

Réseaux Cellulaires (51050)

Programme

- Introduction aux réseaux cellulaires
- 2G et 2.5 G (GSM et GPRS)
- 3G (UMTS)
- 4G (LTE et LTE-A)
- Evolution vers la 5G

Equipe pédagogique

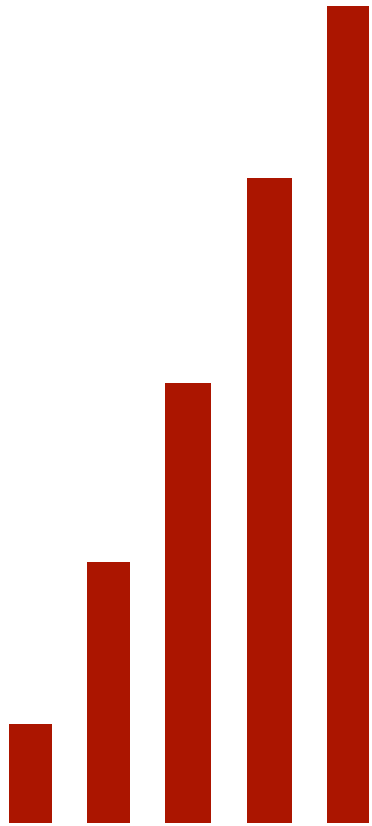
- **Guy PUJOLLE (UPMC/LIP6) – Responsable d'UE**
- Philippe MARTINS (Télécom-ParisTech/INFRES)
- Thi-Mai-Trang NGUYEN (UPMC/LIP6)
- Anastasios Giovanidis (Télécom-ParisTech/LIP6)
- Catherine Rosenberg (Professeur invité, Université de Waterloo, Canada)

Contrôles

- Note de la première session
 - Examen réparti 1 : 40%
 - Examen réparti 2: 60%
- Note de la deuxième session (pour ceux qui ne passent pas la première session)
 - Un seul examen: 100%
- La note de la deuxième session remplace la note de la première session

Bibliographie

- **Réseaux GSM-DCS** (4^e édition ou 5^e édition), Xavier Lagrange, Philippe Godlewski et Sami Tabbane, Hermes, 1999 – 2000
- **Principes et évolutions de l'UMTS**, Xavier Lagrange, Hermes, 2005
- **Vers les systèmes radiomobiles de 4^e génération – De l'UMTS au LTE**, Marceau Coupechoux et Philippe Martins, Springer, 2013
- **LTE et les réseaux 4G**, Yannick Bouguen, Eric Hardouin et François-Xavier Wolff, Eyrolles, 2012
- **Les réseaux**, Guy Pujolle, Eyrolles, 2014



