

VIỆN ĐIỆN TỬ - VIỄN THÔNG

HỆ THỐNG THÔNG TIN DI ĐỘNG THẾ THỆ 4

LONG TERM EVOLUTION – 4G/LTE

TS. TRẦN QUANG VINH

NỘI DUNG

- TỔNG QUAN
- LỘ TRÌNH PHÁT TRIỂN LÊN 4G/LTE
- CẤU TRÚC LTE
- CÁC CÔNG NGHỆ CHÍNH TRONG LTE
- LTE Ở VIỆT NAM

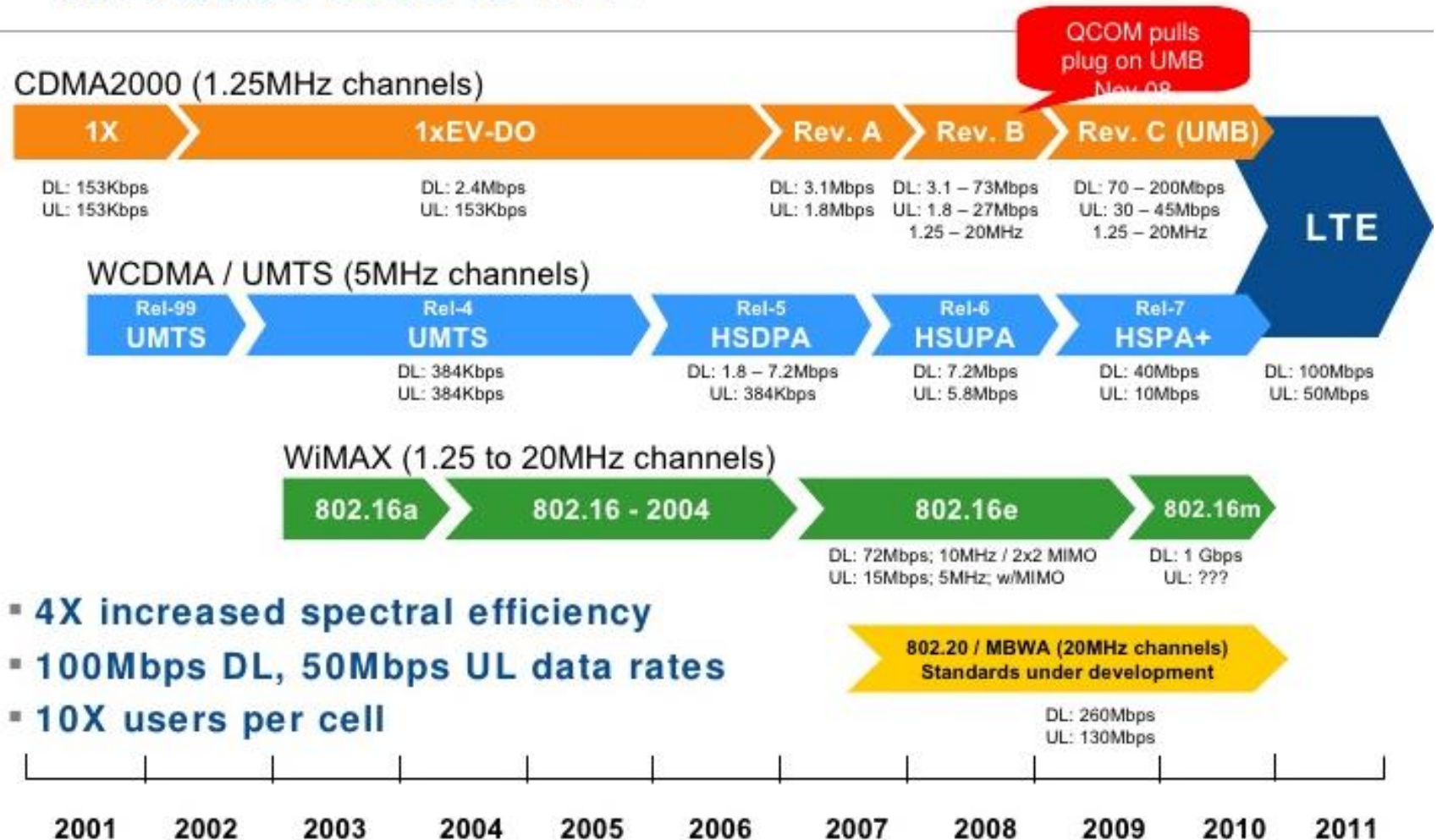
TỔNG QUAN

■ TỔNG QUAN VỀ MẠNG 4G

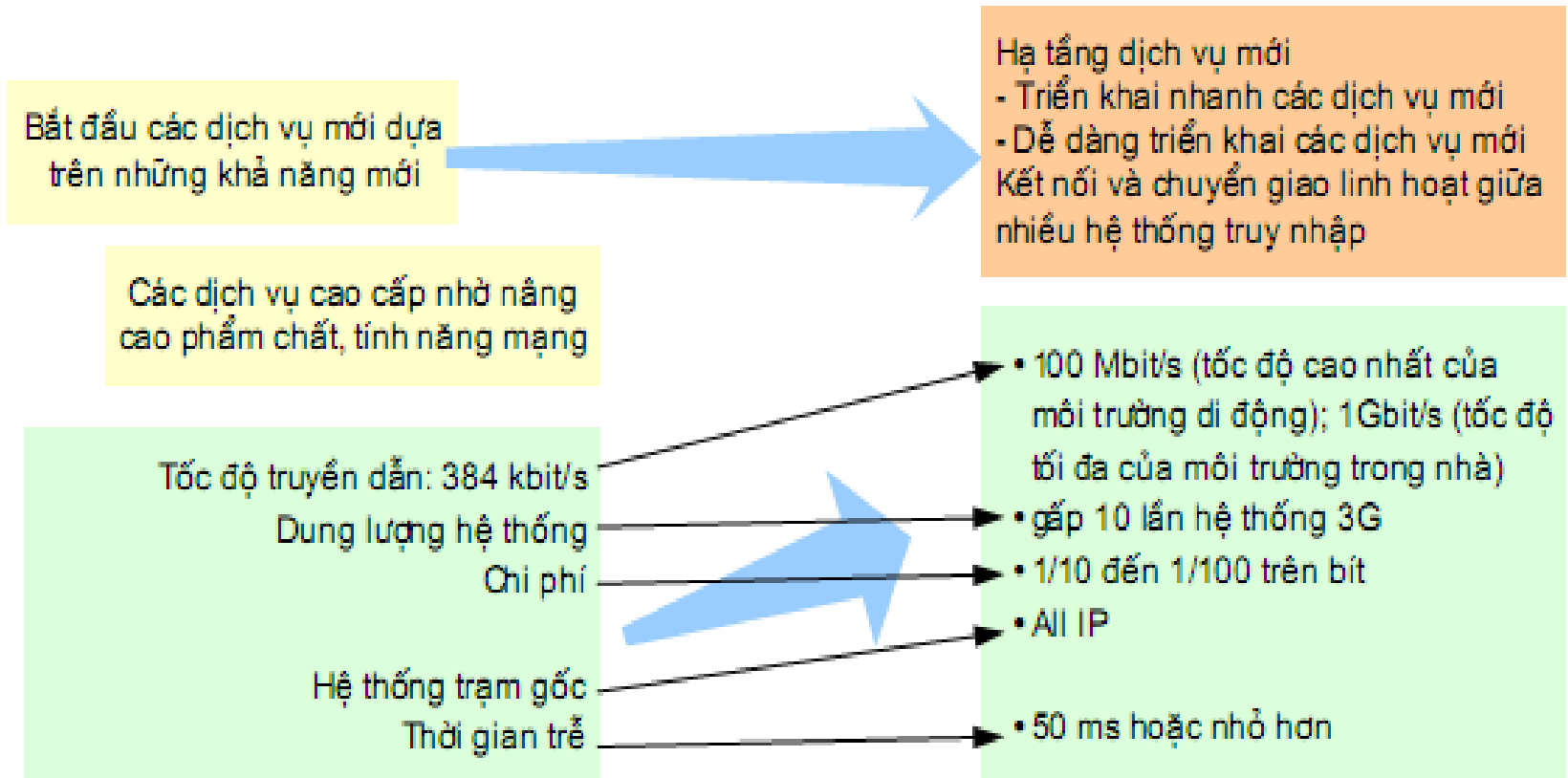
- 4G là hệ thống thông tin băng rộng được xem như IMT tiên tiến được định nghĩa bởi ITU-R.
- Tốc độ dữ liệu >> so với 3G: Tốc độ dữ liệu đề ra là 100 Mbps cho thuê bao di chuyển cao và 1Gbps cho thuê bao ít di chuyển
- Cấu trúc mạng sẽ đơn giản: All-IP: không còn chuyển mạch kênh, cung cấp các dịch vụ như điện thoại IP, truy cập internet băng rộng, các dịch vụ game và HDTV đa phương tiện, ...
- Tăng hiệu quả sử dụng phổ và giảm thời gian trễ
- Sử dụng các tần số cấp phép để đảm bảo chất lượng dịch vụ:
 - LTE sử dụng các dải tần số khác nhau: 2100 MHz, 1900 MHz, 1700 MHz, 2600 MHz, 900 MHz, 800 MHz.

LỘ TRÌNH PHÁT TRIỂN LÊN 4G

All Roads Lead to LTE



MỤC TIÊU THIẾT KẾ LTE



CÁC THAM SỐ CHÍNH CỦA LTE

– Tốc độ truyền dữ liệu:

- Trong điều kiện lý tưởng với băng thông 20MHz (5bit /Hz/s):
 - Tải xuống: 100-826.4Mbit/s (~100MB/s);
 - Tải lên: 50-86.4Mbit/s

– Hiệu suất phổ tần cao, băng thông linh hoạt

	HSDPA	LTE	Đích LTE/ Đã đạt
Tốc độ đỉnh (Mbit/s)	14.4	144	100/đã đạt
Tốc độ đỉnh (bit/Hz/s)	0.75	1.84	3-4 lần HSDPA/đã đạt
Thông lượng người sử dụng biên ô	0.006	0.0148	2-3 lần HSDPA/đã đạt

	HSDPA	LTE	Đích LTE/ Đã đạt
Tốc độ đỉnh (Mbit/s)	5.7	57	50/đã đạt
Tốc độ đỉnh (bit/Hz/s)	0.26	0.67	2-3 lần HSDPA/đã đạt
Thông lượng người sử dụng biên ô	0.006	0.015	2-3 lần HSDPA/đã đạt

So sánh tốc độ và hiệu suất sử dụng phổ tần giữa LTE và HSDPA

CÁC THAM SỐ CHÍNH CỦA LTE

– Hỗ trợ di động:

- Hoạt động tối ưu với tốc độ di chuyển của thuê bao là 0-15 km/h.
- Vẫn chạy tốt với tốc độ từ 15-120 km/h.
- Vẫn duy trì được hoạt động khi thuê bao di chuyển với tốc độ từ 120-350 km/h (thậm chí 500 km/h tùy băng tần được phát)

– Vùng phủ

- LTE hỗ trợ linh hoạt các các kịch bản phủ sóng khác nhau với giả thiết sử dụng lại các trạm UTRAN (3G) và tần số sóng mang hiện có
- Thông lượng, hiệu suất sử dụng phổ tần và hỗ trợ di động phải đáp ứng các ô có bán kính 5km và giảm chút ít chất lượng với bán kính 30km. Từ 30 - 100 km thì không hạn chế
- Hỗ trợ tới 200 UE/cell cùng lúc tại băng thông 5MHz.

