Cours 8: Systèmes sans fil
Communications sans fil, M2 ISIM 2012-2012

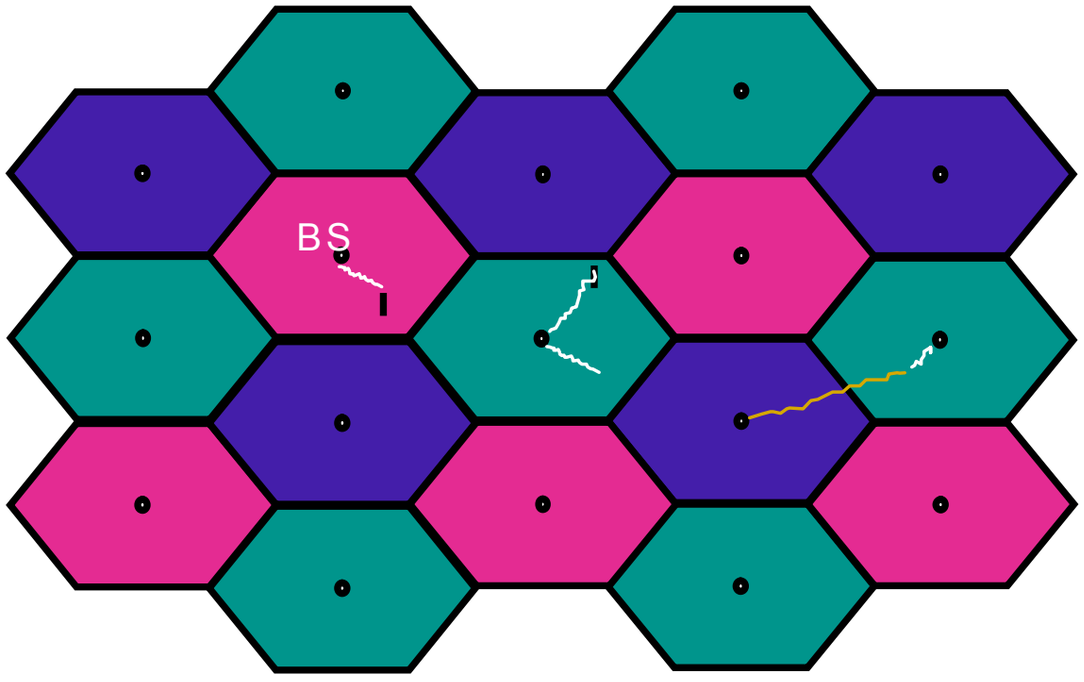
Iryna Andriyanova

Design des réseaux sans fil

1. Re-utilisation du spectre

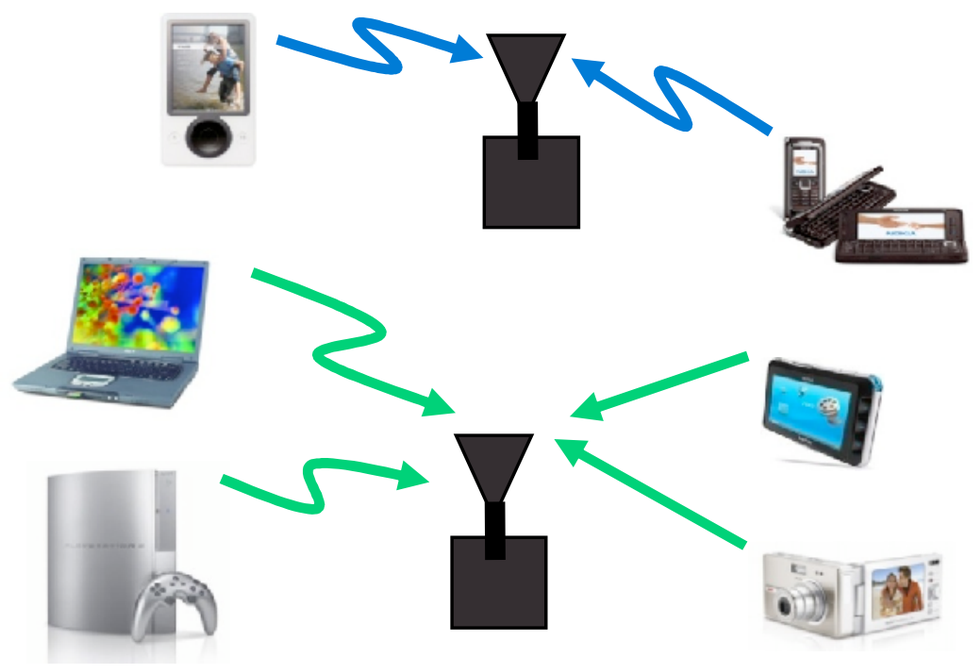
La bande passantee est limitée, alors la réutilisation du spectre

In licensed bands



Cellular, Wimax

and unlicensed bands



Wifi, BT, UWB,...

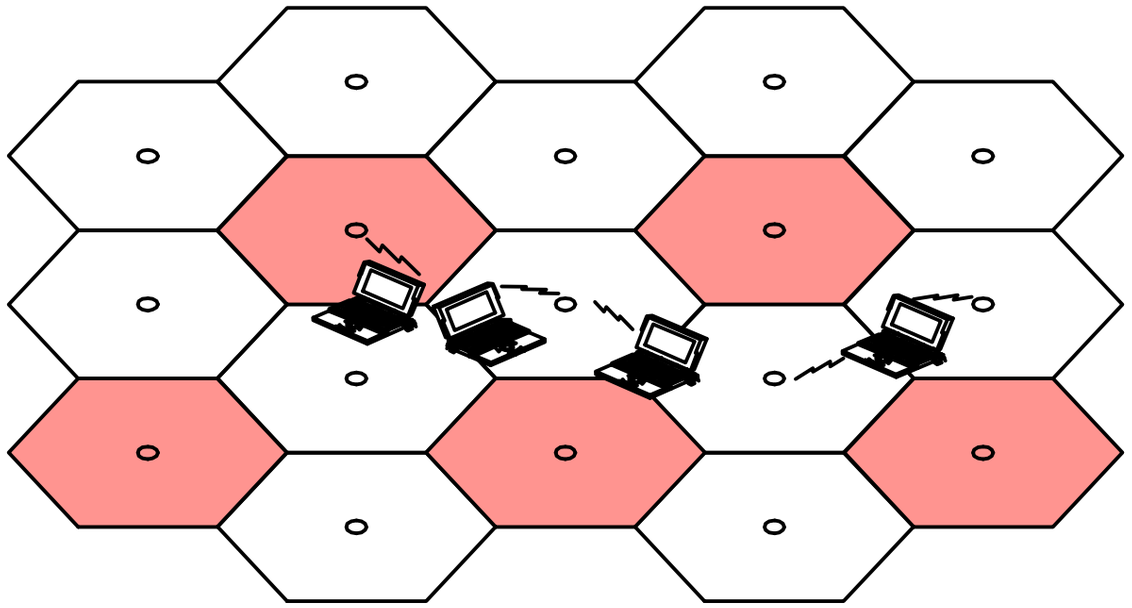
1. Re-utilisation du spectre

Le réutilisation du spectre cause l'interférence.

L'interférence :

- augmente la probabilité d'erreur et réduit la capacité si traitée comme bruit
- peut être parfaitement supprimée, si elle est décodable
- peut être utilisée pour la coopération et la cognition (futures générations ?)

