

Univ'ria
INFORMATION COMMUNICATIONS

Transmissions et Protocoles
Nathalie Mitton

EQUIPE PROJET
POPS
Lille - Nord Europe

2011

1
Le RTC

Univ'ria Nathalie Mitton - Transmissions et Protocoles

2011 - 2

RTC

- Radio téléphonique commuté
 - STN : Switched Telephone Network
- Met en relation deux abonnés à travers une liaison dédiée pendant tout l'échange

Principe du RTC

Liaison d'abonné ou boucle locale

Univ'ria

3

RTC (2)

- Principalement du transport de voix.
- Utilise comme support des lignes électriques sur lesquelles transite un courant analogue aux signaux sonores.
- Commutation de circuits
- Communication full duplex avec une bande passante de 64kb/s dans chaque sens.

Univ'ria

4

RTC élémentaire

- Une liaison téléphonique élémentaire est constituée par :
 - 2 émetteurs-récepteurs (postes téléphoniques)
 - Une ligne acheminant les signaux
 - Une source d'énergie électrique E. La tension continue nécessaire à l'alimentation des postes est fournie par une source installée au central téléphonique.

Univ'ria

5

historique

- 1854 : Charles Bourseul imagine un système de transmission électrique de la parole.
- 1876, Alexander Graham Bell construit le premier téléphone capable de transmettre la voix humaine en respectant le timbre.
 - Vendus par paires
 - Un téléphone ne peut joindre qu'un seul correspondant.
 - Si X veut appeler Y, Z et T, il lui faut 3 téléphones, un pour chaque correspondant.
- Les villes se couvrent de fils électriques.
 - Système difficilement extensible.
- 1878, premier central téléphonique à New Haven (Connecticut) par Bell.
 - A l'origine, mise en relation manuelle par les opérateurs.

Univ'ria

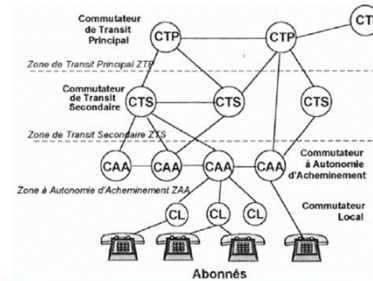
6

Historique (2)

- 1889 : premiers concepts d'automatisation
 - Apparition des PABX (*Private Automatic Branch Exchange*)
Un PABX est un standard automatique qui vous aiguille sur le poste désiré après que vous ayez composé un code particulier.
- 1970 : le réseau téléphonique français est entièrement automatisé
 - Grâce aux recherches du CNET, mise en place du premier central entièrement électronique au monde.
- 1972 : première liaison visiophonique sur liaison haut débit entre les sites CNET de Paris et Lannion
- 1987 : ouverture de Numéris

Architecture traditionnelle

- Organisation hiérarchique de 3 niveaux



Architecture traditionnelle (2)

- Réseau structuré en zones, chaque zone correspond à un niveau de concentration et de taxation.
 - ZAA : zone à Autonomie d'acheminement
 - Comporte 1 ou plusieurs commutateurs à autonomie d'acheminement (CAA) desservant des commutateurs locaux (CL), concentrateurs de ligne raccordant l'abonné final.
 - Les CAA mettent en relation les clients d'une même zone géographique.
 - Réseau étoilé
 - Réseau de desserte
 - ZTS : zone de transit secondaire
 - ZTP : zone de transit principal

Architecture traditionnelle (3)

- Réseau structuré en zones, chaque zone correspond à un niveau de concentration et de taxation.
 - ZAA : zone à Autonomie d'acheminement
 - ZTS : zone de transit secondaire
 - Comporte les concentrateurs de transit secondaire (CTS)
 - Pas d'abonnés directement reliés
 - Les CTS assurent le brassage de circuits lorsque 2 CAA ne peuvent communiquer directement
 - ZTP : zone de transit principal

Architecture traditionnelle (4)

- Réseau structuré en zones, chaque zone correspond à un niveau de concentration et de taxation.
 - ZAA : zone à Autonomie d'acheminement
 - ZTS : zone de transit secondaire
 - ZTP : zone de transit principal
 - Assure la commutation des liaisons longues distances
 - Comprend un Commutateur de Transit Principal (CTP)
 - Au moins un CTP relié à un Commutateur de Transit International (CTI)

Architecture traditionnelle (5)

- Le réseau est un réseau maillé :
 - plusieurs itinéraires entre deux abonnés
- 2 types de faisceaux
 - Faisceau de premier choix
 - Choisi en priorité
 - Pour un numéro donné, conduit l'appel vers le commutateur le plus proche de l'abonné en empruntant les faisceaux de plus faible hiérarchie
 - Faisceau de second choix
 - Faisceau de débordement
- Les informations de gestion, appelées « signalisation » transitent sur un réseau parallèle : le réseau sémaphore.

Gestion du réseau

- Trois fonctions de gestion:
 - La distribution
 - *Liaison d'abonné ou boucle locale*
 - *Relie l'abonné au centre de transmission de rattachement*
 - *Transmission de la voix : fréquence vocale de 300 à 3400Hz*
 - *Transmission de la numérotation*
 - *Fréquence de la numérotation décimale (au cadran) : 10Hz*
 - *Fréquence de la numérotation fréquentielle : de 697 à 1633 Hz*
 - *Transmission de la signalisation générale*
 - La commutation
 - La transmission

Unia

13

Gestion du réseau (2)

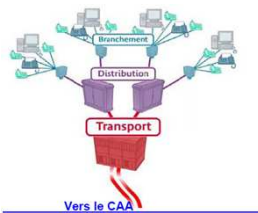
- Trois fonctions de gestion:
 - La distribution
 - La commutation
 - *Fonction essentielle du réseau*
 - *Mise en relation de deux abonnés*
 - *Maintient de la liaison durant tout l'échange*
 - *Libération des ressources*
 - *Paramètres de taxation déterminés par le réseau*
 - La transmission
 - *Partie support de la communication*
 - *Aujourd'hui, seule la boucle locale reste en cuivre et analogique, le reste, fibre optique et numérique*

Unia

14

La boucle locale

- Partie comprise entre le client et le centre de rattachement du réseau de l'opérateur.
- 3 zones essentielles
- La partie « branchement »
- La partie « distribution »
- La partie « transport »



Unia

15

La boucle Locale - Branchement

- Partie reliant les clients aux points de raccordement
- Câbles en cuivre
- Une ligne = une paire de fils transmettant la voix et les données sous forme de signaux électriques
- Une paire par ligne posée
- En France, câbles généralement organisés en regroupements de 7 paires. En fonction de la capacité d'abonnés recherchée, multiple de 7.
- Lorsque le câblage est impossible (ex: montagne), on utilise les faisceaux hertziens : boucle locale radio.