CÁC THAM SỐ CHÍNH CỦA LTE

- Độ trễ và khả năng liên kết mạng
 - Độ trễ: Thời gian trễ tối đa dịch vụ thấp hơn 5ms (trễ gói <10ms).
 - Liên kết mạng: khả năng liên kết với UTRAN/GETRAN hiện có
- All-IP: Không còn chuyển mạch kênh
- Kiến trúc mạng:
 - Đơn giản và tương thích/tích hợp với 2.5G và 3G
- Các phương thức truy nhập:
 - OFDMA; SC-FDMA; MIMO
- Chi phí:
 - Giảm thiểu được chi phí trong khi vẫn duy trì được hiệu suất nhằm đáp ứng được tất cả các dịch vụ.
- Độ phức tạp thấp, các thiết bị đầu cuối tiêu thụ ít năng lượng

CÁC THAM SỐ CHÍNH CỦA LTE

Table 1 Comparison of performance requirements for LTE and LTE-Advanced

System Performance		LTE-Advanced	LTE
Peak rate	Uplink	1000Mbps@100MHz	100Mbps@20MHz
	Downlink	500Mbps@100MHz	50Mbps@20MHz
Control-plane delay	Idle to connected	<50ms	<100ms
	Dormant to active	<10ms	<50ms
User-plane delay (without load)		Lower than that of LTE	<5ms
Spectral efficiency	Peak	Downlink: 30 bps/Hz @ $\leq 8 \times 8$, Uplink: 15bps/Hz @ $\leq 4 \times 4$	Downlink: 5bps/Hz @ 2×2 , Uplink: 2.5bps/Hz @ 1×2
	Average	Downlink: 3.7bps/Hz/cell @ 4×4 , Uplink: 2.0 bps/Hz/cell @ 2×4	Downlink: 3 to 4 times of R6 HSPA @ 2×2 , Uplink: 2 to 3 times of R6 HSPA @ 1×2
	Cell edge	Downlink: 0.12bps/Hz/cell/user @ 4×4 Uplink: 0.07 bps/Hz/cell/user @ 2×4	N/A
Mobility		$\leq 350\text{km/h}$, $\leq 500\text{km/h}$ @freq band	$\leq 350\text{km/h}$
Flexible bandwidth deployment		Continuous spectrum @ $>20\text{MHz}$, Spectral convergence	1.4, 3, 5, 10, 15, 20MHz Support paired spectrum and unpaired spectrum

UMB

▪ ĐẶC ĐIỂM

- UMB sử dụng OFDMA, MIMO
- Tốc độ dữ liệu đường xuống tới 280Mb/s và đường lên tới 75Mb/s



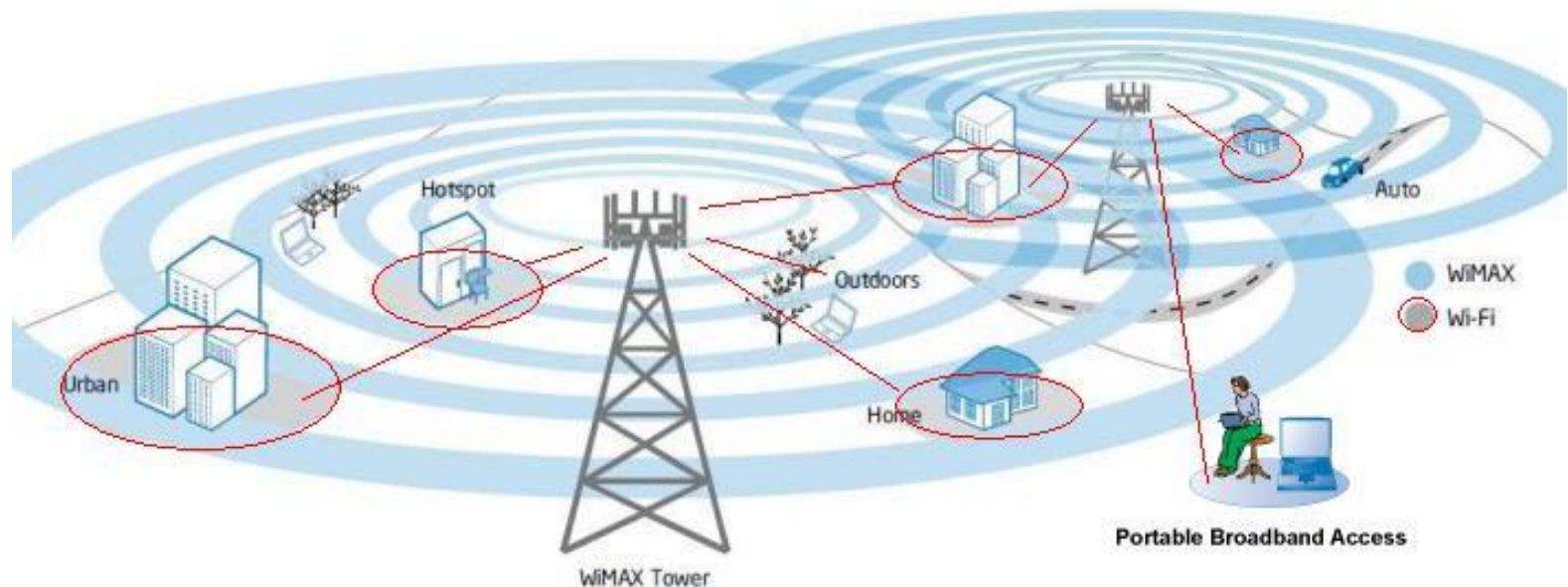
WIMAX

■ TIÊU CHUẨN

- IEEE 802.16, 10/2004 → IEEE 802.16 2004.
- Phiên bản di động IEEE 802.16e → Mobile WiMAX

■ ĐẶC ĐIỂM

- Vùng phủ rộng 30-50km, tốc độ dữ liệu 100 Mbps, di động: đến 120 km/h
- Công nghệ truy nhập: OFDMA



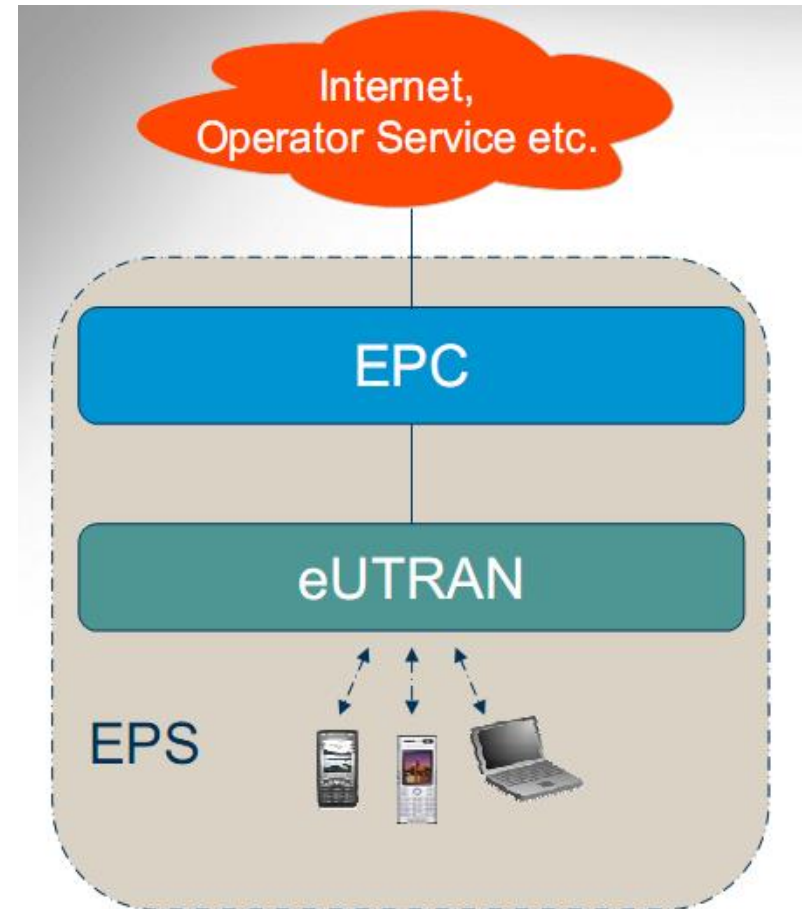
So sánh công nghệ LTE với công nghệ Wimax

Đặc điểm	3GPP LTE Source: 3GPP RAN1	802.16e/Mobile WiMAX R1	802.16m/Mobile WiMAX R2
Duplexing	TDD, FDD	TDD	TDD, FDD
Đa truy nhập	DL: OFDMA UL: SC-FDMA	DL: OFDMA UL: OFDMA	DL: OFDMA UL: OFDMA
Băng thông	1.25, 1.6, 2.5, 5, 10, 15, 20 MHz	5, 3.5, 7, 8.75, 10 MHz	5, 10, 20, 40 MHz
Tốc độ tối đa	DL: 288 (4x4) UL: 98 (2x4) (@20MHz)	DL: 64 Mbps (2x2) UL: 28 Mbps (2x2) (@10 MHz)	DL: > 350 Mbps (4x4) UL: > 200 Mbps (2x4) (@20Mhz)
Khả năng cung ứng di động (tốc độ tối đa)	350 km/h	120 km/h	350 km/h
Độ trễ	Truy nhập: <5 ms Chuyển giao: <50ms	Truy nhập: ~20ms Chuyển giao: ~35-50ms	Truy nhập: <10ms Chuyển giao: <20ms
Cấu hình MIMO	DL: 2x2, 2x4, 4x2, 4x4 MIMO UL: 1x2, 1x4, 2x2, 2x4 MIMO	DL: 2x2 MIMO UL: 1x2 MIMO	DL: 2x2, 2x4, 4x2, 4x4 MIMO UL: 1x2, 1x4, 2x2, 2x4 MIMO
Bán kính phủ (km)	5/30/100 km (chất lượng tốt nhất ở 5km)	1/5/30 km	1/5/30 km (chất lượng tốt nhất ở 5km)
Số người dùng VoIP cùng lúc	> 80 users/sector/ FDD MHz	~ 50 users/sector/FDD MHz ~ 25 users/sector/TDD MHz	> 100 users/sector/FDD MHz > 50 users/sector/TDD MHz

KIẾN TRÚC MẠNG 4G LTE

▪ KIẾN TRÚC LTE

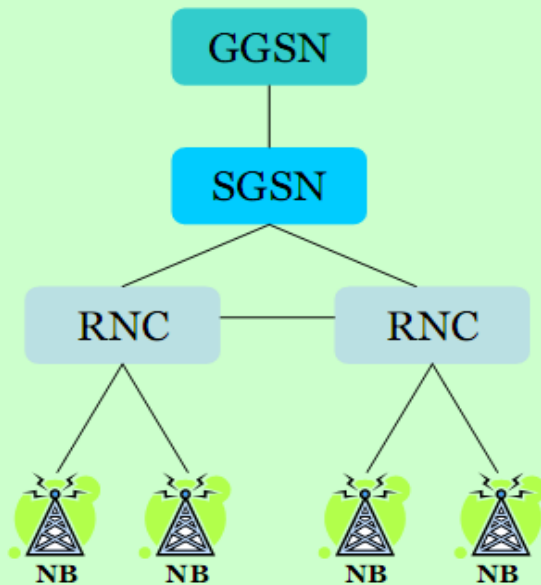
- Thiết bị người dùng UE
- Mạng truy nhập vô tuyến E-UTRAN
- Mạng gói lõi phát triển EPC (Evolved Packet Core)
- Các vùng dịch vụ



Kiến trúc mạng LTE

KIẾN TRÚC MẠNG 4G LTE

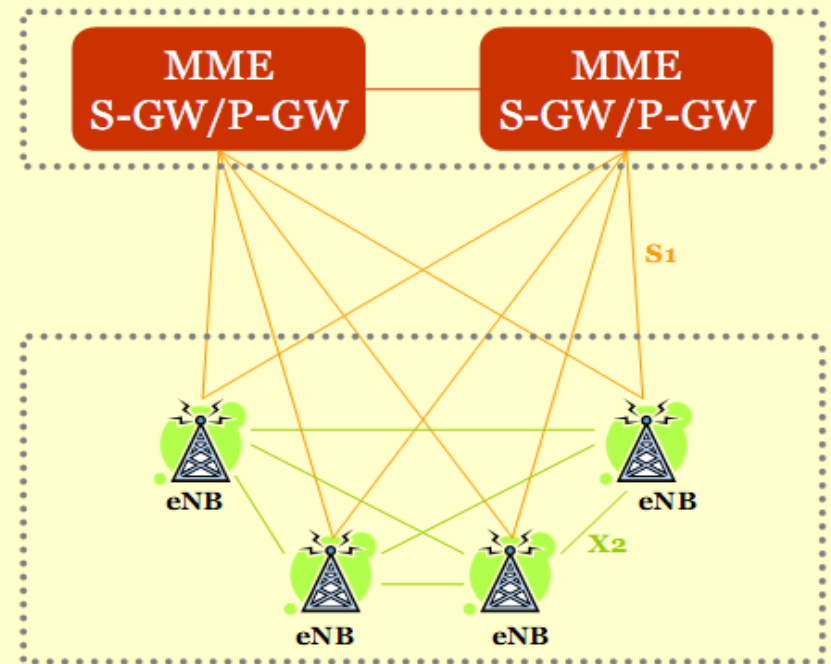
UMTS 3G: UTRAN



NB: NodeB (base station)
RNC: Radio Network Controller
SGSN: Serving GPRS Support Node
GGSN: Gateway GPRS Support Node