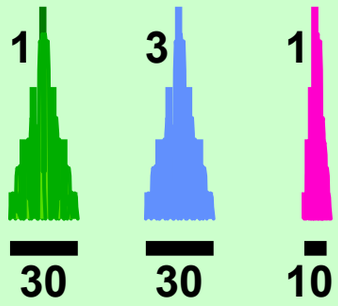
1. Re-utilisation du spectre



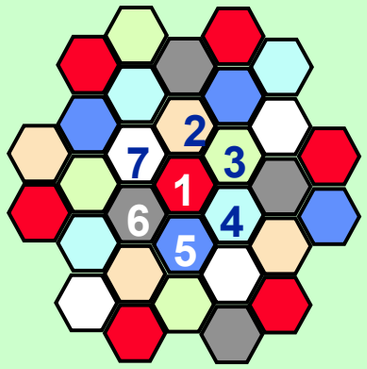
- Les fréquences (ou les slots de temps ou les codes) sont réutilisés dans les cellules situées assèz loin l'une de l'autre.
- Les stations de base effectuent le controle centralisé (etablissement de l'appel, handover, routage,...).
- La meilleure efficacité est obtenue avec la distance de réutilisation grande.

Re-utilisation du spectre et capacité totale du système

AMPS, D-AMPS, N-AMPS

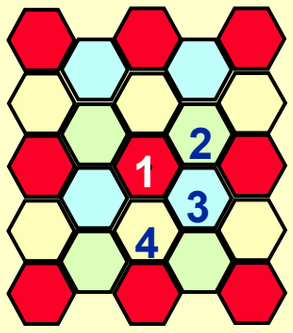


Vulnerability:
C/I ≅ 17 dB



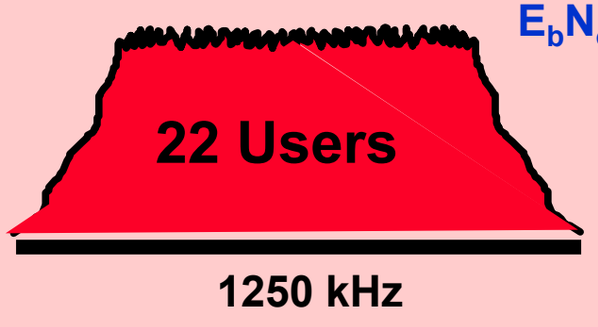
Typical Frequency Reuse N=7

Vulnerability:
C/I ≅ 6.5-9 dB

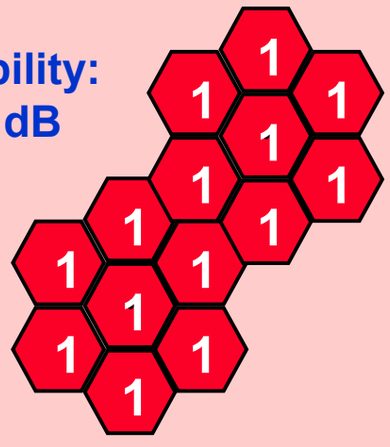


Typical Frequency Reuse N=4

CDMA



Vulnerability:
E_bN_o ≅ 6 dB



Typical Frequency Reuse N=1

Band	800 (A,B)		
Fwd or Rev Spectrum	12.5 MHz		
Technology	AMPS	TDMA	CDMA
Req'd C/I or Eb/No, dB	17	17	6
Freq Reuse Factor N	7	7	1
RF Signal BW, kHz	30	30	1250
Total # RF Signals	416	416	9
RF Sigs per Cell @ N	59	59	9
# Sectors per Cell	3	3	3
# CCH per Sector	1	1	0
RF Signals per Sector	18	18	8
Voicepaths/RF Signal	1	3	17
Voicepaths per Sector	18	54	136
P.02 Erlangs per Sector	11.5	44	123.1
Voicepaths per Site	54	162	408
P.02 Erlangs per Site	34.5	132	369.3
Capacity vs AMPS @800	1	3.8	10.7

2. Considérations du design des couches basses et de la planification des fréquences

Partage du spectre
TD, CD ou hybrides (TD/FD)

Distance de réutilisation
Distance ente les cellules avec la même fréquence, le même slot ou le même code
La petite distance augmente le nombre des utilisateurs mais également augmente l'interférence

Rayon de la cellule
La diminution de la taille de cellule augmente la capacité mais complique le routage et le handover

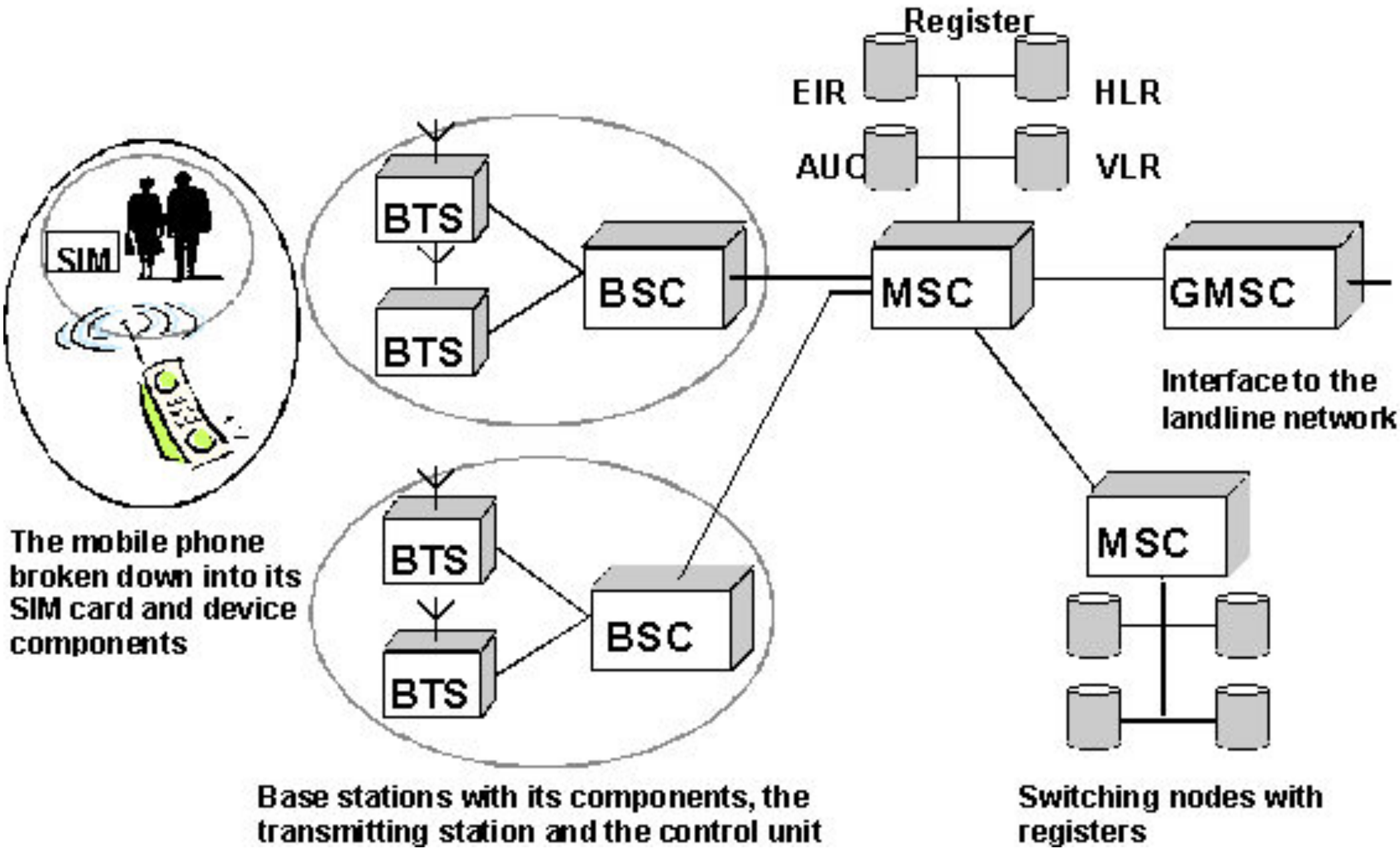
Allocation des ressources
Puissance, bande passante, ...