Unia

16

La boucle Locale - Distribution

- Câbles de moyenne capacité
- Partie reliant les points de raccordement à un sous-répartiteur.

Unia

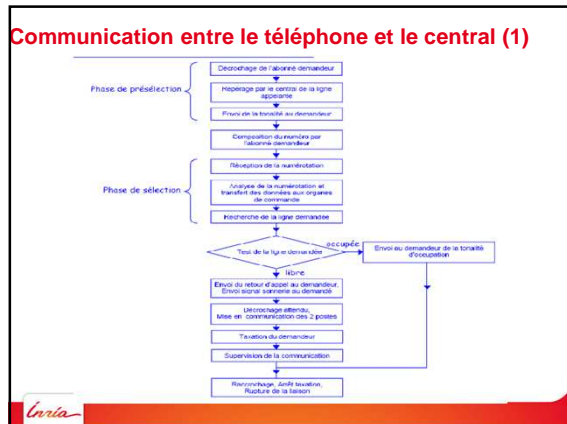
17

La boucle Locale - Transport

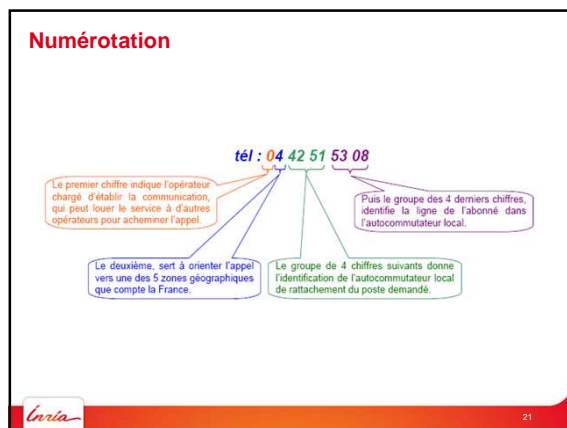
- Partie connectant les sous-répartiteurs à un répartiteur
- Câbles de forte capacité
- Chaque paire de cuivre correspondant à un client est reliée au répartiteur.
- Le répartiteur reçoit l'ensemble des lignes d'utilisateur et les répartit sur l'ensemble du central téléphonique grâce à une jarretière.
- Le répartiteur est un équipement passif de câblage centralisant les lignes de la zone de desserte du CAA.
- Le répartiteur assure la correspondance entre une ligne et un équipement téléphonique.

Unia

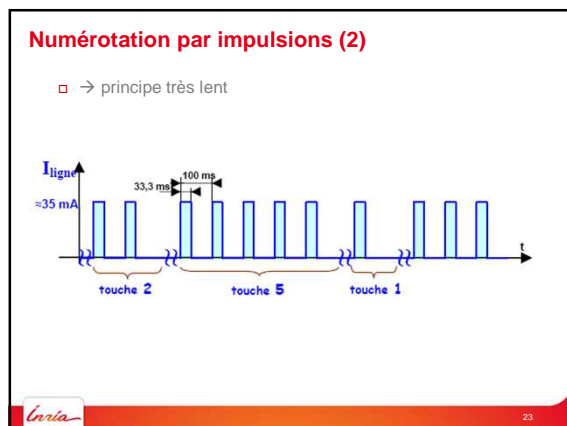
18



- ### Communication entre le téléphone et le central (2)
- Chaque téléphone grand public est connecté à un central RTC.
 - Connexion via une paire de fils de cuivre
 - Diamètre 0.5 mm environ
 - Impédance de 600Ω
 - Lors d'une communication :
 - Transporte une composante continue d'alimentation du poste
 - Transporte le signal vocal
 - Nouveaux systèmes
 - Câbles coaxiaux ou fibre optique pour augmenter la bande passante.



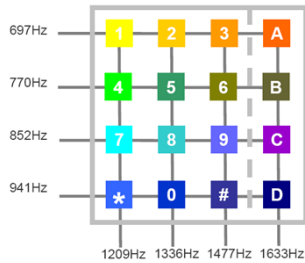
- ### Numérotation par impulsions
- numérotation par impulsion ou numérotation décimale ou numérotation par ouverture de boucle
 - Utilisée par les téléphones à cadran rotatif (poste à disque)
 - Courant continu et interrompu en un nombre de fois correspondant au chiffre envoyé.
 - 1 impulsion pour le 1
 - 2 impulsions pour le 2
 - ...
 - 10 impulsions pour le 0
 - Une impulsion dure 100ms, 2 trains d'impulsion sont séparés d'au moins 200ms.



- ### Numérotation par fréquences vocales
- Fréquences vocales ou DTMF (dual tone multi frequency)
 - Génère des sonorités codées
 - Émet des fréquences spécifiques dans la bande 300Hz-3400Hz
 - Mais si une seule fréquence associée à un chiffre, un sifflement peut provoquer une erreur de numérotation.
 - solution : émission de 2 fréquences simultanées par chiffre
 - Fréquences normalisées au plan international (norme UIT-T-Q.23)

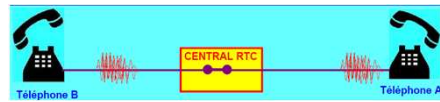
Numérotation par fréquences vocales (2)

- En appuyant sur une touche, on émet 2 tonalités, correspondant à l'intersection de l'axe horizontal et de l'axe vertical.