EPC (Evolved Packet Core)



E-UTRAN

* 3GPP TS 36.300

eNB: E-UTRAN NodeB
MME: Mobility Management Entity
S-GW: Serving Gateway
P-GW: PDN (Packet Data Network) Gateway

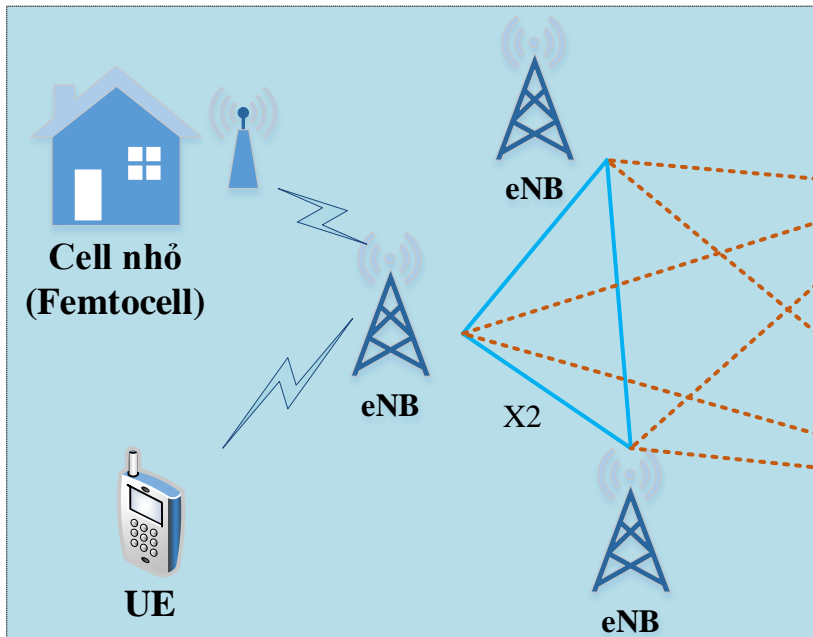
Sự chuyển đổi trong cấu trúc mạng từ UTRAN sang E-UTRAN

KIẾN TRÚC MẠNG 4G LTE

▪ KIẾN TRÚC LTE

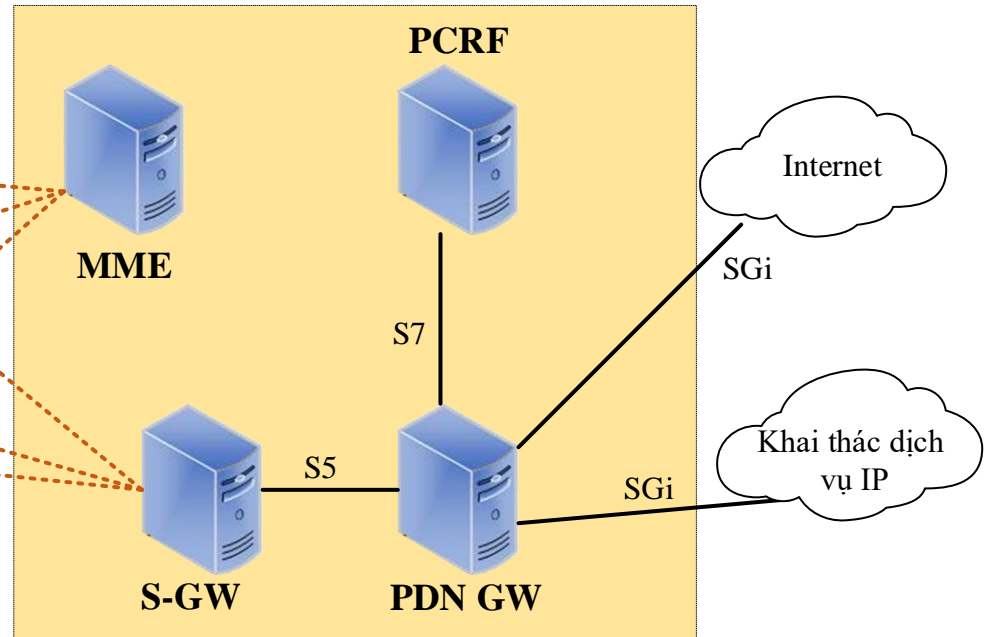
– Thành phần và Giao diện

E-UTRAN



Phân hệ vô tuyến

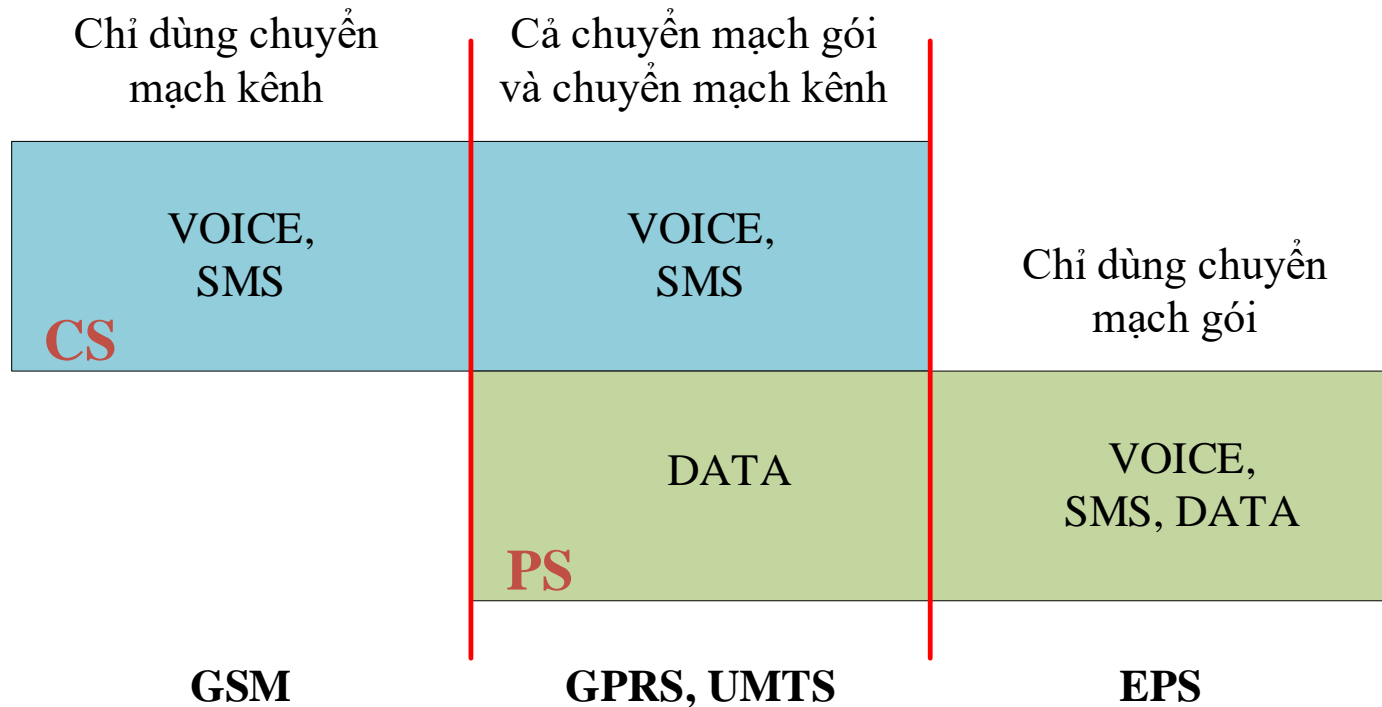
EPC



Phân hệ mạng lõi chuyển mạch gói

KIẾN TRÚC MẠNG 4G LTE

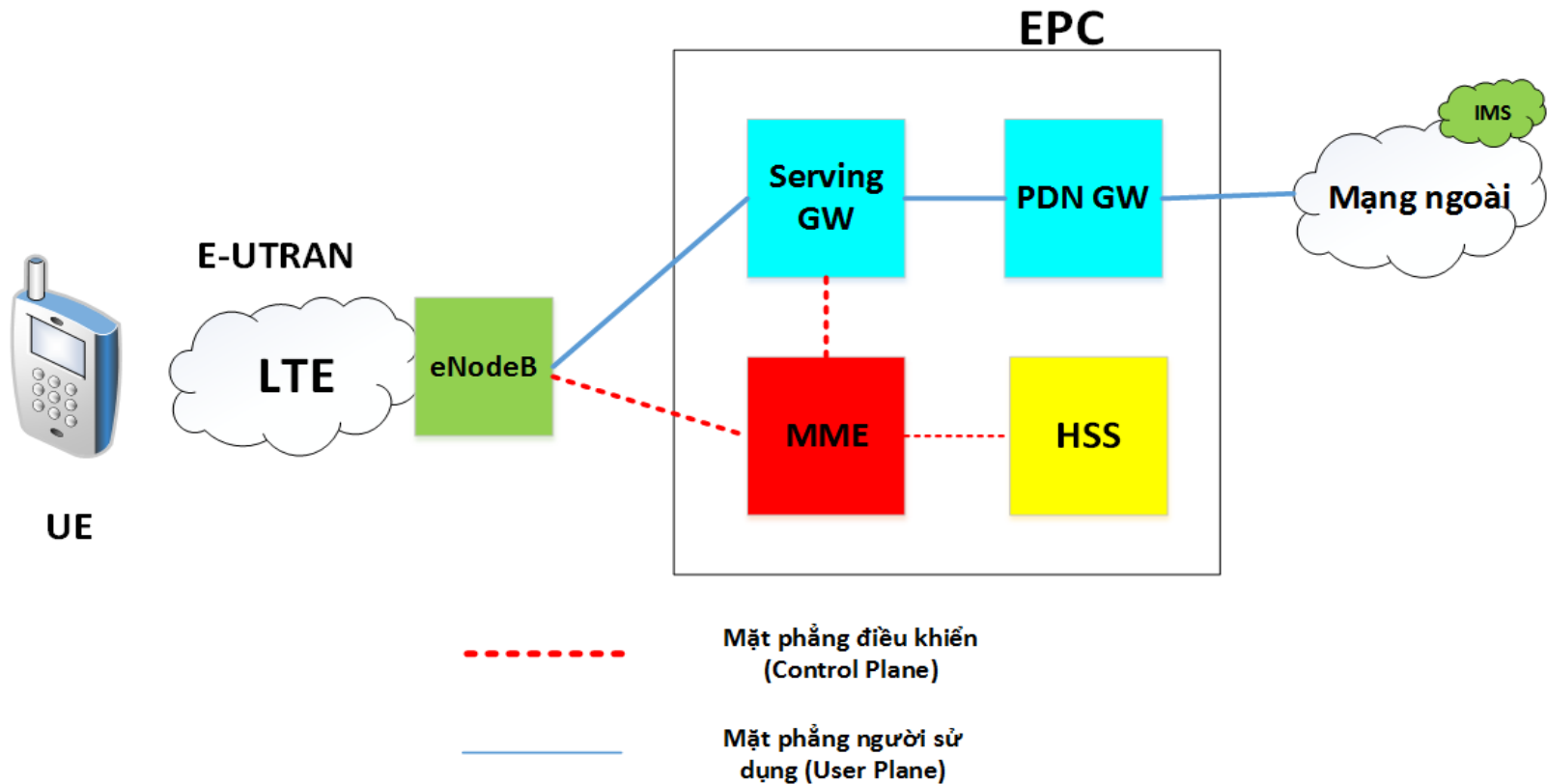
▪ KIẾN TRÚC MẠNG LỖI EPC



CS (circuit switching): chuyển mạch gói
PS (packet switching): chuyển mạch kênh

KIẾN TRÚC MẠNG 4G LTE

- CẤU TRÚC MẠNG LỖI EPS (Evolved Packet System)