Techniques de coopération
Le relayage entre les terminaux et la station de base;
Coopération entre les stations de base

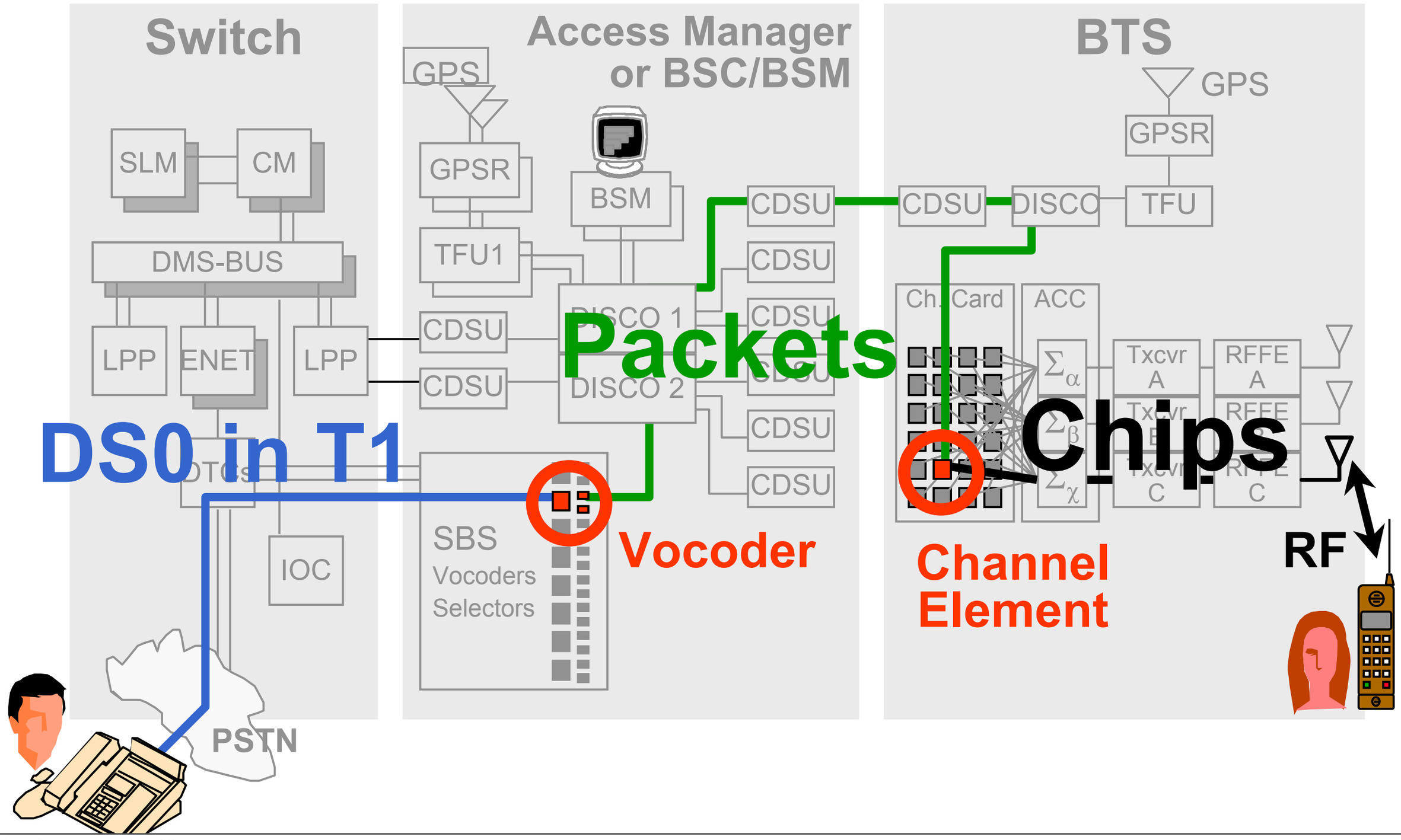
3. Gestion de la communication

- Canaux de communication sont utilisés pas les utilisateurs individuels pendant leur communication active avec la station de base (BTS)
- Canaux d'accès sont utilisés par les utilisateurs pas encore actifs pour s'enregistrer, faire la demande de communication ou toute autre signalisation

Architecture d'un réseau sans fil



Exemple : architecture du réseau CDMA



Téléphonie mobile

1-2G design : accent sur la voix

- La couverture des cellules est construite pour la voix
  Service minimal mais "égal" et "partout"
- Les systèmes cellulaires sont basés sur la voix
  Structure des données (paquets de 20ms)
  Codage de canal, les délais du décodage et d'entrelacement
- Efficacité spectrale
  0.04-0.07 bits/Hz/secteur
  Comparable pour les TDMA et CDMA

GSM (TD/FD+FH)

- FDD sépare les uplink et downlink
- L'accès est une combination de FD, TD et des sauts lents de fréquence (FH)
  - La bande passante est divisée sur les canaux de 200 kHz.
  - Les canaux sont réutilisés dans les cellules en basant sur les mesures de l'interférence.
  - Tous les signaux sont modulés avec un code FH
    - Les codes FH d'une cellule sont orthogonaux
    - Les codes FH des différentes cellules sont semi-orthoogonaux
  - Le FH diminue l'interférence par le codage.
  - Le FH moyenne l'interférence par les sauts pseudo-aléatoires

