



# IPv6 v LTE/EPC

---

**Janez Sterle**

**Univerza v Ljubljani**

**Fakulteta za elektrotehniko**

**Laboratorij za telekomunikacije**

**Kamniška Bistrica, 2011**



# IPv6 v LTE/EPC

- **Gonilo razvoja mobilnih sistemov**
- **Mobilni sistemi danes**
- **Evolucija**
- **LTE/EPC**
  - Mobilnost
  - Uporabniške povezave
- **Izzivi in priložnosti**



# Evolucija interneta

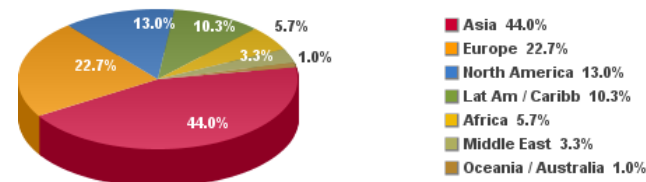
## ■ Trenutna penetracija interneta

- v svetovnem merilu – 30,2 %
- Slovenija – 64,8 % (1,300,000 uporabnikov)

## ■ Gonilo razvoja

- mobilni internet: LTE/EPC, UMTS/HSxPA, WiMAX ~ 5 milijard mobilnih uporabnikov (2011)
- pametni mobilni terminali: iPhone, Android, Windows Phone 7, Blackberry
- “All IP“ in “always-on”: LTE/EPC, HSxPA, xDSL, Cable, FTTH
- “Ad-hoc” mobilna omrežja ~ 1 milijarda avtomobilov (2008)
- VoIP, Skype, FaceTime, IPTV, VoD, P2P
- socialna omrežja (Facebook, Twitter)
  - Slovenija – 600.000 Facebook uporabnikov (28,2% celotne populacije)

Internet Users in the World  
Distribution by World Regions - 2011



Source: Internet World Stats - [www.internetworldstats.com/stats.htm](http://www.internetworldstats.com/stats.htm)  
Basis: 2,095,006,005 Internet users on March 31, 2011  
Copyright © 2011, Miniwatts Marketing Group

WORLD INTERNET USAGE AND POPULATION STATISTICS March 31, 2011						
World Regions	Population ( 2011 Est.)	Internet Users Dec. 31, 2000	Internet Users Latest Data	Penetration (% Population)	Growth 2000-2011	Users % of Table
<a href="#">Africa</a>	1,037,524,058	4,514,400	118,609,620	11.4 %	2,527.4 %	5.7 %
<a href="#">Asia</a>	3,879,740,877	114,304,000	922,329,554	23.8 %	706.9 %	44.0 %
<a href="#">Europe</a>	816,426,346	105,096,093	476,213,935	58.3 %	353.1 %	22.7 %
<a href="#">Middle East</a>	216,258,843	3,284,800	68,553,666	31.7 %	1,987.0 %	3.3 %
<a href="#">North America</a>	347,394,870	108,096,800	272,066,000	78.3 %	151.7 %	13.0 %
<a href="#">Latin America / Carib.</a>	597,283,165	18,068,919	215,939,400	36.2 %	1,037.4 %	10.3 %
<a href="#">Oceania / Australia</a>	35,426,995	7,620,480	21,293,830	60.1 %	179.4 %	1.0 %
<b>WORLD TOTAL</b>	<b>6,930,055,154</b>	<b>360,985,492</b>	<b>2,095,006,005</b>	<b>30.2 %</b>	<b>480.4 %</b>	<b>100.0 %</b>

Vir: [www.internetworldstats.com](http://www.internetworldstats.com) (september 2011)



# Internet v žepu

- **Pametni mobilni terminal, ki ponuja napredne funkcionalnosti**
  - **zmogljivost osebnega računalnika izpred nekaj let**
    - pametni mobilni terminali vse bolj nadomeščajo igralne konzole
  - **lastnosti sodobnih modelov**
    - standardiziran operacijski sistem
    - omrežni vmesniki: EDGE, UMTS, HSPA, WiFi, WiMax (ZDA)
    - množica senzorjev: fotoaparati, GPS, akcelerometer, kompas
    - velika procesorska zmogljivost
    - Predstavniki: iPhone, Android, BlackBerry, Windows Phone 7



iPhone 3GS	Apple iMac G3/600
I. 2009	I. 2001
600 MHz	600 MHz
256 MB RAM	256 MB RAM
16/32 GB	40 GB
480 × 320	800 × 600
\$600 - \$800	\$1000 - \$1300





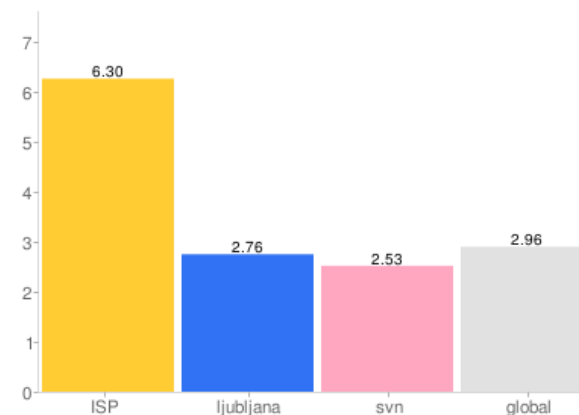
- **Več kot 1 mrd. ogledov dnevno**
  - na spletni strani in preko embeddov
  - prek aplikacij (npr. iPhone, Android)
- **20+ ur novega videa vsako minuto**
- **17 mrd. iskanj na mesec**
- **Vsebine**
  - HD 480p, 720p, 1080p (1920x1080)
  - do 24 MB (200 Mbit) za minuto videa
  - peering za zniževanje stroškov tranzita
- **Ocena: mobilnih uporabnikov je 75 %**
- **Youtube: 10 % vsega mobilnega prometa**

## YouTube Video Speed History

We did not find any video playbacks from your location.

Video Speed Comparison (January 26, 2010 to February 23, 2010)

Average Speed in Mbps



This data is aggregated from our video servers.

[youtube.com/my\\_speed](http://youtube.com/my_speed)

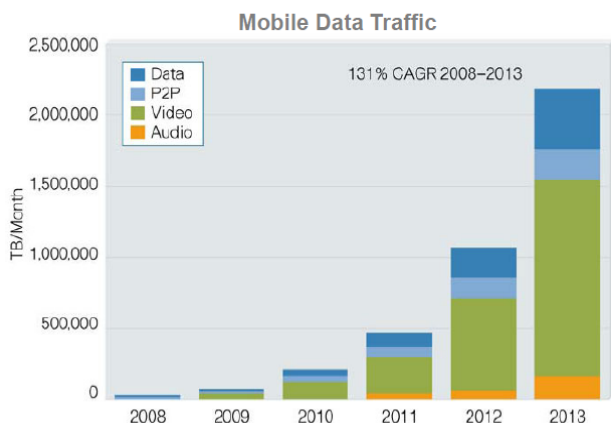
## About Uploading

- Capture and Upload in High Definition!
- Upload up to 10 videos at a time
- **Best video formats** for YouTube
- Up to 2 GB in size.



# Prometne značilnosti se spreminjajo

- Danes se prek Youtube naredi več poizvedb kot prek Yahoo!
  - Youtube 17 mrd. iskanj na mesec, Yahoo 9 mrd.
  - na mobilnih omrežjih naj bi video promet dominiral že v 2010

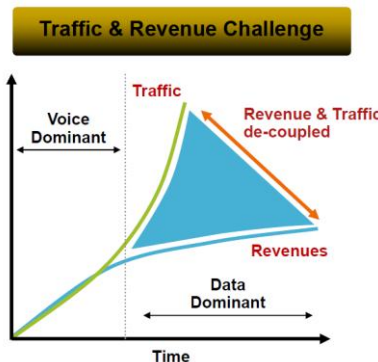
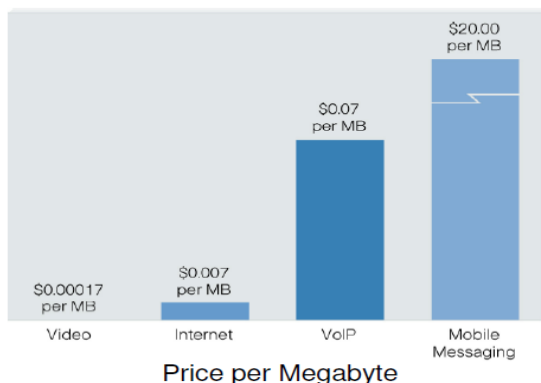


In 2010 Internet video will surpass P2P in volume. This will be the first time since 2000 that any application has displaced P2P as the top traffic driver.