Transmission de la voix

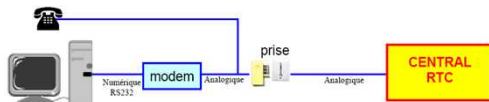
- Bande passante du téléphone : de 300Hz à 3.4kHz
 - Bande de fréquences dans laquelle se situe l'énergie vocale
 - Permet une conversation fiable
 - Explique la difficulté de différencier les « b », « p » et « d » au téléphone.



- En communication, signaux vocaux modulés en amplitude dans cette bande de fréquences.
- Les commutateurs supervisent et détectent le raccrochage de l'un des postes pour libérer la ligne et arrêter la taxation.

Transmission des données

- Permise grâce à la numérisation des commutateurs



- Modem = interface qui permet de véhiculer les données numériques en les modulant en signal analogique
- Vitesse de modulation : 56 kbauds.
- ⊗ ?
 - Lenteur
 - Occupation de la ligne téléphonique durant la connexion Internet

2

La boucle locale radio

La BLR

- Boucle locale radio (BLR) ou Wireless Local Loop (WLL) ou WMAN (Wireless MAN)
- Utilisée là où le câblage est difficile, dans les zones isolées ou trop éloignées géographiquement des métropoles.
- IEEE 802.16 (ou WiMax = *Worldwide Interoperability for Microwave Access.*)
- Norme débutée en 1999 et aboutie en avril 2002, permet une production de masse et une baisse des prix.

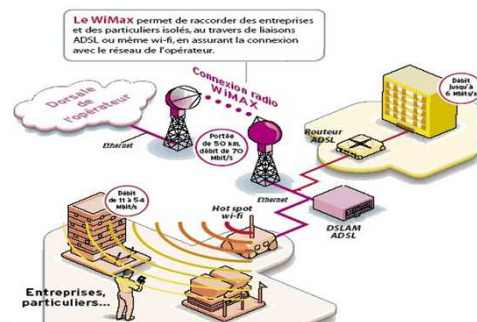
WiMax

- objectifs du WiMAX :
 - fournir une connexion internet à haut débit sur une zone de couverture de plusieurs kilomètres de rayon.
 - permettre une connexion sans fil entre une station de base (en anglais Base Transceiver Station, notée BTS) et des milliers d'abonnés sans nécessiter de ligne visuelle directe (en anglais Line Of Sight, parfois abrégés LOS) ou NLOS pour Non Line Of Sight).

WiMax - Principes

- Le cœur de la technologie WiMAX est la **station de base**, c'est-à-dire l'antenne centrale chargée de communiquer avec les **antennes d'abonnés** (*subscribers antennas*).
- liaisons *point-multipoints*
- Zones à couvrir quadrillées par des stations de base

WiMax – Principes (2)



WiMax – Principes (3)

- Spectre de fréquences étendu
 - De 2 à 11 GHz
 - 3.5 GHz en France
- Type d'ondes
 - millimétriques, proche de la lumière
 - Se propagent en ligne droite
 - La station de base peut disposer de plusieurs antennes, une par secteur (comme en GSM), chaque secteur étant indépendant.

WiMax – Principes (4)

- Utilise l'OFDM et l'OFDMA et les antennes intelligentes
- OFDM = Orthogonal Frequency Division Multiplexing
 - L'idée de base de l'OFDM réside dans le fait de répartir un train binaire haut-débit en une multitude de trains (ou canaux), lesquels étant modulés à bas-débits
 - Chacun de ces sous-canaux est modulé par une fréquence différente, l'espacement entre chaque fréquence restant constant. Ces fréquences constituent une base orthogonale : le spectre du signal OFDM présente une occupation optimale de la bande allouée mais nous verrons cela en détail plus tard.
- OFDMA = Orthogonal Frequency Division Multiplexing Acces
 - Version multi-accès de OFDM

WiMax – Principes (5)

- OFDM dans WiMax : 3 modulations
 - Pour les abonnés proches
 - Signal fort → Modulation QAM-64 à 6b/s
 - Pour les abonnés moyennement proches
 - Modulation QAM-16 à 4b/s
 - Pour les abonnés lointains
 - Modulation QPSK (4 phases) à 2b/bauds
- Allocation de la bande passante
 - Duplexage fréquentiel (FDD – Frequency Division Duplexing)
 - BP divisée en canaux
 - Affectation des canaux (montants ou descendants) suivant algorithme particulier
 - Duplexage temporel (TDD – Time Division Duplexing)
 - Temps divisé en trames
 - Trames divisées en slots de temps

WiMax - Débits

- Dans la théorie, le WiMAX permet d'obtenir des débits montants et descendants de 70 Mbit/s avec une portée de 50 kilomètres.
- Dans la réalité le WiMAX ne permet de franchir que de petits obstacles tels que des arbres ou une maison mais ne peut en aucun cas traverser les collines ou les immeubles. Le débit réel lors de la présence d'obstacles ne pourra ainsi excéder 20 Mbit/s.

La BLR – Les débits

Environnement	Taille de la cellule	Débit par secteur d'antenne
Urbain intérieur (NLOS)	1 km	21 Mbit/s (canaux de 10 MHz)
Rurbain intérieur (NLOS)	2,5 km	22 Mbit/s (canaux de 10 MHz)
Rurbain extérieur (LOS)	7 km	22 Mbit/s (canaux de 10 MHz)
Rural intérieur (NLOS)	5,1 km	4,5 Mbit/s (canaux de 3,5 MHz)
Rural extérieur (LOS)	15 km	4,5 Mbit/s (canaux de 3,5 MHz)

Univis

37

WiMax – évolutions du standard

- Les révisions du standard IEEE 802.16 se déclinent en deux catégories :
 - WiMAX fixe
 - IEEE 802.16-2004
 - pour un usage fixe
 - antenne montée sur un toit, à la manière d'une antenne TV.
 - bandes de fréquence 2.5 GHz et 3.5 GHz, pour lesquelles une licence d'exploitation est nécessaire, ainsi que la bande libre des 5.8 GHz.
 - WiMAX mobile (en anglais WiMAX portable)
 - IEEE 802.16e
 - prévoit la possibilité de connecter des clients mobiles au réseau internet. Le WiMAX mobile ouvre ainsi la voie à la téléphonie mobile sur IP ou plus largement à des services mobiles haut débit.