KIẾN TRÚC MẠNG 4G LTE

▪ THIẾT BỊ NGƯỜI DÙNG UE

- UE là thiết bị mà người sử dụng đầu cuối để liên lạc.
 - UE có chứa modum nhận dạng thiết bị đầu cuối toàn cầu USIM
 - + được sử dụng để nhận dạng và xác thực người sử dụng → khóa bảo mật nhằm bảo vệ việc truyền tải trên giao diện vô tuyến
- UE cung cấp các giao diện người sử dụng cho người dùng cuối như VoIP

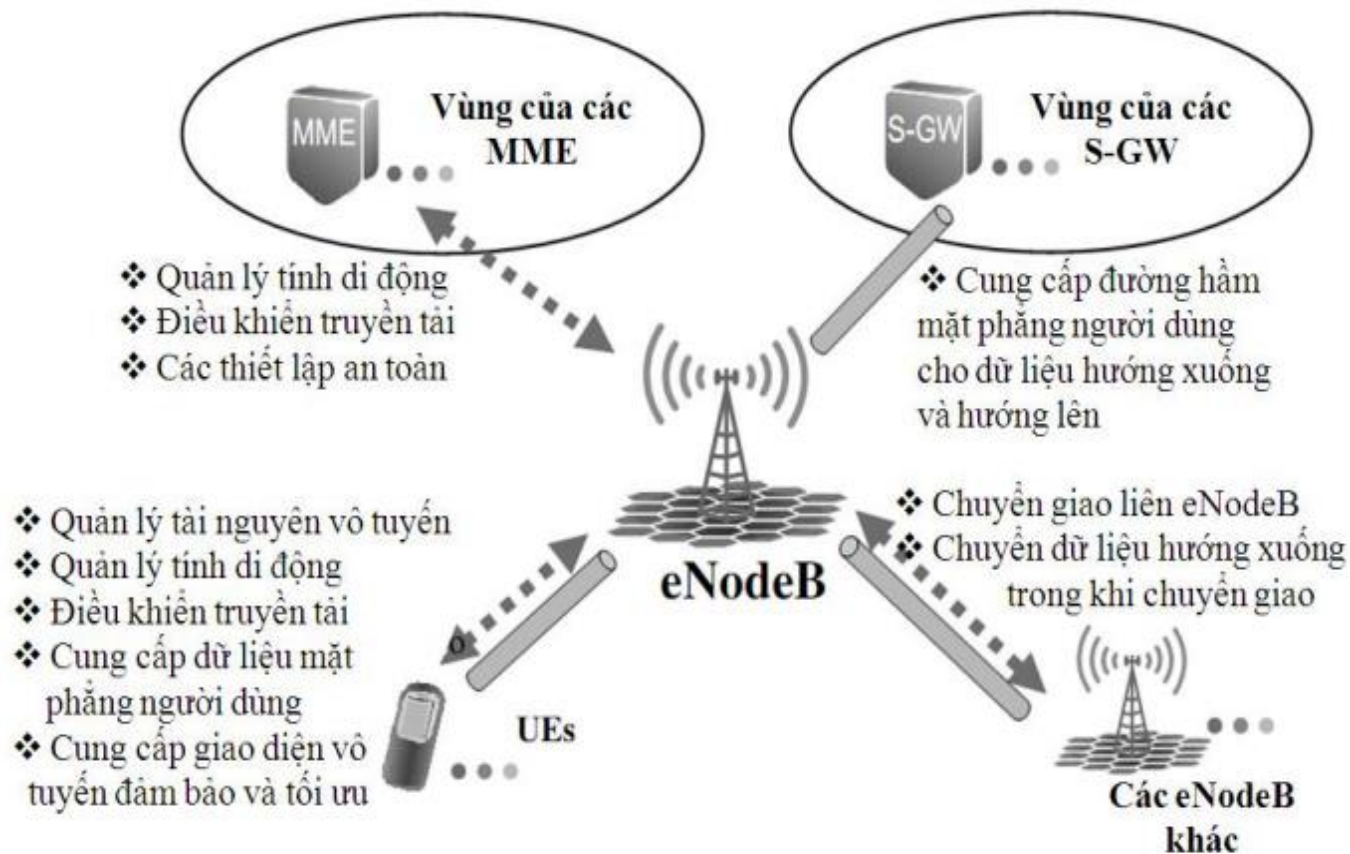
KIẾN TRÚC MẠNG 4G LTE

▪ E-UTRAN

- eNodeB là node duy nhất trên E-UTRAN,
 - eNodeB là một trạm gốc vô tuyến kiểm soát tất cả các chức năng vô tuyến
- eNodeB hoạt động như một cầu nối giữa 2 lớp UE và EPC
 - tiếp nhận dữ liệu giữa các kết nối vô tuyến và các kết nối IP về phía EPC
- Chịu trách nhiệm chức năng ở mặt phẳng điều khiển trong việc quản lý tài nguyên vô tuyến (RRM)
 - phân bổ tài nguyên dựa trên yêu cầu,
 - ưu tiên và lập lịch trình lưu lượng theo yêu cầu QoS
- Quản lý tính di động (MM),
 - điều khiển eNodeB và đo đạc phân tích mức độ của tín hiệu vô tuyến được thực hiện bởi UE.
 - Định tuyến: Khi một UE mới được kích hoạt và kết nối với mạng

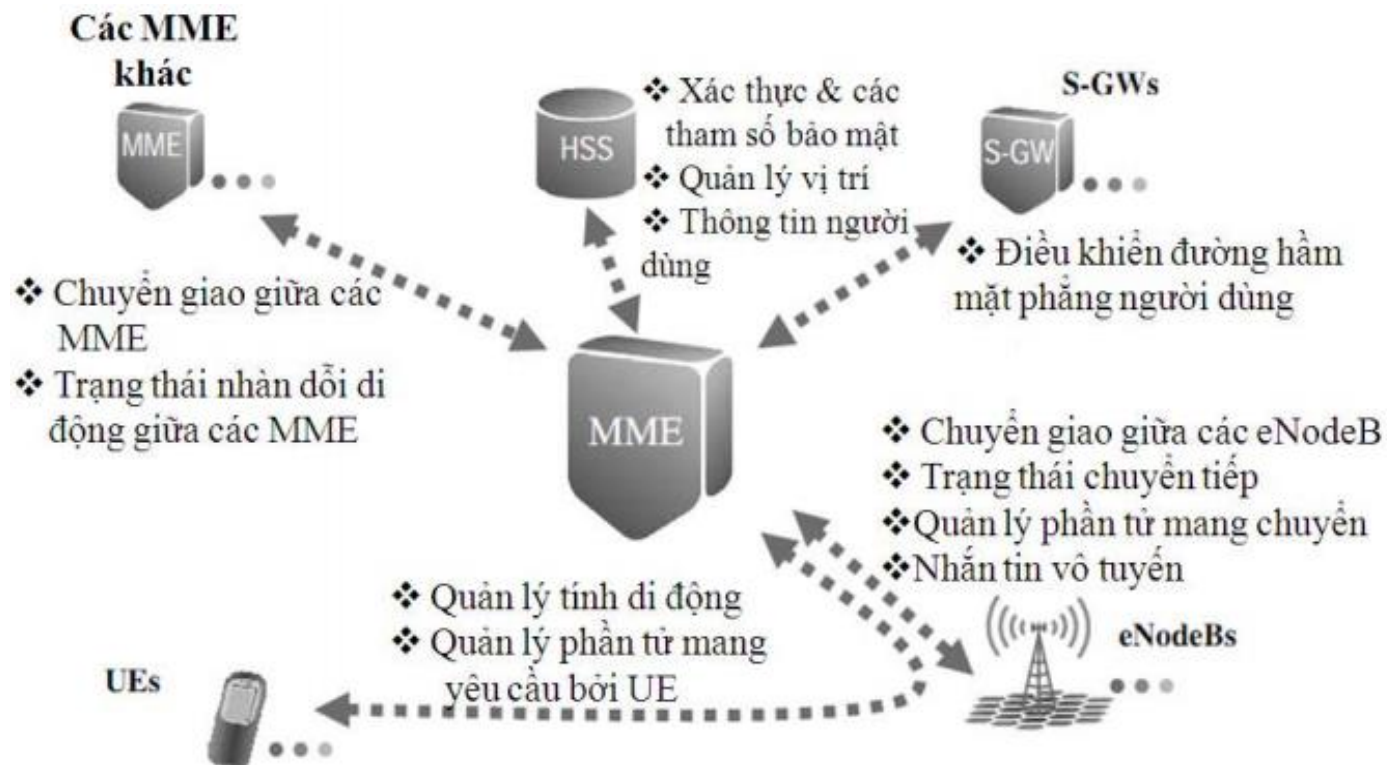
KIẾN TRÚC MẠNG 4G LTE

- E-UTRAN NodeB (eNodeB)
 - Chức năng



KIẾN TRÚC MẠNG 4G LTE

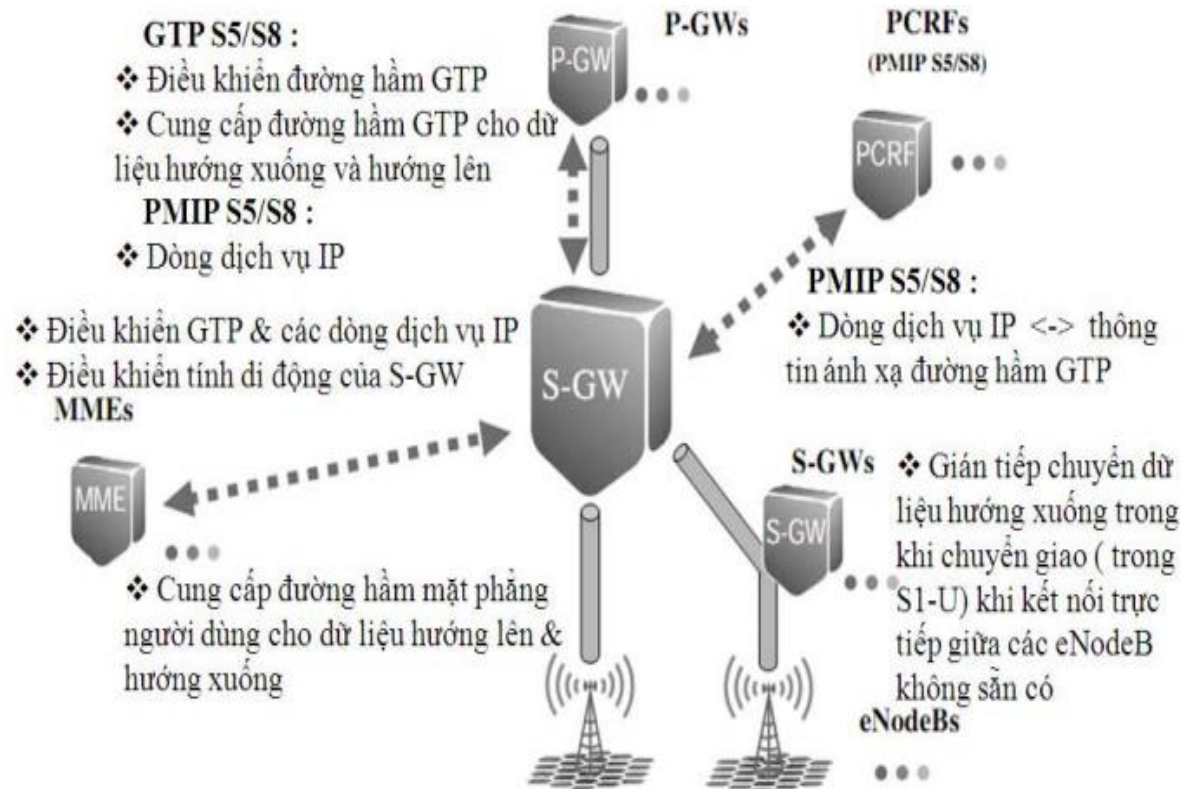
- Thực thể quản lý tính di động (MME)
 - Là thành phần điều khiển chính trong EPC
 - + Xác thực và bảo mật:
 - + Quản lý tính di động
 - + Quản lý hồ sơ thuê bao và dịch vụ kết nối



KIẾN TRÚC MẠNG 4G LTE

▪ Cổng phục vụ S-GW (Serving Gateway)