Almost 64 percent of the world's mobile traffic will be video by 2013. Mobile video will grow at a CAGR of 150 percent between 2008 and 2013. Mobile video has the highest growth rate of any application category measured within the Cisco VNI Forecast at this time.

Mobile broadband handsets with higher than 3G speeds and laptop aircards will drive over 80 percent of global mobile traffic by 2013. A single high-end phone like the iPhone/Blackberry generates more data traffic than 30 basic-feature cell phones. A laptop aircard generates more data traffic than 450 basic-feature cell phones.

Source: 2009 Cisco Global Mobile Data Traffic Forecast Update





# Podatki v oblaku in hibridne platforme

- Google mail, Docs, Facebook, Twitter, Office Live
- Google Chrome OS
  - operacijski sistem, ki je brskalnik
- ZumoDrive
  - omrežni disk, dostopen z različnih platform (PC, Mac, Linux, iPhone)
- Hibridne platforme: Evernote, Dropbox, Mobile Me
  - Podatki pri uporabniku in v oblaku
  - Sinhronizacija





# IPv6 v LTE/EPC

- Gonilo razvoja mobilnih sistemov
- **Mobilni sistemi danes**
- Evolucija
- LTE/EPC
  - Mobilnost
  - Uporabniške povezave
- Izzivi in priložnosti





# SIM kartica in 3G modul povsod

- **E-zdravje**
  - merilniki bioloških funkcij z vgrajenim 3G
- **E-cestninjenje**
  - OBU (on-board unit) z vgrajenim 3G
- **Smart Grids in AMR (automated metering)**
  - električni števci, vedno povezani v oblak
- **Smart home**
  - hišna avtomatika
- **Senzorska omrežja**
  - Cestne svetilke na Kostanjevici (IJS pilot za pametno razsvetljavo)
  - vgrajen 3G



# Zmogljivosti sistemov 2G/3G 1/2

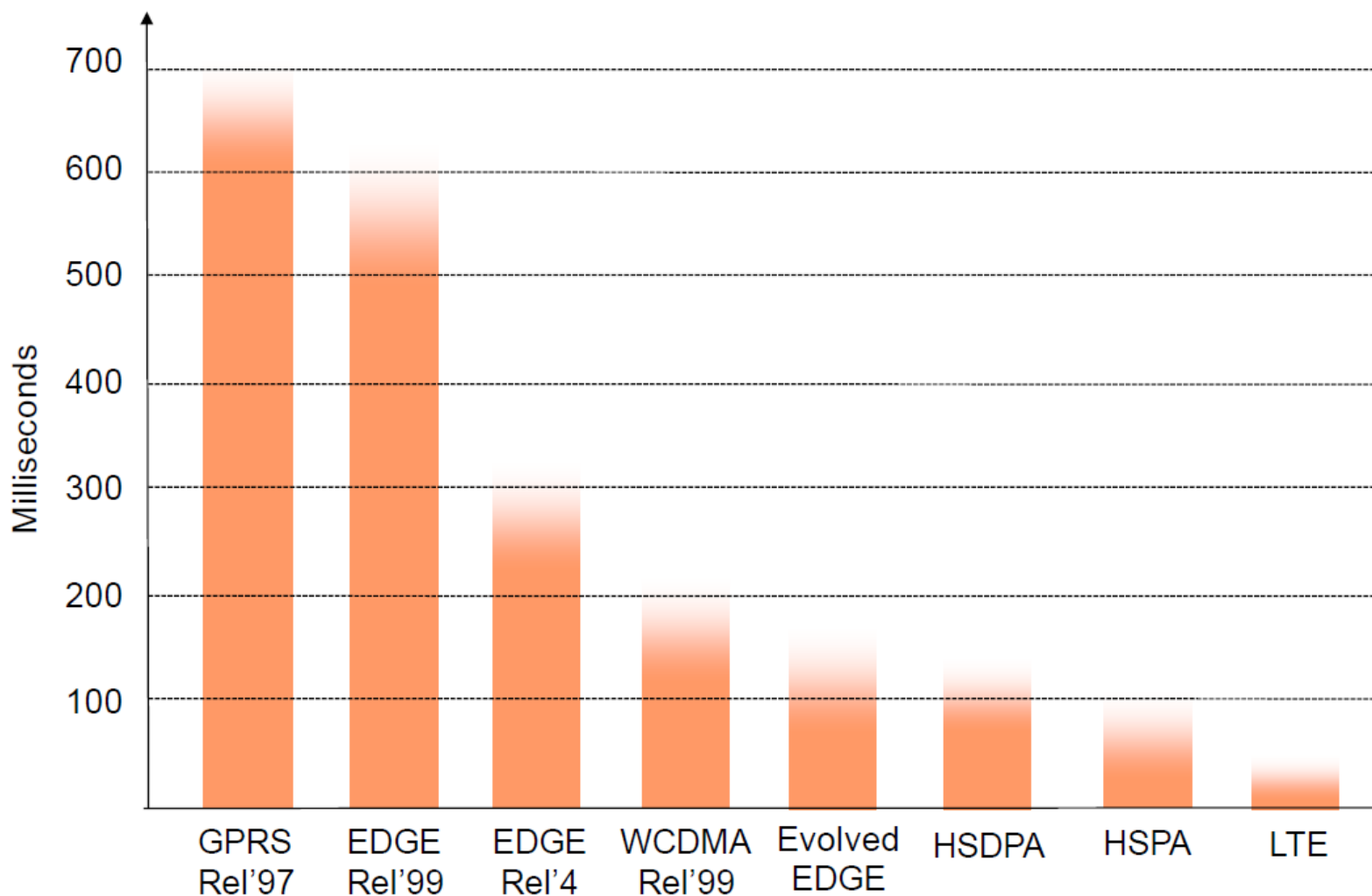
## ■ Prenosne hitrosti

	Downlink		Uplink	
	Vršna hitrost sistema	Vršna in/ali tipična uporabniška hitrost	Vršna hitrost sistema	Vršna in/ali tipična uporabniška hitrost
<b>EDGE (type 2 MS)</b>	<b>473.6 kbit/s</b>		<b>473.6 kbit/s</b>	
EDGE (type 1 MS) (Practical terminal)	236.8 kbit/s	200 kbit/s vršna	236.8 kbit/s	200 kbit/s
Evolved EDGE (type 1 MS)	1184 kbit/s	1 Mbit/s vršna	473.6 kbit/s	400 kbit/s vršna
<b>UMTS WCDMA Release 99</b>	<b>2.048 Mbit/s</b>		<b>768 kbit/s</b>	
UMTS WCDMA Release 99 (Practical Terminal)	384 kbit/s	350 kbit/s vršna	384 kbit/s	350 kbit/s vršna
<b>HSDPA</b>	<b>14.4 Mbit/s</b>		<b>384 kbit/s</b>	
HSPA Initial Implementation	7.2 Mbit/s	> 5 Mbit/s vršna	2 Mbit/s	> 1.5 Mbit/s vršna
R6 HSPA	14.4 Mbit/s		5.76 Mbit/s	
R7 HSPA+ (DL 64 QAM, UL 16 QAM, 2 X 5 MHz)	21.6 Mbit/s	1.9 Mbit/s - 8.8 Mbit/s	11.5 Mbit/s	1 Mbit/s - 4 Mbit/s
R7 HSPA+ (2X2 MIMO, DL 16 QAM, UL 16 QAM, 2 X 5 MHz)	28 Mbit/s		11.5 Mbit/s	
R8 HSPA+ (2X2 MIMO, DL 64 QAM, UL 16 QAM, 2 X 5 MHz)	42 Mbit/s		11.5 Mbit/s	
R9 HSPA+ (2X2 MIMO, DL 64 QAM, UL 16 QAM, Dual Carrier, 2 X 10 MHz)	84 Mbit/s		23 Mbit/s	
R10 HSPA+ (2X2 MIMO, DL 64 QAM, UL 16 QAM, Quad Carrier, 2 X 20 MHz)	168 Mbit/s		23 Mbit/s	