Tableau GSM de “Wireless Communications” de Molisch’11

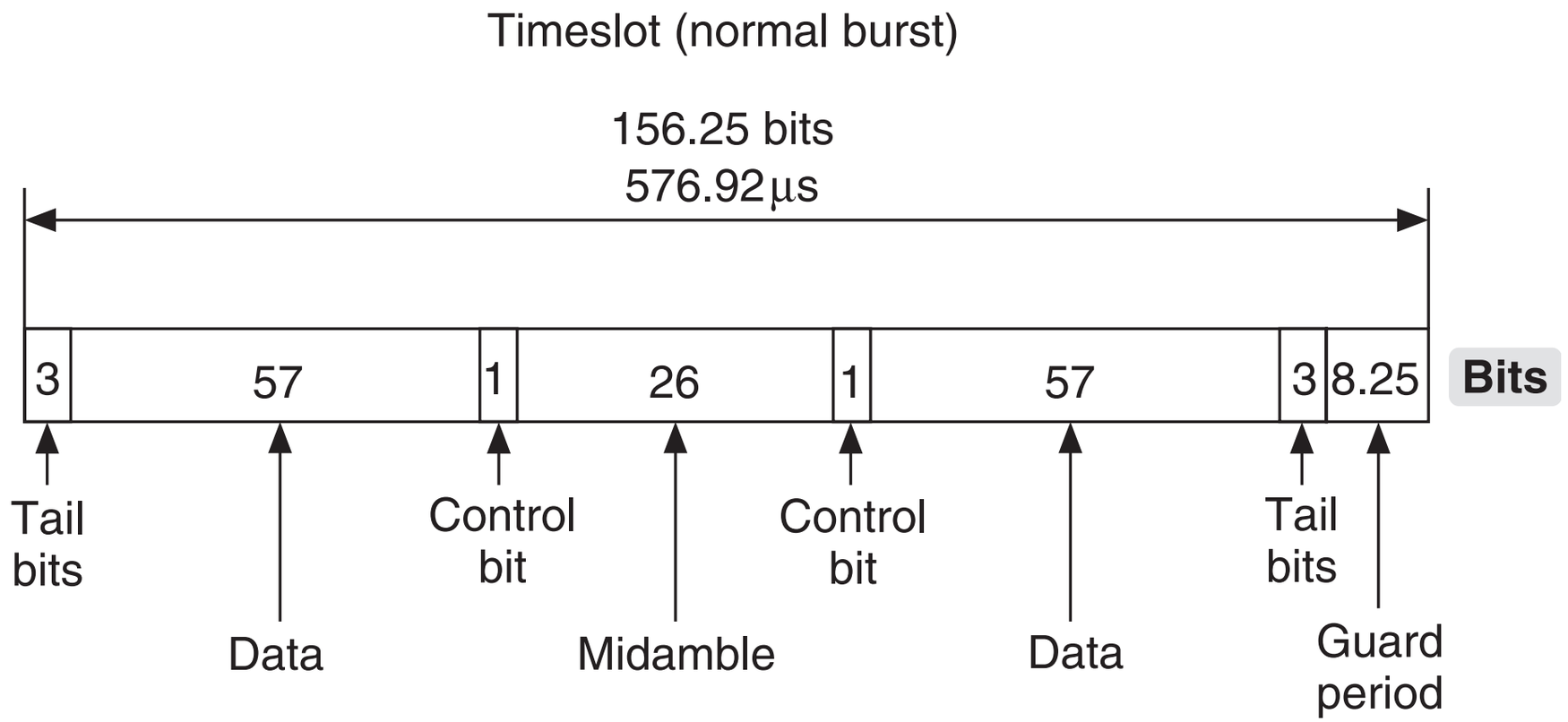
Table 24.1 Key parameters of the Global System for Mobile communications

Parameter	Value
Frequency range	
GSM900	880–915 MHz (uplink) 925–960 MHz (downlink)
GSM1800	1710–1785 MHz (uplink) 1805–1880 MHz (downlink)
GSM1900	1850–1910 MHz (uplink – U.S.A.) 1930–1990 MHz (downlink – U.S.A.)
Multiple access	FDMA/TDMA/FDD
Selection of physical channel	Fixed channel allocation/intracell handover/frequency hopping
Carrier distance	0.2 MHz
Modulation format	GMSK ($B_{\mathrm{G}}T = 0.3$)

Tableau GSM : cont'd

Effective frequency usage per duplex speech connection	50-kHz/channel
Gross bit rate on the air interface	271 kbit/s
Symbol duration	3.7 µs
Channels per carrier	8 full slots (13 kbit/s user data)
Frame duration	4.6 ms
Maximal RF transmission power at the MS	2 W
Voice encoding	13 kbit/s RPE-LTP
Diversity	Channel coding with interleaving Channel equalization Antenna diversity (optional) Frequency hopping (optional)
Maximal cell range	35 km
Power control	30-dB dynamics

GSM : timeslot et structure du réseau



- Standard ouvert
- Réseau: BS, MSC, OSS
- Signalisation: canaux "logiques"

  canaux de données, de broadcast, de synchronisation, du contrôle de broadcast, du controôle général, d'accès aléatoire,...

IS-95 (CDMA)

- Les utilisateurs possèdent les codes d'étalement de type DS (uniques)
  - Les codes orthogonaux sur le downlink
  - Les codes semi-orhtogonaux sur l'uplink
- Le code est réutilisé dans chaque cellule
  - Pas de plannification des fréquences
  - Handover progressif entre les cellules
- Le controle des puissances est nécessaire à cause de "near-far problem"
  - Augmentation de l'interférence crée par les terminaux, se trouvant loin de la station de base

IS-95 (CDMA)

- en addition du CDMA, le FDMA est aussi utilisé (FDD)
- fréquences: 1850–1910MHz (uplink) et 1930–1990MHz (downlink), avec 1.25 MHz pour un canal
- Spread factor = 64
- Théoriquement, 64 appels simultanés par cellule, en pratique – entre 12 et 18
- Asymmetry dans le codage pour uplink et downlink
- Signalisation: canal de contrôle de puissance

DECT (Digital Enhanced Cordless Telephone)

- 1.8-1.9 GHz
- FDMA-TDMA
- Débit: 32 kbps
- 120 connections simultanées au maximum
- 2 applications: grande marché et entreprises

3G design : voix et données

- Objectif: le même interface sans fil pour tout le monde
- La transmission par paquets due à la nature des données
- Augmentation du débit
  384Kbps à l'exterieur, 1 Mbps à l'interieur
- Amélioration du qualité de service (QoS)
  passage de "faire au mieux" à "garantir"
- Techniques adaptatives
  Débit (étalement, modulation/codage), puissance, ressources, traitement en espace, MIMO

2.5G (EDGE) basé sur le GSM

EDGE (2.5G): transmission des données par paquets, modulation et codage adaptatifs;

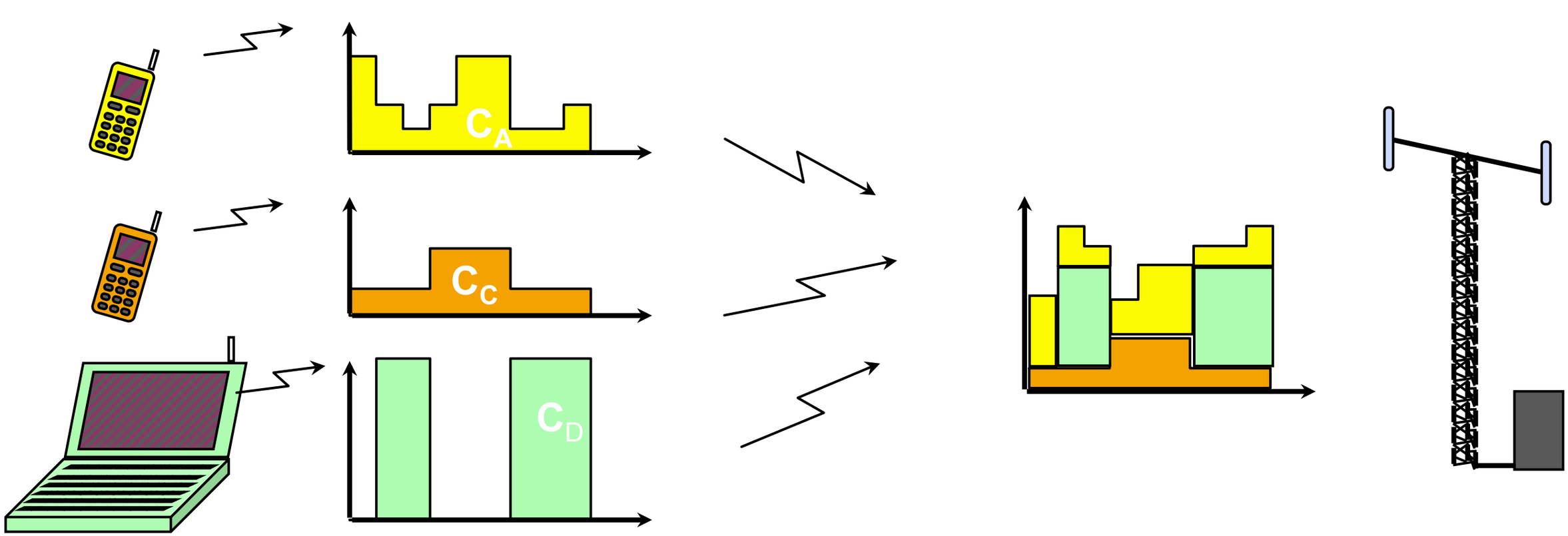
8PSK/GMSK à 271 ksps offrent de 9 à 52 Kbps par un slot de temps, avec 8 slots disponibles;