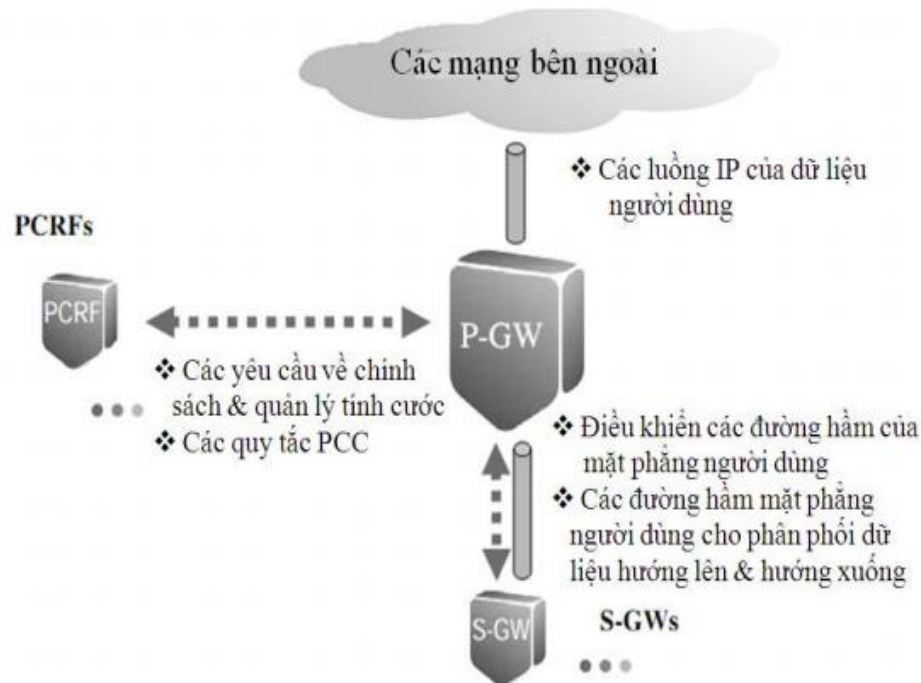
- Là vị trí kết nối của giao tiếp dữ liệu gói với E-UTRAN
- Hoạt động như một node định tuyến đến những kỹ thuật 3GPP khác
- Chức năng: quản lý đường hầm UP và chuyển mạch



KIẾN TRÚC MẠNG 4G LTE

▪ Cổng mạng dữ liệu gói (P-GW)

- Là tuyến biên giữa EPC và các mạng dữ liệu gói bên ngoài (node cuối di động cao nhất trong hệ thống)
- Chức năng của P-GW: (điểm IP, router ra mạng ngoài)
 - chọn lưu lượng và lọc dịch vụ theo yêu cầu P-GW
 - cấp phát địa chỉ IP để UE giao tiếp với mạng bên ngoài



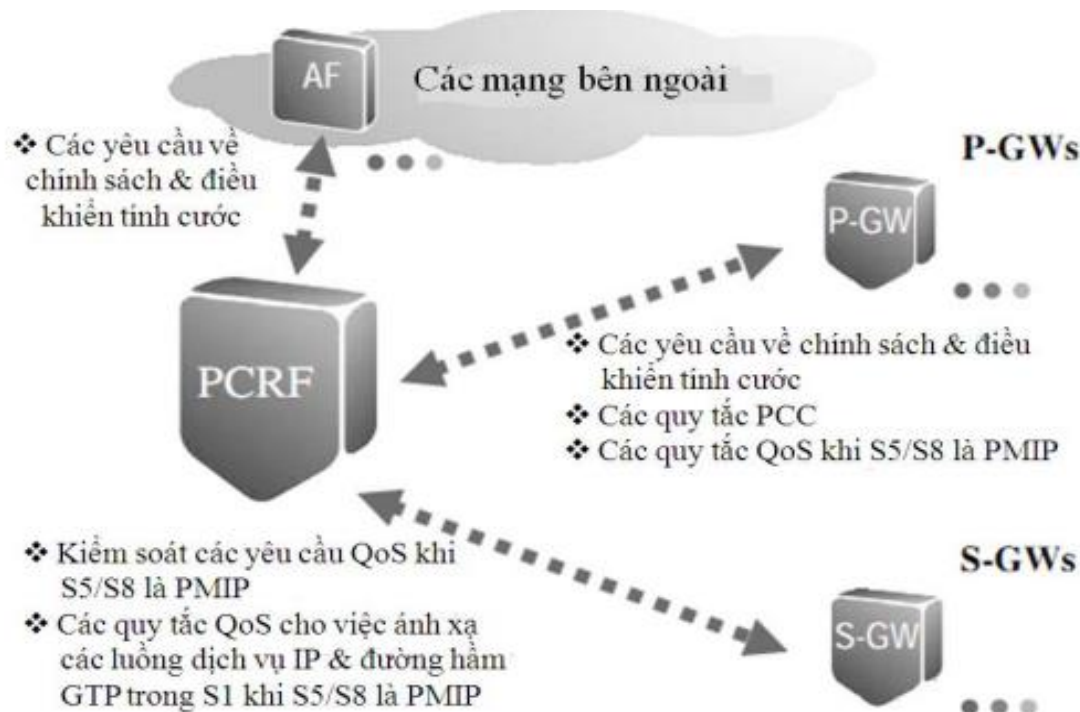
KIẾN TRÚC MẠNG 4G LTE

- Máy chủ thuê bao thường trú (HSS)
 - Kho dữ liệu thuê bao cho tất cả các dữ liệu người dùng thường xuyên
 - Ghi lại vị trí người sử dụng

KIẾN TRÚC MẠNG 4G LTE

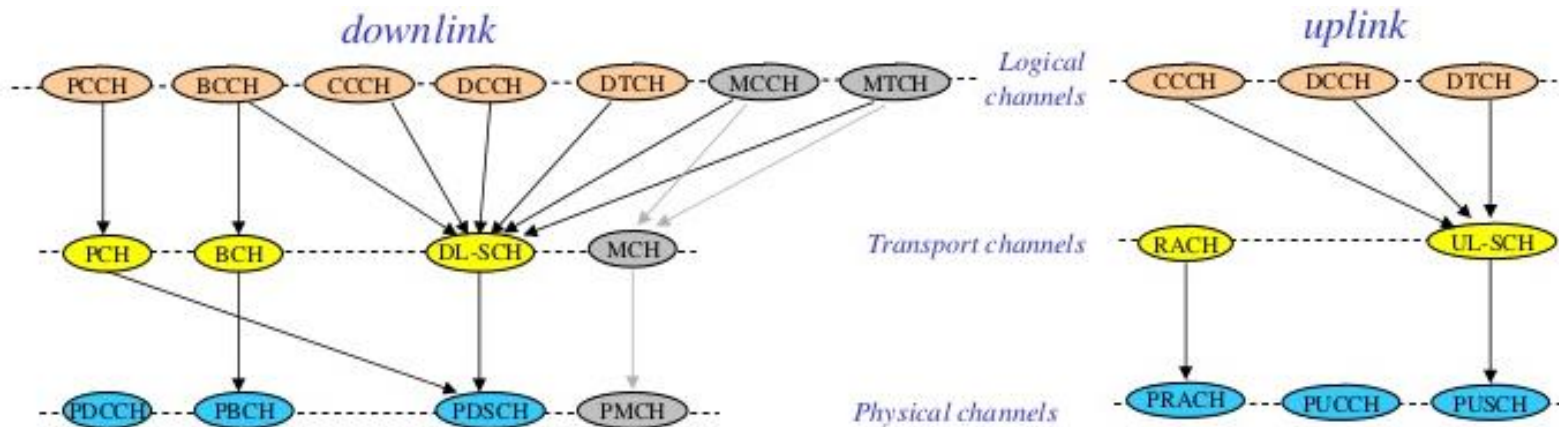
▪ Chức năng chính sách và tính cước tài nguyên (PCRF)

- Là phần tử mạng chịu trách nhiệm chính sách và điều khiển tính cước (PCC), điều khiển việc tạo ra bảng giá và cấu hình hệ thống con đa phương tiện IP IMS cho mỗi người dùng



CÔNG NGHỆ LTE

■ Các kênh truyền tải trong E-UTRAN



•Logical Channels

Define *what* type of information is transmitted over the air, e.g. traffic channels, control channels, system broadcast, etc.

•Transport Channels – *no per-user dedicated channels!*

Define *how* is something transmitted over the air, e.g. what are encoding, interleaving options used to transmit data

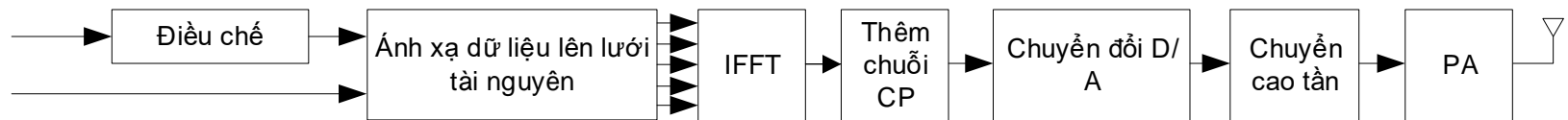
•Physical Channels

Define *where* is something transmitted over the air, e.g. first N symbols in the DL

CÔNG NGHỆ LTE

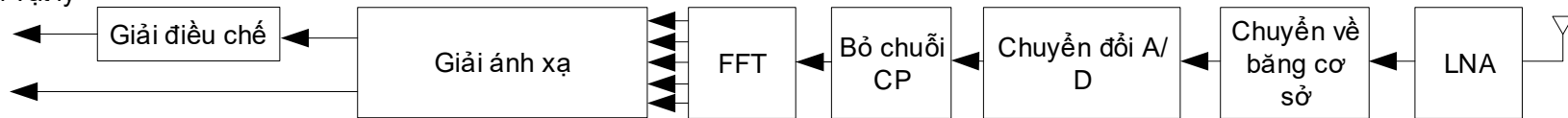
■ OFDMA

Kênh vật lý



Tín hiệu mẫu

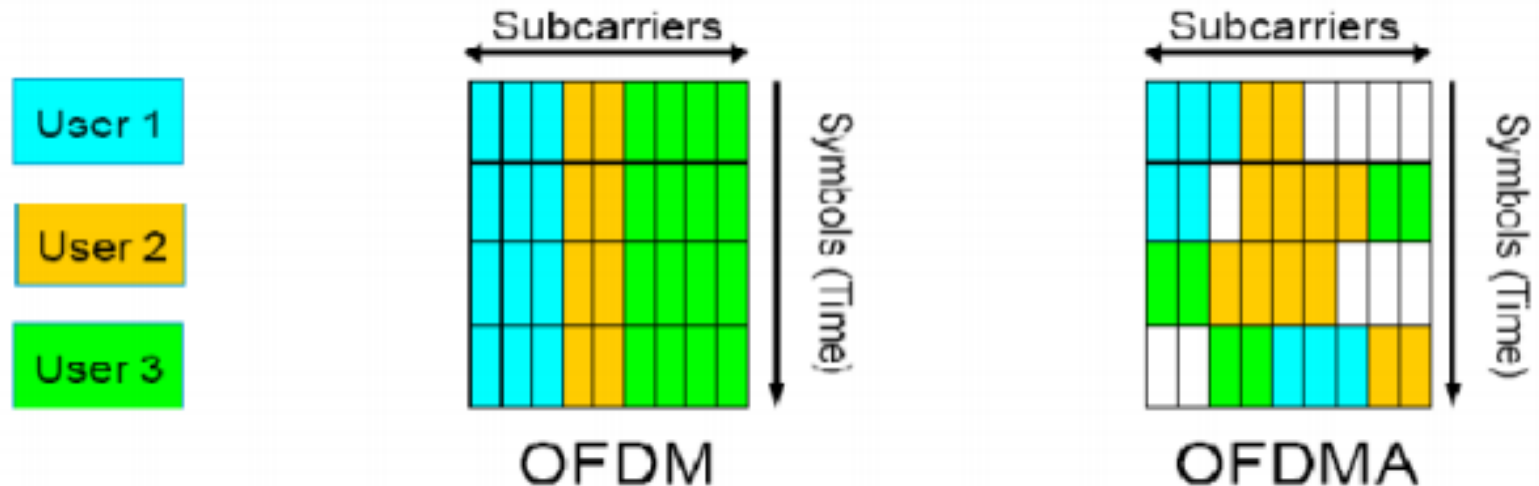
Kênh vật lý



Tín hiệu mẫu

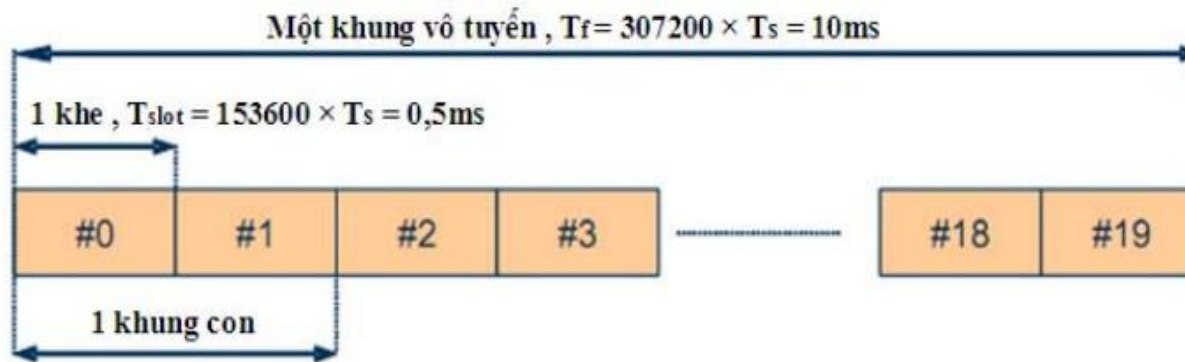
CÔNG NGHỆ LTE

- Kỹ thuật đa truy nhập đường xuống OFDMA
 - Kỹ thuật đa truy nhập phân chia theo tần số (sóng mang) trực giao
 - Cho phép nhiều người dùng truy nhập vào một kênh truyền bằng cách phân chia một nhóm sóng mang con cho một người dùng tại một thời điểm