# Zmogljivosti sistemov 2G/3G 2/2

## ■ Zakasnitve





# Mobilni internet – iPhone 4G

■ Lokacija: Ljubljana, Tržaška 25, 4 nadstropje, stavba B, maj 2011

## ■ iPhone 4G

- UMTS/HSDPA (850, 1900, 2100 MHz)
- GSM/EDGE (850, 900, 1800, 1900 MHz)
- 802.11b/g Wi-Fi

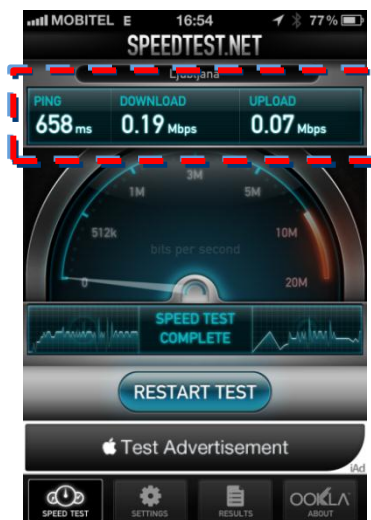
## ■ Meritve – speedtest.net

- GPRS/EDGE
- UMTS/HSPA
- WiFi

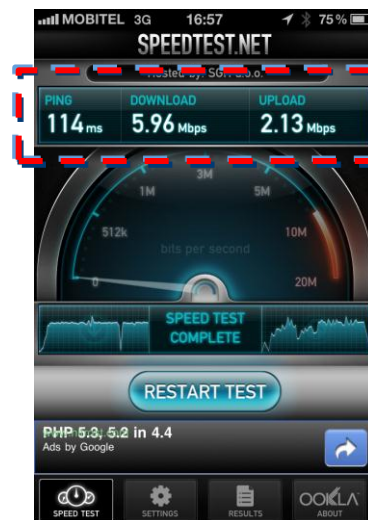
Povezava	DL (Mbps)	UL (Mbps)	Ping (ms)
WiFi LT1	15,08	13,64	32
WiFi LT1	17,23	13,73	42
GPRS/EDGE	0,1	0,04	713
GPRS/EDGE	0,06	0,09	1181
3G/HSDPA	2,66	0,12	326
3G/HSDPA	2,19	0,14	260

Meritve iPhone 3GS, september 2010

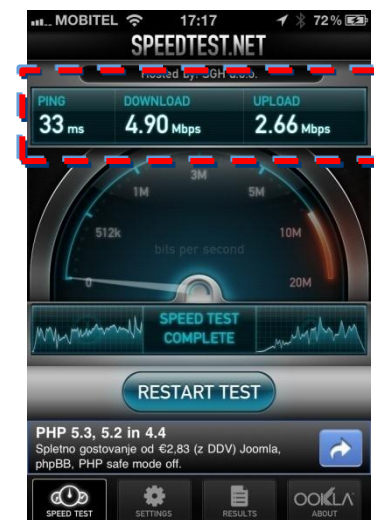
### GPRS/EDGE



### UMTS/HSPA



### WiFi



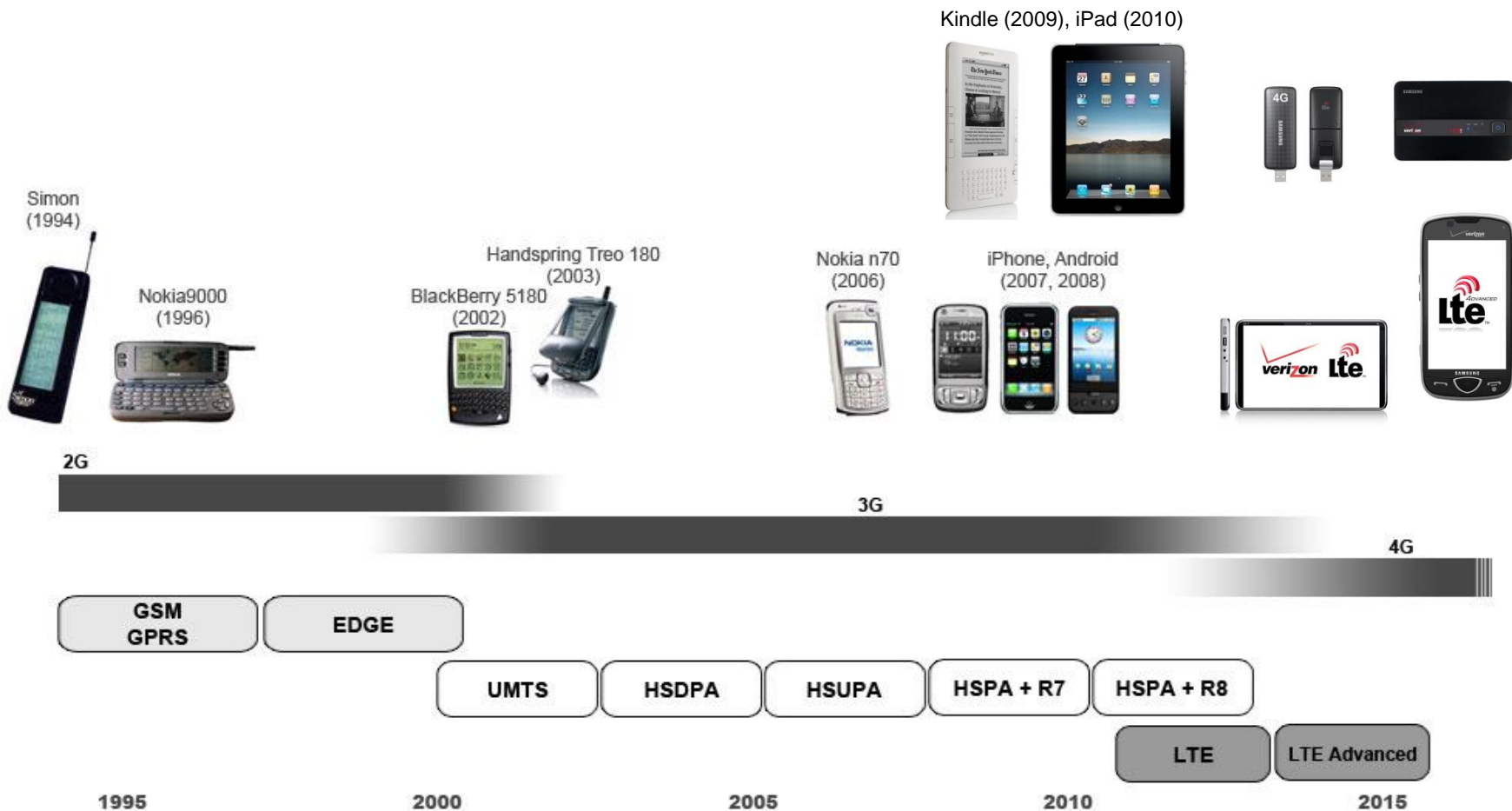


# IPv6 v LTE/EPC

- Gonilo razvoja mobilnih sistemov
- Mobilni sistemi danes
- **Evolucija**
- LTE/EPC
  - Mobilnost
  - Uporabniške povezave
- Izzivi in priložnosti



# Evolucija mobilnih tehnologij





# Izhodišča pri razvoju 4G

## ■ Novi radijski del omrežja (E-UTRAN)

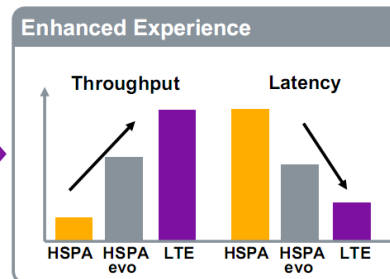
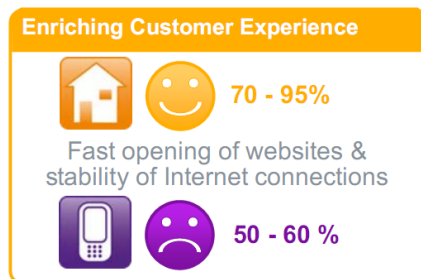
- Long Term Evolution (LTE) – Release 8 (2009)
  - 100 Mbit/s downlink
  - 50 Mbit/s uplink
- LTE-Advanced – Release 10 (marec 2011)
  - 1.5 Gbit/s downlink
  - 675 Mbit/s uplink



