

## Le réseau radio GSM

Matière : Radiocommunications  
Niveau : 2ème année ING GTR  
Année : 2009-2010

Hend Koubaa

## Plan

- Introduction
- Architecture
- Interface radio
  - Partage des ressources radio en temps et en fréquences
  - Saut de fréquence
  - Compensation du temps de propagation aller retour
  - Différents sens du mot canal
  - Entrelacement
- Interface radio : canaux logiques
- Procédures de gestion de la ressource radio
- Ingénierie cellulaire : Planification et dimensionnement

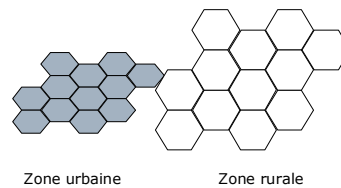
2

## Concept cellulaire

- Premiers services de radiotéléphonie
  - Traitaient un nombre très limité d'abonnés
- Concept de partage des ressources
- Allocation des fréquences basée sur une découpe géographique
  - Paradigme hexagonal permettant de réutiliser les fréquences sur des cellules éloignées
- Solution évolutive
  - Réduction de taille des cellules en cas de saturation de réseau
  - Augmentation des tailles des cellules dans les zones rurales

3

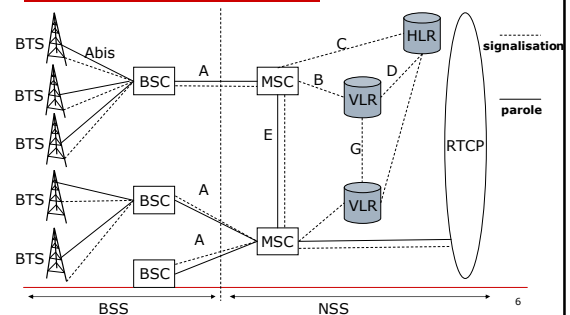
## Concept cellulaire



4

## Architecture du réseau GSM

## Le réseau GSM : architecture



6

## Le réseau GSM : architecture

- MS : Mobile station
- BTS : Base Transceiver Station
- BSC : Base Station Controller
- BSS : Base Station Sub-system
- MSC : Mobile-services Switching Center
- HLR : Home Location Register
- VLR : Visitor Location Register
- NSS : Network Sub-system

7

## Le BSC

- Contrôle un ensemble de BTS et permet une première concentration de circuits
  - Gestion des ressources radio : allocation
  - Contrôle de puissance des MS et BTS
  - Décision et exécution des mécanismes de handover
  - Concentration du trafic vers le MSC

8

## Le NSS

- Bases de données et des commutateurs

9

## La MS (Mobile Station)

- Embarqué : classe 1 (20 w)
- Portable : classe 2 (8 w)
- Portatif :
  - Classe 3 (5 w)
  - Classe 4 (2 w)
  - Classe 5 (0.8 w)
- Les mobiles portatifs 2W sont actuellement les plus répandus dans les réseaux GSM

10

## La MS : caractéristiques

- Carte SIM (Subscriber Identity Module)
- Antenne : intégrée ou non
- Data : pc card, fax-modem intégré
- Poids
- Dimensions
- Durée de veille
- Durée de communication
- Options : annuaire, agenda, etc

11

## La BTS

- Émetteur/récepteur (ou TRX pour Trans-Receiver) avec un minimum d'intelligence
- Un site radio
  - Les antennes d'une BTS sont fixées sur un pylône ou un mât
  - Les équipements radio sont abrités au pied du pylône
  - La liaison entre les antennes et les équipements radio est assurée par des câbles coaxiaux appelés feeder
- La capacité d'une BTS est fonction du nombre d'émetteurs/récepteurs dont elle dispose
- Typiquement, la capacité maximale d'une BTS est de 16 porteuses
- Zone rurale
  - 1 seule porteuse pour 7 communications simultanées
- Zone urbaine
  - 2 à 4 TRX pour 14 à 28 communications simultanées
- La zone couverte par une BTS est appelée cellule

12

## Pylône



13

## La BTS : antennes

- Deux types d'antennes
  - Antennes omnidirectionnelles : elles rayonnent de la même façon dans toutes les directions
  - Antennes sectorielles ou angulaires : elles rayonnent dans une direction précise
- Avantages des antennes sectorielles
  - Améliorer la portée radio sans augmenter la puissance d'émission
  - Augmenter la réutilisation des fréquences
- Antennes sectorielles utilisées dans les zones urbaines et les sites autoroutes

14

## La BTS : fonctionnalités

- Transmission radio avec le mobile
  - Gestion de la couche physique : modulation/démodulation, égalisation, codage
  - Mesures radio transmises au BSC
  - Gestion de la couche de liaison
    - LAPDm (LAPD adapté à la spécificité de la couche physique) pour le dialogue avec la MS
    - LAPD pour le dialogue avec le BSC

