



Sveučilišni interdisciplinarni specijalistički studij  
„Reguliranje tržišta elektroničkih komunikacija“

## Regulatorni aspekti mreža i usluga

**Tema 3**  
**Pokretne mreže i usluge**

Prof. dr. sc. Gordan Ježić

Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet elektrotehnike i računarstva






Zaštićeno licencom <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/hr/> 

Ožujak 2018.



## Creative Commons

---

**slobodno smijete:**

- **dijeliti** — umnožavati, distribuirati i javnosti priopćavati djelo
- **remiksirati** — prerađivati djelo

**pod sljedećim uvjetima:**

- **imenovanje.** Morate priznati i označiti autorstvo djela na način kako je specificirao autor ili davatelj licence (ali ne način koji bi sugerirao da Vi ili Vaše korištenje njegova djela imate njegovu izravnu podršku).
- **nekomercijalno.** Ovo djelo ne smijete koristiti u komercijalne svrhe.
- **dijeli pod istim uvjetima.** Ako ovo djelo izmijenite, preoblikujete ili stvarate koristeći ga, prerađu možete distribuirati samo pod licencom koja je ista ili slična ovoj.

U slučaju daljnjeg korištenja ili distribuiranja morate drugima jasno dati do znanja licencne uvjete ovog djela. Najbolji način da to učinite je linkom na ovu internetsku stranicu.

Od svakog od gornjih uvjeta moguće je odstupiti, ako dobijete dopuštenje nositelja autorskog prava. Ništa u ovoj licenci ne narušava ili ograničava autorova moralna prava.

Tekst licencije preuzet je s <http://creativecommons.org/>.

---

Regulatorni aspekti mreža i uslugaOžujak 2018.2/119

## Sadržaj

---

- ◆ Arhitektura pokretne mreže
- ◆ Virtualni operator pokretne mreže – MVNO
- ◆ Tržište pokretnih mreža i usluga



## Arhitektura pokretne mreže

## Sadržaj

---

- ◆ Arhitektura pokretne mreže
  - Evolucija sustava pokretnih telekomunikacija
  - 2G: GSM, GPRS; EDGE
  - 3G: UMTS, HSPA, HSPA+
  - 4G: LTE/SAE
  - Komunikacija strojeva, M2M

## Pokretna mreža

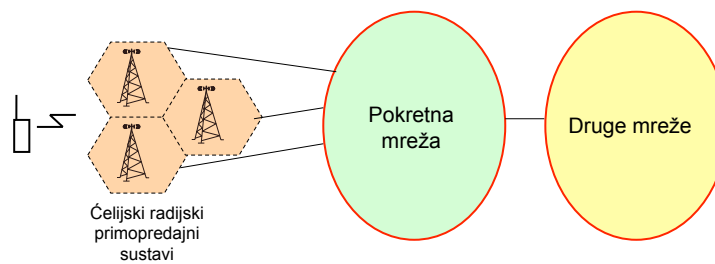
---

### *Mobile Network*

- ◆ **Javna mreža** u kojoj se pristup zasniva na **radijskoj komunikaciji** koja omogućuje pokretljivost korisničke opreme – terminala na području pokrivanja radijskim signalom
- ◆ **Jezgrena mreža**
  - Izvodi se kao fiksna mreža
- ◆ **Pristupna mreža**
  - Radijska pristupna mreža temeljena na sustavu ćelija

## Opća arhitektura pokretne mreže

- ◆ Čelijski radijski primopredajni sustav
- ◆ Čvorovi za povezivanje unutar pokretne mreže i s drugim mrežama



## Radiofrekvencijski spektar kao ograničeni resurs

- ◆ Porast broja pokretnih korisnika – potreba za spektrom
- ◆ Komunikacija radijskim valovima: 9 kHz – 300 GHz
- ◆ **Pokretna mreža: 450 MHz – 2,2 GHz**
- ◆ Ista frekvencija – interferencija – upravljanje spektrom
- ◆ Međunarodna dodjela spektra (ITU-R) – nacionalna dodjela koncesija (nacionalno regulatorsko tijelo)

## Evolucija sustava pokretnih telekomunikacija

### ◆ Generacije sustava

- U svim generacijama **višestruki pristup** – više korisnika pristupa skupini komunikacijskih kanala

### ◆ Prva generacija 1G

- **Analogni sustavi**
- Višestruki pristup u **frekvencijskoj** podjeli (*Frequency Division Multiple Access, FDMA*)
  - posebne frekvencije svakom komunikacijskom kanalu
  - različiti frekvencijski pojasevi dodjeljuju za komunikaciju od mreže prema terminalu (*down link*) i komunikaciju od terminala prema mreži (*up link*).
- Sustav NMT (*Nordic Mobile Telephony*)
- RH: Mobitel 099 (1987.g.) – 98,000 pretplatnika 1998.g.

## Druga generacija

### ◆ Druga generacija, 2G

- **Digitalni sustavi**
- Višestruki pristup u **vremenskoj** podjeli (*Time Division Multiple Access, TDMA*), 124 frekvencije x 8 kanala = 992 kanala
- GSM (*Global System for Mobile communications*), GSM-900/DCS-1800 (*Digital Communication System*)
- **Prijenos govora dominantan**
- **Komutacija kanala**
- 2,5G – HSCSD, GPRS, EDGE
  - **podaci**
- Napredni 2G sustavi
  - Usmjereni sustavima treće generacije
  - Višestruki pristup u **kodnoj** podjeli (*Code Division Multiple Access, CDMA*)
  - Svakom korisniku za komunikaciju pridjeljuje se **drukčiji kod**