## ■ Manjšane systemske zakasnitve

- zakasnitve podatkovne ravnine – radijski del omrežja UE – eNB;
  - RTT pod 10 ms
- zakasnitve kontrolne ravnine – iz “idle” v “active” pod 100 ms

## ■ Povečana spektralna učinkovitost sistema





# Izhodišča pri razvoju 4G

## ■ EPC – novo jedro mobilnega sistema (SAE)

- Evolved Packet Core

## ■ Združljivost z obstoječimi sistemi 3GPP

- GSM-EDGE, UMTS-HSPA

## ■ Integracija z ostalimi mobilnimi sistemi

- WiFi, WiMAX, CDMA, EVDO

## ■ Povezljivost „always on“

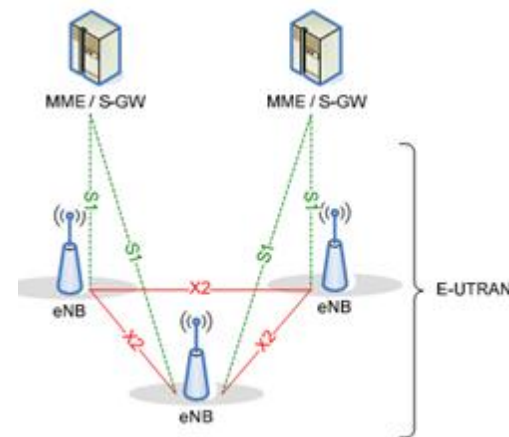
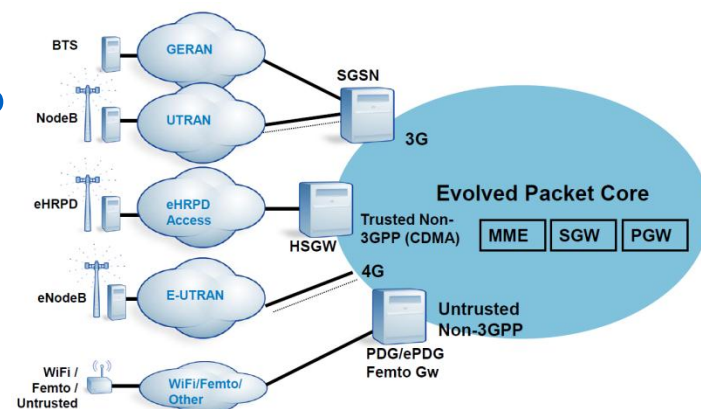
- sistem temelji na principih „All IP“
- privzeta podpora za IPv6

## ■ Enostavnejše zagotavljanje QoS

- 9 storitvenih razredov
- dinamičen QoS s PCC

## ■ Boljša razširljivost sistema

- kontrolna in podatkovna ravnina ločeni







# Izhodišča pri razvoju 4G

## ■ Podpora za mobilnost

- optimizacija za hitrosti med 0 in 15 km/h
- velika učinkovitost med 15 in 120 km/h
- podpora do 350 km/h (kvaliteta UTRAN)

## ■ Različne velikost celic

- do 5 km – najboljša prepustnost, spektralna učinkovitost in mobilnost
- do 30 km – degradacija pri prepustnosti in spektralni učinkovitosti
- do 100 km – podpora, večje degradacije

## ■ Podpora za SON

- Avtomatizacija radijskega planiranja
- Samodejna nastavitve baznih postaj
- Samodejna optimizacija
  - zmanjševanje interferenc
  - prerazporeditev kapacitet
  - optimizacija porabe energije



vir: 4G Neuron



# Smernice razvoja 4G+

## ■ Release 11

- BroadBand forum Accesses Interworking
- System Improvements to Machine-Type Communications (**M2M**)
- Network Provided **Location** Information for IMS
- Network-Based **Positioning** Support in LTE
- SIPTO Service **Continuity of IP Data Session**
- EEA3 and EIA3 (new Encryption & Integrity EPS security Algorithms)

## ■ Release 12

- IMS based **Peer-to-Peer** Content Distribution Services
- Study on Alternatives to E.164 for Machine-Type Communications (**M2M**)
- Study on Support for 3GPP Voice Interworking with Enterprise IP-PBX
- Study on Integration of **Single Sign-On** (SSO) frameworks with 3GPP networks
- Study on **Continuity of Data Sessions to Local Networks**



# Smernice razvoja 4G+

- **LTE/EPC postaja točka konvergence za fiksne in mobilne sisteme**
  - CDMA Development Group (CDG) se je pridružila 3GPP standardizaciji (2009)
  - LTE TDD je način, ki bo podprt na Kitajskem (TD-SCDMA Forum)
  - 3GPP sodeluje z Broadband Forum (BBF) na področju konvergence fiksnih in mobilnih hrbteničnih sistemov (EPC)
  - 3GPP sodeluje s Tele Management Forum (TMF) na področju konvergence fiksnih in mobilnih upravljavskih sistemov
  - Fokus razvoja v prihodnosti bo „IP Traffic Offload“
    - Local IP Access (LIPA), IP Flow Mobility and Seamless Offload (IFOM) in Selected IP Traffic Offload (SIPTO)
  
- **Razvoj profesionalnih komunikacijskih sistemov v smeri LTE**
  - Zahteva FCC v ZDA – profesionalni komunikacijski sistemi morajo zaradi medsebojne združljivosti temeljiti na tehnologiji LTE
  - TETRA Association – migracija na tehnologijo LTE
    - “We will work with people to investigate LTE and integrating aspects into TETRA,” said David Chater-Lea, TETRA MoU Association, June 2010



# IPv6 v LTE/EPC

- Gonilo razvoja mobilnih sistemov
- Mobilni sistemi danes
- Evolucija
- **LTE/EPC**
  - Mobilnost
  - Uporabniške povezave
- Izzivi in priložnosti



# Terminologija LTE/EPC

## ■ LTE – Long Term Evolution

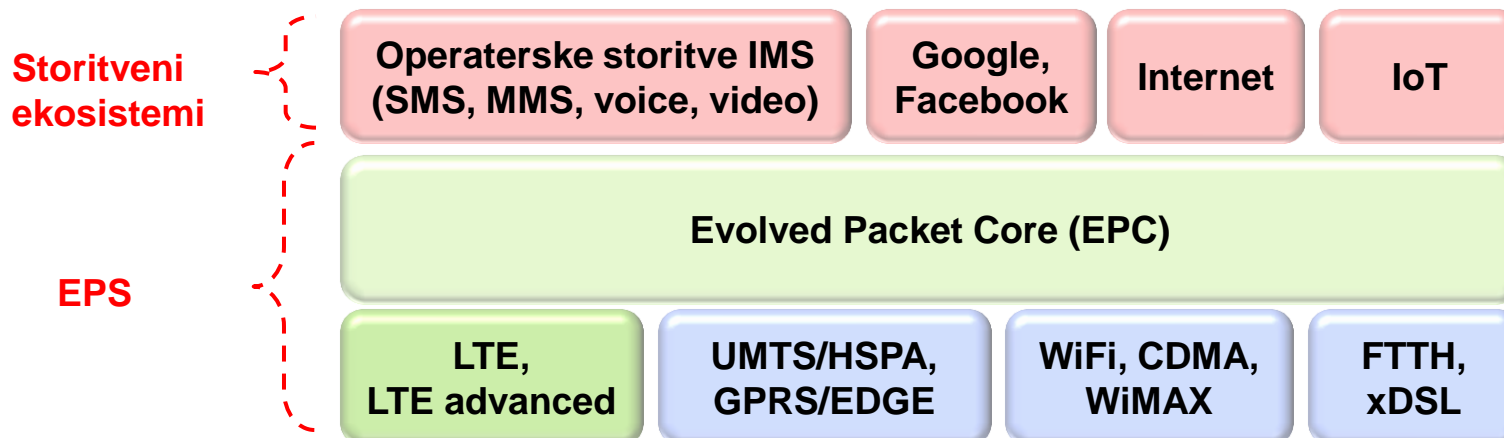
- nova generacija radijskega dostopa
- standardizacijsko ime E-UTRAN – Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network

## ■ EPC – Evolved Packet Core

- nova generacija paketnega jedra
- standardizacijsko ime SAE – System Architecture Evolution