Le débit maximum est de 384 Kbps;

La voix et les données sont transmis en paquets.

3G UMTS (WCDMA et cdma2000)

cdma2000 est construit pour être compatible avec le IS-95
WCDMA utilise la puissance et l'étalement adaptatifs, les service différents peuvent être mixer dans un code pour un utilisateur



WCDMA

Bande passante	5, 10, 20 MHz
Codes d'étalement	Facteur d'étalement = 4...256 (codes différents pour "data" et "control")
Division en temps	intervales de 10ms avec des slots de 0.67ms
Modulation	QPSK pour le downlink BPSK pour l'uplink
Débit	144 Kbps, 1 Mbps, 2 Mbps
Duplexage	FDD

WCDMA cont'd

Structure du réseau	hiérarchique
Classes des débits	Conversation, streaming, interactif, de fond
Codage	codes convolutifs et turbo codes
MIMO	2 antennes (downlink) en option

Evolution des standards

	Japan	Europe	Americas	
1st Gen	TACS	NMT/TACS/Other	AMPS	
2nd Gen	PDC	GSM	TDMA	CDMA
3rd Gen	W-CDMA/EDGE (EDGE in Europe and Asia outside Japan)		EDGE	WCDMA

Global strategy
based on W-CDMA and EDGE networks, common IP based network, and dual mode W-CDMA/EDGE phones.

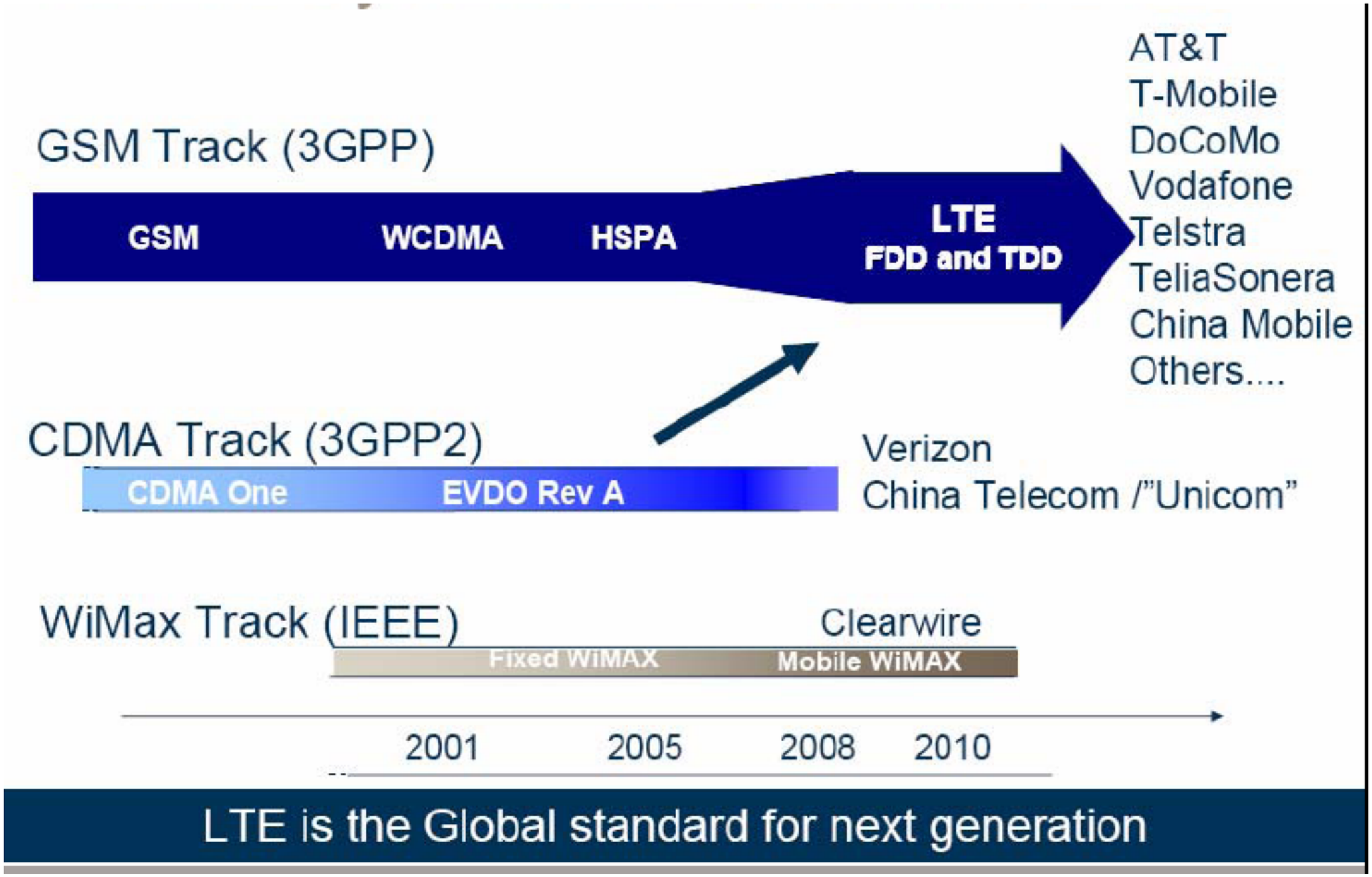
cdma2000 was the initial standard, which evolved To WCDMA

