

## **Chapitre 5**

# **Réseaux Mobiles 3G-4G-5G**

---

**Le GSM et son évolution vers le GPRS pour la transmission de données**

# GSM et GPRS: Plan de la présentation

---

- Principes généraux des réseaux cellulaires
- Le GSM
- La technologie GPRS
- Applications et aspects commerciaux
- Conclusion

# I. Principes généraux des réseaux cellulaires

---

- Historique de la radiotéléphonie
- Le concept de réseau cellulaire
- Architecture générique d'un réseau cellulaire

# Historique de la radiotéléphonie (1/3)

---

- Systèmes pré-cellulaires analogiques :
  - v Detroit, 1921 : services de police
  - v Saint-Louis, 1946 : réseau AT&T
  - v 1950s : réseau allemand «A-Netz»
  
- Inconvénients :
  - v Saturation rapide des ressources radio
  - v Aucune gestion de la mobilité
  
- Concept de partage des ressources (~1964) :
  - v Allocation dynamique des canaux radio
  - v Permet d'avoir plus d'abonnés que de ressources

## Historique de la radiotéléphonie (2/3)

---

- 1971 : Bell Telephone «présente» le concept cellulaire
- 1978 : AMPS (Advanced Mobile Phone Service) : premier système cellulaire «moderne» :
  - v Gestion des ressources radio
  - v Sélection de la meilleure fréquence
  - v Réalisation des transferts inter-cellulaires (handover)
- 1982 : l'AMPS devient le standard unique en Amérique du Nord
- Systèmes de **première génération**

# Historique de la radiotéléphonie (3/3)

---

- 1990s : passage au mode numérique :
  - v Meilleure restitution de la parole
  - v Optimisation des ressources radio
  - v Nouveaux services (données)
  - v Cryptage de l'information
  - v ...
- Systèmes de **seconde génération**
  - v GSM
  - v IS-95
  - v PDC

# Le concept de réseau cellulaire (1/2)

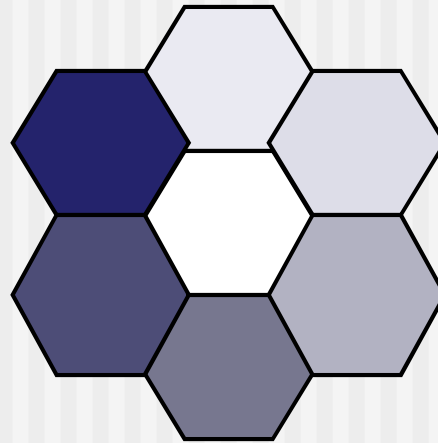
---

- Concept de base:
  - v Division du territoire en **cellules**
  - v Partage des ressources radio entre cellules
- Cellule : unité géographique du réseau
  - v Taille de la cellule variable suivant le relief, la densité d'abonnés...
  - v Hiérarchie de cellules (macro-cellules, micro-cellules...)
- Chaque cellule possède un émetteur-récepteur
  - v Groupe de fréquences radio attribué à chaque cellule
  - v Techniques de multiplexage (Frequency Division Multiple Access, Time DMA, Code DMA)

## Le concept de réseau cellulaire (2/2)

---

- Déterminer un motif de réutilisation de fréquences



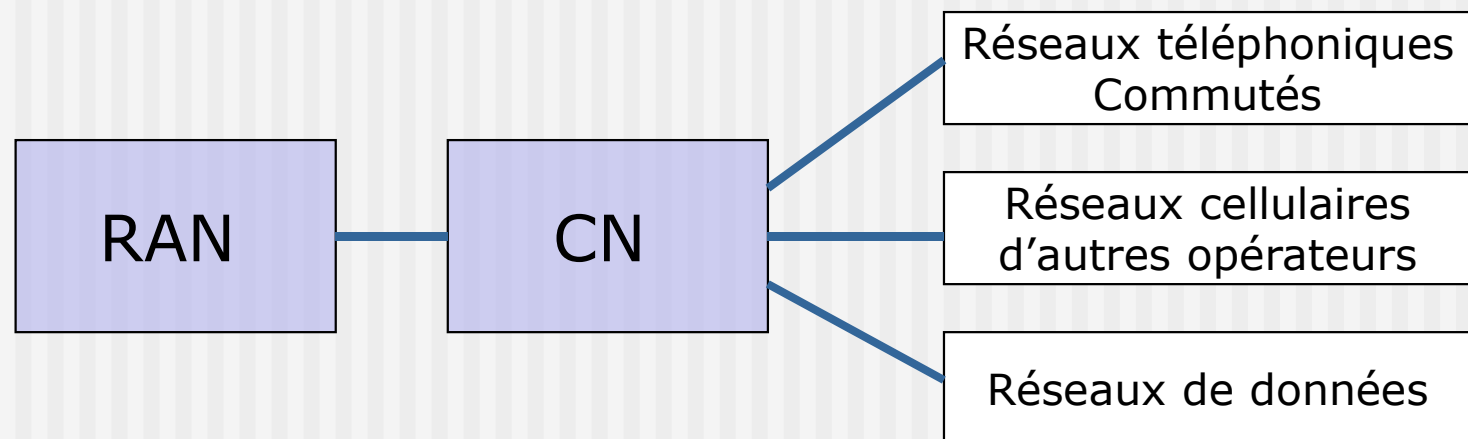
Motif de réutilisation de fréquences à 7 cellules