Univis

38

3

La téléphonie mobile Les réseaux cellulaires

Univis

39

Historique

- 1956 : premier réseau commercial mobile en France
 - Volumineux
 - Gourmand en énergie
 - Nécessite une très grande énergie
 - téléphone de voiture
 - Réseau manuel avec opératrice
 - Un seul couple d'abonnés peut communiquer en même temps.
 - Fonctionne dans la bande des 150MHz
 - Portée limitée
 - Coût élevé
 - Complexité d'utilisation
 - Arrêté en 1973 en comptant 500 abonnés

Univis

40

Historique (2)

- De 1973 à 1986 : réseau de correspondance publique
 - Évolution lente
 - Plusieurs abonnés peuvent téléphoner en même temps. (apparitions de canaux simultanés)
 - Dans les années 1980, la France accuse un retard important dans la téléphonie mobile. Le seul réseau en place :
 - Ne permet qu'un nombre limité d'utilisateurs.
 - N'est disponible que dans les grandes agglomérations
 - Utilise des terminaux trop volumineux pour être facilement portables.
 - Le ministère lance Radiocom 2000
 - Le réseau de correspondance publique fonctionnera jusqu'à la fin des années 1980.

Univis

41

Historique (3)

- 1986 : RadioCom 2000
 - Bande de fréquence des 400MHz
 - Utilise la technologie numérique pour la signalisation et la modulation analogique pour la voix.
 - Fréquences attribuées dynamiquement en fonction des besoins.
 - Première notion de téléphone cellulaire
 - Les fréquences sont attribuées au sein d'une cellule.
 - Apparition du hand Over
 - Couvre la totalité du territoire
 - Batterie rechargeable au Nickel Cadmium
 - Antenne plus petite
 - Terminal toujours volumineux
 - Très cher (appareil + abonnement)



Univis

42

Historique (4)

- 1982 : lancement d'études d'un système de télécommunication sans fil universel par un consortium d'opérateurs européens
- 1987 : Groupe Spécial Mobile
 - Cahier des charges
 - *Terminaux compatibles quel que soit le pays, reconnus par une carte SIM*
 - *Transmission numérique pour la signalisation et la voix*
 - *Terminal de petite taille*
- 1989 : Appel d'offre lancé pour déréguler le marché et compléter RadioCom
 - Réponse avec le standard NMT-F
 - Technologie similaire à RadioCom
- 1991: lancement du service commercial GSM

Unia

43

Les générations

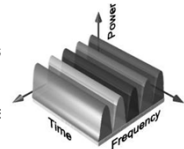
1G	Radiocom 2000 Bibop	Radiocom 2000 France Telecom
2G	GSM	Global System for Mobile Communication
2.5G	GPRS	General Packet Radio Service
2.75G	EDGE	Enhanced Data Rate for GSM Evolution
3G	UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
3.5G	HSDPA	High Speed Downlink Packet Access
4G	OFDM Wimax	Orthogonal Frequency Division Multiplexing

Unia

44

Les différents types d'accès au canal

- FDMA : Frequency Division Multiple Access
 - Découpage de la bande de fréquences en plusieurs porteuses
 - ☺ simplicité, proche du modèle analogique
 - ☹ faible utilisation spectrale, interférences élevées
- TDMA : Time Division Multiple Access
- FTDMA : Frequency and Time Division
- CDMA : Code Division Multiple Access

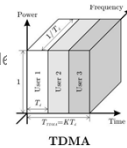
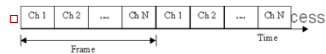


Unia

45

Les différents types d'accès au canal

- FDMA : Frequency Division Multiple Access
- TDMA : Time Division Multiple Access
 - Une seule porteuse, simplifie la radio fréquence
 - ☺ Nécessite une synchronisation temporelle fine
 - ☹ étalement temporel, délais
- FTDMA : Frequency and Time Division Multiple Access

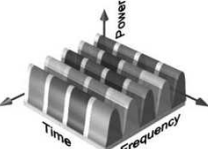


Unia

46

Les différents types d'accès au canal

- FDMA : Frequency Division Multiple Access
- TDMA : Time Division Multiple Access
- FTDMA : Frequency and Time Division Multiple Access
 - La bande de fréquence est découpée en plusieurs porteuses.
 - Chaque porteuse est découpée
 - Principe du GSM.
- CDMA : Code Division Multiple Access

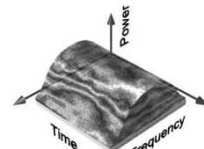


Unia

47

Les différents types d'accès au canal

- FDMA : Frequency Division Multiple Access
- TDMA : Time Division Multiple Access
- FTDMA : Frequency and Time Division Multiple Access
- CDMA : Code Division Multiple Access
 - Utilisation de codes orthogonaux

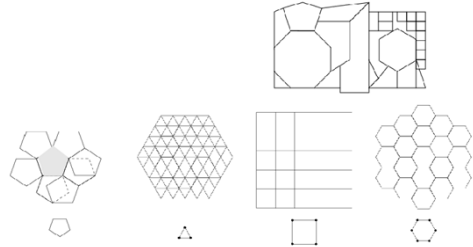


Unia

Les différents types d'accès au canal

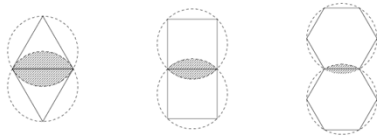
Système cellulaire	Année d'introduction	Type de transmission	Technique d'accès au canal	Bande de fréquence	Génération
RadioCom / NMT-900	1,99E+03	Analog	FDMA	12.5kHz	First
Global System for Mobile (GSM)	1,99E+03	Digital	FDMA	200kHz	Second
Universal Mobile Telecommunication System (UMTS)	>2000	Digital	CDMA/TDMA	-	Third

Forme des cellules (2)



Forme des cellules (2)

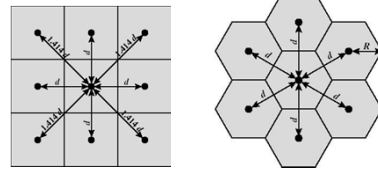
- Pourquoi des hexagones réguliers ?



