

## **LTE Technical Objectives**

### **Flexible Bandwidth**

- LTE supports multiple bandwidth options: **1.4, 3, 5, 10, 15, 20 MHz**
- Makes LTE usable in different countries and spectrum conditions.

### **Higher Spectrum Efficiency**

- Downlink: **>5 bit/s/Hz** (3–4x better than HSDPA)
- Uplink: **>2.5 bit/s/Hz** (2–3x better than HSDPA)
- Means: More data using the same frequency bandwidth

### **High Peak Data Rate (At 20 MHz):**

- DL = 100 Mbps
- UL = 50 Mbps

### **Low Latency**

- Control plane: <100 ms
- User plane: <10 ms
- Enables real-time apps (online gaming, VoIP, video calls)

### **Mobility Support**

- Works for stationary, walking, driving, high-speed trains
- Supports users moving >350 km/h (ex: high-speed rail)

### **Inter-system Handover**

- Allows smooth handover between LTE, 3G, Wi-Fi, etc.
- Ensures service continuity during movement

### **VoIP Support**

- No Circuit Switching (CS) anymore
- Voice is carried in Packet Switching (PS) → VoIP / VoLTE

### **Lower Network Cost**

- Removes old network nodes like BSC / RNC → simpler architecture
- Reduces CAPEX (equipment cost) & OPEX (operational cost)

### **Self-Optimizing Network (SON)**

- LTE network can automatically configure, optimize, and heal itself
- Less human work, lower maintenance cost

## Fourth Generation Mobile System features:

- Official name of 4G is IMT-Advanced.
  - High-speed data access.
  - High quality streaming video combination of wi-fi and wi-max.
  - Capable of providing 100Mbps-1Gbps speed.
  - Mobile Multimedia Anytime Anywhere.
  - High QOS and high security.
  - Provide any kind of service at any time as user requirements, any where.
- 

## Long Term Evolution Advantages:

- increased carrier capacity of subscribers and coverage within a few decibels of the Shannon limit.
  - high-speed data rates.
  - reliable connectivity.
  - LTE's performance can reach download rates of up to 299.6 Mbit/s and upload rates of up to 75.4 Mbit/s.
  - It's RAN latency is lower than 5ms latency for small IP packets in optimal conditions
  - It has a 2 up to 4 times improved spectral efficiency than previous communications technologies.
- 

## LTE Architecture

- **The high-level network architecture of LTE is composed of the following three key components:**
  - The User Equipment (UE).
  - The Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN).
  - The Evolved Packet Core (EPC).
- **An improved packet core communicates with packet data networks(PDN) such as the internet, a company's private network or the IP multimedia subsystem.**
- **The interfaces between the different parts of the system are denoted Uu(between UE &E-UTRAN), S1(between E-UTRAN&EPC), and SGi(between EPC&PDN)**



## User Equipment (UE)

- ❖ The internal structure of LTE user equipment is the same as in **UMTS** and **GSM**.
  - ❖ The **Mobile Equipment (ME)** consists of:
    1. **Mobile Termination (MT)**: Handles all communication functions.
    2. **Terminal Equipment (TE)**: Terminates data streams.
    3. **UICC (Universal Integrated Circuit Card)**: The SIM card used in LTE, containing the **USIM (Universal Subscriber Identity Module)** application.
  - ❖ The **USIM** stores similar information to a 3G SIM card, including:
    - User's phone number.
    - Home network identity.
    - Security keys.
- 

## E-UTRAN

- ❖ **eNodeB (eNB)**: A base station that controls radio communication between mobile devices and the **Evolved Packet Core (EPC)**.
- ❖ **Main Functions of eNB**:
  - Sends and receives radio signals to/from mobile devices using analog and digital signal processing of LTE air interface.
  - Sends **handover commands** to control connected mobile devices.
- ❖ **Connections**:
  - eNB connects to other base stations through the **X2 interface** for signalling and data forwarding during handover.
  - eNB connects to the EPC **via the S1 interface**.
- ❖ **Home eNB (HeNB)**:
  - A **user-owned small base station (femtocell)** providing home LTE coverage.
  - Belongs to a **Closed Subscriber Group (CSG)** — only mobile devices with authorized **USIMs** can connect.