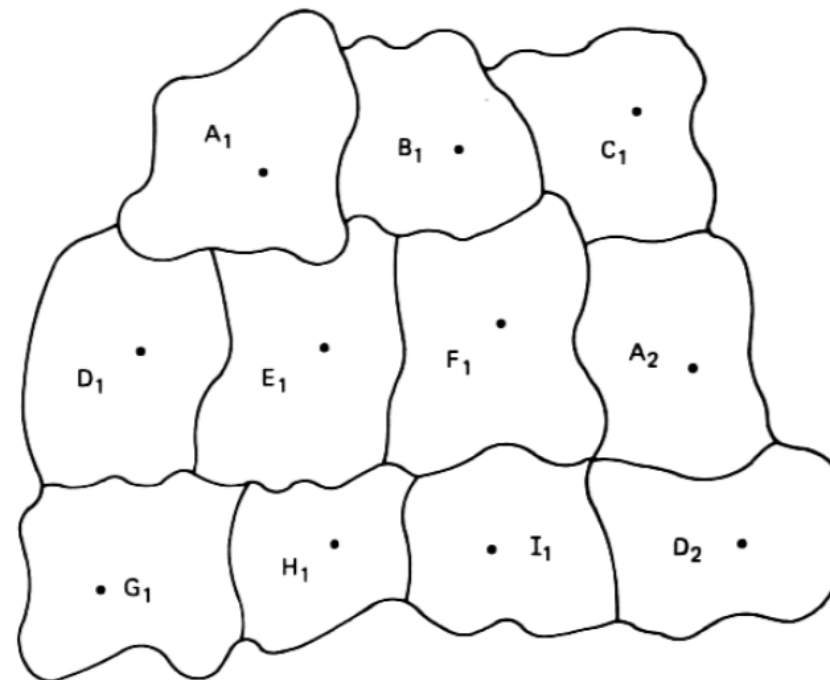
CELL

Introduction aux réseaux cellulaires

Thi-Mai-Trang Nguyen
LIP6-UPMC

Concept cellulaire

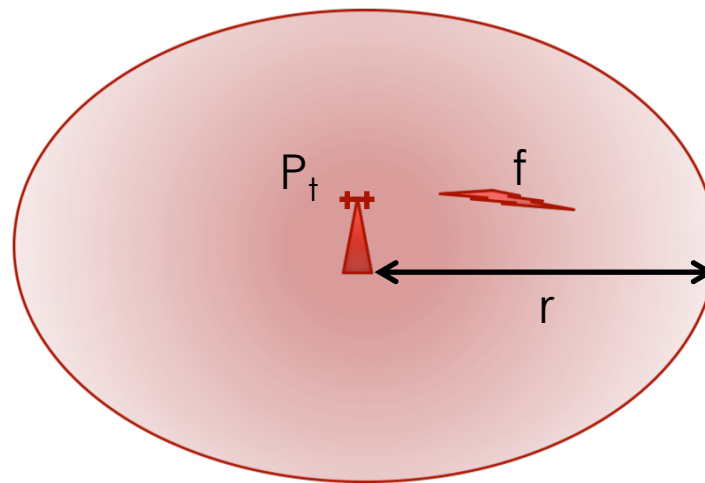
- Les fréquences sont réutilisées pour couvrir une grande zone géographique



Q_i : i TH CELL USING CHANNEL SET Q
• : TRANSMITTER LOCATION

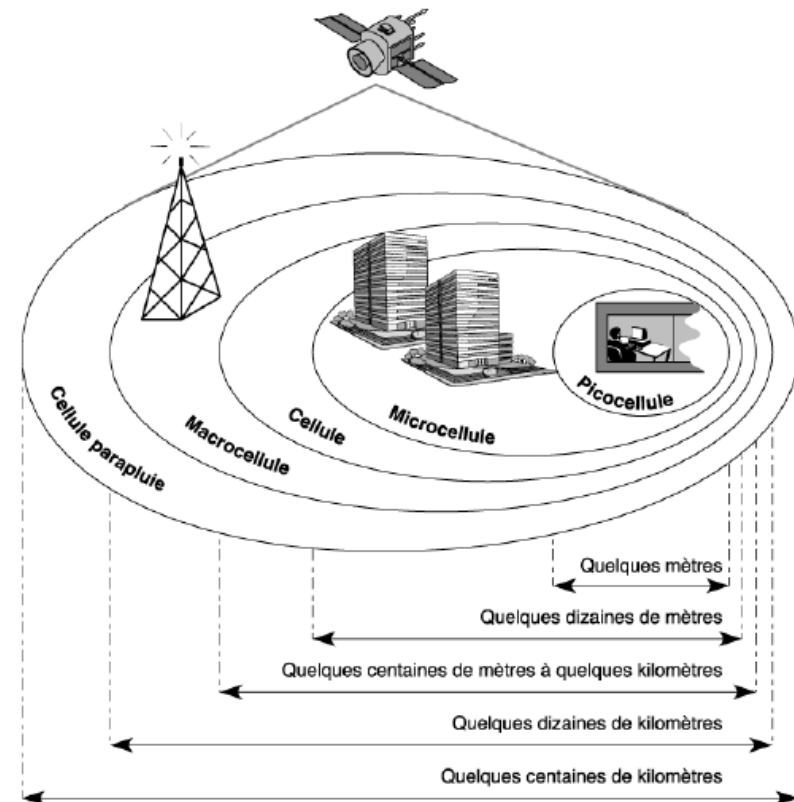
Cellule

- Une cellule est une zone de couverture fournie par une antenne située au centre
- La taille de la cellule dépend de la puissance de transmission de l'antenne et la fréquence utilisée