- Pour simplifier !
 - Plus proche du cercle
 - Maximise la couverture du plan

Réseaux cellulaires

- Equidistance distance inter-cellules



- En réalité : cellules déformées
 - Topographie (3D) : Bâtiments, collines, ...
 - Propagation irrégulière : Conditions atmosphériques changeantes, électromagnétisme variables
 - Limitations pratiques : Positionnement des antennes

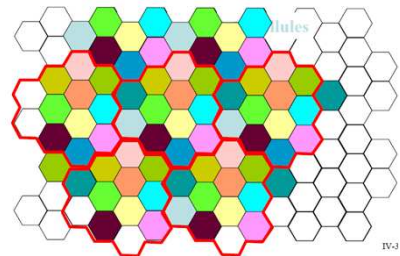
Organisation des cellules

- Capacité cellulaire

- Système avec S canaux
- Les canaux sont alloués à un cluster de N cellules, k canaux par cellule.
- Un motif utilise les $S=kN$ canaux.
- Le motif est répété M fois.

- Capacité du réseau : $C = MkN$

Organisation des cellules

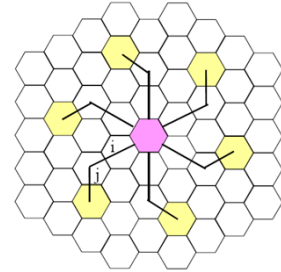


Interférences co-canal

- Comment placer deux cellules qui ont la même fréquence ?
 - de façon régulière
 - optimale,
 - Minimisant les interférences.
- On s'inspire de la théorie des graphes et de la coloration de graphe.
- Un graphe est un ensemble de nœuds et d'arêtes reliant ces nœuds.
- Dans notre cas, chaque nœud représente une cellule GSM, et les arêtes correspondent à une contrainte de non interférence.
- Le coloriage de graphe consiste à colorier les sommets du graphe avec un minimum de couleurs, sous la contrainte que 2 sommets voisins ne soient jamais de la même couleur.

Interférences co-canal (2)

- Distance co-canal $D = i+j$
- $N = i^2+j^2+ij$
- Si R est la taille de la cellule, et Q le facteur de réutilisation :
 - $Q = D/R = \sqrt{3N}$
- Les cellules jaunes sont les 6 voisines co-canal de la cellule rose.



Interférences co-canal (3)

- Taille des clusters en fonction de i et j

i	j	1	2	3	4
1	1	3	7	13	21
2	1	7	12	19	28
3	1	13	19	27	37
4	1	21	28	37	48

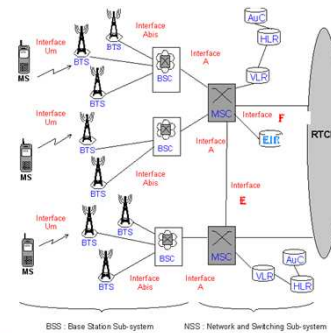
4

La téléphonie mobile Le GSM

Architecture GSM

- Architecture hiérarchique
- Standardisée
- Sous-système radio
 - BSS (Base Station Sub-System)
- Sous-système d'acheminement ou réseau fixe
 - NSS (Network Sub-System)
- Sous-système d'exploitation et de maintenance
 - OSS (Operation Sub-System)

Architecture GSM (2)



Architecture GSM -composants

- BSS
 - BTS : Base Transceiver Station
 - *Émetteur récepteur*
 - BSC : Base Station Controller
 - *Contrôle un ensemble de BTS*
- NSS
 - MSC : Mobile Services Switching Center
 - *Commutateurs mobiles*
 - *VLR : Visitor Location Register*
 - HLR : Home Location Register
 - *Bases de données de localisation et de caractérisation des abonnés*
 - EIR : Equipment Identity Register
 - *Base de données des équipements terminaux*
 - AUC : Authentication Center
 - *Base des utilisateurs*

Unia

61

BTS

- Constituée de un à plusieurs émetteurs – récepteurs (TRX).
- Modulation/démodulation
- Égalisation, codage, correction d'erreurs
- Mesures radio transmises au BSC
- 1 TRX = 1 porteuse = 7 communications

Unia

62

BSC

- Partie intelligente du BSS
- Gestion des ressources radio
 - *Allocation de fréquences*
 - *Contrôle de puissance mobile/BTS*
 - *Décision et exécution des handovers*
 - *Reçoit les mesures des BTS*
- Commutateurs

Unia

63

HLR

- Mémorise les caractéristiques d'un abonné
 - *Données statiques*
 - *Identification internationale*
 - *Numéro d'abonné*
 - *Profil d'abonnement*
 - *Données dynamiques*
 - *Localisation (Mémorise le VLR où l'abonné est connecté, y compris à l'étranger)*
 - *État du terminal*
 - ...