## Functions of eNodeB

- 1) Inter cell RRA
- 2) RB control
- 3) Radio admission control
- 4) Connection mobility control
- 5) eNode B measurement, configuration and provision
- 6) dynamic resource allocation

### Inter Cell RRM (Radio Resource Management):

يعني بتنسق وتوزع الموارد (زي الترددات والطاقة) ما بين الخلايا اللي جنب بعض علشان ميحصلش تداخل.

### RB Control (Resource Block Control):

دي المسؤولة عن توزيع الباندويث أو "بلوكات التردد" على المستخدمين حسب احتياجهم.

### Connection Mobility Control:

دي اللي بتتحكم في التنقل بين الأبراج، يعني لما الموبايل يتحرك من خلية للثانية تعمل **handover** من غير ما المكالمة أو الإنترنت يفصلوا.

### Radio Admission Control:

دي اللي بتقرر تقبل مستخدم جديد ولا لا حسب الزحمة في الشبكة (يعني لو الخلية مليانة تقول لا).

### eNB Measurement Configuration & Provision:

دي اللي بتعمل إعدادات وقياسات علشان تتابع أداء الشبكة وتشوف الجودة عامله إزاي.

### Dynamic Resource Allocation (Scheduler):

دي اللي بتوزع الموارد (زي التردد والزمن) بشكل ديناميكي حسب عدد الناس اللي متصلة واستخدمهم.

## eNode B major identities:

### Tracking Area Identity (TAI)

- A group of cells that is defined by the network operator.
- Within this area, the UE does not perform a location update while moving inside it (similar to RAI in 2G/3G).

### E-UTRAN Cell Global Identity (EUTRAN CGI)

- The unique identity of each LTE cell.
- Composed of:

**ECGI = MCC + MNC + eNB ID + Cell ID**

- **MCC:** Mobile Country Code
- **MNC:** Mobile Network Code
- **eNB ID:** eNodeB Identifier
- **Cell ID:** Cell Identifier

هنا بيتكلم عن الهويات (identities) اللي ليها علاقة بالـ eNodeB

#### 1. TAI (Tracking Area Identity):

- دي مجموعة خلايا (cells) جنب بعض بيحددها المشغل (يعني شركة الاتصالات).
  - جوه المنطقة دي الموبايل مش بيعمل "location update" طول ما هو بيتحرك فيها زي ما كان في G/3G اسمها RAI.
- يعني:

لو الموبايل بيتحرك جوه نفس الـ Tracking Area اللي هي مجموعة خلايا (أبراج) قريبة من بعض مش محتاج كل شوية يبلغ الشبكة إنه غيّر مكانه.

- هو بيعمل location update بس لما يخرج من المنطقة دي ويدخل Tracking Area جديدة
- 

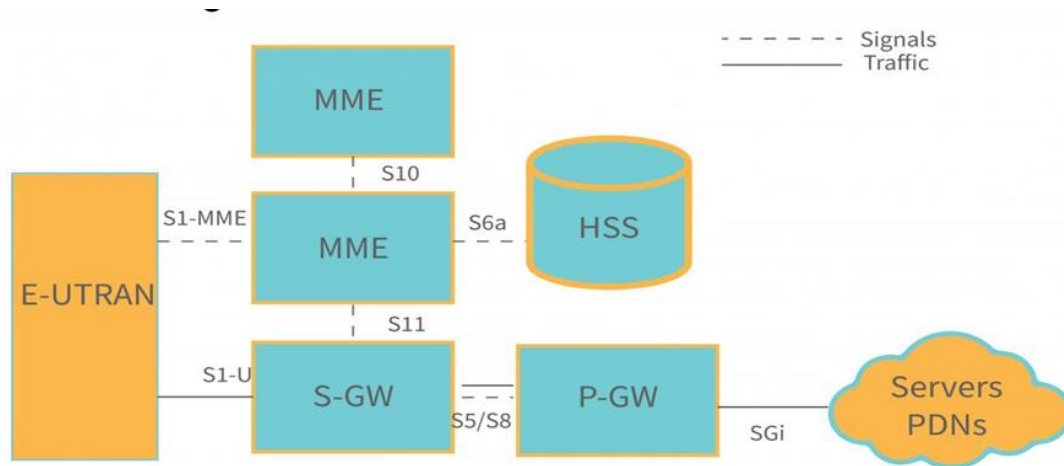
#### 2. EUTRAN CGI (Evolved UTRAN Cell Global Identity):