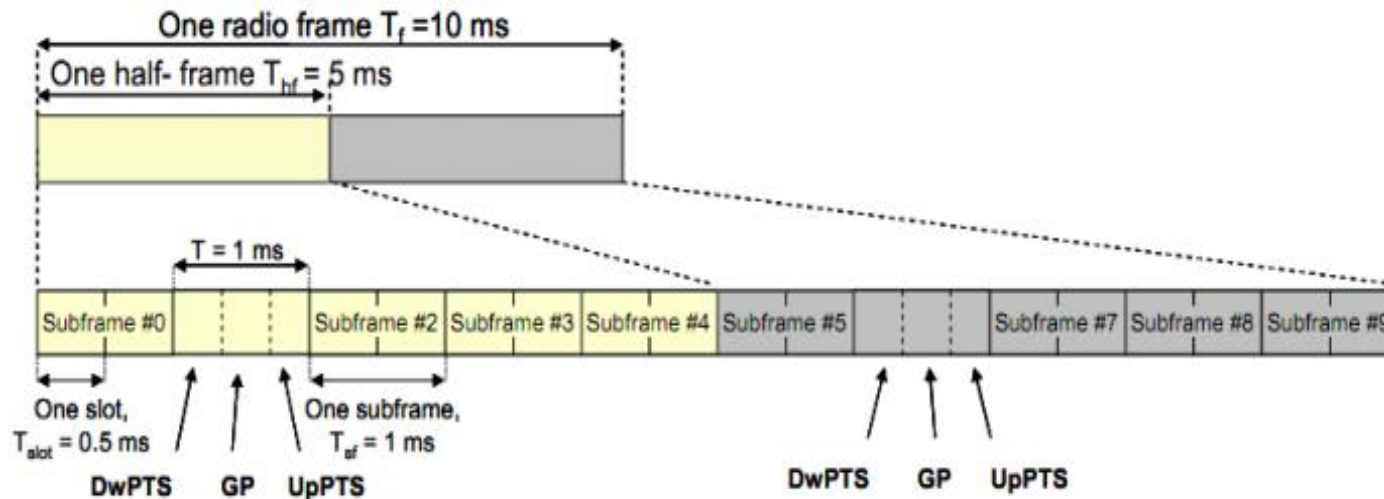


CÔNG NGHỆ LTE

- Kỹ thuật đa truy nhập đường xuống OFDMA
 - Cấu trúc khung FDD

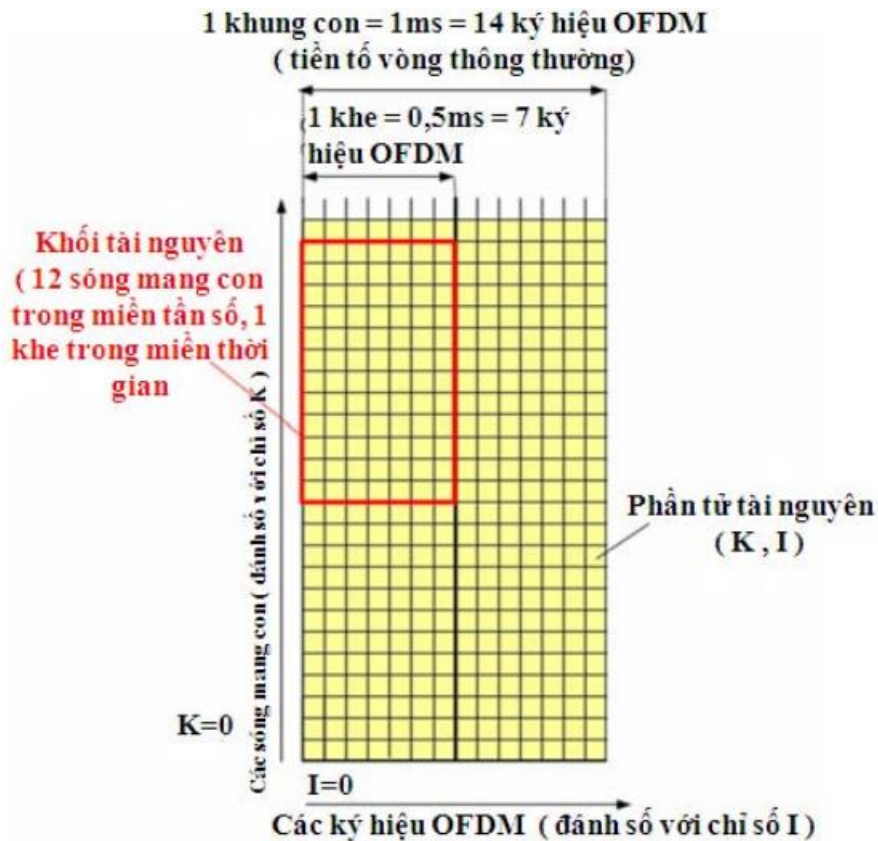


- Cấu trúc khung TDD



CÔNG NGHỆ LTE

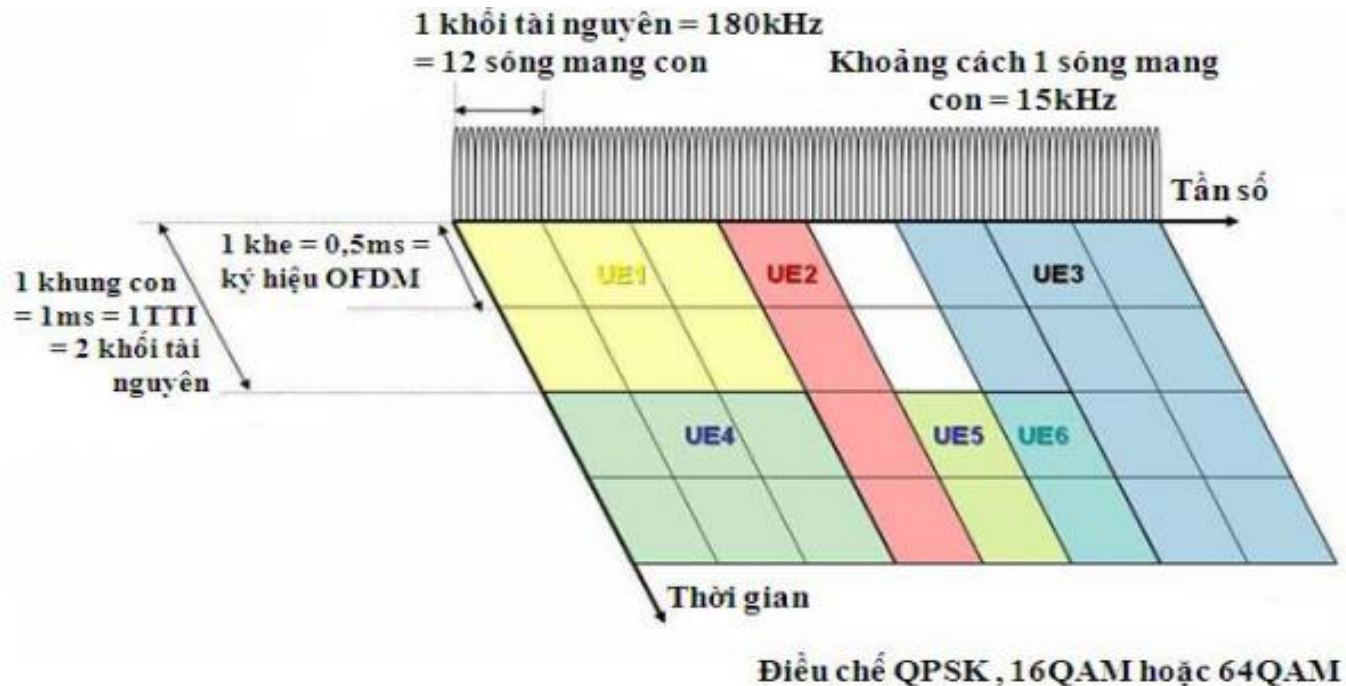
- Công nghệ OFDMA đường xuống
 - Khối tài nguyên (RB):



Băng tần	1,4 MHz	3 MHz	5 MHz	10 MHz	15 MHz	20 MHz
Số RBs	6	15	25	50	75	100
Số sóng mang con sử dụng để truyền tải dữ liệu	72	180	300	600	900	1200
Tốc độ mẫu tín hiệu với CP bình thường “normal CP” (Đơn vị: Mega Symbols/giây – Msps)	1,008	2,52	4,2	8,4	12,6	16,8
Tốc độ ký tự với CP mở rộng “extend CP” (Msps)	0,864	2,16	3,6	7,2	10,8	14,4

