resources sur l'interface radio. La fonction principale de la couche RRC est la gestion de la connexion de signalisation établie entre le mobile et l' UTRAN (établissement et libération de communication). Cette couche a permit d'intégrer la gestion des types d'appels et des types de paquets dans une mécanique générale et unifiée. On a vu que le réseau UMTS offrait la possibilité d'échanger des données simultanément au travers des domaines CS et PS du reseau coeur, c'est à dire de supporter des appels circuit et paquet en même temps. Ceci est Utilisé pour transporter la signalisation des domaines du reseau coeur vis a vis desquels le mobile est actif.

En mode GPRS, aucune connexion n'est établie avec le réseau : seul une session de communication est activée ou désactivée .Quand une session GPRS entre dans une phase de quasi inactivité (cad quand aucune donnée usager n'est transmise pendant un certain temps) aucune ressource de transmission n'est utilisée. De plus le transfert peut reprendre en donnant lieu a une allocation temporaire. Les mécanismes d'allocation de ressources temporaires sont intéressantes pour des applications caractérisées par des périodes d'inactivités importantes comme les applications de messagerie. Cela permet d'éviter les procedures de connexion et déconexion au réseau longues et coûteuses en terme de messages échangés et de temps CPU consommé. En GSM, le Mobile est soit en mode veille soit en mode connecté.

En UMTS, une connection RRC est présente quelque soit le type de service actif. Pour s'adapter à l'ensemble des classes de service qui devront être définies (conversationnal, streaming, background, interactive) plusieurs états de la connection RRC ont été définies (compromis entre deux états du GSM mode circuit et l'absence de connexion en mode GPRS).

Les états définis par la norme sont `CELL_DCH`, `CELL_FACH`, `CELL_PCH` et `URA_PCH`. Ces états correspondent en fait à différents niveaux d'activité de la connexion mobile-reseau. Les transitions entre états sont consécutives a une decision du réseau.



States of the RRC Connection

	Uplink channel	Downlink channel	Mobility Control	Level of activity
Cell-DCH	DCH	DCH	Network	+++
Cell-FACH	RACH	FACH	Network or MS	++
Cell_PCH	-	PCH	MS	+
URA_PCH	-	PCH	MS	-
idle	-	-	MS	NS

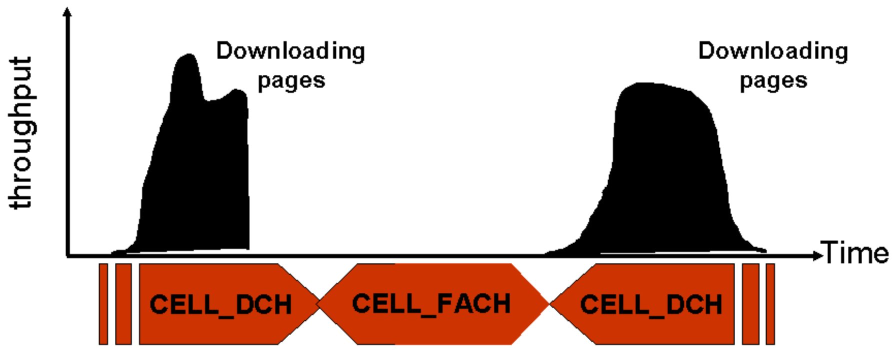
- L'état `Idle` est celui dans lequel aucune connexion n'est établie entre le mobile et le réseau.
- L'état `CELL_DCH` Dans cet état des canaux de transfert sont alloués dans les deux sens de la communication. Cet état de la connexion est choisit par le réseau pour le support d'applications à fortes contraintes temps réelles comme la téléphonie ou la diffusion vidéo.

– L'état CELL_PCH et URA_PCH Deux états fonctionnellement assez identiques. Dans ces états aucune ressource n'est allouée dans le sens montant. Le mobile se contente de lire les informations sur les canaux de paging. La différence essentielle entre ces deux états reside dans la connaissance de la position du réseau dans la couverture cellulaire. En fonction de paramètres tels que l'état d'encombrement de l'interface radio, en fonction de la vitesse de déplacement du mobile, le reseau peut décider de placer la connexion soit dans l'état CELL_PCH ou CELL_RACH.

  En fonction de l'état de la connexion RRC la gestion de la mobilité est laissée soit à l'initiative du mobile (on parle de Cell Update procedure), soit à l'initiative du réseau (on parle de handover).

On va essayer de voir, sur un exemple concret, comment la connexion mobile réseau permet de gérer efficacement le traffic radio.
Le profil de traffic d'un utilisateur navigant sur le web est constitue de deux phases :
– Une phase de transfert de données correspondant au téléchargement d'une page sur le terminal de l'usager. Du point de vue de l'utilisateur il s'agit d'une phase d'attente dont la durée dépend du dimensionnement des ressources allouées par l' opérateur.
– Une phase d'attente où l'usager consulte sa page. Durant cette phase toute ressource allouée a la communication est utilisée par l'opérateur pour faire autre chose.

Pour assurer à l'utilisateur une qualité de service adéquate durant la phase de transfert et éviter de consommer des ressources inutilement durant la phase d'inactivité le réseau utilise les états CELL_DCH et CELL_FACH de la connection. Durant la phase d'activité l'etat CELL_DCH et utilisé permettant l'allocation de ressources adéquates. Au bout d' un certain temps d'inactivité (de l'ordre de la milliseconde dans le cadre du transfert de page web), le réseau décide de placer la connexion dans l'état CELL_FACH. Les ressources inutilisées sont libérées mais la connexion est toujours active.



7 Conclusion

Depuis quelques temps, la plupart des pays industrialisés voient le marché des services de la communication traditionnelle stagner alors que les revenus de la communication de données ne cesse d'augmenter. Nous utilisons des moyens de plus en plus diversifiés pour communiquer, ceux-ci utilisant en majorité l'outils informatique : courrier électronique, vidéoconférence, forum de discussion, chat. L'UMTS semble alors l'évolution logique du GSM, la troisième génération : un petit appareil regroupant communications téléphonique et communications de données. Son but, pouvoir communiquer tout type d'information depuis n'importe quel endroit de la planète.

On prévoit que l'UMTS jouera un rôle capital dans la création d'un nouveau marché de masse en ce qui concerne les communications multimédia de haute qualité, on parle déjà de 2 milliards d'utilisateurs dans le monde, d'ici 2010. Il représente une nouvelle opportunité d'investissement colossale pour les 10 prochaines années. L'UMTS nous promet de grandes choses, il reste cependant un vaste projet devant faire face à de nombreuses contraintes qui auront besoin de temps pour être surmontées.

Annexe : sigles

3G : 3^{eme} génération
AN : Access Network
APN : Access Point Name
AS : Access Stratum
CC : Call Control
CN : Core Network
CS : Circuit Switching
DNS : Domain Name Server
FDD : Frequency Division Duplex
FTP : File Transfer Protocol
GMM : GPRS Mobility Management
GPRS : GSM Packet Radio Service
GSM : Global System for Mobile Communication
IP : Internet Protocol
MM : Mobility Management
NAS : Non Access Stratum
PS : Packet Switching
RAB : Radio Access Barrier
RRC : Remote Ressource Control
SIM : Suscriber Identity Module
SM : Session Management
TDD : Time Division Duplex
UMTS : Universal Mobile Telecommunication System
UTRAN : UMTS Terrestrial Radio Access Network