4G and beyond

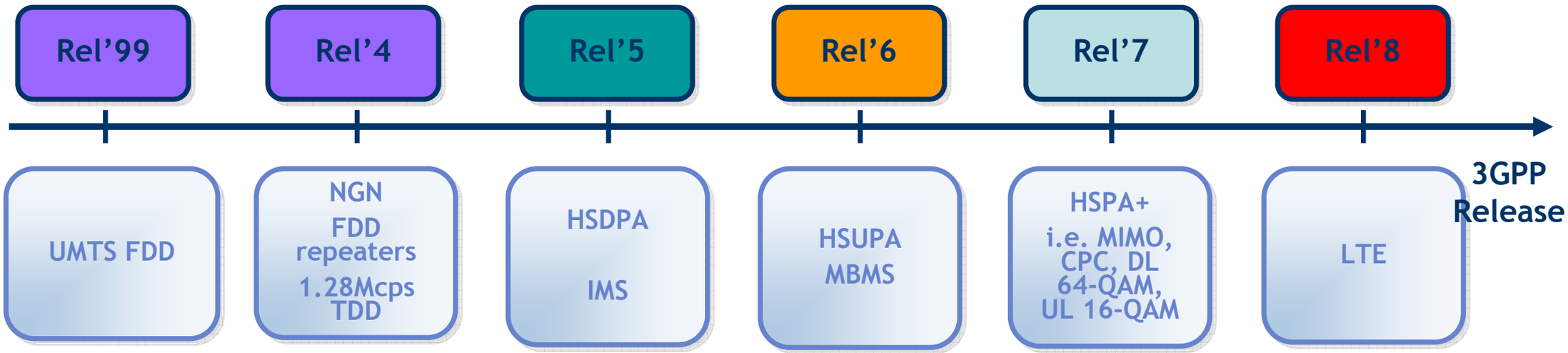
- Evolution vers la transmission des données
  - Débits plus importants (au moins pour le downink)
  - Plus de contenu multimedia
    - Voix, données, video, accès Internet
    - Broadcast & cellulaire
  - Bandes passantes larges (10 MHz et plus)

- Les candidats principaux étaient
  - WOFDM
  - WCDMA
  - CDMA à multi-porteuses

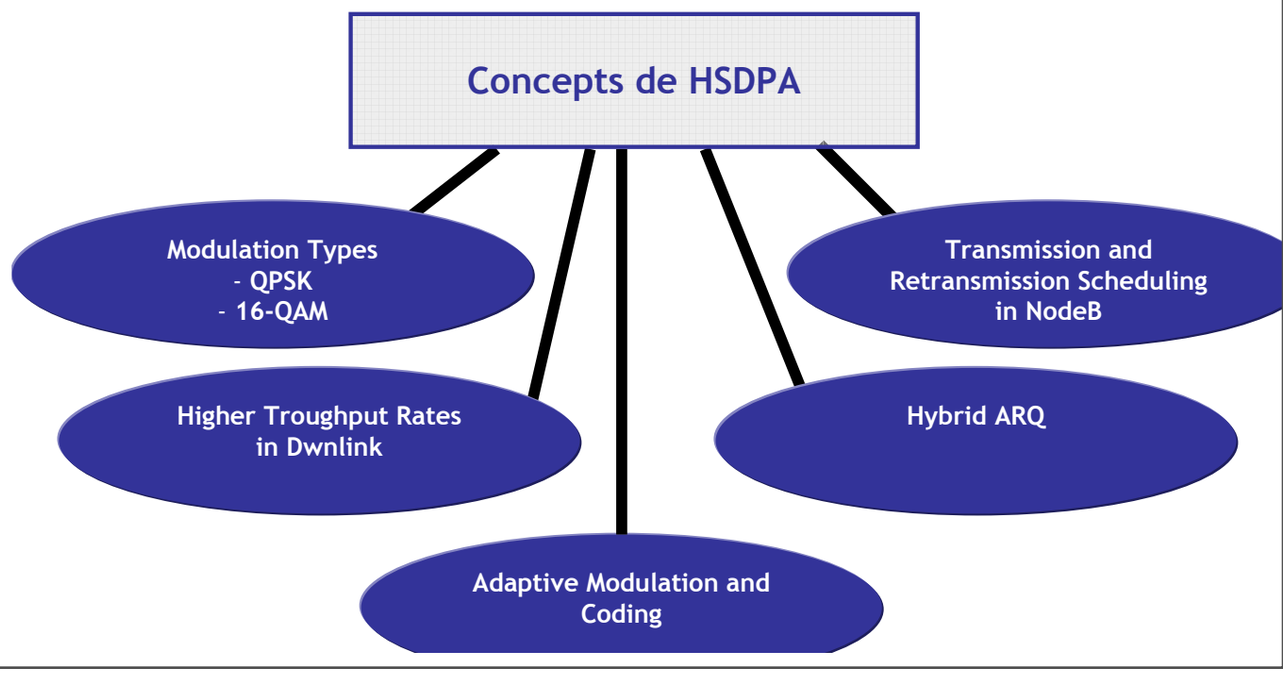
4G and beyond



4G and beyond



NGN = Next Generation Network
HSDPA = High Speed Downlink Packet Access
IMS = IP Multimedia Sub-System
HSUPA = High Speed Uplink Packet Access
MBMS = Multimedia Broadcast/ Multimedia Services