- ▼ Difficulté supplémentaire : itinérance de l'abonné
  - ▼ Gestion des transferts inter-cellulaires (handover)
  - ▼ Soft handover, hard handover...

# Architecture générique d'un réseau cellulaire

---

- Radio Access Network (RAN) :
  - ∨ Point d'accès au réseau
  - ∨ Gestion de l'interface air
- Core Network (CN) :
  - ∨ Réseau fixe assurant l'interconnexion avec les autres réseaux



## II. Le système GSM

---

- Les origines de la norme
- Architecture générale et équipements
- Le GSM pour la transmission de données
- Limites du GSM

# Les origines de la norme GSM

---

- Un standard européen sous l'égide de la CEPT
- 1982 : naissance du Groupe Spécial Mobile
  - v Définir système de communication pour réseaux de mobiles dans la bande des 900 MHz
- 1989 : fondation de l' Institut Européen de Standardisation (ETSI)
  - v Le GSM devient le Global System for Mobile Communication
- 1990 : spécifications GSM900 gelées
- 1992 : Le GSM est utilisé dans 7 pays européens

# Le GSM dans le monde

---

- Plus de 747 millions d' utilisateurs dans plus de 180 pays :

## **Amérique du nord :**

Canada, États-Unis, Mexique.

## **Amérique du sud :**

Argentine, Bolivie, Brésil, Chili, Paraguay, Pérou...

## **Afrique :**

Afrique du Sud, Cameroun, Éthiopie, Maroc, Sénégal, Zaïre...