## Treća generacija

### ◆ Treća generacija, 3G

- Međunarodne pokretne telekomunikacije 2000 (*International Mobile Telecommunications 2000, IMT-2000*)
- Europa: **Opći pokretni telekomunikacijski sustav** (*Universal Mobile Telecommunications System, UMTS*)
- **Širokopojasni višestruki pristup u kodnoj podjeli** (*Wideband Code Division Multiple Access, WCDMA*)
- Standardizacijska tijela
  - ITU (*International Telecommunication Union*)
  - ETSI (*European Telecommunications Standard Institute*)
  - UMTS Forum – udruuga opearatora, proizvođača i regulacijskih tijela
  - 3GPP (*3rd Generation Partnership Project*)
  - OHG (*Operators Harmonisation Group*)

## Nakon 3G

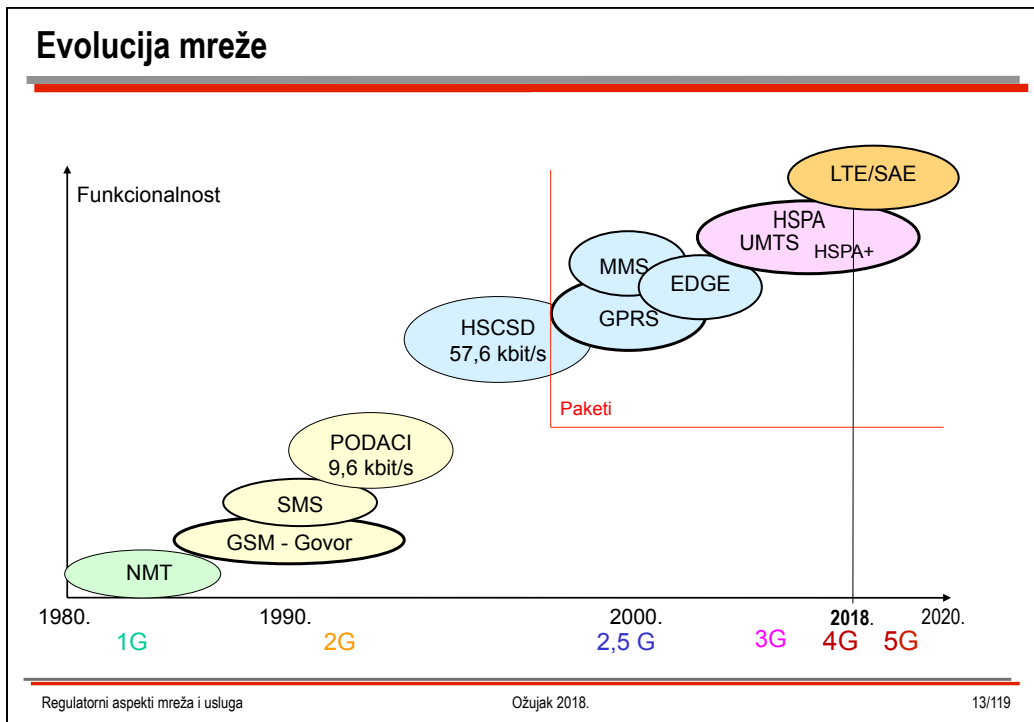
### ◆ 3G

- **Brzi paketski pristup** - *High Speed Packet Access, HSPA (HSDPA/HSUPA)*
- **Evolucija brzog paketskog pristupa** - *High Speed Packet Access Evolution, HSPA+*

### ◆ 4G

- **Dugoročna evolucija radijske pristupne mreže** - *Long Term Evolution, LTE*

### ◆ 5G



## 2G: Globalni sustav pokretnih komunikacija

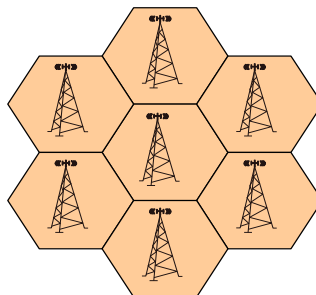
*Global System for Mobile communications, GSM*

- ◆ **Jezgrena mreža** (*Core Network, CN*)
  - Prilazni pokretni komutacijski centar (*Gateway Mobile Switching Centre, GMSC*)
  - Pokretni komutacijski centar (*Mobile Switching Centre, MSC*)
- ◆ **Pristupna mreža** (*Access Network, AN*)
  - Upravljač bazne postaje (*Base Station Controller, BSC*)
  - Primopredajna bazna postaja (*Base Transceiver Station, BTS*)
- ◆ **Pokretna postaja** (*Mobile Station, MS*)
  - Korisnički terminal (pokretni telefon)

## Radijska pristupna mreža

### Radio Access Network, RAN

- ◆ Temelji se na sustavu ćelija (*cell*)
- ◆ Ćelijom se naziva područje pokriveno jednim radijskim primopredajnim sustavom