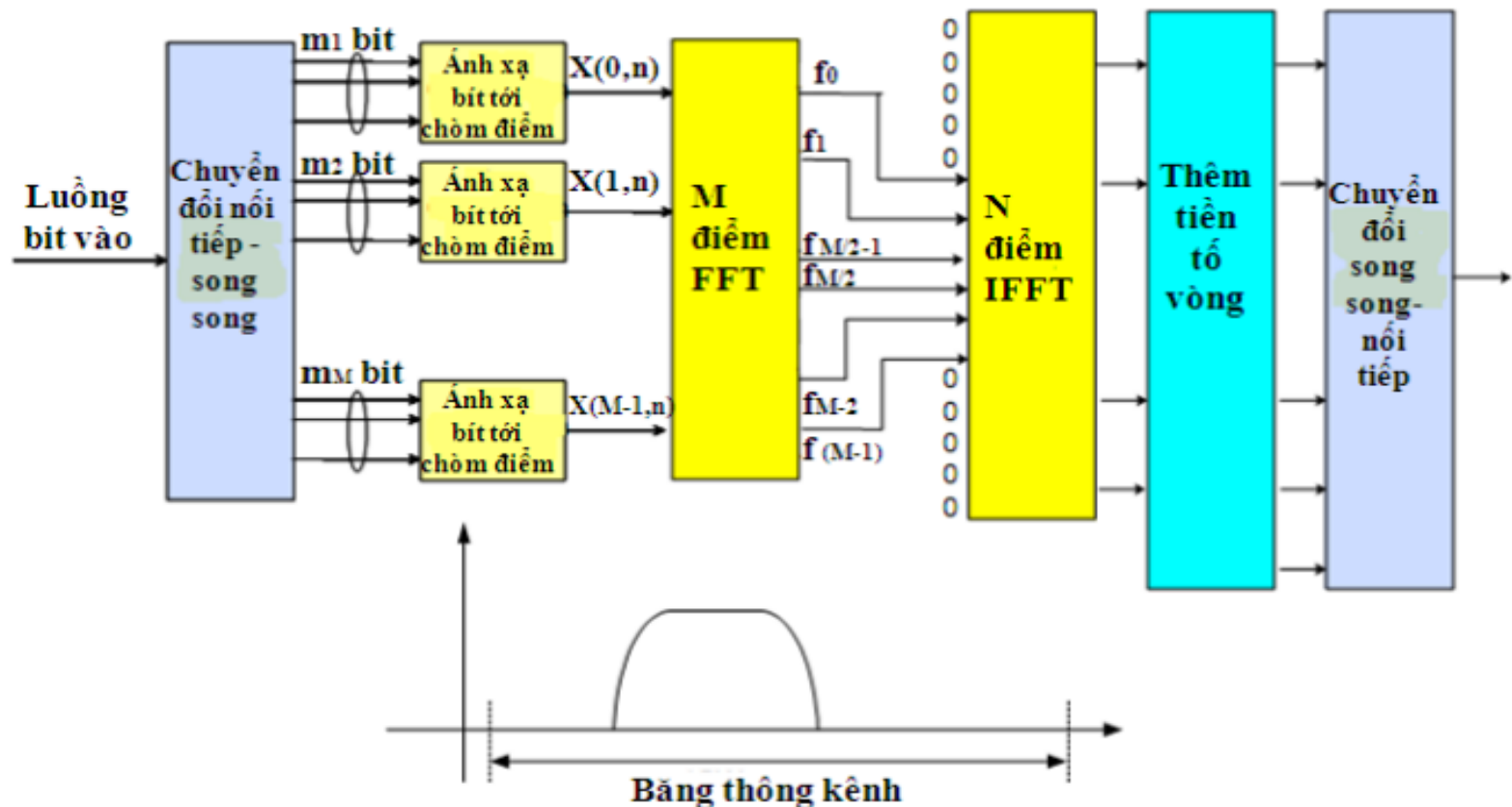
CÔNG NGHỆ LTE

- Công nghệ OFDMA đường xuống
 - Ghép kênh thời gian – tần số OFDMA
 - OFDMA sử dụng băng hẹp với các sóng mang con trực giao với nhau
 - Dữ liệu cấp phát tới UE theo các khối tài nguyên
 - Dữ liệu người dùng được mang trên kênh chia sẻ đường xuống vật lý (PDSCH)



CÔNG NGHỆ LTE

- Công nghệ đa truy nhập đường lên SC-FDMA
 - SC-FDMA: đa truy nhập phân chia theo tần số đơn sóng mang

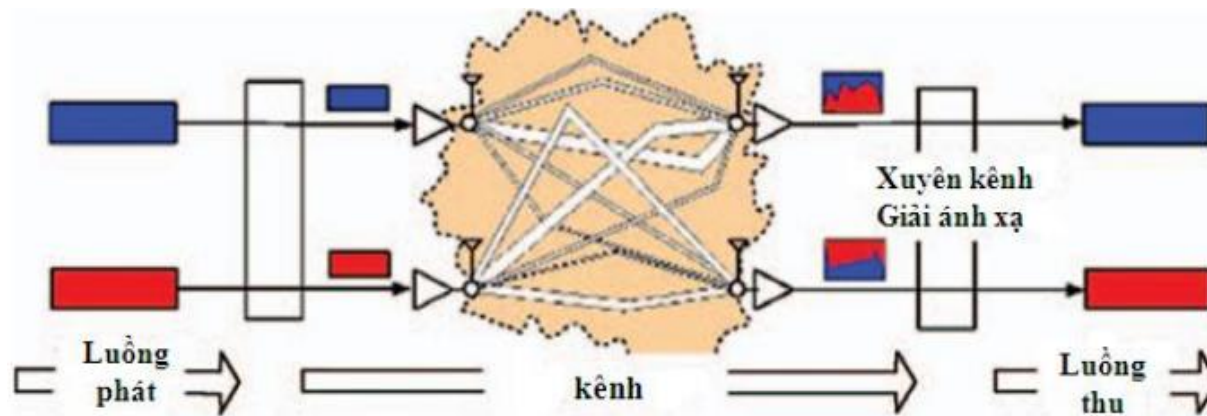


Sơ đồ khối DFT-OFDM

CÔNG NGHỆ LTE

▪ Công nghệ đa anten MIMO

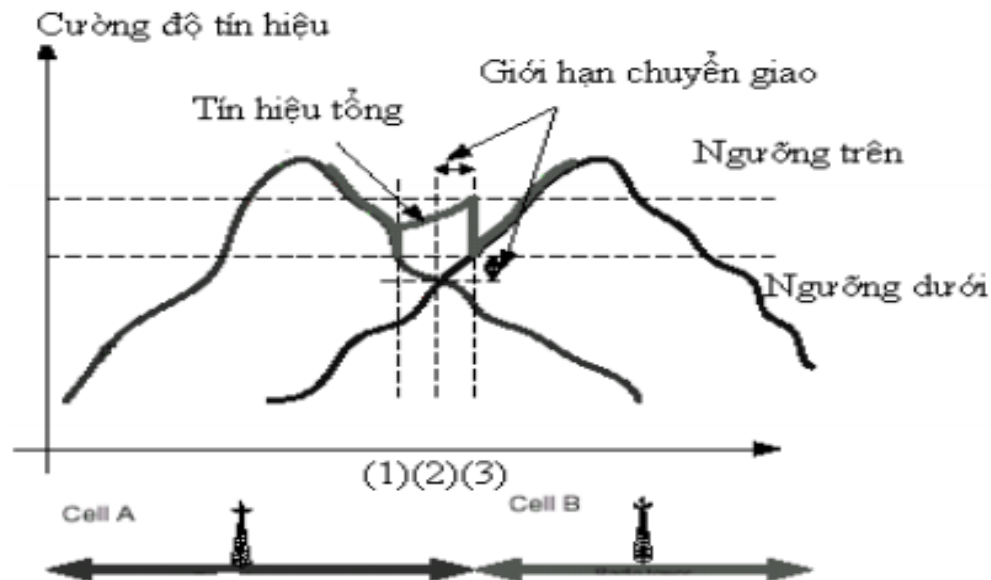
- Công nghệ LTE sử dụng kỹ thuật đa anten MIMO để tăng vùng phủ sóng
- MIMO làm tăng công suất phổ bằng cách phát nhiều luồng dữ liệu cùng một lúc trong cùng một tần số và thời gian



MIMO 2x2

CÔNG NGHỆ LTE

- Chuyển giao trong LTE (đo lường, quyết định, và thực hiện)
 - UE gửi báo cáo đo lường tới eNodeB
 - eNodeB nguồn quyết định chuyển giao là cần thiết
 - eNodeB đích chấp nhận yêu cầu chuyển giao
 - eNodeB nguồn gửi một bản tin “mobility from E-UTRAN” đến UE
 - UE nhận được bản tin, ngắt kết nối vô tuyến với eNodeB nguồn và thiết lập kết nối với eNodeB đích

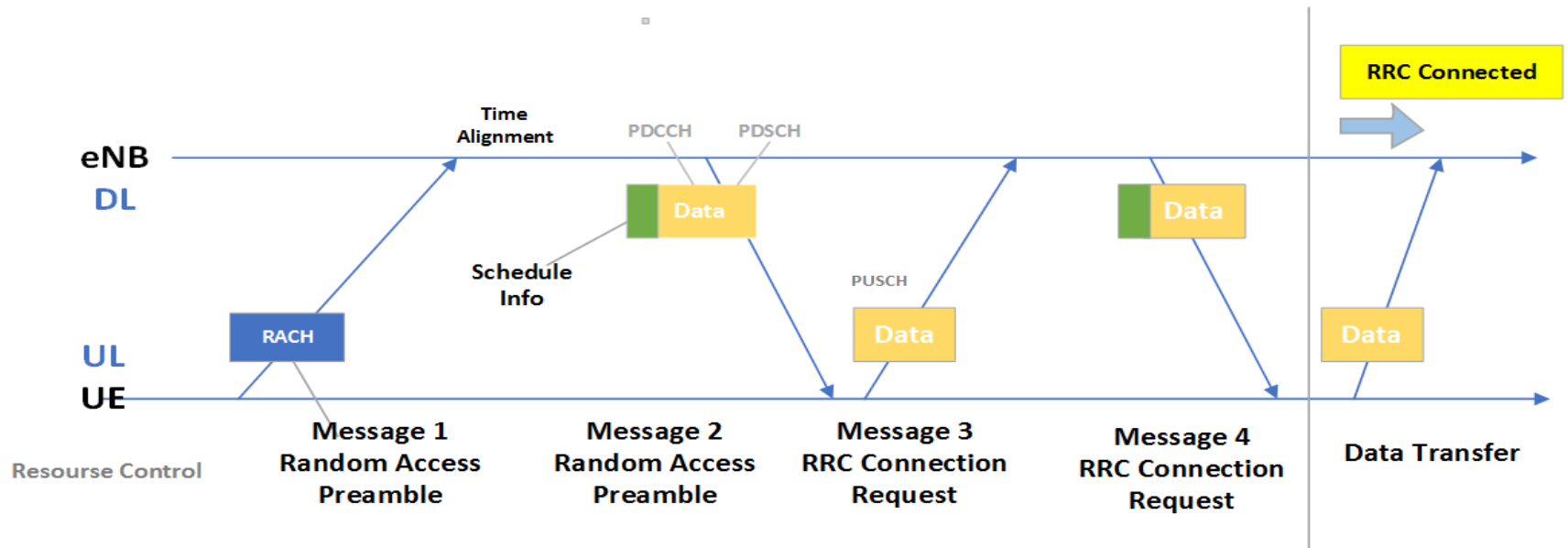


MỘT SỐ THỦ TỤC CỦA MẠNG LTE

▪ THỦ TỤC TRUY NHẬP NGẪU NHIÊN RACH

- B1: UE gửi yêu cầu truy nhập ngẫu nhiên và mẫu tin dẫn đường trên kênh RACH
- B2: eNodeB gửi phản hồi RAR (Random Access Resonse) cho UE
- B3: UE gửi yêu cầu kết nối tài nguyên vô tuyến RRC đến EnodeB
- B4: eNodeB gửi kết quả thiết lập kết nối RRC xuống UE trên kênh PDSCH

Random Access Procedure



MIB: Master Information Blocks

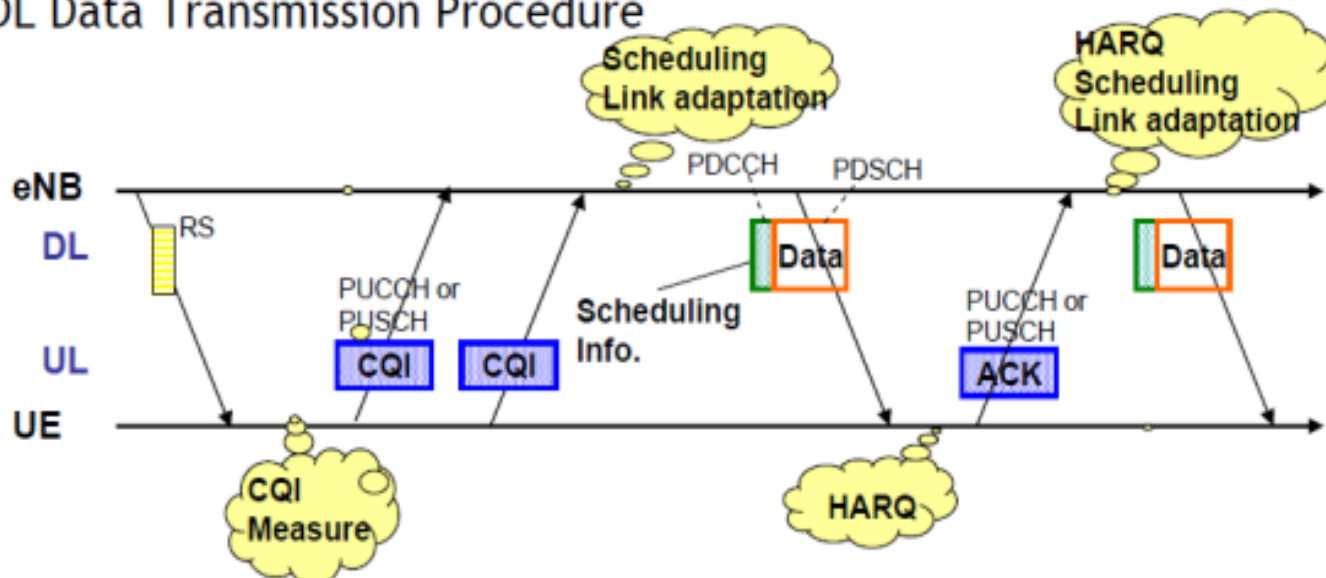
SIB: System Information Blocks

MỘT SỐ THỦ TỤC CỦA MẠNG LTE

▪ THỦ TỤC TRUYỀN DỮ LIỆU HƯỚNG XUỐNG

- B1: NodeB gửi tín hiệu tham chiếu RS cho UE giúp UE đánh giá chất lượng kênh truyền DL
- B2: UE tính toán chất lượng kênh truyền và gửi CQI trên kênh PUCCH/PUSCH đến eNodeB
- B3: eNodeB lập lịch thích ứng để đặt lịch gửi dữ liệu cho UE tương ứng với CQI
- B4: eNodeB gửi thông tin lập lịch cho UE trên kênh PDCCH và gửi dữ liệu cần truyền cho UE trên kênh PDSCH
- B5: UE chạy thuật toán HARQ (là thuật toán sửa lỗi kết hợp giữa FEC và BEC), sau đó gửi bản tin ACK/NACK tương ứng trên kênh PUCCH hoặc PUSCH
- B6: eNodeB quay lại bước đặt lịch thích ứng và lặp lại các bước tiếp theo cho đến khi gửi hết dữ liệu