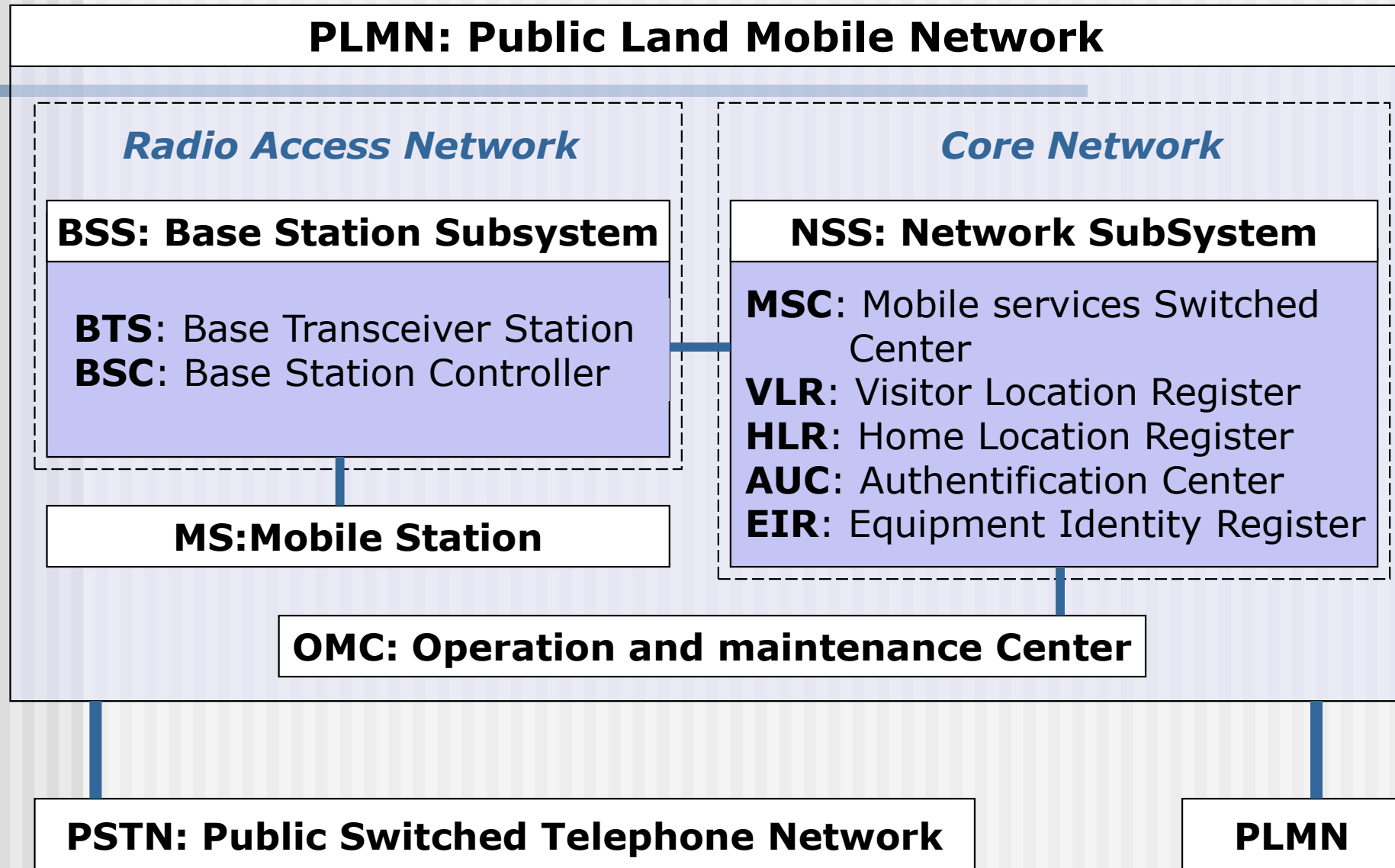
## **Asie :**

Arabie Saoudite, Chine, Corée, Hong-Kong, Inde, Indonésie, Israël, Koweït, Malaisie, Pakistan, Russie, Thaïlande...

## **Océanie :**

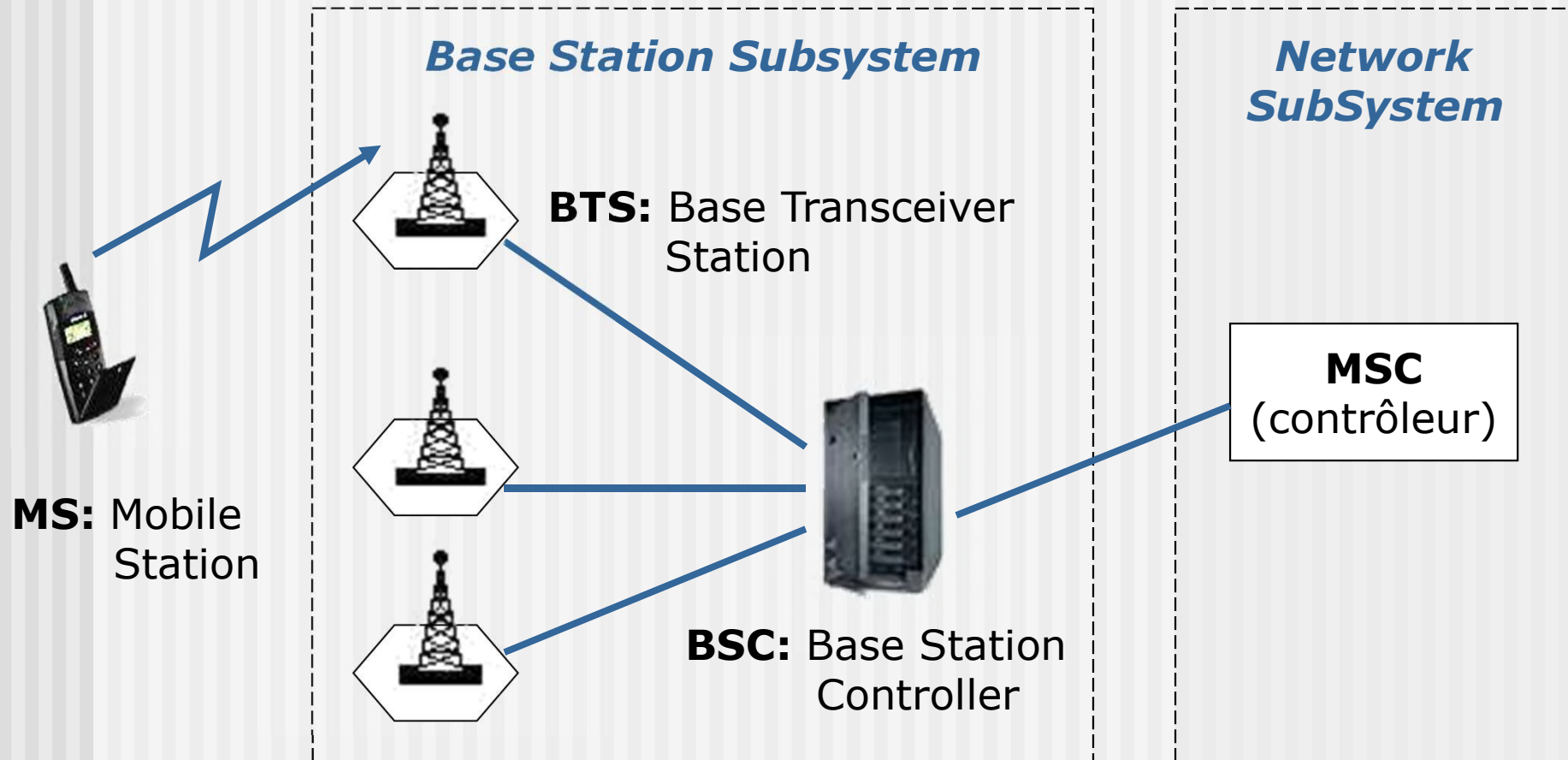
Australie, Nouvelle-Zélande...