15

## Le MSC

- Rôle
  - Gérer les appels
  - Interconnecter avec le réseau RTCP via une passerelle appelée MSC Gateway
  - Gérer les mobiles visiteurs à travers le VLR

16

## HLR/VLR

- Le HLR est une base de données de localisation (adresse du VLR où le mobile est localisé) et de caractérisation des abonnés
- Le VLR est une base de données des visiteurs où se trouvent les mobiles relevant de sa zone d'action

17

## Accès au réseau GSM

- Carte SIM
- Code PIN (Personal Identity Number): code secret défini par l'utilisateur et stocké dans la carte SIM pour accéder aux services
  - Protection contre le vol : après 3 tentatives fausses, la carte SIM est bloquée
- Inscription aux services demandés

18

## Services offerts par un réseau GSM

- Services de base
  - Téléphonie
  - Appel d'urgence
  - Messages courts
  - Messages vocaux
- Autres services
  - Transfert d'appel
  - Appel en attente
  - Identification du numéro de l'appelant

19

## Interface radio de la norme GSM

- Partage des ressources radio en fréquences
- Partage des ressources radio en temps
- Saut de fréquence
- Compensation du temps de propagation aller retour
- Différents sens du mot canal
- Entrelacement

20

## Partage des ressources radio en fréquence

- La bande de fréquences radio est allouée au niveau de l'UIT
- Duplexage FDD
  - 890-915 MHz pour le lien montant
  - 935-960 MHz pour le lien descendant
  - Écart duplex = 45 MHz
- La bande dédiée au système GSM est divisée en canaux fréquentiels de largeur 200 KHz : 124 porteuses pour chaque sous bande
- Les fréquences sont allouées d'une manière fixe aux différentes BTS et sont désignées souvent par le terme porteuses
- Il faut veiller à ce que deux BTS voisines n'utilisent pas des porteuses identiques ou proches

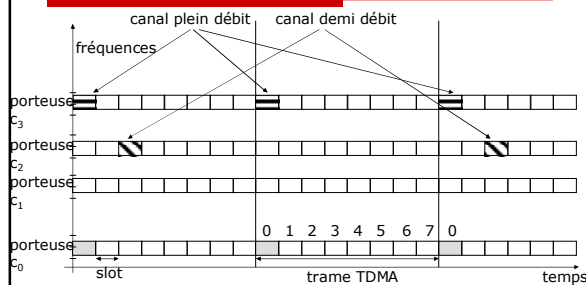
21

## Partage des ressources radio en temps

- Chaque porteuse est divisée en intervalles de temps (IT) appelés slots
- Un slot a été fixé à 0,5769 ms
- Un slot accueille un signal radioélectrique appelé burst
- TDMA
- Les slots sont regroupés par paquets de 8 slots appelés trames TDMA
- Durée d'une trame TDMA = 4,6152 ms
- Chaque utilisateur utilise un slot par trame TDMA
  - Canal physique à plein débit
- Chaque utilisateur utilise un slot par deux trames TDMA
  - Canal physique à demi débit : utilisé avec des codeurs de paroles performant à débit réduit

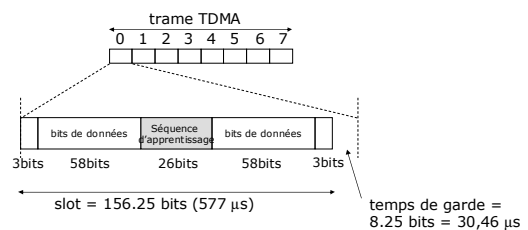
22

## Partage des ressources radio en temps



23

## Format d'un burst normal



24

## Partage des ressources radio en temps

- Les slots sont numérotés par un indice **TN** qui varie de 0 à 7
- Un **canal physique** est constitué par la répétition périodique d'un slot dans la trame TDMA sur une fréquence particulière
- Chaque trame TDMA est repérée par un compteur **FN** (Frame Number)

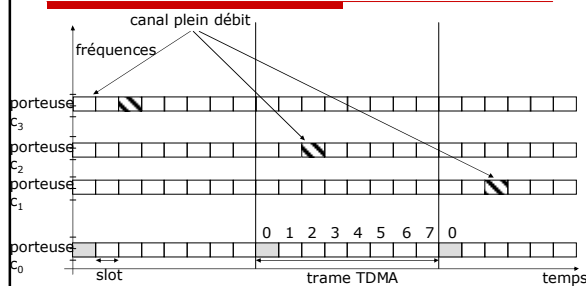
25

## Saut de fréquence

- Lutter contre les évanouissements sélectifs : diversité en fréquence
- Gestion différente des interférences : diversité des brouilleurs
- Cas moyen plutôt que le pire cas
- FH/TDMA
- Le saut de fréquence est déployé à charge importante
- Saut de fréquences
  - Le canal physique ne siège pas sur une seule fréquence mais utilise un ensemble de porteuses qui sont parcourues suivant un ordre défini par une séquence de saut