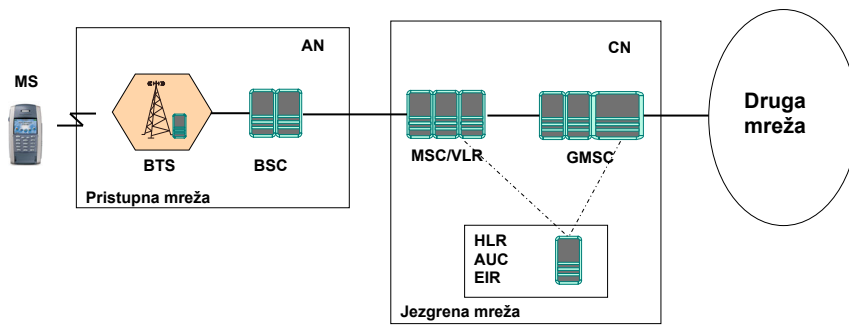


## Jezgreni dio mreže GSM

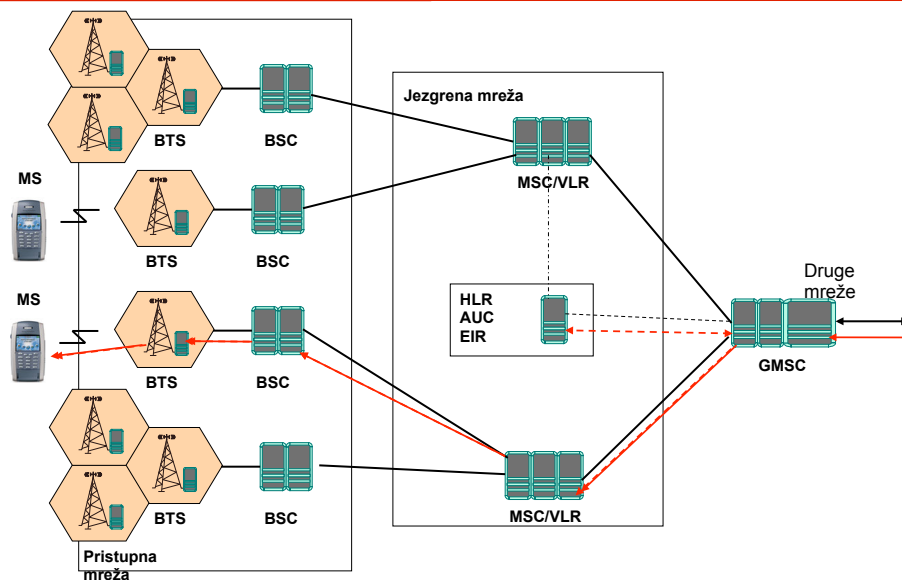
- ◆ **Domaći lokacijski registar** (*Home Location Register, HLR*)
  - Podaci o vlastitim (domaćim) pretplatnicima
- ◆ **Gostujući lokacijski registar** (*Visitor Location Register, VLR*)
  - Uz svaki MSC
  - Podaci o vlastitim pretplatnicima i pretplatnicima drugih mreža
- ◆ **Centar za provjeru autentičnosti** (*Authentication Centre, AUC*)
  - Provjera autentičnosti pretplatnika
- ◆ **Registar identifikacije opreme** (*Equipment Identification Register, EIR*)
  - Provjera vlasnika pokretne postaje

## Arhitektura mreže GSM

### Global System for Mobile communications, GSM



## Dolazni i odlazni poziv



## 2,5 G: Opće paketske radijske usluge

---

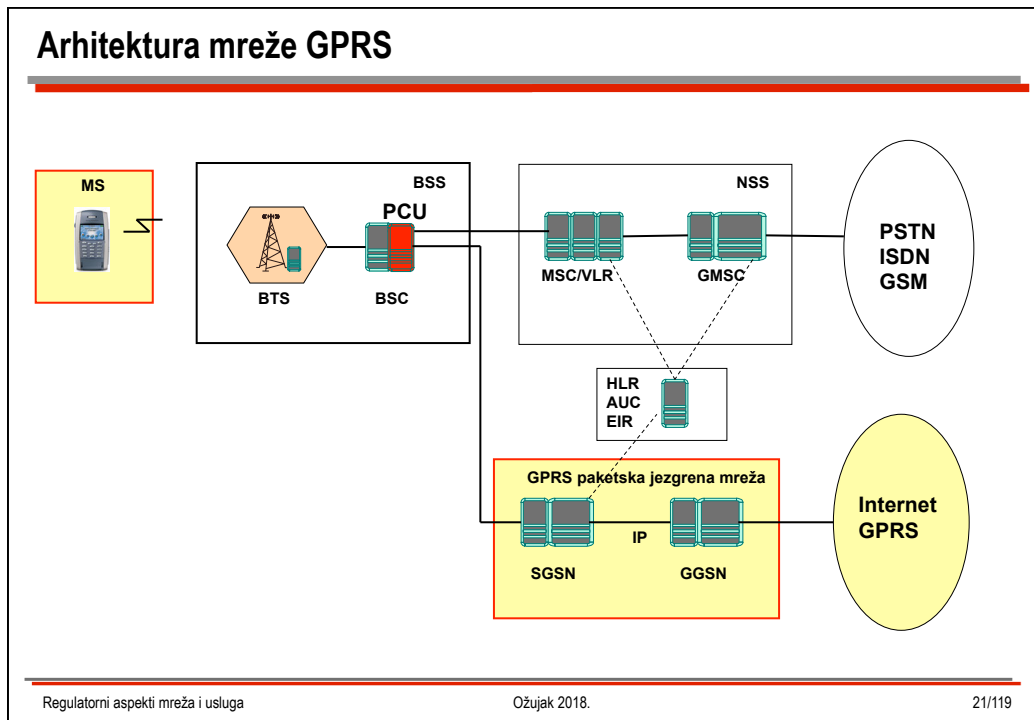
*General Packet Radio Service, GPRS*

- ◆ Proširenje GSM-a s **komutacijom paketa**
- ◆ Korištenje do 8 kanala iste frekvencije po jednom korisniku
- ◆ Male promjene u pristupnoj mreži
  - BSC se proširuje s **paketskom kontrolnom jedinicom** (*Packet Control Unit, PCU*)
  - PCU se povezuje s paketskim dijelom mreže protokolom IP
- ◆ Brzina prijenosa podataka do 115,2 kbit/s
- ◆ Naplata po količini prometa