# Architecture générale d'un réseau GSM



# Le sous système radio BSS (Base Station Subsystem)

- v Gérer l'accès au réseau via l'interface air



# Le sous système radio BSS: la station de base (BTS)

---

- BTS (Base Transceiver Station): station de base d'émission et de réception
- Assure couverture radio d'une cellule (rayon de 200m à ~30 km)
- 1 à 8 porteuse(s) radio, 8 canaux plein débit par porteuse
- Prend en charge: modulation/démodulation, correction des erreurs, cryptage des communications, mesure qualité et puissance de réception

# Le sous système radio BSS: le contrôleur de station de base (BSC)

---

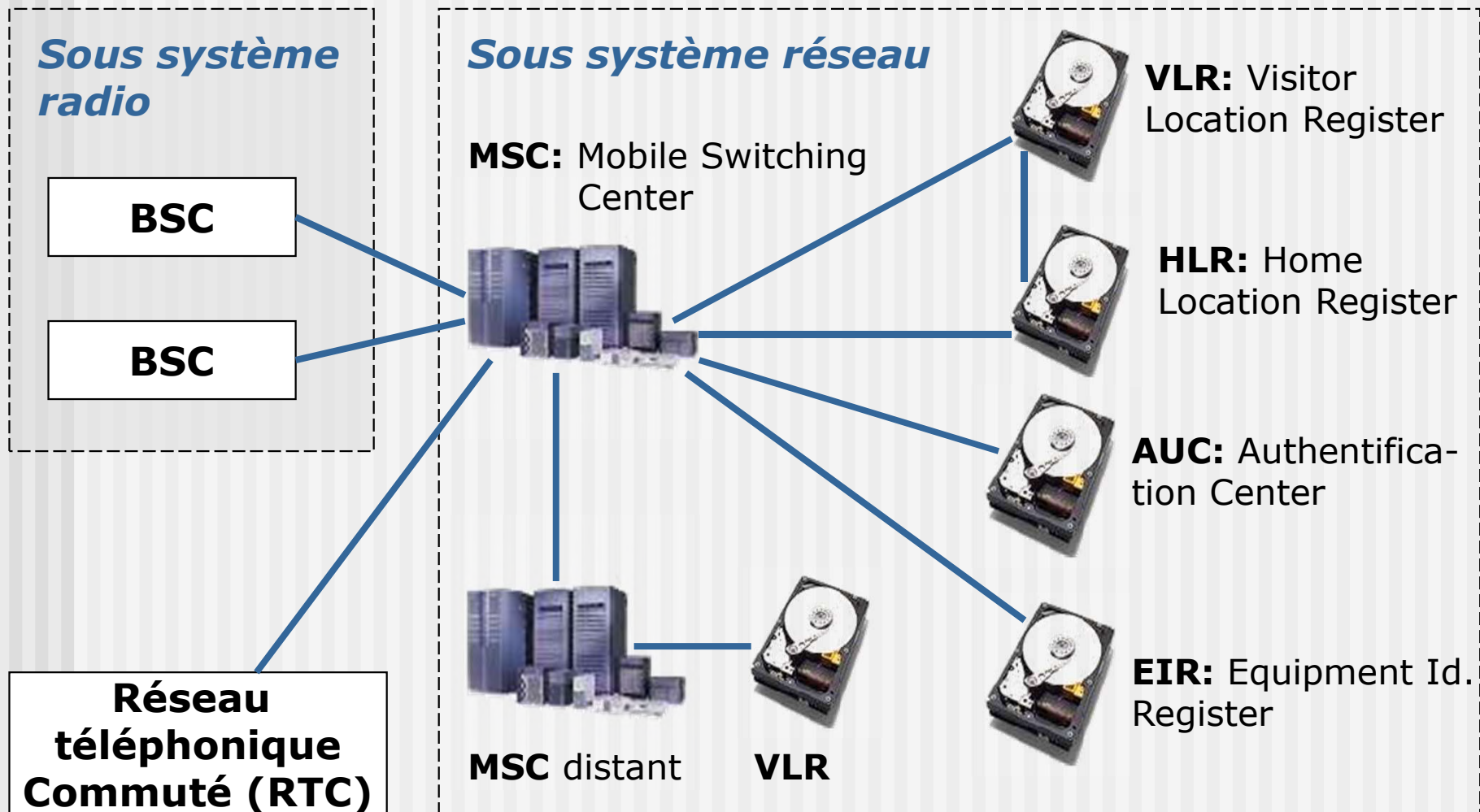
- BSC (Base Station Controller) pilote un ensemble de station de base (typiquement ~60)
- C'est un carrefour de communication:
  - ▼ concentrateur de BTS
  - ▼ aiguillage vers BTS destinataire
- Gestion des ressources radio: affectation des fréquences, contrôle de puissance...
- Gestion des appels: établissement, supervision, libération des communications, *etc.*
- Gestion des transferts intercellulaires (handover)
- Mission d'exploitation