Taille de la cellule

- Dépend fortement des fréquences et des puissances utilisées
 - Plus la fréquence est élevée, moins la portée de la cellule est grande
 - Plus la puissance est forte, plus la portée de la cellule est importante



Modèle de propagation

- Les réseaux radiomobiles utilisent les ondes radios pour réaliser les communications
- Exemple :



- La propagation des ondes suit un modèle de propagation donné en fonction de l'environnement (e.g. espace libre, urbain, rural)

Modèle de propagation en espace libre (1)

$$P_r = P_t G_r G_t \left(\frac{\lambda}{4\pi d} \right)^2$$

P_r : puissance de réception

P_t : puissance d'émission

G_r : gain de l'antenne de réception

G_t : gain de l'antenne d'émission

λ : longueur d'onde ($\lambda = \frac{c}{f}$, f: fréquence du signal émis,
c = 3.10⁸ m/s)

d : distance entre l'émetteur et le récepteur

Modèle de propagation en espace libre (2)

- Le calcul de P_r en dBW (ou en dBm)*

$$P_r = P_t + G_r + G_t - L$$

avec

- P_t mesuré en dBW (ou en dBm)
 - G_r , G_t et L mesuré en dB
- L est l'atténuation de propagation mesuré en dB

$$L = 32,4 + 20\log(f) + 20\log(d)$$

avec f exprimé en MHz et d exprimé en km

* $Pr [dBm] = 10 \log_{10} (Pr [mW])$

Modèle Okumura-Hata (1)

- Modèle macrocellulaire empirique pour l'environnement urbain donc la fréquence est entre 150 MHz et 1500 MHz

$$L_u = 69,55 + 26,16\log(f) - 13,82\log(h_b) - a(h_m) + [44,9 - 6,55\log(h_b)]\log(d)$$

- f : fréquence (150 MHz – 1500 MHz) exprimée en MHz
- h_b : hauteur de la station de base (en mètres) comprise entre 30 m et 200 m
- h_m : hauteur de l'antenne du mobile (en mètres) comprise entre 1 m et 10 m
- d : distance entre le mobile et la station de base (en kilomètres) comprise entre 1 km et 20 km

Modèle Okumura-Hata (2)

- Le paramètre $a(h_m)$ est un facteur de correction dépendant de la hauteur de l'antenne du mobile et de l'environnement
 - Pour une ville de taille moyenne ou petite

$$a(h_m) = [1,1 \log(f) - 0,7]h_m - [1,56 \log(f) - 0,8]$$

- Pour une ville de grande taille

$$a(h_m) = \begin{cases} 8,29[\log(1,54h_m)]^2 - 1,1 & \text{if } 150 \leq f \leq 200 \\ 3,2[\log(11,75h_m)]^2 - 4,97 & \text{if } f > 200 \end{cases}$$

- Dans le cas d'un utilisateur au sol (i.e. $h_m = 1,5$ m)