Unia

64

VLR

- VLR = Visitor Location Register
- base de données locale
 - *En général, un VLR par commutateur MSC*
- Contient les informations relatives aux abonnés présents dans la *Location Area (LA)* associée
 - *Même info que dans HLR + identité temporaire (TMSI) + localisation*
- mis à jour à chaque changement de cellule d'un abonné

Unia

65

MSC

- MSC = Mobile Switching Center
- Commutateur numérique en mode circuit du service mobile
- Oriente les signaux vers les BSC
- Établit la communication en s'appuyant sur les BD
- Gestion des handovers entre BSC
- Gestion du VLR
- Passerelle avec les RTC

Unia

66

OSS

- Contrôle de performances
- Administration commerciale
- Gestion de la sécurité
- Maintenance
- EIR
 - Base de données des terminaux
 - Contrôle de l'homologation
 - Déclaration de vol

AUC

- AUC Authentication Center
- Contrôle l'identité des abonnés et assure les fonctions de cryptage
 - Authentication de l'abonné:
 - *Subscriber Identity Module (carte SIM) contient plusieurs clés secrètes*
 - Cryptage des données au niveau du terminal

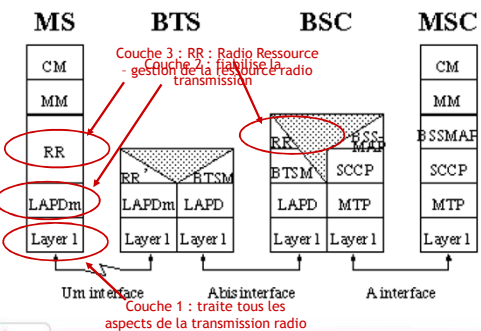
EIR

- EIR = Equipment Identity Register
- Empêche l'accès au réseau aux terminaux non autorisés (terminaux volés)
- A chaque terminal correspond un numéro d'identification: le IMEI (International Mobile Equipment Identity)
- A chaque appel, le MSC contacte le EIR et vérifie la validité du IMEI

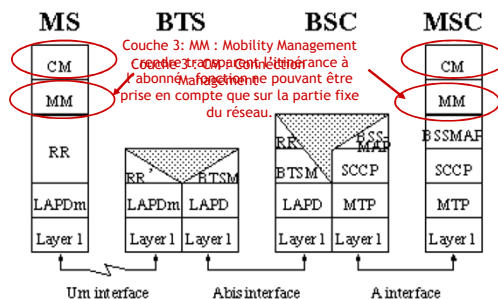
Couches protocolaires

- Dans un réseau fixe, les mêmes couches de protocoles se trouvent dans le terminal ET l'équipement d'accès au réseau (commutateur).
- Dans le GSM, la station mobile se connecte à la BTS pour accéder au réseau mais, l'accès est réparti entre
 - La BTS
 - Le BSC
 - Le MSC
- Toutes les couches sont sur le mobile.
- Côté réseau, les couches sont réparties entre les équipements.

Couches protocolaires (2)



Couches protocolaires (2)



Les sous-couches réseau sur la Radio

- 3 sous-couches
 - RR : Radio Ressource
 - MM : Mobility Management
 - CM Connexion Management
- Pas d'encapsulation
 - Un message CM traverse les couches MM et RR sans ajout d'entêtes)
- Format des messages commun au trois sous couches.

RR

- Gestion de la connexion radio entre le mobile et le BSC.
- Etablissement d'un canal dédié.
- Rétablissement du canal lors d'un changement de cellule (handover).
- Une seule connexion RR active à la fois.

MM

- 3 rôles différents:
 - Gestion de la mobilité
 - *Génère des échanges entre le mobile et le réseau (MAJ localisation)*
 - Gestion de la sécurité
 - *Echange de messages particuliers lors de la plupart des demandes de services*
 - Gestion des connexions MM
- Connexions MM
 - *Permet à la couche CM de faire abstraction des problèmes liés à l'itinérance et à la radio*
 - *Établie sur demande implicite de la sous couche CM (envoi d'appel ou de SMS) via le premier message CM envoyé*

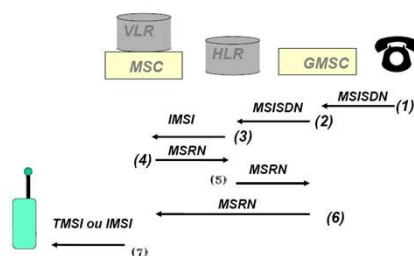
CM

- Gestion des appels usagers
- Acheminements et établissement des appels d'un abonné
- Interaction avec le protocole MAP gérant les dialogues avec le NSS.

La numérotation

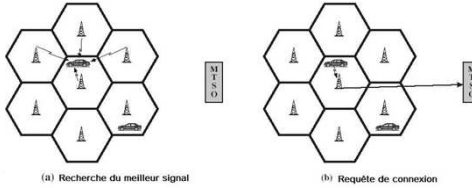
- Il existe un grand nombre de numéros lors d'un appel.
 - MSRN
 - identité extérieure invariante de l'abonné (numéro d'appel)
 - IMSI
 - identité intérieure invariante de l'abonné
 - TMSI (Temporary Mobile Station Identity)
 - Identifie la liaison Mobile-BTS sur un MSC
 - Zone gérée par un VLR
 - Non connue du HLR
 - Taille réduite (4 octets)
 - Changement de VLR → changement de TMSI
 - MSRN (Mobile Station Roaming Number)
 - Routage du G-MSC vers le MSC courant
 - Attribué par le VLR
 - Numéro de téléphone classique

La numérotation (2)



Réseaux cellulaires : Connexion

- Mise sous tension
 - Selection d'un canal de contrôle (le plus fort)
 - Handshake : identification du mobile
- Appel demandé
 - Transmission de la demande au centre de commutation (MTSO) du cluster

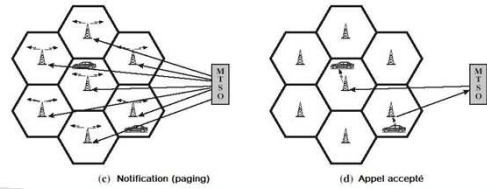


Univie

79

Réseaux cellulaires : Connexion

- Recherche du destinataire
 - Localement (diffusion sur le cluster) ou non
- Acceptation d'appel
 - Création d'un circuit entre les cellules concernées
 - Sélection des canaux de trafic disponibles

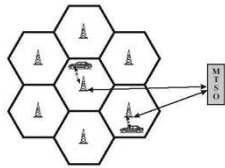


Univie

80

Réseaux cellulaires : Connexion

- Communication
 - Bla bla bla

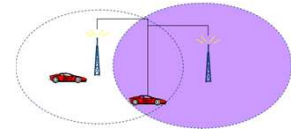


Univie

81

Transfert de cellule

Quid de la mobilité ?