# L'interface radio

---

- Technique de multiplexage : F-TDMA
- Multiplexage fréquentiel : plages de 200 kHz
  - v 890-915 MHz : terminal \ station de base
  - v 935-960 MHz : station de base \ terminal
  - v 124 voies de communication duplex en parallèle
- Multiplexage temporel d'ordre 8 :
  - v optimiser l'utilisation de la capacité de transmission
  - v  $8 \times 577 \mu\text{s} = 4,615 \text{ ms} \equiv$  une trame GSM  $\equiv$  1,25 kbit
- Canal *physique* : 270 kbit/s
- Canaux *logiques* :
  - v 13 kbit/s pour la parole
  - v 9,6 kbit/s pour la transmission de données

# Le sous système réseau NSS (Network SubSystem)



# Le sous système réseau: le MSC

---

- MSC (Mobile Switching Center) commutateur numérique en mode circuit
  - v Oriente les signaux vers les BSC
  - v Établi la communication en s'appuyant sur les BD
- Assure l'interconnexion avec les réseaux téléphoniques fixes (RTC, RNIS), les réseaux de données ou les autres PLMN
- Assure la cohésion des BD du réseau (HLR, VLR)
- Participe à la gestion de la mobilité et à la fourniture des téléservices
- Fournit 3 types de services:
  - v services de support (transmission données, commutation...)
  - v téléservices (téléphonie, télécopie...)
  - v compléments de services (renvoi/restriction d'appels...)

# Le sous système réseau: le HLR

---

- HLR (Home Location Register): base de données contenant les informations relatives aux abonnés
  - v données statiques: IMSI, no d'appel, type abonnement...
  - v données dynamiques: localisation, état du terminal...
- Un HLR logique par PLMN. En pratique, plusieurs bases de données redondantes
- Le HLR sert de référence pour tout le réseau
- Dialogue permanent entre le HLR et les VLR

## Le sous système réseau: le VLR

---

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

## Le sous système réseau: le AUC

---

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

## Le sous système réseau: le 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

# La gestion des connexions

## *Appel mobile vers fixe*

- Mise en route mobile
  - \ parcours des fréquences
  - \ sélection d'une cellule
- MSC vérifie les droits via AUC et EIR
- Demande d'appel arrive au MSC
- MSC transmet demande et ordonne au BSC de réserver un canal

## *Appel fixe vers mobile*

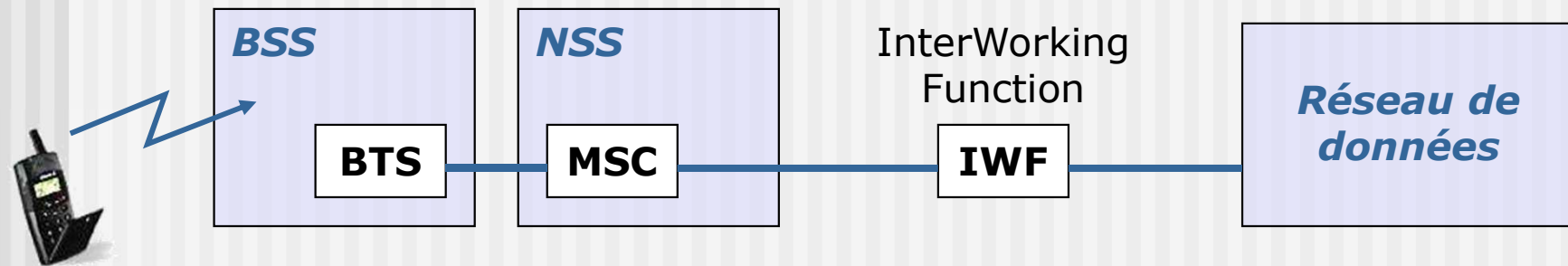
- Demande acheminée au GMSC (Gateway MSC)
- GMSC interroge le HLR
  - \ VLR courant
- Interrogation VLR \ BSC et cellule
- BSC fait diffuser un avis d'appel
- Le mobile écoute le réseau et reconnaît son numéro
- Établissement appel similaire