$$a(h_m) \approx 0$$

Modèle COST 231 – Hata

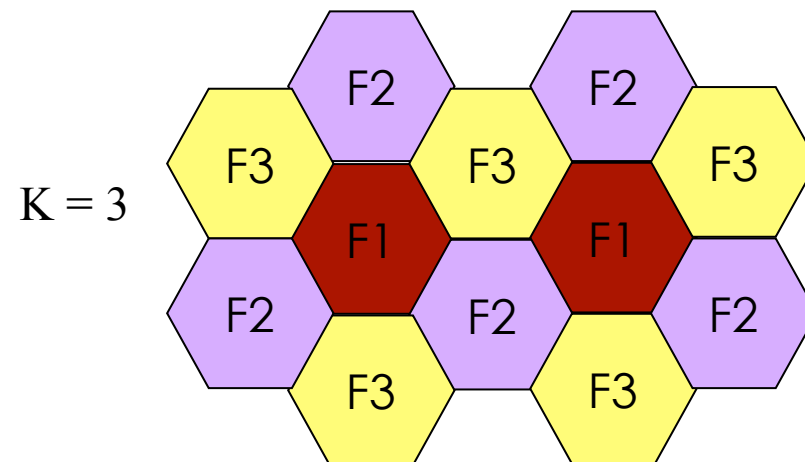
- Modèle macrocellulaire empirique pour l'environnement urbain donc la fréquence est entre 1500 MHz et 2000 MHz

$$L_u = 46,33 + 33,9\log(f) - 13,82\log(h_b) - a(h_m) + [44,9 - 6,55\log(h_b)]\log(d) + C_m$$

- f : fréquence (1500 MHz – 2000 MHz) exprimée en MHz
- h_b : hauteur de la station de base (en mètres) comprise entre 30 m et 200 m
- h_m : hauteur de l'antenne du mobile (en mètres) comprise entre 1 m et 10 m
- d : distance entre le mobile et la station de base (en kilomètres) comprise entre 1 km et 20 km
- $a(h_m)$ est identique à celui du modèle Okumura – Hata
- $C_m = 0$ dB pour les villes de taille moyenne et les banlieus
- $C_m = 3$ dB pour les grands centres métropolitains

Réutilisation des fréquences

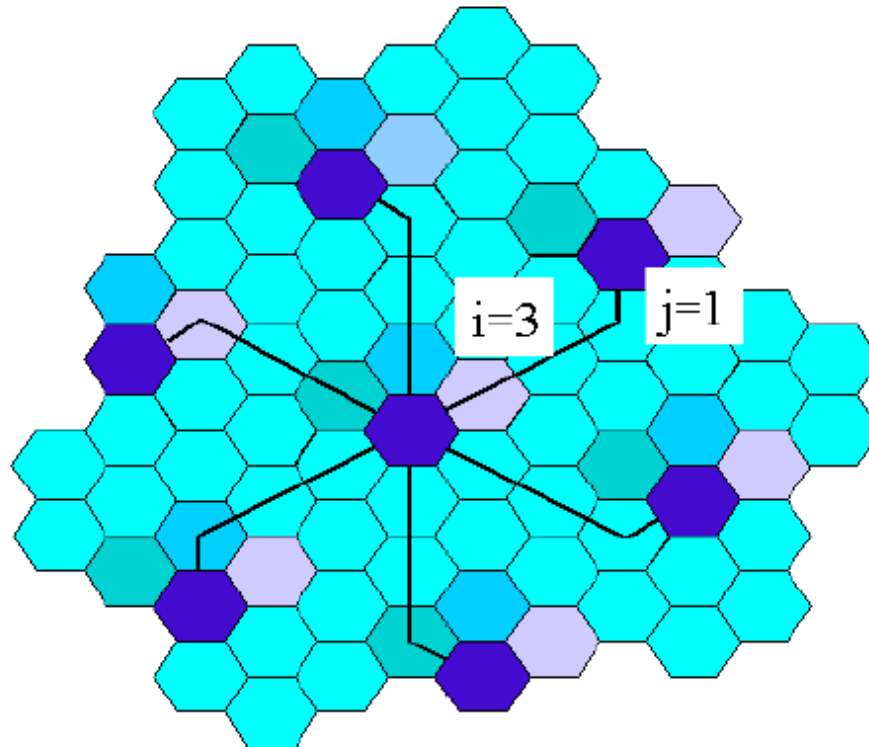
- La réutilisation de la même fréquence dans les cellules non adjacentes permet une couverture à grande échelle
- Un motif de taille K est défini comme le plus petit groupe de cellules contenant l'ensemble des canaux une et une seule fois