## ■ EPS – Evolved Packet System

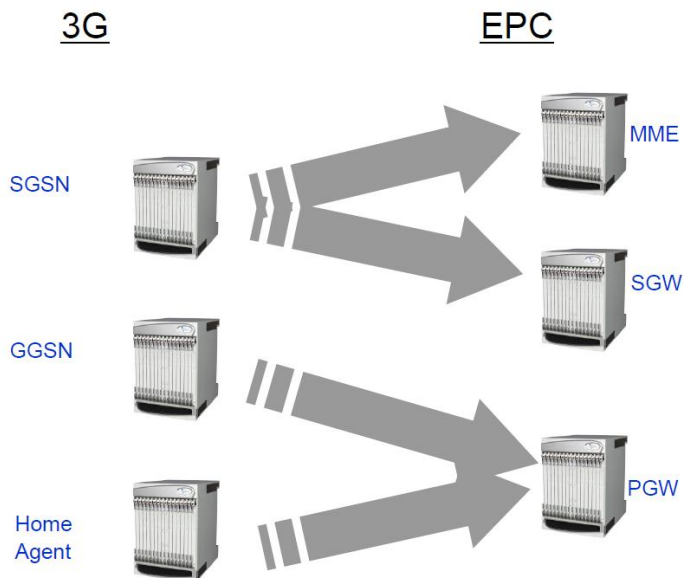
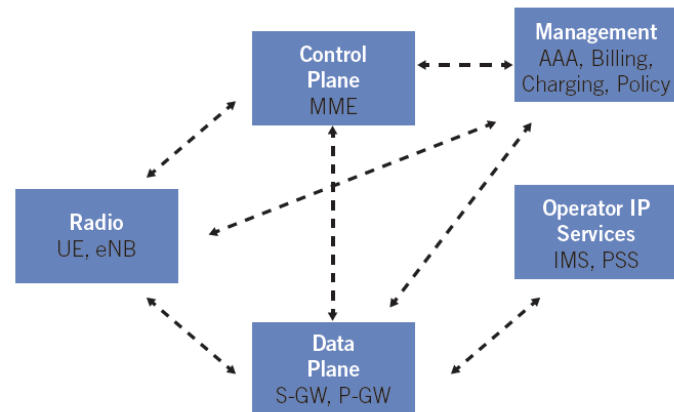
- EPS zajema LTE in EPC



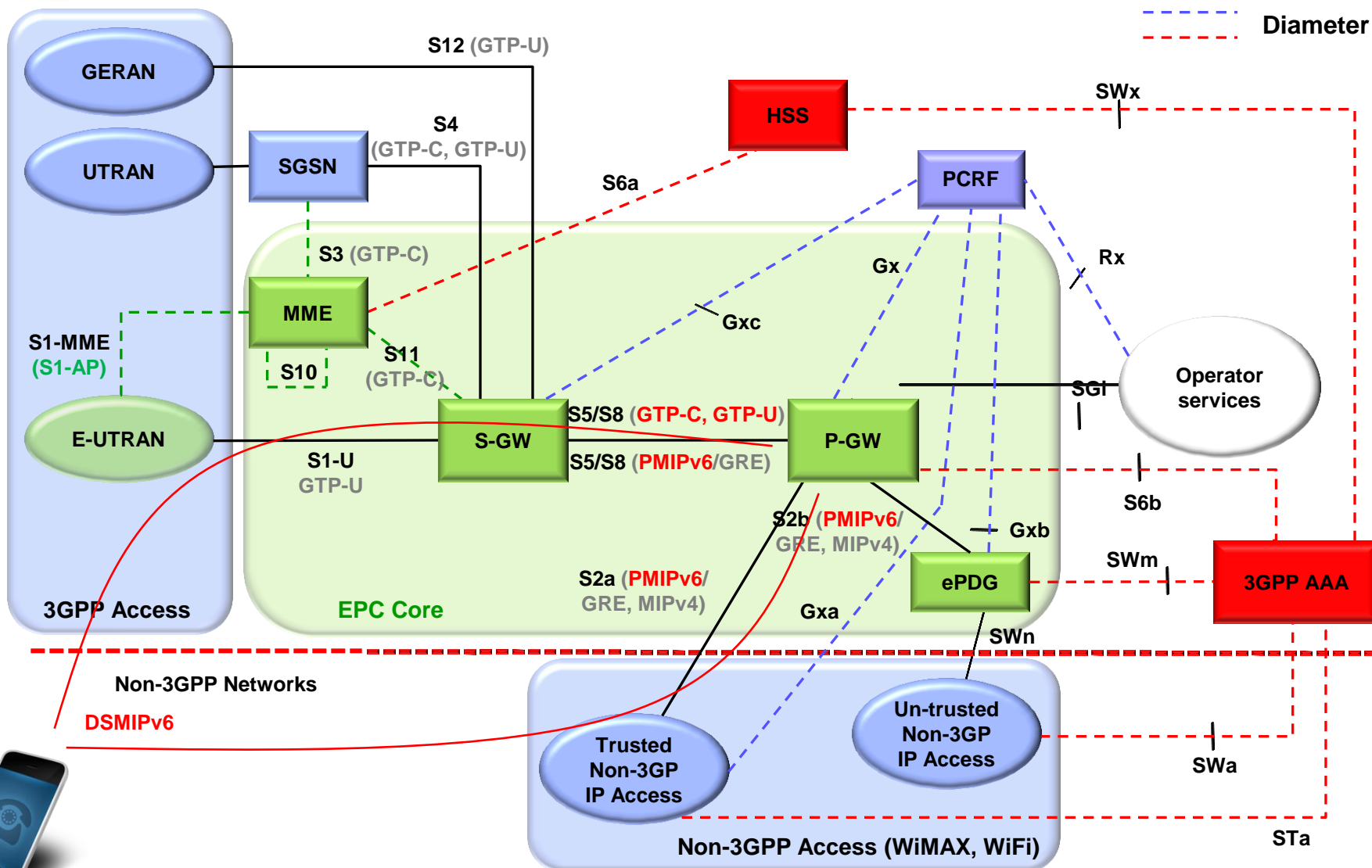


# Komponente sistema EPS

- **Dostopovno radijsko omrežje EPS**
  - Evolved UMTS Terrestrial Access Network – bazna postaja eNB
    - LTE, LTE-Advanced
- **Elementi kontrolne ravnine EPS**
  - MME – Mobility management Entity
  - HSS – Home Subscriber Server
  - 3GPP AAA – 3GPP Authentication, Authorization, Accounting
  - PCRF – Policy and Charging Rules Function
- **Elementi podatkovne ravnine EPS**
  - S-GW – Serving Gateway
  - P-GW – Packet Data Gateway