## GPRS čvorovi

---

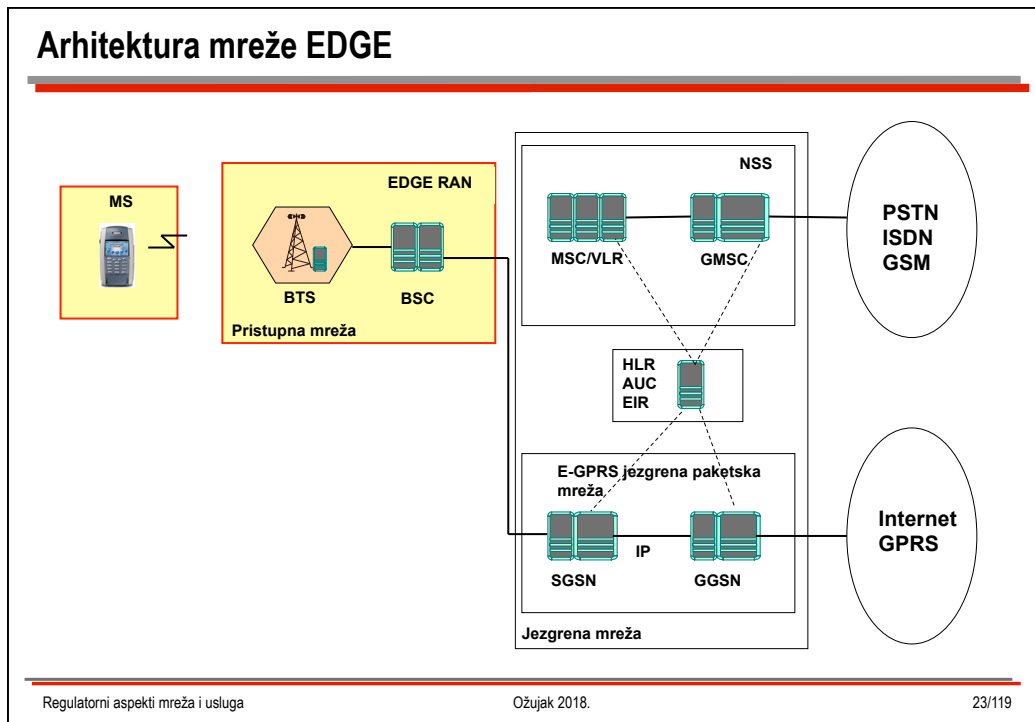
- ◆ **Uslužni GPRS potporni čvor** (*Serving GPRS Support Node, SGSN*)
  - Poslužuje korisnika
- ◆ **Prilazni GPRS potporni čvor** (*Gateway GPRS Support Node, GGSN*)
  - Povezuje korisnika s drugim podatkovnim mrežama



### Sustav poboljšanih brzina prijenosa podataka

*Enhanced Data rates for Global Evolution, EDGE*

- ◆ Zahtijeva **veću promjenu radijskog dijela** pristupne mreže
  - Sustav baznih postaja E-RAN (EDGE Radio Access Network)
- ◆ Uvodi **promjenu modulacijskog postupka** u GSM mreži
  - Umjesto GMSK primjenjuje se 8PSK (8 Phase Shift Keying)
  - Umjesto 14,4 kbit/s dobiva se 48 kbit/s po jednom kanalu
  - Zauzimanje 8 kanala na istoj frekvenciji,  $48 \times 8 = 384 \text{ kbit/s}$
- ◆ Nedostatak
  - Poboljšanu brzinu prijenosa podataka **nije moguće postići unutar cijelog područja pokrivanja ćelije**



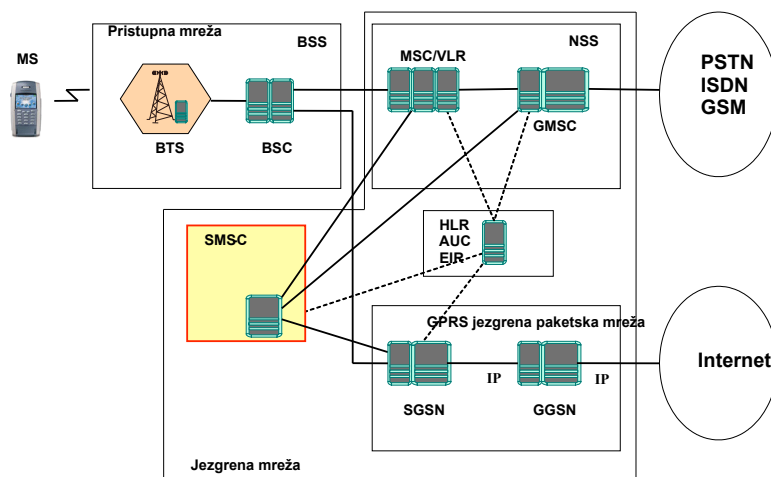
### Komunikacija porukama

- ◆ Usluga kratkih poruka (*Short Messaging Service, SMS*)
- ◆ Poboljšana usluga izmjene poruka (*Enhanced Messaging Service, EMS*)
- ◆ Usluga višemedijskih poruka (*Multimedia Messaging Service, MMS*)

## Usluga SMS

- ◆ Usluga kratkih poruka, SMS
- ◆ Uvodi se **posebni centar za uslugu kratkih poruka** (*Short Message Service Centre, SMS-C*)
  - Primanje i slanje SMS pruka od/prema pokretnoj postaji
  - Zadržava poruku dok ne dobije poruku o primitku ili dok ne istekne definirano vrijeme valjanosti poruke
- ◆ Duljina poruke je **160 znakova**, uz mogućnost ulančavanja
- ◆ EMS proširuje sadržaj poruke
  - Uz tekst, točkaste slike i kratke melodije