Modèle hexagonal

- La taille du motif $K = i^2 + i*j + j^2$ où i et j sont les entiers naturels positifs ou nuls
- Exemple :

$$K = 9 + 3 + 1 = 13$$

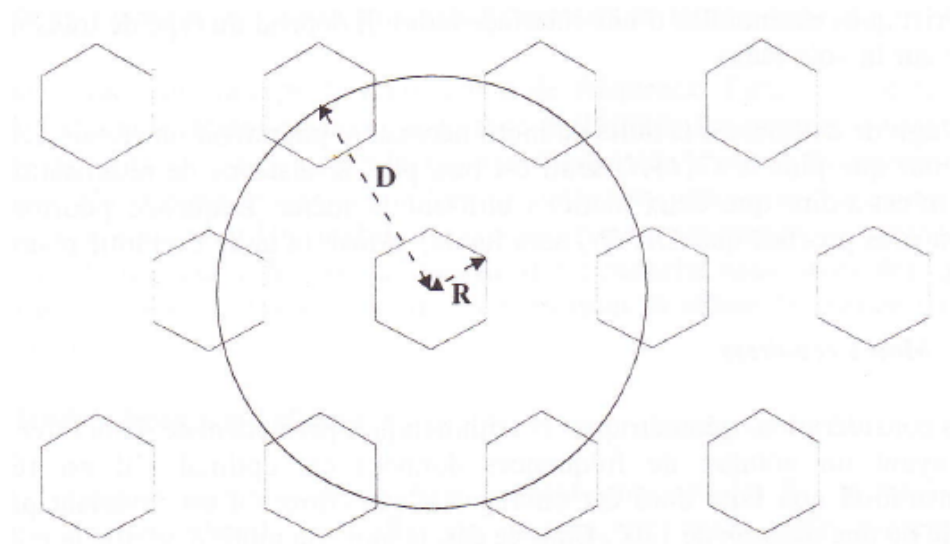


Distance de réutilisation

- Distance de réutilisation = distance minimale entre deux émetteurs utilisant la même fréquence

$$D = \sqrt{3KR}$$

- K est souvent égal à 3, 4, 7, 9, 12, 21 ou 27



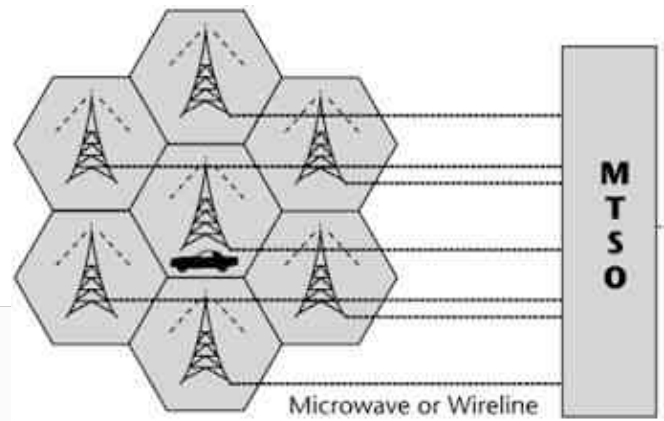
Génération des réseaux mobiles

- 1G
 - Transport de la voix analogique
 - Exemples: AMPS (Advanced Mobile Phone System), NMT (Nordic Mobile Telephone)
- 2G
 - Transport de la voix numérique
 - Exemple: GSM (Global System for Mobile Communications)
- 3G
 - Transport de la voix numérique et des données à haut débit
 - Exemple: UMTS (Universal Mobile Telecommunications System)
- 4G
 - Réseaux mobiles haut-débit tout IP
 - Exemple: LTE (Long-Term Evolution) et LTE-A (LTE-Advanced)
- 5G
 - IoT (Internet of Things)
 - Virtualisation et Clouds (Cloud-based Radio Access Network , Mobile Edge Computing)
 - D2D (Device-to-device communications)