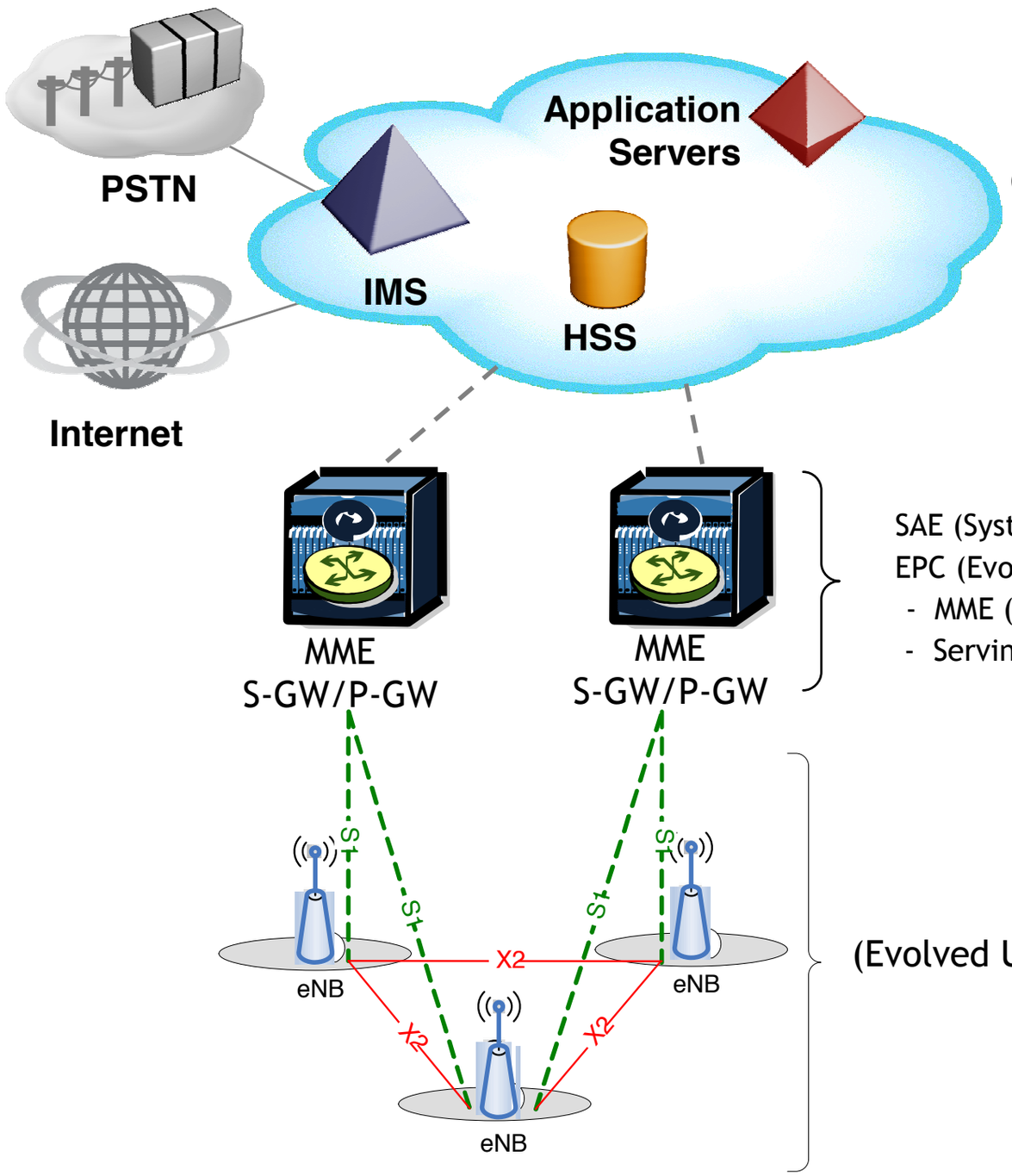
Evolution de l'interface radio

	WCDMA (UMTS)	HSPA HSDPA / HSUPA	HSPA+	LTE
Max downlink speed (bps)	384 k	14 M	28 M	**100M**
Max uplink speed (bps)	128 k	5.7 M	11 M	**50 M**
Latency round trip time approx	150 ms	100 ms	50ms (max)	**~10 ms**
TTI	10 ms	2 ms	2 ms	**1 ms**
3GPP releases	Rel 99/4	Rel 5 / 6	Rel 7	**Rel 8**
Approx years of initial roll out	2003 / 4	2005 / 6 HSDPA 2007 / 8 HSUPA	2008 / 9	**2009 / 10**
Access method	CDMA	CDMA	CDMA	**OFDMA / SC-FDMA**

LTE (Long-Term Evolution)

Parameter	Details
Peak downlink speed 64QAM (Mbps)	100 (SISO), 172 (2x2 MIMO), 326 (4x4 MIMO)
Peak uplink speeds (Mbps)	50 (QPSK), 57 (16 QAM), 86 (64 QAM)
Data type	All packet switched data (voice and data). No circuit switched.
Channel bandwidths (MHz)	1.4, 3, 5, 10, 15, 20
Duplex schemes	FDD & TDD
Mobility	0 - 15 km/h (optimised), 15 - 120 km/h (high performance)
Latency	Idle to active less than 100ms Small packets ~10 ms
Spectral efficiency	Downlink: 3 - 4 times Rel 6 HSDPA Uplink: 2 -3 x Rel 6 HSUPA
Access schemes	OFDMA (Downlink) SC-FDMA (Uplink)
Modulation types supported	QPSK, 16QAM, 64QAM (Uplink and downlink)
Channel coding	Convolutional coding and turbo coding
Adaptive modulation and coding	DL/UL modulations: QPSK, 16QAM, and 64QAM Convolutional code and Rel-6 turbo code
H-ARQ	mobility support, rate control, security, and etc

Architecture LTE



IMS
(IP Multimedia Subsystem)

SAE (System Architecture Evolution) or
EPC (Evolved Packet Core)
- MME (Mobility Management Entity)
- Serving Gateway (S-GW)

E-UTRAN
(Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network)

- **eNB**
  - All radio interface-related functions
- **MME**
  - Manages mobility, UE identity, and security parameters.
- **S-GW**
  - Node that terminates the interface towards E-UTRAN.
- **P-GW**
  - Node that terminates the interface towards PDN.

Transmission des données sans fil/ Internet sans fil

Bluetooth

- 2.4 GHz de la bande passante
- FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum)
- Distances courtes (pas plus de 10 m)
- Regimes asynchrone (données) et synchrone (voix)
- Jusqu'au 700 kbps
- Pas d'infrastructure (ad hoc)
- Petite consommation

1300 entreprises au support de BT : Intel, IBM, Nokia, Toshiba, ...

802.11 et Wi-Fi

802.11b

– Premier standard devenu populaire
– 2.4 GHz de la bande passante
– variation du DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)
– Les débits sont 11, 5.5, 2 and 1 Mbps (en pratique, 6-7 Mbps au maximum)
– Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance
– Interfère avec Bluetooth! (CSMA/CA)

802.11a/g

– 5 GHz de la bande passante
– OFDM
– 54 Mbps (en pratique, aux alentours de 50%)
– Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance (CSMA/CA)

Exemple : 802.11a (Molisch'11)

Table 29.2 Important parameters of the 802.11a PHY layer

Information data rate	6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54 Mbit/s
Modulation	BPSK, OPSK, 16-QAM, 64-QAM
FEC	$K = 7$ convolutional code
Coding rate	1/2, 2/3, 3/4
Number of subcarriers	52
OFDM symbol duration	4 µs
Guard interval	0.8 µs
Occupied bandwidth	16.6 MHz

Table 29.4 Data rates in 802.11a

Data rate (Mbit/s)	Modulation	Coding rate	Coded bits per subcarrier	Coded bits per OFDM symbol	Data bits per OFDM symbol
6	BPSK	1/2	1	48	24
9	BPSK	3/4	1	48	36
12	QPSK	1/2	2	96	48
18	QPSK	3/4	2	96	72
24	16-QAM	1/2	4	192	96
36	16-QAM	3/4	4	192	144
48	64-QAM	2/3	6	288	192
54	64-QAM	3/4	6	288	216

802.11 et Wi-Fi

802.11n

– jusqu'au 540 Mbps grâce au MIMO
– release en Septembre 2009

Wi-Fi (Wireless Fidelity)

Une organisation non-profitable s'assurant l'inter-operationalité des produits basés sur 802.11

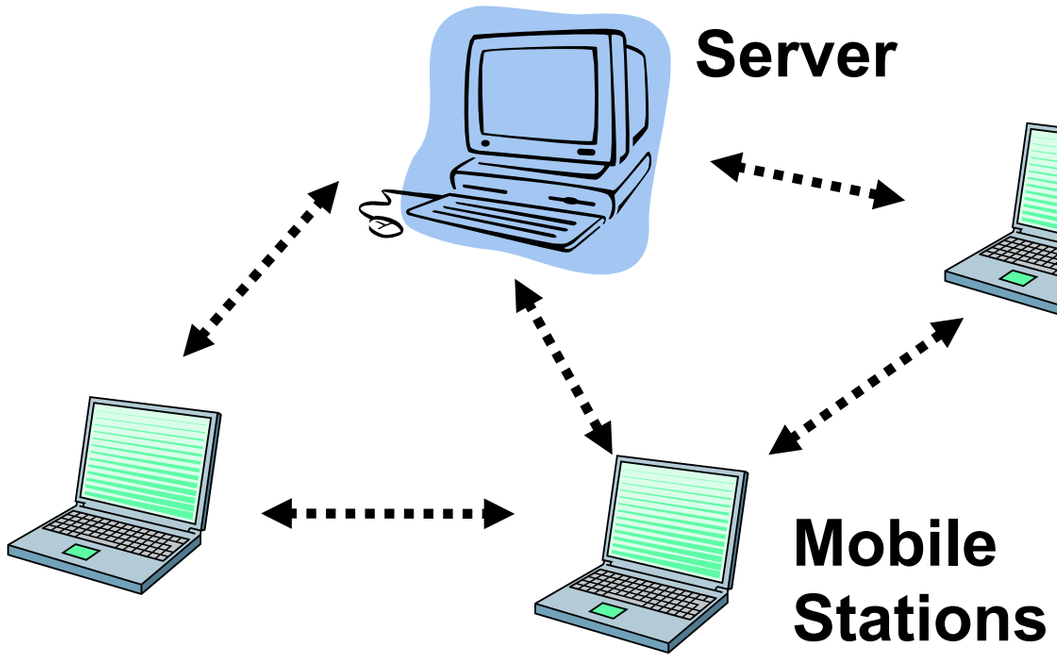
HiperMAN+802.16 = WiMax

WiMax: Worldwide Interoperability for Microwave Access

- 10-66 GHz, pour les connexions en ligne de vue, ou 2-11 GHz, en non-ligne de vue; 1-15 km de distance
- Débits: dizaines Mbps
- MIMO
- OFDM
- Scalable OFDMA
- CSMA pour la couche MAC