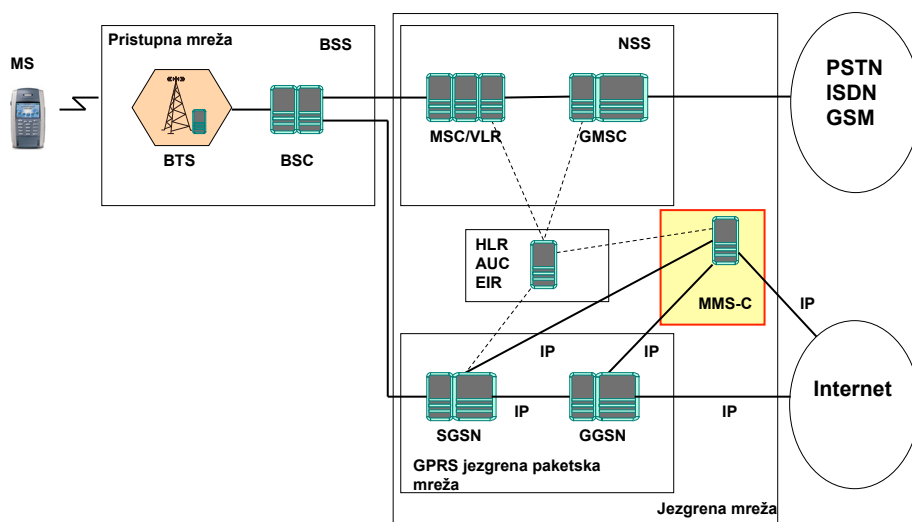
## Arhitektura za podršku usluge SMS



## Usluga MMS

- ◆ Usluga razmjene poruka bogatog sadržaja
  - Zahtijeva veće brzine prijenosa podataka
  - Formatirani tekst, crtež, slika u boji, animacija, audio i video sadržaji
- ◆ Uvodi se **centar za izmjenu višemedijskih poruka** (*Multimedia Messaging Service Center, MMS-C*)

## Arhitektura za podršku usluge MMS



## 3G: Opći pokretni telekomunikacijski sustav

### Universal Mobile Telecommunication System, UMTS

- ◆ Nova radijska pristupna mreža
- ◆ Omogućava
  - Prihvatljiva brzina prijenosa, osobna pokretljivost uz prijenos govora, podataka i multimedije
  - do 144 kbit/s u svim uvjetima, do 384 kbit/s na otvorenom prostoru, do 2 Mbit/s u zatvorenom prostoru
  - komutacija kanala i paketa
  - simetrični i asimetrični prijenos
  - kvaliteta govora usporediva s onom u fiksnoj mreži
  - više istodobnih usluga
  - integracija s fiksnom mrežom
  - koegzistencija s 2. generacijom (GSM)
    - prebacivanje poziva između GSM-a u UMTS-a
  - brzi pristup Internetu u pokretu

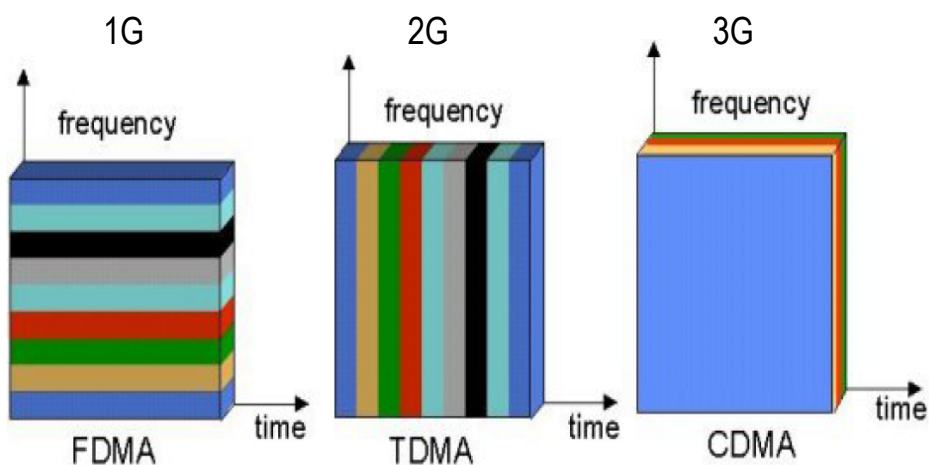
## UMTS zemaljski radijski pristup

- ◆ Uvodi se novi zemaljski radijski pristup (UMTS Terrestrial Radio Access, UTRA)
  - Višestruki pristup u kodnoj podjeli (Code Division Multiple Access, CDMA)
  - Veći kapacitet i bolja pokrivenost
  - Mogućnost varijabilne brzine prijenosa
  - Prikkladnost za paketski i kanalski prijenos
  - Višestruke istodobne usluge u jednom terminalu
  - Hijerarhijsko strukturiranje ćelija
- ◆ Radijski mrežni podsustav, (Radio Network Subsystem, RNS)
  - Osnovni element UMTS zemaljske radijske pristupne mreže (UMTS Terrestrial Radio Access Network, UTRAN), sadrži:
    - Upravljač radijske mreže (Radio Network Controller, RNC)
    - Čvor B s radijskim primopredajnim dijelom (Node B)
      - Pokriva više ćelija (3-6)

## Višestruki pristup u kodnoj podjeli

- ◆ Korisnici dijele isti frekvencijski spektar u isto vrijeme, a razlikuju se po dodijeljenim kodovima
- ◆ Svakoj MS dodjeljuje se jednoznačni kod (Chip Sequence)
- ◆ “1” u prijenosu zamjenjuje se s **Chip sequence**, “0” s **komplementarnom Chip sequence**
- ◆ Modulacijska tehnika - *Quadrature Phase Shift Keying*, QPSK
- ◆ “Soft” handover – “meko” prebacivanje poziva
  - Nema prekida veze prilikom mijenjanja bazne stanice
  - Korisnik ima vezu sa više baznih stanica istovremeno