**Commutation de circuits**



# Le transfert de données en GSM



- IWF (InterWorking Function) : Interface entre réseau GSM et réseau extérieur
- 2 modes de fonctionnement:
  - v **Mode transparent** (pas de correction d'erreurs) : conditions favorables (bon SNR, mobilité restreinte)
    - \ débit utilisateur théorique : **14,4 kbit/s**
  - v **Mode non transparent** : utilisation d'un protocole de reprise sur erreur RLP (Radio Link Protocol)
    - \ débit utilisateur théorique : **9,6 kbit/s** (taux d'erreur : 4/1000)

# Le transfert de données en GSM : le HSCSD

---

- HSCSD : High Speed Circuit Switched Data
- Évolution essentiellement logicielle du GSM
- Repose sur la possibilité d'allouer simultanément plusieurs canaux physiques
  - ↳ jusqu'à 4 canaux par trame ie 57,6 kbit/s en mode transparent
- Peu de succès : seulement utilisé dans ~15 pays
  - ↳ Allemagne, Autriche, Danemark, Grande Bretagne, Hongrie, Luxembourg, Suisse

# Les limitations du GSM pour le transfert de données

---

- GSM, HSCSD  $\equiv$  réseau à commutation de circuits
- Pièdre 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

# Rappel du Plan

---

- Principes généraux des réseaux cellulaires
- Le GSM
- La technologie GPRS
- Applications et aspects commerciaux
- Conclusion

# III. La technologie GPRS

---

- Introduction
- Avantages du GPRS
- Architecture matérielle
- Utilisation du multiplexage
- Terminaux

# Introduction

---

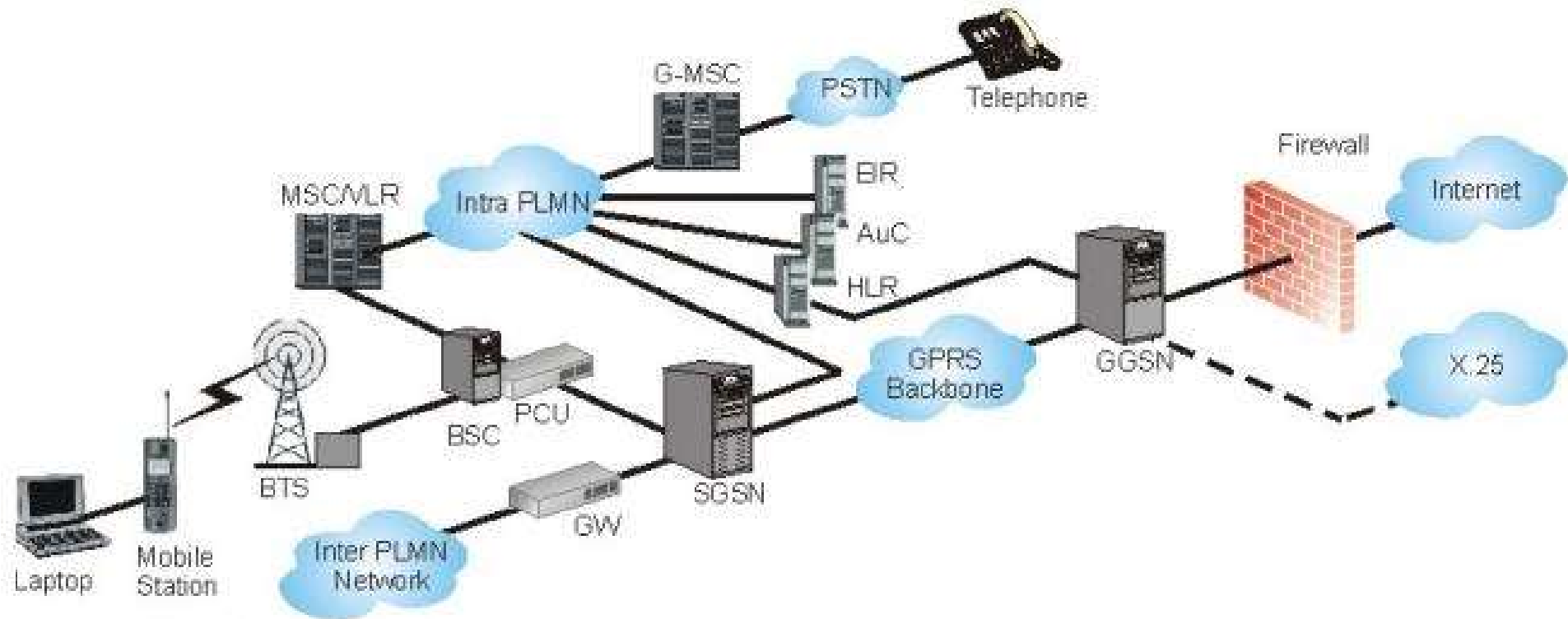
- GPRS: General Packet Radio Service
- Basé sur GSM
- Données en mode non connecté, par paquets
- Objectif: accès mobile aux réseaux IP