26

## Saut de fréquence



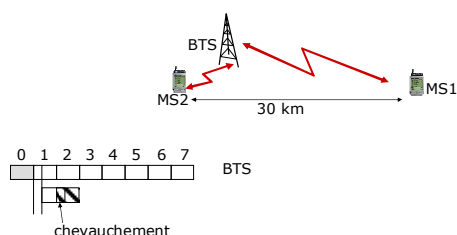
27

## Compensation du temps de propagation aller retour

- La MS et la BTS doivent être synchronisées puisqu'elles se basent sur TDMA
- Les MS sont à des distances variables
- Il faut veiller à ce que deux MS utilisant deux slots consécutifs n'envoient pas des bursts qui chevauchent au niveau du récepteur de la BTS
- Le temps de propagation est faible mais ne peut pas être négligeable dans GSM

28

## Compensation du temps de propagation aller retour



29

## Compensation du temps de propagation aller retour

- Deux solutions
  - Augmenter le temps de garde : temps de silence entre la fin d'un burst synchronisé et la fin d'un slot
  - Compenser en gérant un paramètre (**Time Advance**) correspondant au temps aller-retour  $t_p$ . Le mobile doit avancer l'émission de chacun de ses slots d'une durée  $t_p$  par rapport à l'instant nominal de début de slot, c'est à dire  $2 t_p$  par rapport à l'horloge slot telle qu'il la perçoit
- Temps de propagation
  - $? \mu s$  pour 30 km
- Si première solution adoptée il faut que l'intervalle de garde soit d'environ de  $?$  sachant que GSM admet des cellules de 35 km
- Quand on prévoit le ramping (temps de montée des signaux) le temps de garde a été réduit à **30  $\mu s$**

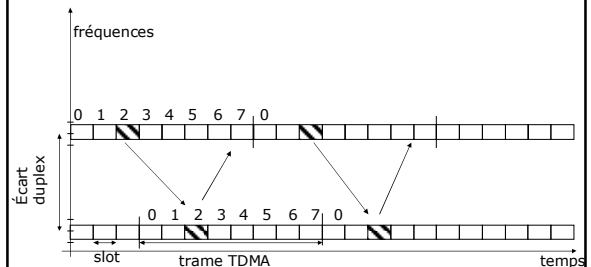
30

## Différents sens du mot **canal**

- ❑ Canal fréquentiel : la porteuse qui occupe **200 KHz**
- ❑ Canal physique simplex : un slot par trame TDMA (en l'absence de saut de fréquence)
- ❑ Canal physique duplex : deux canaux physiques simplex, un pour le lien montant sur  $f_u$  et un pour le lien descendant sur  $f_d$
- ❑  $f_d - f_u = \text{Écart duplex} = 45 \text{ Mhz}$
- ❑ Un mobile émet et reçoit à des instants différents
- ❑ **Trois slots** séparent l'émission et la réception au niveau mobile
- ❑ Pour conserver la même numérotation TN de 0 à 7, la synchronisation de la trame TDMA montante est décalée de 3 slots

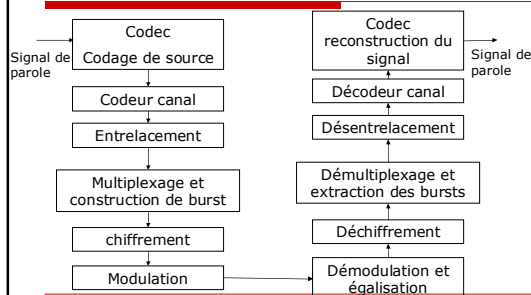
31

## Canal physique duplex sans saut de fréquence



32

## Chaîne de transmission



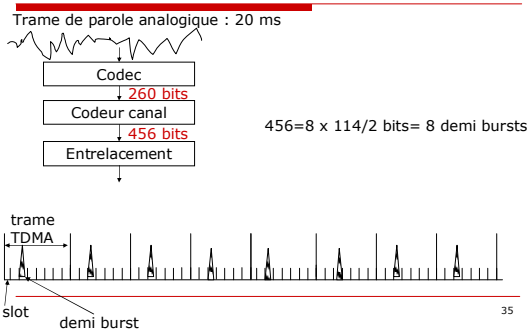
33

## Entrelacement

- ❑ Il est utilisé pour rendre plus aléatoire les positions des erreurs qui arrivent
- ❑ Inconvénient
  - Délai supplémentaire

34

## Entrelacement



35