## Usporedba višestrukih pristupa



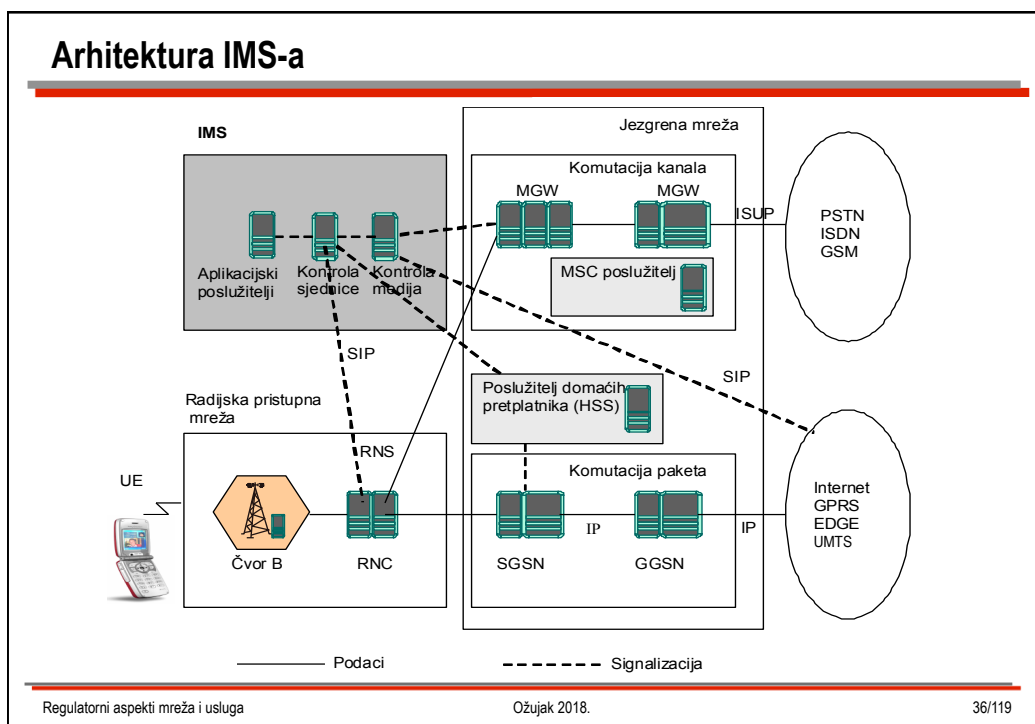
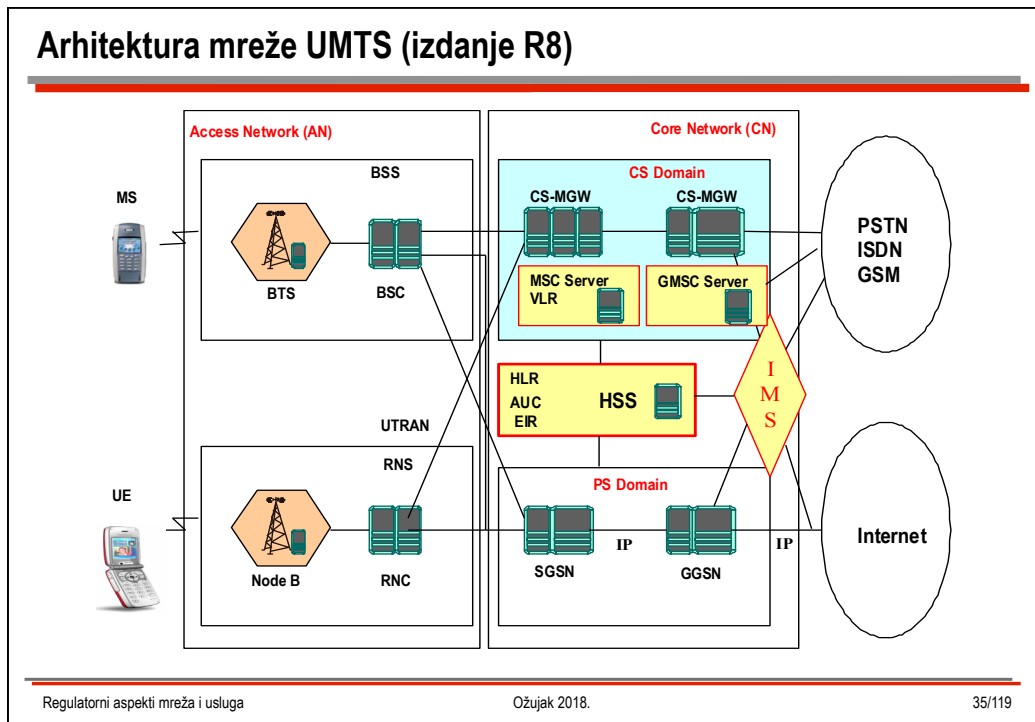
## Širokopojasni višestruki pristup u kodnoj podjeli

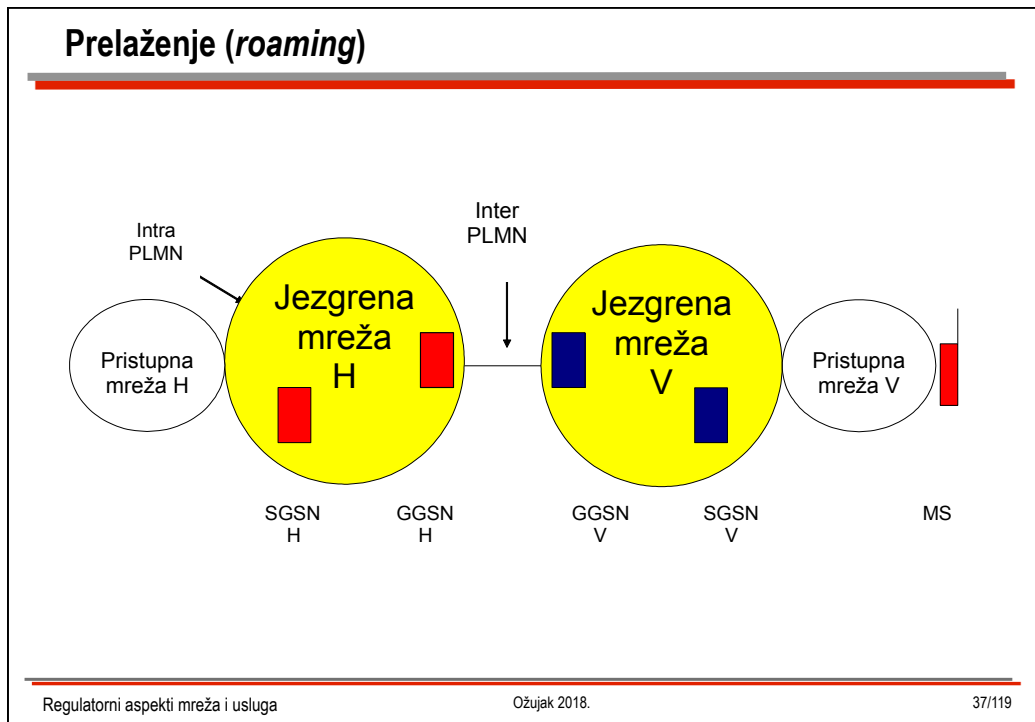
- ◆ WCDMA (*Wideband Code Division Multiple Access*) – širokopojasni višestruki pristup u kodnoj podjeli
- ◆ Širina frekvencijskog pojasa 5 MHz
- ◆ Prošireni frekvencijski spektar - raspršeni spektar (*Spread Spectrum*) -
  - Manja osjetljivost na uskopojasne interferencije i prigušenje
  - Nema fiksnog ograničenja kapaciteta (broja istovremenih korisnika)
  - Nedostatak
    - Povećanje razine interferencije od drugih pretplatnika