Handover : changement de BTS, de BSC ou de MSC
 Mise à jour localisation (VLR, HLR)

Roaming : changement de réseaux

Quand faut-il changer de BTS ?

Faiblesse du signal / batterie

Surcharge du BTS

Priorité à un mobile en-ligne plutôt que hors-ligne

Univie

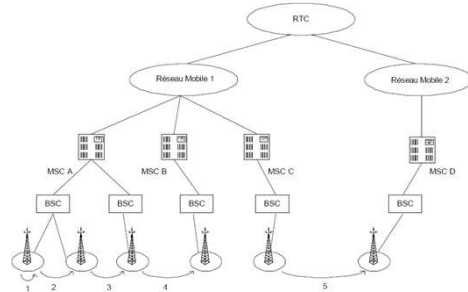
Transfert de cellule (2)

- Fonctions du hand-over
 - permettre aux usagers de se déplacer en cours d'appel
 - éviter la rupture du lien (rescue handover)
 - minimiser les interférences (global et par rapport à un lien)
 - optimiser l'utilisation des ressources radio
 - équilibrer la charge de trafic entre les cellules
 - baisser la consommation d'énergie des mobiles

Univie

83

Transfert de cellule (3)



1: HO Intra-cellulaire 2: HO Intra-BSC 3: HO Intra-MSC
 4: HO Inter-MSC 5: HO Inter-Réseau

Univie

84

Transfert de cellule (4)

- Micro-mobilité :
 - Objectif : maintenir une qualité de communication suffisante entre le mobile et le réseau à travers un changement de fréquence ou de cellule.
- Handover inter-cellulaire
 - Mesures physiques montrent qu'il existe une meilleure cellule (conséquence de la mobilité)
 - Équilibrage du trafic : transfert de cellules vers des cellules voisines (directed retry)
- Handover intra-cellulaire
 - Lorsque la dégradation du signal est due aux interférences et non pas à l'éloignement de la BTS.
 - Ne modifie le circuit de parole qu'au niveau BTS et éventuellement BSC.

Principes de base

- Pendant la communication : mesure et évaluation périodique du lien radio.
- Si situation anormale : **alarme BSC → MSC**
 - MSC identifie une cellule cible et/ou un nouveau canal sur des critères de trafic :
 - Si ok : **handover déclenché**
 - Sinon : la communication continue sur le même canal et des handovers sont périodiquement tentés.
 - Après handover, l'ancien canal est libéré
- 3 types de handovers
 - Soft : canal libéré après le changement de cellules (CDMA)
 - Seamless : canal libéré pendant le changement de cellules (DECT)
 - Hard : canal libéré avant le changement de cellules (GSM)
- Il existe des handovers sur demande explicite du MSC (sur-charge BSC)

Caractéristiques générales

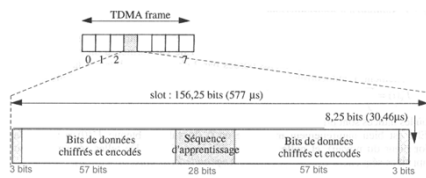
	GSM	DCS
Bande de fréquence	890-915 MHz (up) 935-960 MHz (down)	1710-1785 MHz (up) 1805-1880 MHz (down)
Nombre d'intervalles de temps par trame TDMA	8	8
Nombre de porteurs	124	374
Fréquences porteuses	$f_c = 935 + 0,2 \cdot n$, pour $1 \leq n \leq 124$	$f_c = 1805,2 + 0,2 \cdot (n-512)$, pour $512 \leq n \leq 885$
Ecart Duplex	45 MHz	95 MHz
Rapidité de modulation	271 kbit/s	271 kbit/s
Débit de la parole	13 kbit/s (5,6 kbit/s)	13 kbit/s (5,6 kbit/s)
Débit après codage d'erreur	22,8 kbit/s	22,8 kbit/s
Débit max. de données	12 kbit/s	12 kbit/s
Accès multiple	Multiplexage fréquentiel et temporel, duplexage fréquentiel	Multiplexage fréquentiel et temporel, duplexage fréquentiel
Rayon des cellules	0,3 à 30 km	0,1 à 4 km

Caractéristiques générales (2)

- Partage FTDMA
 - Largeur totale de 25MHz, Ctheo = 50 Mb/s
 - 124 canaux fréquentiels de 200kHz
 - Trames de 8 slots de temps
- Partage en temps (TDMA)
 - La durée élémentaire d'un slot vaut environ 0.5769 ms
 - Un slot accueille un élément de signal radioélectrique appelé burst.
 - Chaque usager utilise un slot par trame TDMA. Les slots sont numérotés par un indice TN qui varie de 0 à 7.
- Les concepteurs de GSM ont prévu la possibilité de n'allouer à un utilisateur qu'un slot toutes les 2 trames TDMA.
- 1 paquet voix = 456bits