# Avantages du GPRS

---

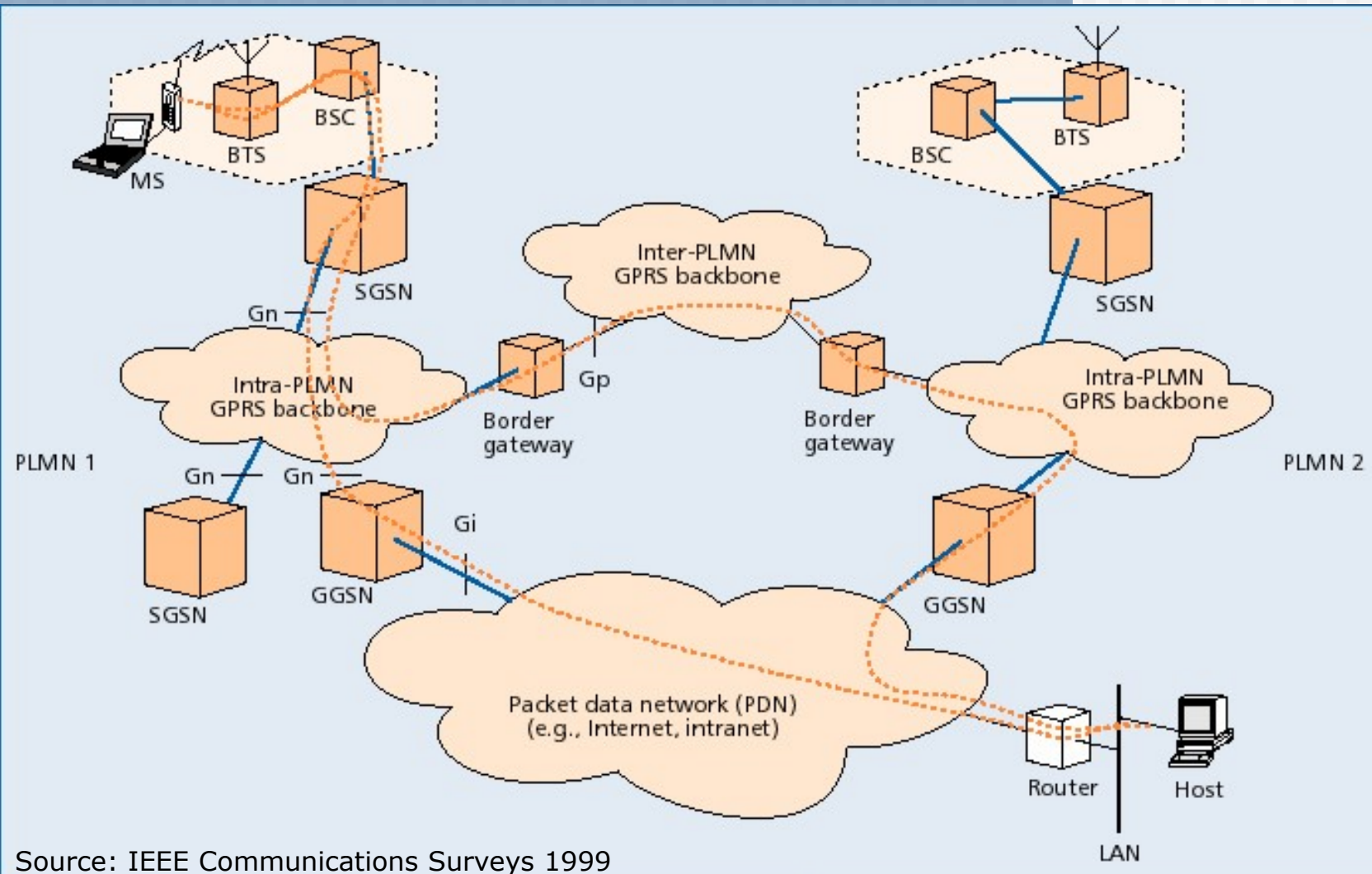
- Débit théorique 160 kbit/s
- En pratique plutôt 30 kbit/s
- Facturation à la donnée
- Connexion permanente possible