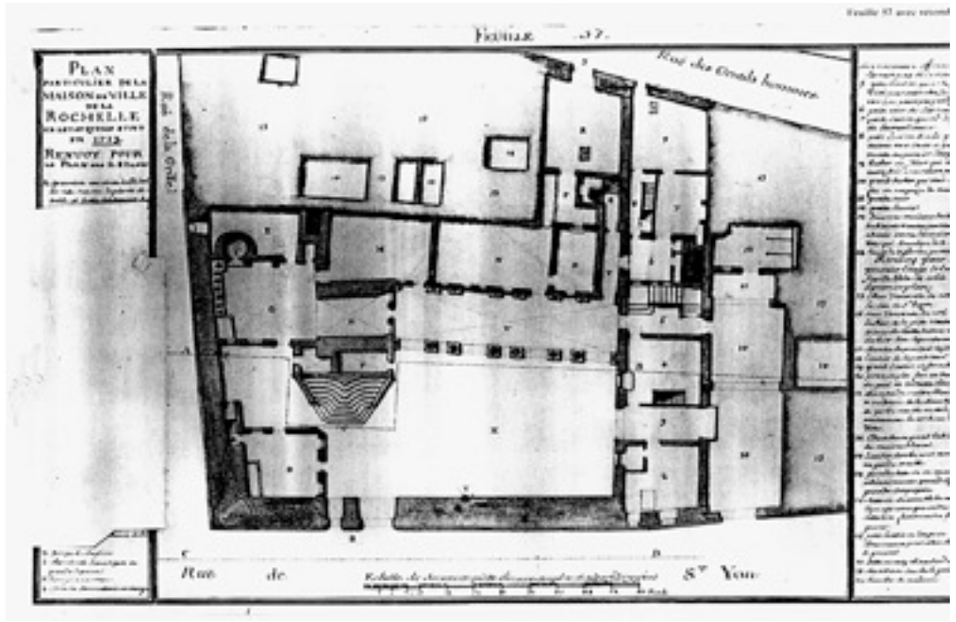
Quelques autres applications sans fil

Réseaux ad-hoc

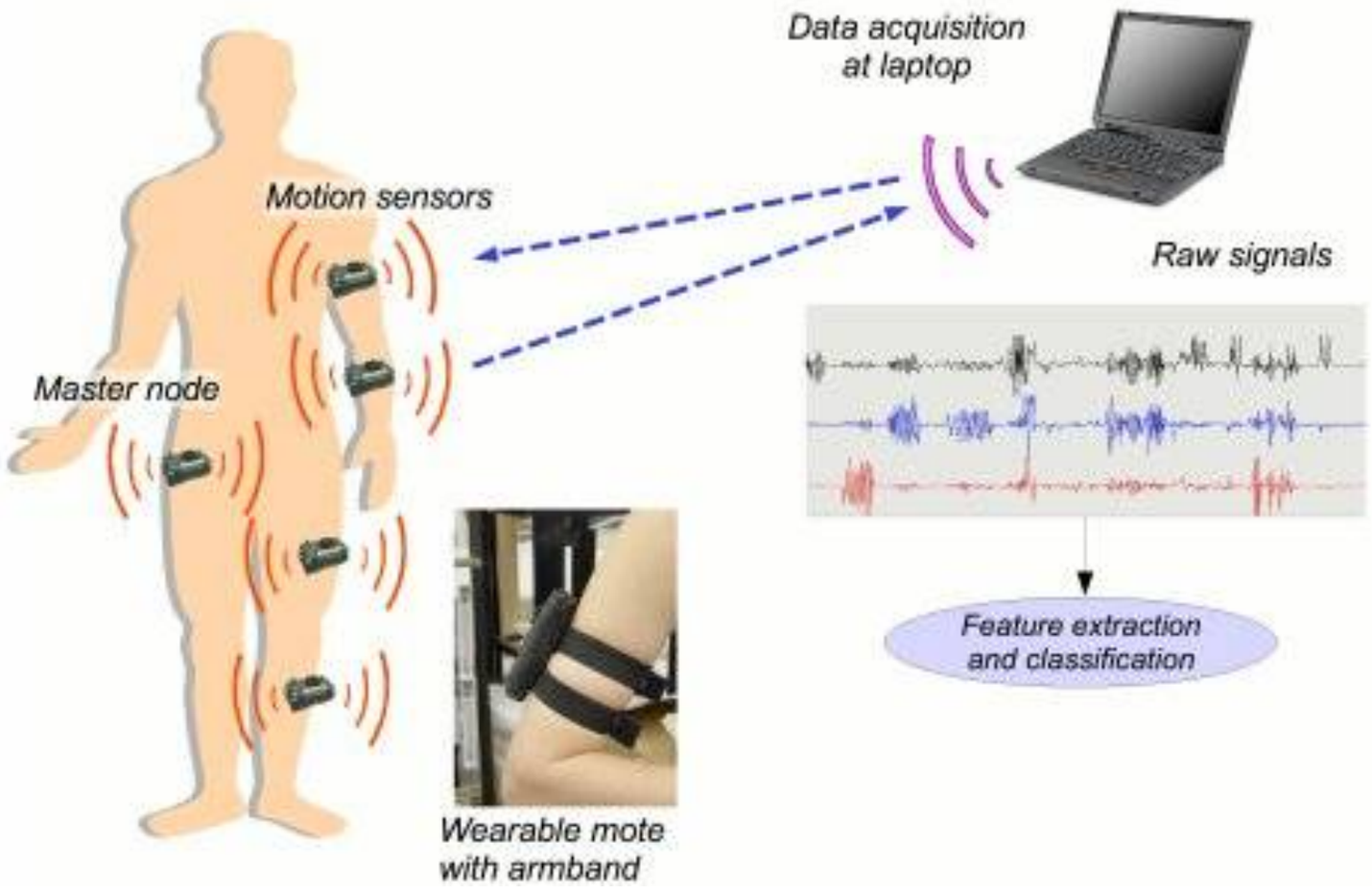


- Pas d'infrastructure pre-définie
- CSMA
- Beaucuop d'attention sur le routage (AODV, ...)

Réseaux ad-hoc : applications



Surveillance medicale



- Wireless Medical Telemetry Service (WMTS) aux US : 608 – 614, 1395 – 1400, et 1427 – 1432 MHz; Terminaux “in/on-body” + station de base “nursery station”
- WBAN (Wireless Body Area Network)