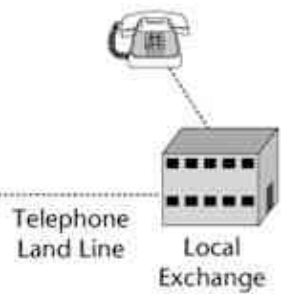
1G – AMPS



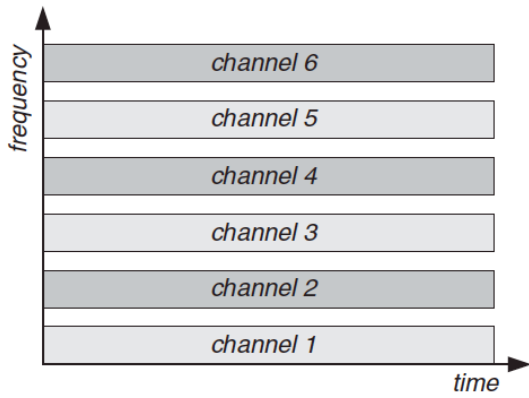
Analog radio interface






Circuit switching



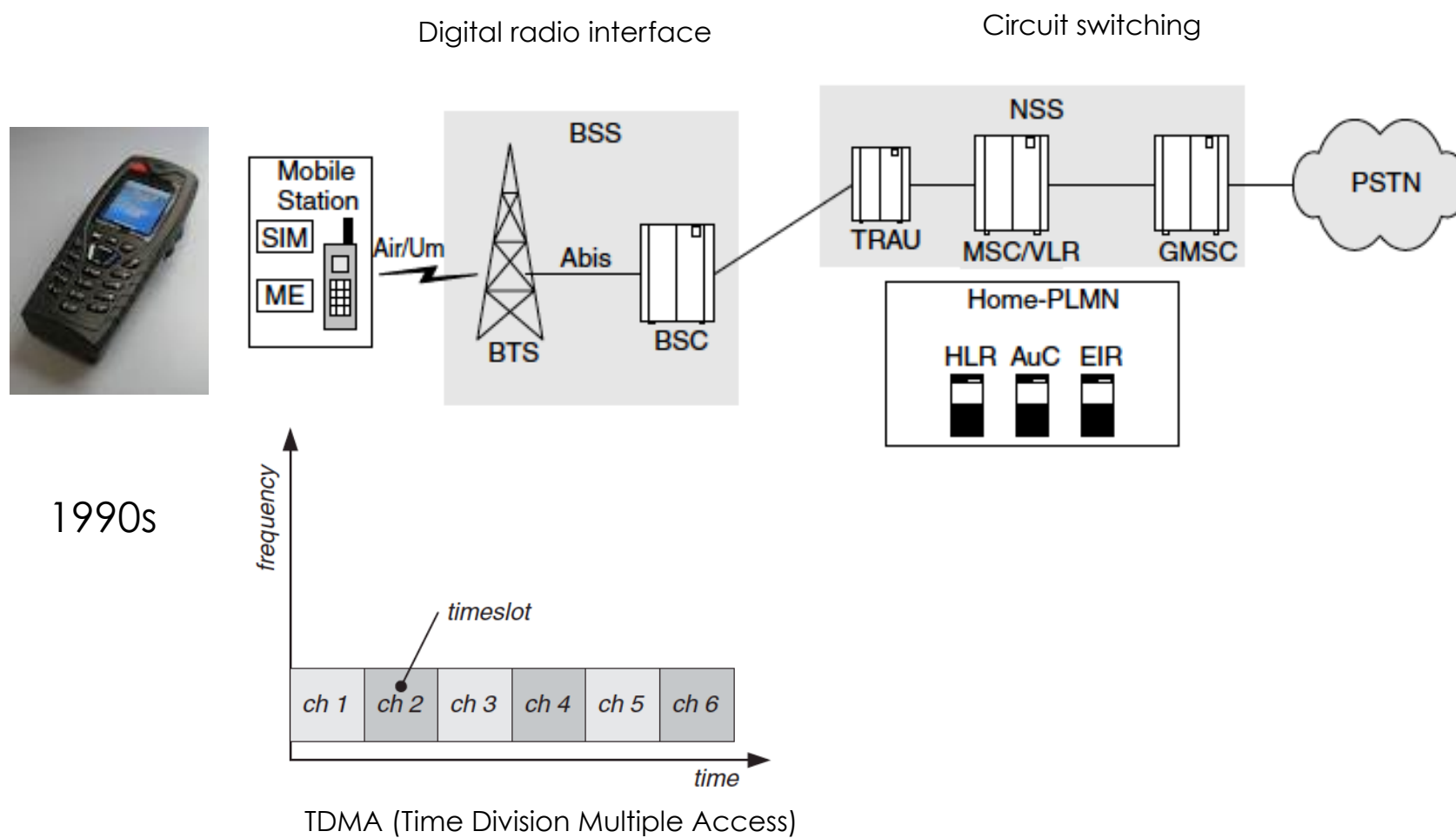
1978 – 1980s



-  = Base Transceiver Station (BTS)
- MTSO** = Mobile Telephone Switching Office
-  = Mobile Unit (mobile station)
-  = Microwave or Wireline

FDMA (Frequency Division Multiple Access)