- دي هوية الخلية نفسها. (Cell ID)
- بتتكوّن من شوية حاجات:

$$ECGI = MCC + MNC + eNB ID + Cell ID$$

- MCC: كود الدولة.
- MNC: كود الشبكة (زي فودافون أو اتصالات).
- eNB ID: رقم البرج.
- Cell ID: رقم الخلية جوا البرج ده.

## architecture of the Evolved Packet Core (EPC)



- ❖ Besides, a few elements have not been shown in the diagram for simplicity reasons. The Earthquake and Tsunami Warning System (ETWS), Equipment Identity Register (EIR) and Policy Control and Charging Rules Function (PCRF) are examples of these components.

ده شكل الاركيكتيكتشر الرئيسي بتاعنا وكمان فيه بعض الحاجات التانيه مش موجوده ف الصوره  
هنعرف يعني ايه كل حاجه بالتفصيل دلوقتي

### Difference between user plan and control plan

#### Control plan:

- used to exchange signalling messages in order to control UE data session.

#### User plan:

- used to exchange user data.

هي باينه من اسمها يعني ان الـ **Control Plane** هو الجزء اللي بيتعامل مع الرسائل التحكمية بين الموبايل والشبكة يعني اللي بينظم الاتصال، مش اللي بينقل البيانات نفسها.

اما الـ **User Plane** هو الجزء اللي بيشيل البيانات الحقيقية اللي المستخدم بيعتھا أو يستقبلھا

تمام جميل ندخل بقى ف ال elements الرئيسيه

**The EPC is comprised of:-**

1. Mobility Management Entity (MME)
  2. Home Subscriber Server (HSS)
  3. Serving Gateway (SGW)
  4. Packet Data Network Gateway (PGW)
- 

- **Mobility Management Entity (MME)**

- ✓ Control plane interface to the eNB.
- ✓ Authentication.
- ✓ NAS (Non-Access Stratum) signaling security.
- ✓ Tracking UE location. (Tracking Area List)

- **HSS: (Home Subscriber Server)**

- ✓ Stores UE subscription information for all UEs.

- **SGW: (Serving Gateway)**

- ✓ User plane interface to the eNB.
- ✓ Packet forwarding & routing
- ✓ Anchor point for user data.

- **PGW: (PDN Gateway)**

- ✓ The Gateway between the EPC and the PDN

يعني ال-MME مسؤول عن التحكم مش نقل البيانات يعني بيتعامل مع الرسائل اللي بتنظم الاتصال، بيثبت هوية المستخدم (authentication)، بيامن الإشارات، ويعرف الموبايل في أنهي منطقة موجود (tracking)

وال HSS ده هو قاعدة البيانات الرئيسية اللي فيها كل بيانات المشتركين (رقم، باقة، صلاحيات، مفاتيح الأمان...).

ال SGW ده زي "الممر" اللي بيعدي منه الداتا من الموبايل للإنترنت، وهو كمان النقطة اللي بتساعد في عملية التحويل بين الأبراج (handover)

ال PGW ده هو البوابة اللي بتوصل شبكة LTE الداخلية بالإنترنت أو أي شبكة خارجية ثانية

طيب زي ما قولنا فوق ان فيه ELEMENT فرعيه تانيه منها دول

### **mobile network operator's (MNO) :**

highest level control entity, the Home Subscriber Server (HSS), controls the mobile's high-level operation through signalling messages.