# Arhitektura LTE/EPC







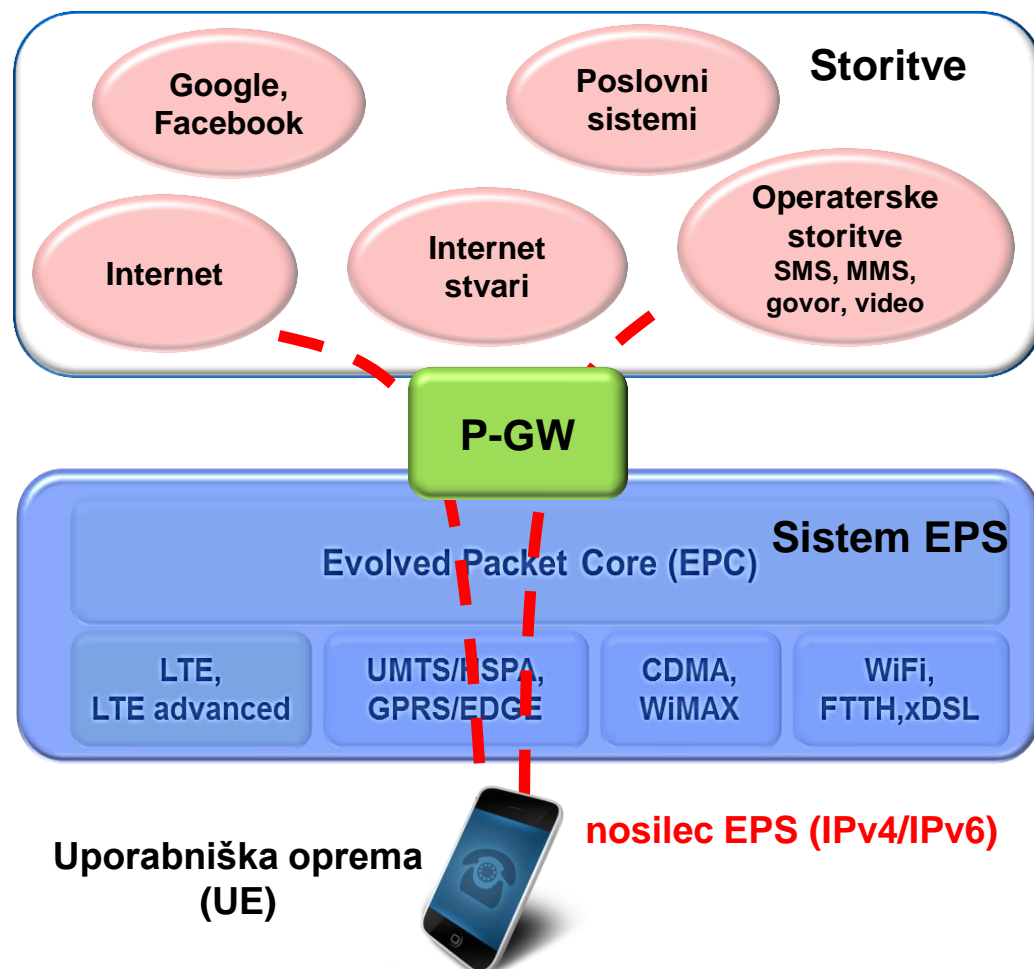
# Sistem EPS

## ■ Enotna komunikacijska platforma

- združuje vse družine mobilnih tehnologij: GERAN, UTRAN, eUTRAN, WiFi, WiMAX, CDMA

## ■ Nosilec EPS (bearer)

- **mobilnost**, gostovanje
- QoS (dinamičen QoS)
- varnost
- zaračunavanje







# Mobilnost

---



# Mehanizmi za zagotavljanje mobilnosti

## ■ Omrežni mehanizmi

### ■ Protokol GTPv2

- zagotavljanje mobilnosti med GPRS, UMTS/HSPA in LTE (3GPP tehnologije)
- S-GW upravlja s povezavami GTP, ko uporabnik prehaja med 3GPP sistemi

### ■ Protokol PMIPv6/GRE (3GPP TS 29.275) in MIPv4 FA mode

- zagotavljanje mobilnosti med 3GPP (HSPA, LTE) in non-3GPP sistemi (WiMAX, WiFi)
- P-GW upravlja s PMIPv6/GRE povezavami, ko uporabnik prehaja med različnimi sistemi (npr. LTE ↔ WiFi)

## ■ Mehanizmi na UE

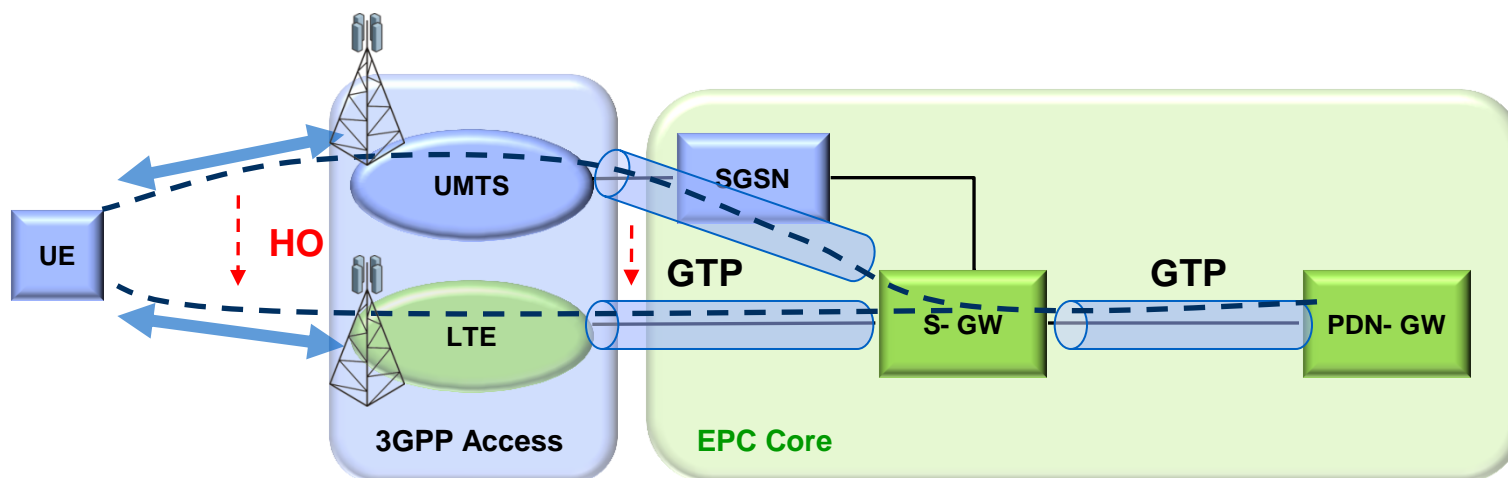
### ■ Protokol DSMIPv6

- osnova za “Seamless IP Flow Mobility”
- varnostne storitve na osnovi IPsec in IKE, v prihodnosti je predvidena podpora za TLS



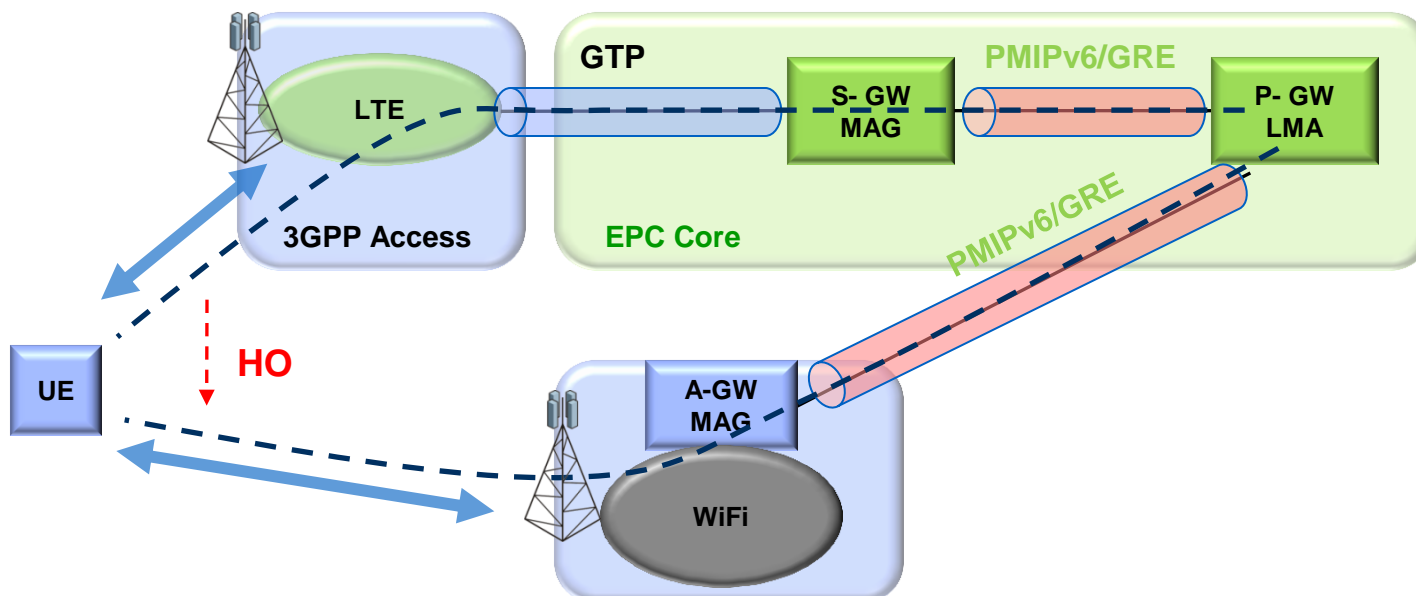
# Mobilnost med sistemi 3GPP 2/2

- Mobilnost med HSPA in LTE na osnovi GTP
  - S-GW izvaja preusmeritev tunela GTP med LTE in HSPA
  - Omogoča prenos uporabniškega prometa IPv4 in IPv6