## Jezgrena mreža UMTS

### IP višemedijski sustav (*IP Multimedia Subsystem, IMS*)

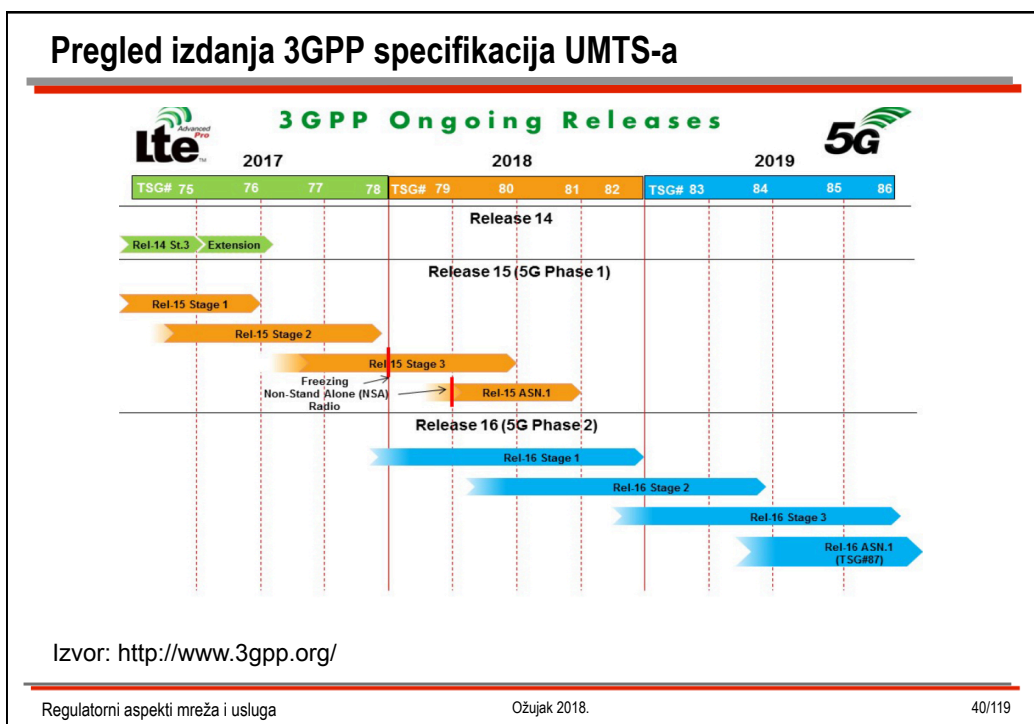
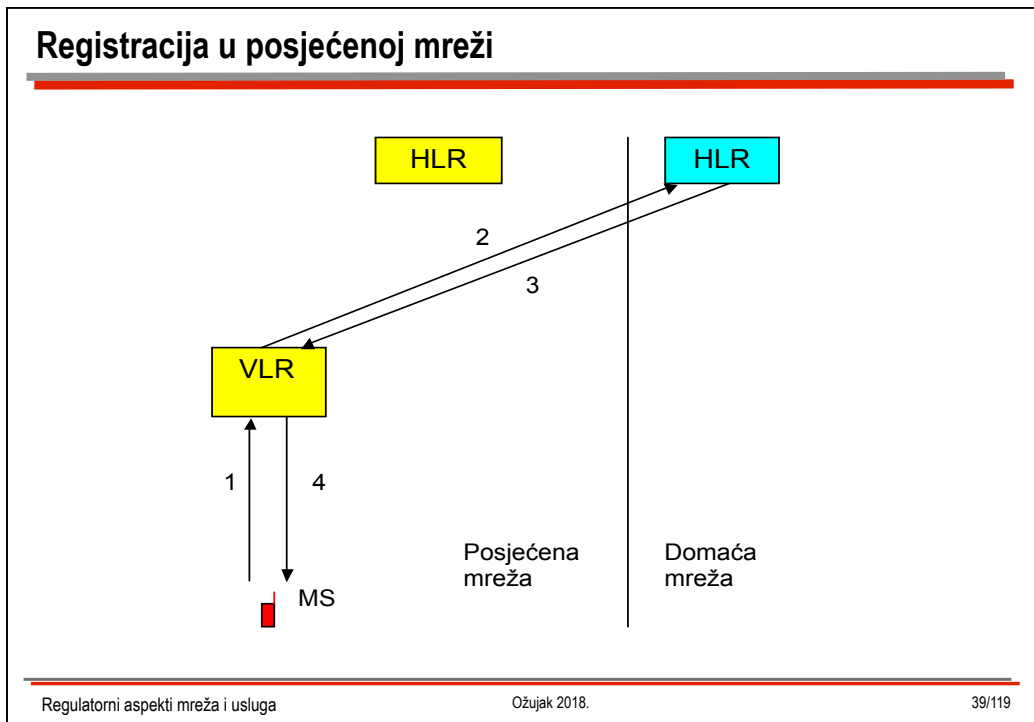
- ◆ Omogućuje preusmjerenje prometa
  - Komutacija kanala – Internet
  - Komutacija paket – PSTN, ISDN
  - Integracija pokretnih telekomunikacija s Internetom
  - Pružanje usluga u stvarnom vremenu
  - Višemedijske sjednice između više korisnika
- ◆ SIP (*Session Initiation Protocol*)
  - Upravlja višemedijskim pozivima
- ◆ Poslužiteljska arhitektura za komutaciju kanala (MSC poslužitelj)
- ◆ Poslužitelj domaćih korisnika (*Home Subscriber Server*)
- ◆ Medijski prilaz (*Media Gateway, MGW*)
  - Prilagodba medija