### **PCEF (Policy Control Enforcement Function):**

- Located inside the **P-GW (Packet Gateway)**.
- Responsible for **applying policy rules** and **charging functions**.
- **PCRF (Policy Control and Charging Rules Function)** is portion of it , which defines the policy and charging rules.

### **S5/S8 Interface:**

- if the two devices on the same network S5/S8 IS Used for communication **between the Serving Gateway (S-GW) and the Packet Data Network Gateway (P-GW)**.
- Which of S5 or S8 is used depends on network configuration

ناخدھم واحدھ واحدھ

### **MNO معناها Mobile Network Operator**

يعني شركة تشغيل شبكة الموبايل — زي مثلاً **Etisalat ،Orange ،Vodafone** هي الشركة اللي عندها الشبكة نفسها الأبراج، السيرفرات، الكور نتورك، وهي اللي بتديك الخدمة مكالمات، إنترنت، رسائل، وكل اللي ليه علاقة بالـ SIM بتاعتك.

يعني الـ MNO هي اللي بتتحكم في كل أجزاء الشبكة، ومن ضمن الحاجات اللي تحت إدارتها الـ **HSS** اللي بيخزن معلومات المشتركين.

### **PCEF (Policy Control Enforcement Function):**

ده جزء جوه الـ **P-GW** اللي هو البوابة اللي بتوصلك بالإنترنت وظيفته إنه يطبق القوانين والسياسات الخاصة بالـ **data**، يعني مثلاً يحدد السرعة، أو يتحكم في الاستخدام حسب نوع الخدمة، وكمان مسؤول عن حساب الاستهلاك علشان الفواتير.

### **PCRF (Policy Control and Charging Rules Function):**

ده جزء من الـ **PCEF**، هو اللي بيحدد "القوانين" نفسها (زي السرعة، والأولويات، والحساب)، والـ **PCEF** بينفذ اللي الـ **PCRF** بيقله.



## Dis-Advantages of LTE Architecture

- ✓ Some cities do not have this service.
- ✓ Signals in transit, such as buses and trains, need to be improved by increasing the number of towers and introducing new technologies.
- ✓ The complexity of LTE makes it necessary for competent people to manage the system.
- ✓ They might even need to be paid a higher salary.
- ✓ Old versions of smartphones cannot make use of this technology.
- ✓ The cost of buying new LTE smartphones is high.

—يعني مش كل المدن فيها خدمة LTE. في بعض الأماكن، الشبكة مش متوفرة بسبب قلة البنية التحتية أو قلة الطلب.

—لما الإشارة تمر على وسائل النقل زي الأتوبيسات والقطارات، ساعات الجودة بتكون ضعيفة. السبب إن الإشارة ممكن تنقطع أو تقل قوتها. الحل: نزيد عدد أبراج الشبكة أو نستخدم تكنولوجيا أحدث لتحسين التغطية.

—نظام LTE معقد، عشان كده محتاج مهندسين أو فنيين عندهم خبرة لإدارته وضبطه بشكل صحيح. بسبب تعقيد النظام والخبرة المطلوبة، الناس اللي بتشتغل على إدارة LTE ممكن يكون ليهم راتب أعلى من المعتاد.

—الموبايلات القديمة مش بتدعم LTE ، يعني لو عندك موبايل قديم مش هتقدر تستخدم السرعة العالية اللي بيقدّمها النظام.

—لو حبيت تشتري موبايل جديد يدعم LTE ، غالبًا هيكون غالي شوية مقارنة بالموبايلات القديمة.

---

ملحوظة مهمة : الفايل ده ميغنيش عن المحاضره لان فيه سلايدات ممكن انا حسيت ان الكلام اللي فيها مش عارف ممكن نطلع منه بايه او مش فاهماه اوي ف انا كشخص عملتله سكيب او مكتبشوش بس ف الاول وف الاخر هو جزء من المحاضره والدكتوراه ملغتش او نفت وجود اجزاء معينه

الفايل ده ما هو الا محاوله لترتيب نفس الكلام اللي ف المحاضره عادي لتسهيل التعامل معاه