# Mobilnost med 3GPP in non-3GPP 2/2

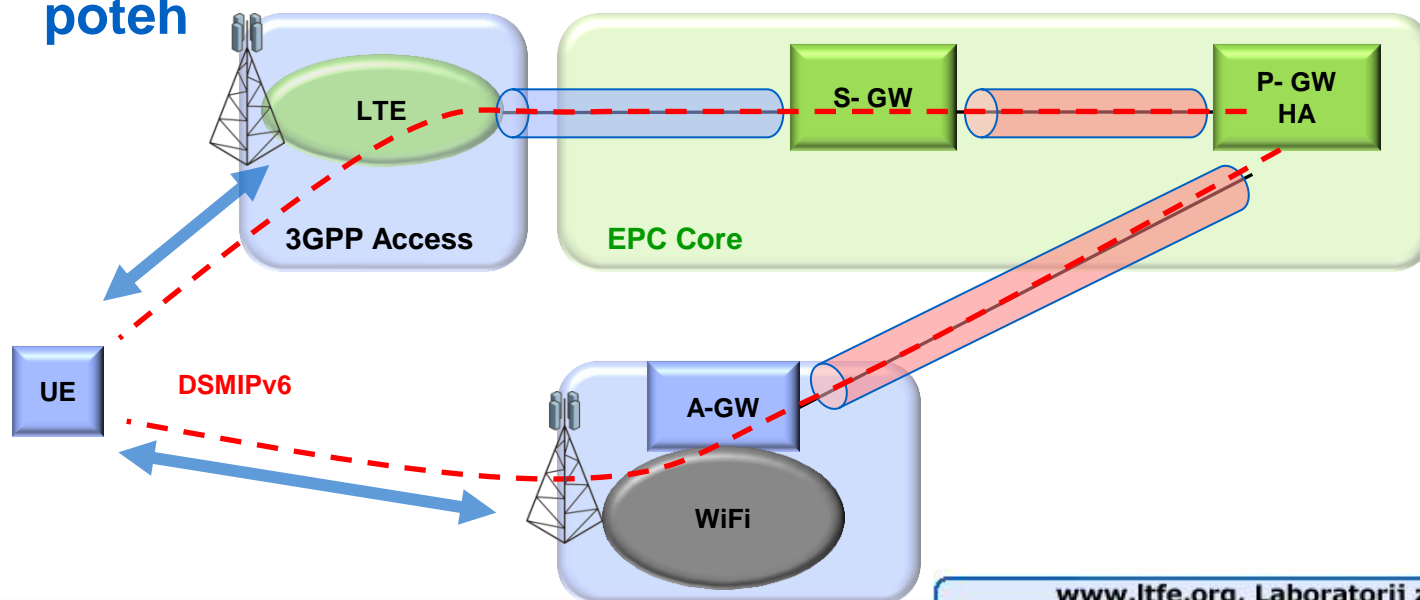
- Mobilnost med LTE in WiFi se izvaja na osnovi PMIPv6/GRE
  - P-GW izvaja preusmeritev prometa med S-GW in A-GW
- Funkcije PMIPv6
  - P-GW zagotavlja funkcijo LMA (Local Mobility Anchor)
  - S-GW in A-GW zagotavljata funkcijo MAG (Mobile Access Gateway)
  - Omogoča prenos uporabniškega prometa IPv4 in IPv6





# Mobilnost na osnovi DSMIPv6

- Mobilnost med LTE in WiFi na osnovi DSMIPv6
  - P-GW izvaja sočasno posredovanje prometa med S-GW in A-GW
- Funkcije DSMIPv6
  - P-GW zagotavlja funkcijo HA
  - UE zagotavljata funkcijo mobilnega agenta
  - Omogoča prenos uporabniškega prometa IPv4 in IPv6
- Omogoča sočasno posredovanje uporabniškega prometa po več poteh