2G – GSM

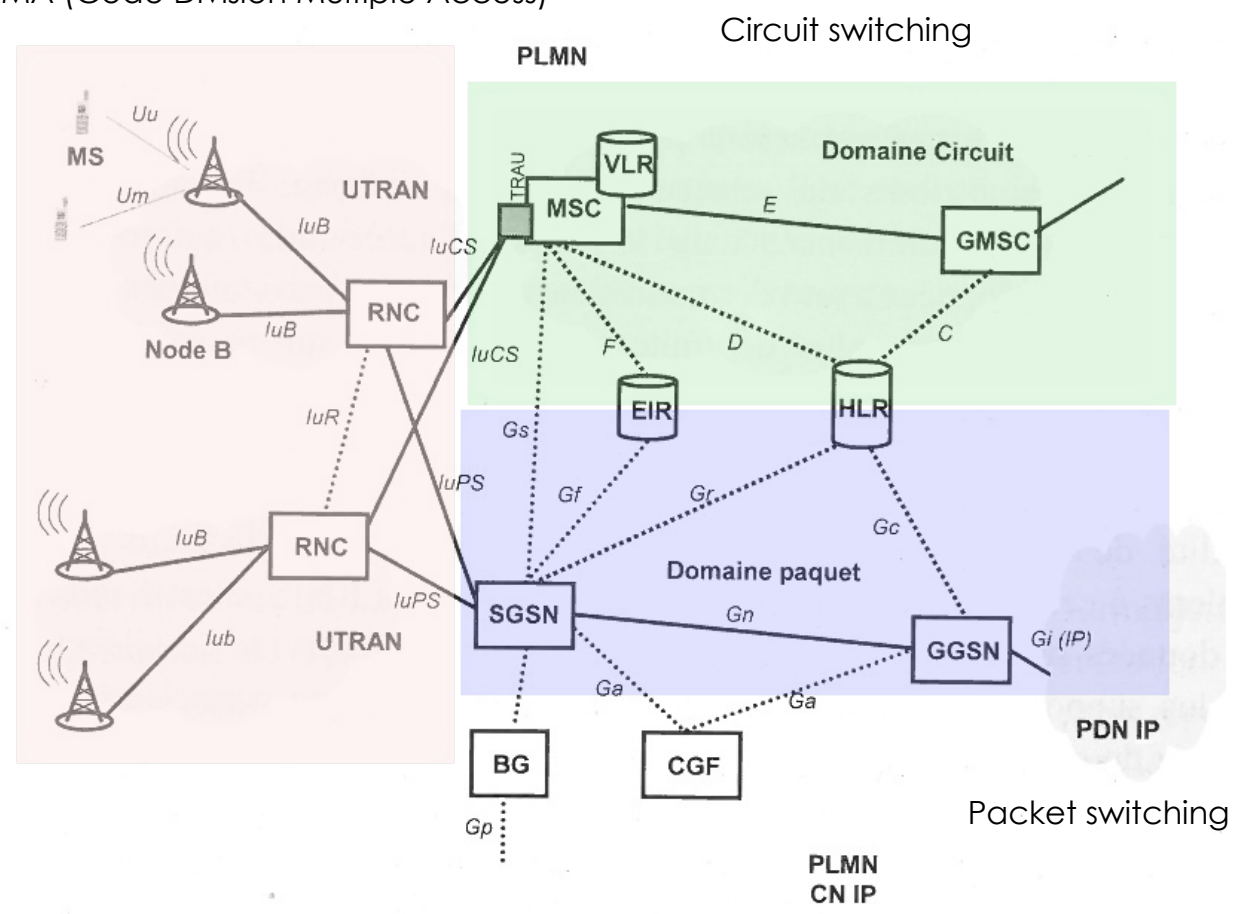


3G - UMTS

CDMA (Code Division Multiple Access)



2000s



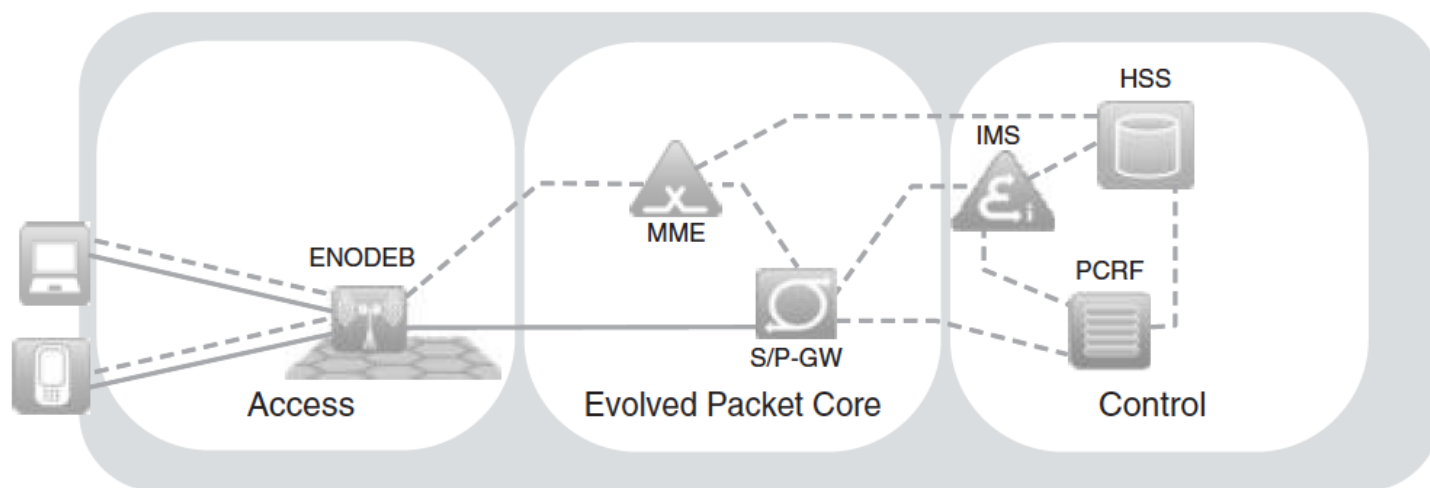
Circuit switching

Packet switching

PLMN
CN IP

4G – LTE / LTE-A

OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access)



Packet switching

2010s

5G