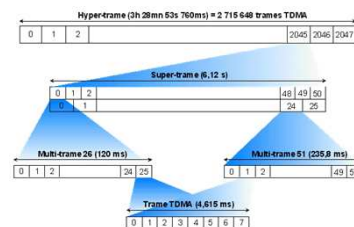
Tramage

- Format d'un burst



Tramage

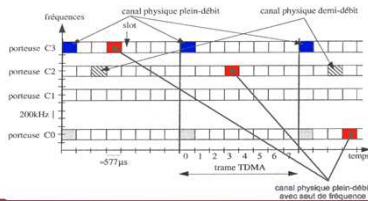
- Tramage hiérarchique



- Réserve du slot 0 pour 1 fréquence de chaque base pour la voie balise

Saut de fréquences

- Saut de fréquences
 - Pour limiter les évanouissements sélectifs, c'est-à-dire une diminution momentanée de la puissance de l'onde radioélectrique lors de la réception, grâce à la diversité en fréquences
 - Activé lorsque la charge du réseau devient importante



porteuses

- 2 groupes de porteuses
 - Voie montante : 890-915MHz
 - Voie descendante : 935-960MHz
 - Largeur de canal : 200kHz

GSM et le transfert de données

- GSM ≡ réseau à commutation de circuits
- Piètre gestion des ressources radio :
 - → ligne monopolisée dans tout le réseau pour un trafic de données de nature très sporadique
- Coût des communications :
 - → tarif fonction de la durée, pas de la quantité de données
 - → HSCSD : payer tous les canaux utilisés ?!
- Infrastructure lourde, peu flexible

→ GSM non adapté au transfert de données

5

La téléphonie mobile Le GPRS

GPRS

- GPRS : General Packet Radio Service
- Pas un réseau à part entière, juste une couche du GSM
- Données en mode non connecté, par paquets
- Objectif: accès mobile aux réseaux IP
- Repose sur la transmission en mode paquet.
 - principe retenu par exemple pour le protocole X.25, permet d'affecter à d'autres communications les "temps morts" d'une première communication (attente d'une réponse à une requête Internet par exemple).
 - Conçu pour réutiliser au maximum les infrastructures GSM existantes, le déploiement du GPRS nécessite la mise en place d'une infrastructure réseau basée sur la commutation de paquets et l'introduction de passerelles pour s'adosser aux réseaux GSM existants.

GPRS (2)

- Débits par utilisateur jusqu'à 115 kb/s (contre 9,6 kb/S pour le GSM)
- Fonctionnalités intéressantes :
 - plusieurs canaux peuvent être alloués à un utilisateur ;
 - ces mêmes utilisateurs peuvent partager un même canal ;
 - le débit est indépendant des liens montant et descendant.
- Services
 - Accès internet
 - Accès aux emails avec pièces jointes plus rapidement
 - Applications professionnelles de transfert de données et de sécurité (norme GPRS présente dans les horodateurs et ascenseurs pour la télésurveillance, etc)
- Mêmes bandes de fréquences que le GSM

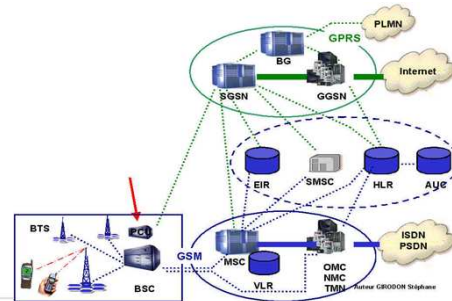
Avantages du GPRS

- Débit théorique 160 kbit/s
- En pratique plutôt 30 kbit/s
- Facturation à la donnée
- Connexion permanente possible

Unia

97

Architecture GPRS



Unia

98

Etat du marché en 2002

- Etat du marché en 2002
 - 3,7 millions d'abonnés GPRS en Europe (300 millions pour le GSM)
 - Taux de pénétration: 1,2% (GSM 60%)
 - Revenu par utilisateur: 4€ (Voix 33€)
- Manque de succès commercial
 - Pas d'applications décisives pour le grand public
 - Réseaux GSM déjà saturés
 - Stratégie marketing souvent floue

Unia

99

6

La téléphonie mobile L'UMTS

Unia

100

UMTS

- UMTS : Universal Mobile Telecommunications System
- Codage CDMA
- Se combine aux réseaux déjà existants.
 - GSM = voix
 - GPRS = data
 - UMTS = Multimédia.
- Nécessité d'achat de licence
- Modifications majeures sinon totales des éléments de base du réseau (station / antenne)
 - → coûts importants

Unia

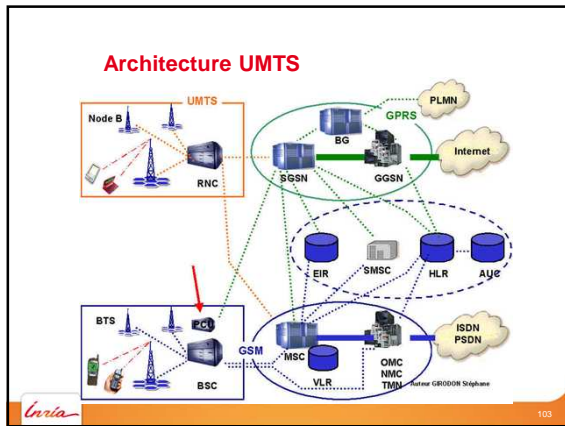
101

UMTS (2)

- Apport de nouveaux services
- Fonctionne en mode paquets.
- Vitesse de transmission jusqu'à 2 Mb/s.
- Permet l'élargissement des fréquences ainsi que la modification du codage des données.
- Sur le plan technique, les architectures des trois réseaux GSM, GPRS et UMTS sont complémentaires et interconnectées afin d'optimiser la qualité de service rendue à l'abonné.

Unia

102



Débits

□ Temps moyen pour envoyer un courrier électronique

Norme	Débit	Temps nécessaire
GSM actuel	9,6 kbit/s	7 min.
Modems classiques (V90)	57,6 kbit/s	70 sec.
RNIS	128 kbit/s	31 sec.
GPRS	144 bit/s *	28 sec.
EDGE	384 kbit/s *	10 sec.
UMTS	2 Mbit/s	2 sec.

The Inria logo is at the bottom left, and the number 104 is at the bottom right.

Transmissions et Protocoles

Nathalie Mitton

EQUIPE PROJET
POPS
Lille - Nord Europe

2011