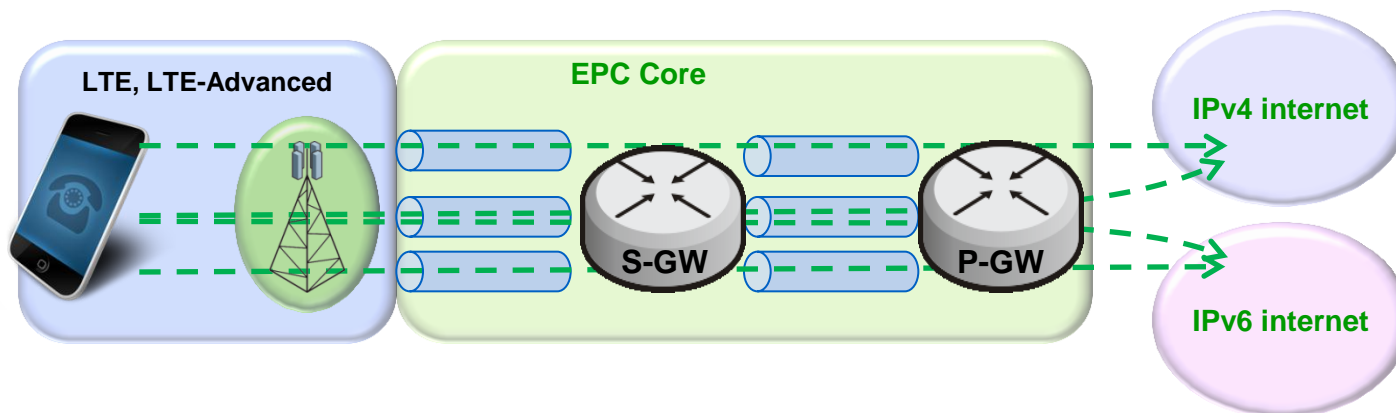
# Uporabniške povezave

---



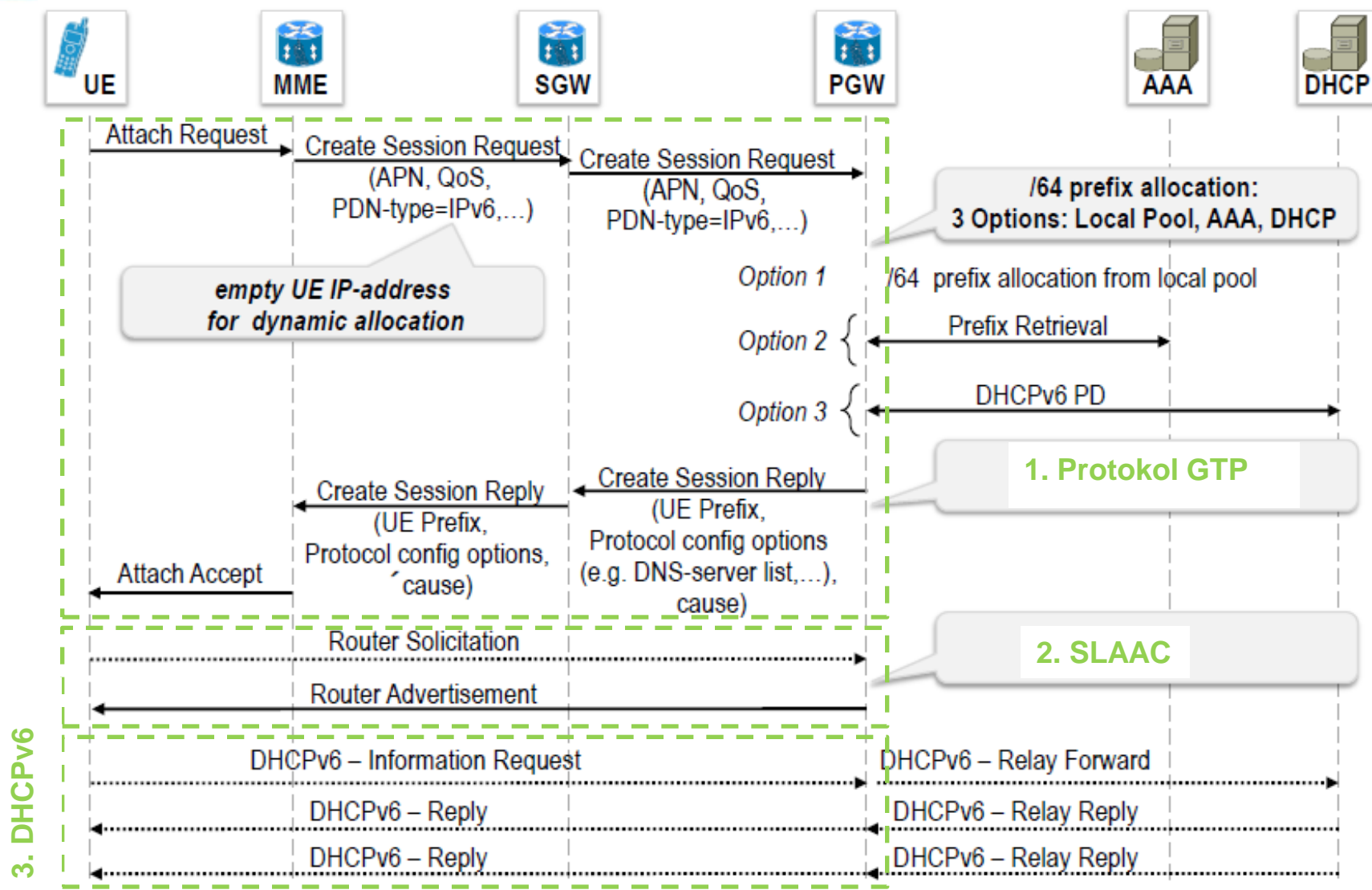
# Uporabniške povezave v LTE/EPC

- **Tipi PDN (storitvena podomrežja)**
  - IPv4, IPv6 ter IPv4 in IPv6 (dvojni protokolni sklad)
- **Opciji za dodeljevanje parametrov IP**
  - dodelitev med proceduro „attach“ pri prijavi v omrežje
    - na osnovi protokola GTP
  - zunanji mehanizmi
    - StateLess Address AutoConfiguration (SLAAC)
    - Stateless DHCPv6 (Opcijsko)





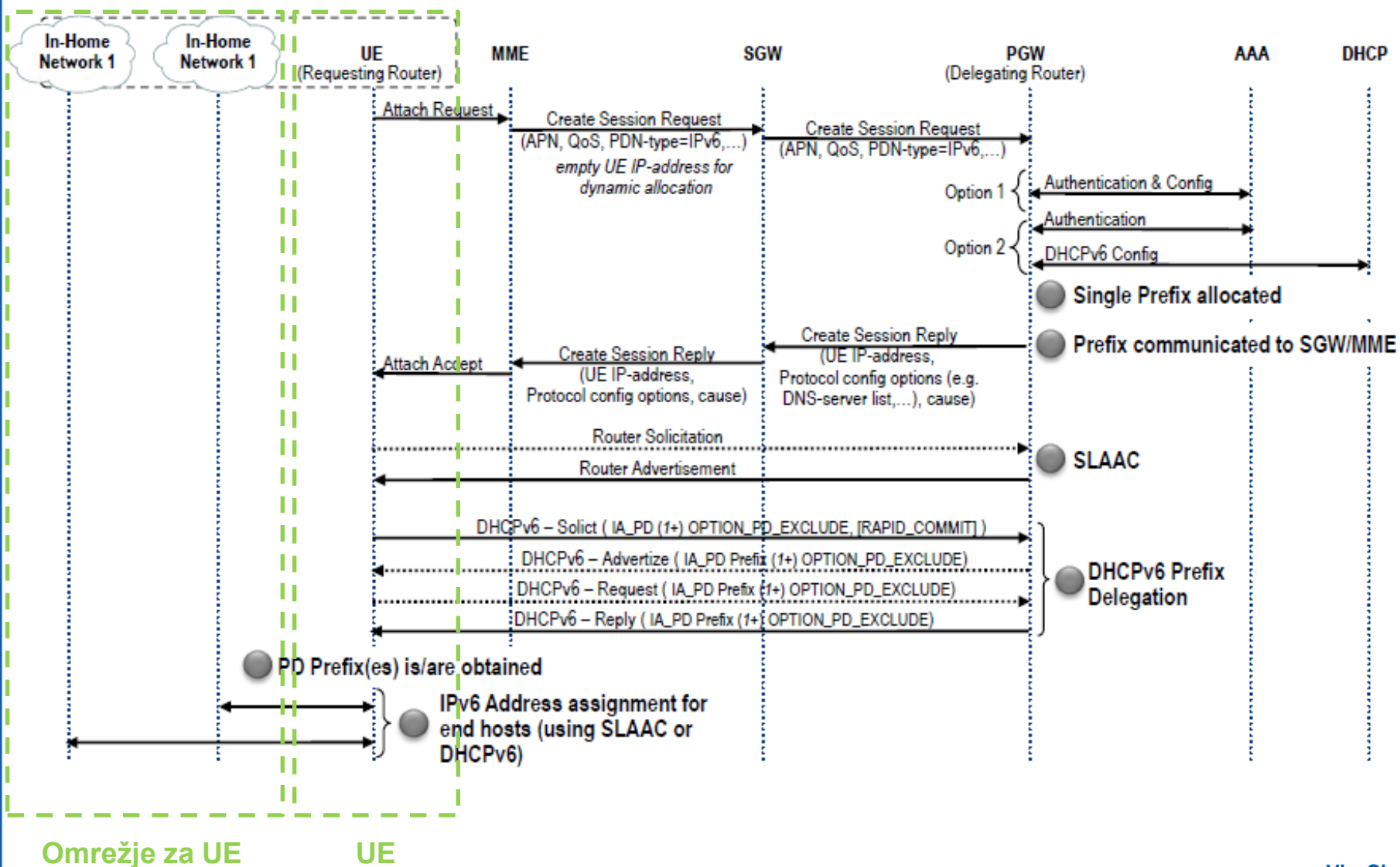
# Dodeljevanje naslova IPv6 napravi UE







# Dodeljevanje IPv6 Prefix napravi UE





# IPv6 v LTE/EPC

- Gonilo razvoja mobilnih sistemov
- Mobilni sistemi danes
- Evolucija
- LTE/EPC
  - Mobilnost
  - Uporabniške povezave
- **Izzivi in priložnosti**



# Izzivi in priložnosti

## ■ EPS združuje vse mobilne sisteme

### ■ Wifi, WiMAX so integrirani del sistema EPS

- mobilnost, gostovanje
- QoS (dinamičen QoS)
- varnost
- zaračunavanje

### ■ Vsak SmartPhone vsebuje WiFi vmesnik

- hitrosti 100+ Mbit/s

### ■ WiFi AP se nahaja v vsakem sodobnem CPE

- QoS, Security (802.1X, Radius)?

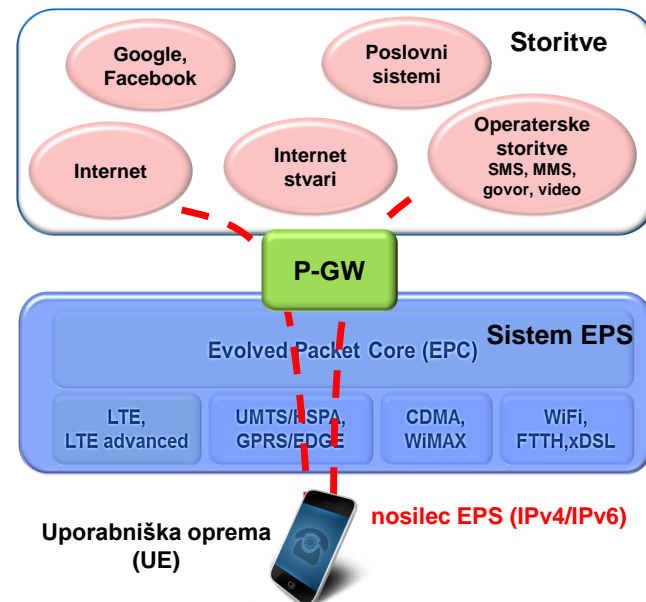
## ■ Privzeta podpora za IPv6

## ■ Mehanizmi za mobilnost na osnovi IPv6

- PMIPv6, DSMIPv6

## ■ IMS je storitvena kontrolna ravnina (IPv6)

## ■ Dinamičen QoS (PCRF, PCEF)





# Izzivi in priložnosti

- Bazna postaja eNb ima “IP backhaul” vmesnik
  - nov koncept načrtovanja mobilnega “backhaul” omrežja
- Prednosti uporabe IPv6
  - samonastavitev baznih postaj
  - samonastavitev usmerjanja
    - OSPFv3
  - multicast