# Architecture matérielle



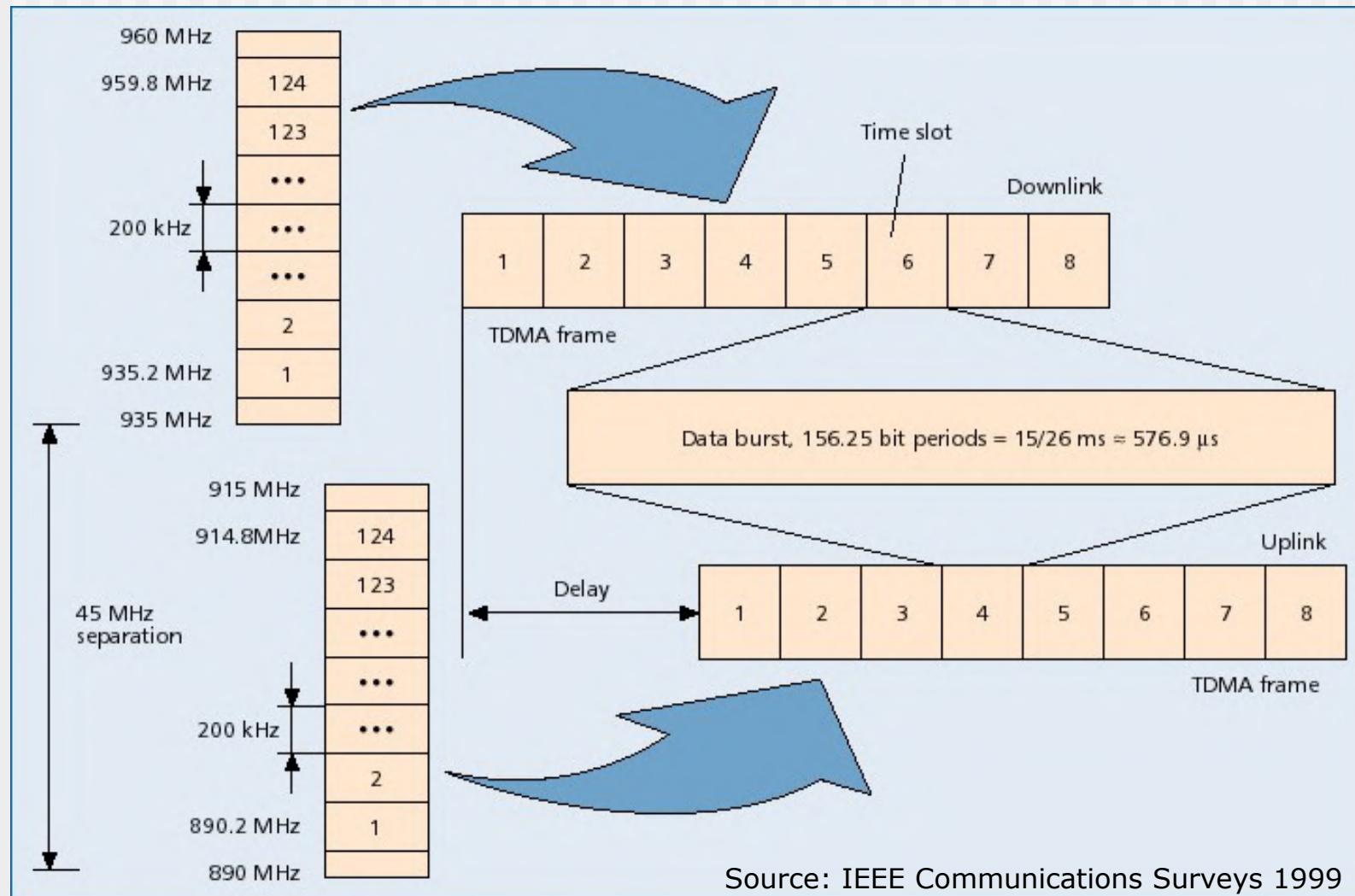
Source: Radcom Inc.

# Exemple de routage



Source: IEEE Communications Surveys 1999

# Utilisation du multiplexage



# Modes de codage

---

- CS-1 9.05 kbit/s forte redondance
- CS-2 13.4 kbit/s
- CS-3 15.6 kbit/s
- CS-4 21.4 kbit/s faible redondance

# Les terminaux

---

- Trois classes de terminaux GPRS:
  - A: Voix et données
  - B: Voix ou données
  - C: Données
- Le nombre de time slots utilisables est limité. 3:1 pour un mobile standard.
- Débit entrant effectif:  $3 * 13.4 = 40.2$  kbit/s

## IV. Applications et aspects commerciaux

---

- Etat du marché
- Manque de succès commercial
- Applications

# 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

# Applications

---

- Internet mobile
- Messagerie
- Jeux
- Géolocalisation, guidage
- Banque mobile
- Réservation, achats...

# UMTS

---

- Universal Mobile Telecommunications System. Un standard universel.
- UMTS devrait remplacer GPRS en Europe vers 2006.
- 384 kbit/s.
- Nouvelles plages de fréquences, plus de problèmes de saturation.
- Utilisation prévue d'IPv6

# Conclusion

---

- GPRS : une bonne solution d'attente pour les opérateurs
  - Faible coût d'installation sur le réseau GSM
  - Pas de licence à payer
  - Bonne performances
- On attend toujours l'application décisive
- Pour l'instant un marché minuscule comparé à celui de la voix.