DL Data Transmission Procedure

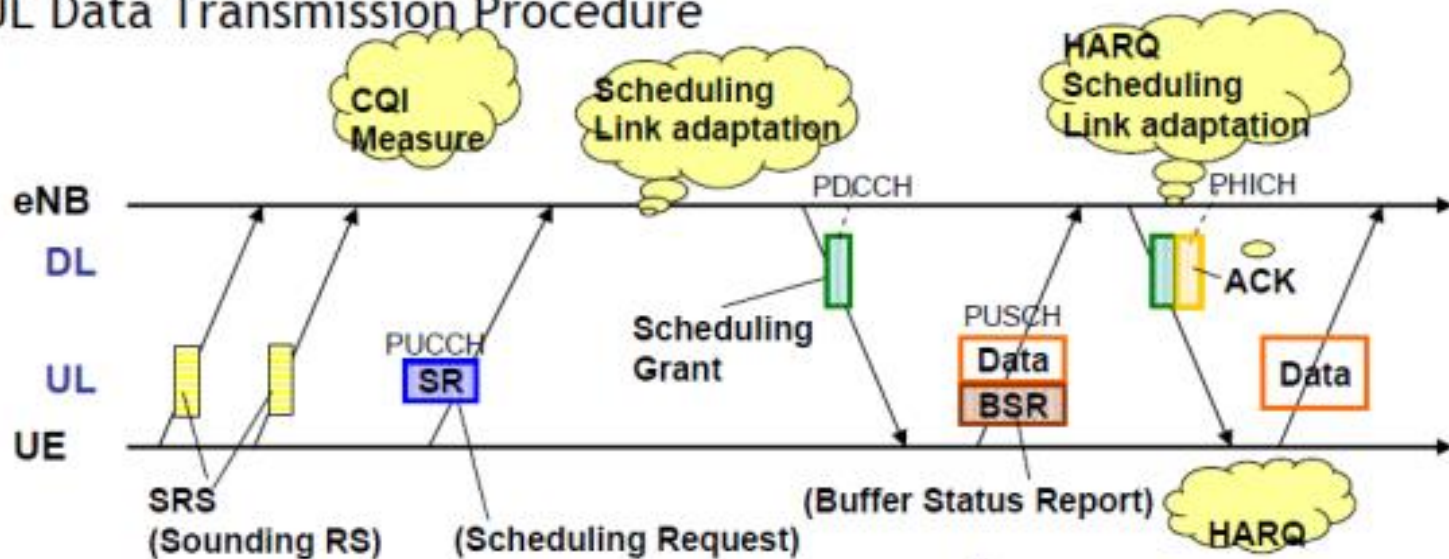


MỘT SỐ THỦ TỤC CỦA MẠNG LTE

▪ THỦ TỤC TRUYỀN DỮ LIỆU HƯỚNG LÊN

- B1: UE gửi tín hiệu tham chiếu SRS để kiểm tra chất lượng kênh, và gửi yêu cầu lập lịch SR trên kênh PUCCH
- B2: eNodeB đánh giá CQI và thực hiện lập lịch thích ứng, gửi xuống UE trên kênh PDCCH
- B3: UE gửi dữ liệu tại thời điểm đã được lập lịch kèm theo bản tin về trạng thái bộ đệm BSR (buffer status report) lên eNodeB trên kênh PUSCH
- B4: eNodeB thực hiện thuật toán sửa lỗi H-ARQ và lập lịch thích ứng; gửi thông tin xác nhận ACK/NACK trên kênh PHICH và gửi lịch trình lập lịch trên kênh PDCCH
- B5: UE lặp lại quá trình gửi dữ liệu như trên cho đến khi hết dữ liệu cần gửi

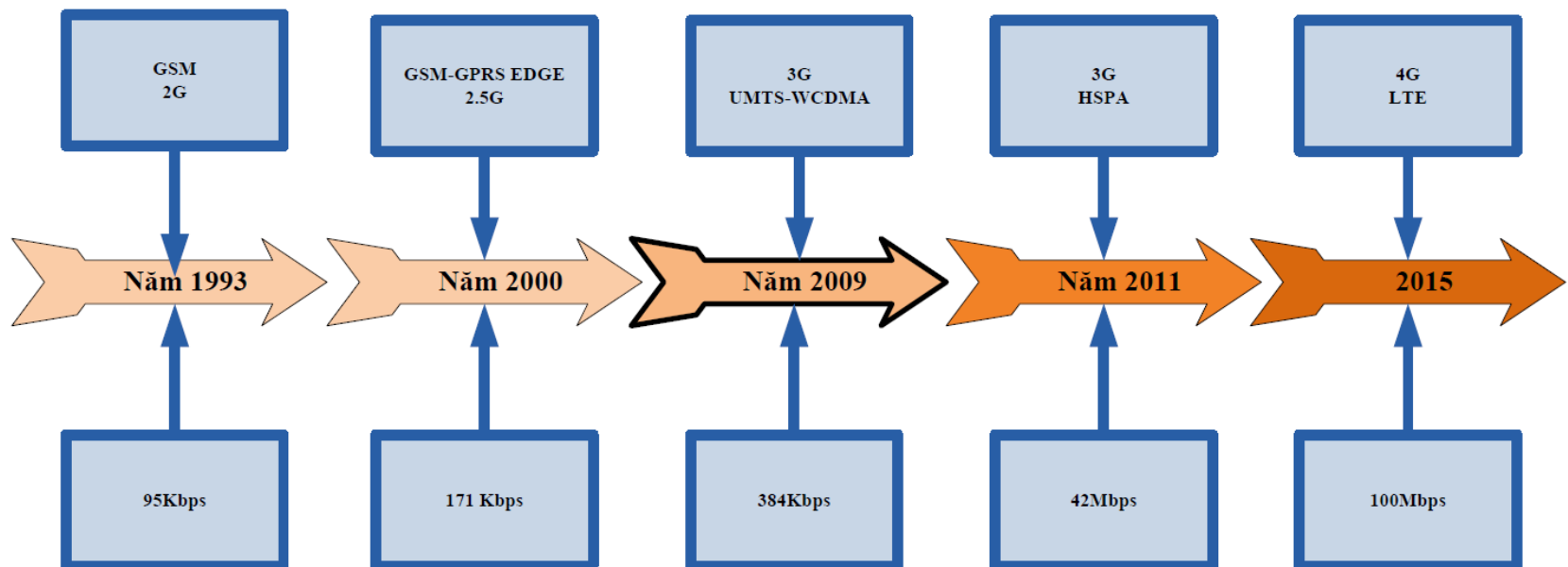
UL Data Transmission Procedure



LTE/4G Ở VIỆT NAM

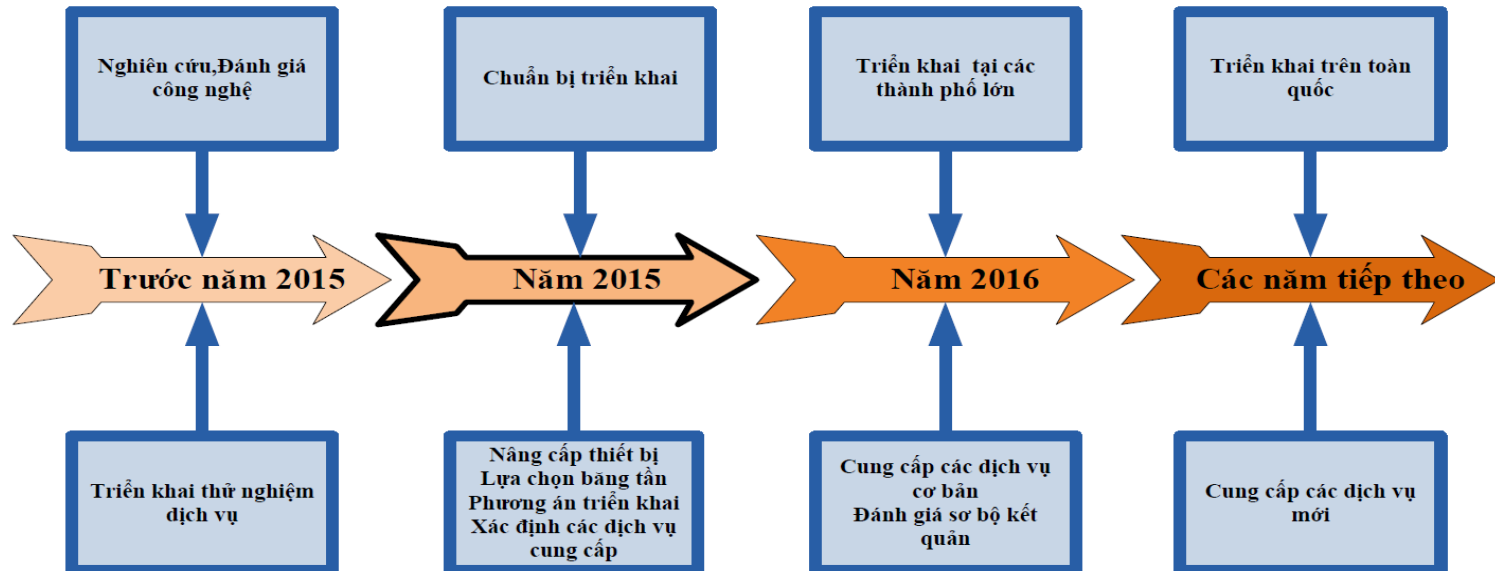
▪ Lộ trình phát triển từ GSM lên LTE tại Việt Nam

- 1993: Triển khai mạng GSM
- 2000: mạng GSM → GPRS:
- 2009: mạng 3G/WCDMA
- 2015: Chuẩn bị triển khai 4G/LTE



LTE/4G Ở VIỆT NAM

- Lộ trình xây dựng mạng thông tin di động LTE tại Việt nam
 - 2016: Triển khai tại các vùng trọng điểm:
 - Giai đoạn 2016-2020: Triển khai mở rộng vùng phủ sóng toàn quốc
 - Giai đoạn năm 2020-2025: Tiếp tục mở rộng vùng phủ sóng ra toàn quốc
 - Mở rộng phủ sóng khoảng 70% diện tích và 100% dân số
 - Nâng cấp mạng theo hướng LTE Advance



LTE TRÊN THẾ GIỚI

- 374 nhà cung cấp
- 292 nhà mạng lên kế hoạch triển khai LTE ở 93 quốc gia
- 55 nhà mạng tại trên 11 quốc gia khác cam kết và đang thử nghiệm công nghệ LTE trong đó có 3 nhà mạng của Việt Nam là VNPT, Viettel và FPT.
- 96 nhà mạng của 46 quốc gia đã tiến hành thương mại hóa trên nền công nghệ LTE. Đến 6/2012 đã có khoảng 28 triệu thuê bao sử dụng LTE. Tới cuối năm 2012 sẽ có khoảng 152 nhà mạng cung cấp dịch vụ ở 62 quốc gia trên toàn thế giới.
- 417 thiết bị đầu cuối LTE được sản xuất bởi 67 nhà sản xuất.