### Međunarodno prelaženje

- ◆ Optimizacija upravljanja pokretljivošću pri kretanju u posjećenoj mreži (*roaming*) da bi se smanjio signalizacijski promet između domaće i posjećene mreže
- ◆ Prenosivost usluga između različitih terminala i različitih mreža te njihova personalizacija, kako bi za korisnika usluga bila neovisna o trenutnoj pristupnoj točki



## Brzi paketski pristup

### High Speed Packet Access, HSPA (HSDPA/HSUPA)

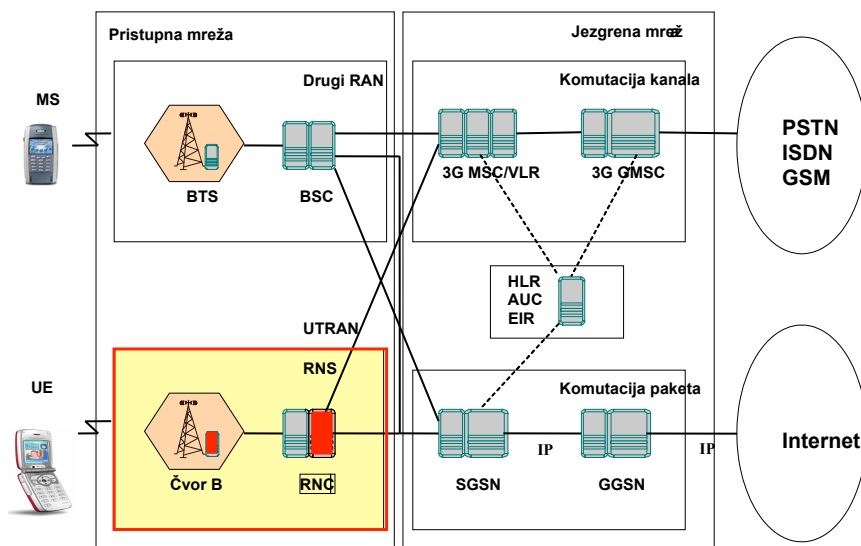
- ◆ Tehnologija brzog paketskog pristupa
  - Povećanje brzine prijenosa u dolaznom i odlaznom smjeru
- ◆ Unaprijeđuje UMTS radijsku pristupnu mrežu
- ◆ **Brzi paketski pristup u dolaznom smjeru, HSDPA**
  - Maksimalna brzina od 14,4 Mbit/s, u praksi do 7,2 Mbit/s
  - Nadogradnja WCDMA tehnologije, ne zahtijeva uvođenje novih čvorova
  - Samo hardverska i softverska nadogradnja RNS i čvora B
  - Osigurava se veći broj fizičkih kanala u pristupu
  - Uvodi se adaptivna modulacija i kodiranje (AMC - *Adaptive Modulation and Coding*)
  - Najbolja modulacijska tehnika i kodirajuća shema za zadane uvjete u kanalu
  - Dinamička promjena kapaciteta dodijeljenih korisnicima na temelju trenutnih uvjeta u mreži
  - Korisnicima koji se nalaze u području s boljim uvjetima doznačuje se veći kapacitet
- ◆ **Brzi paketski pristup u odlaznom smjeru, HSUPA (High Speed Uplink Packet Access)**

Regulatorni aspekti mreža i usluga

Ožujak 2018.

41/119

## Nadogradnja UMTS mreže za podršku HSDPA



Regulatorni aspekti mreža i usluga

Ožujak 2018.

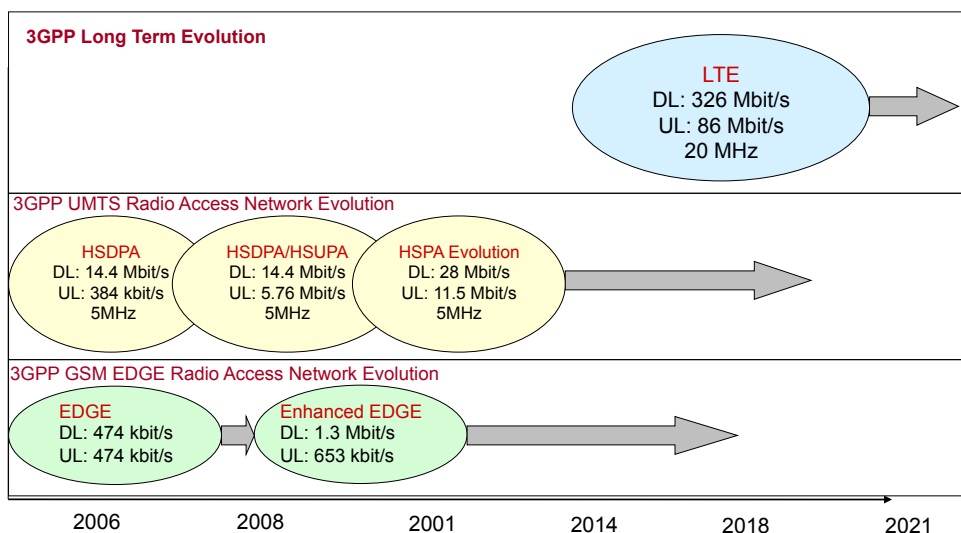
42/119

## Evolucija brzog paketskog pristupa

### High Speed Packet Access Evolution, HSPA+

- ◆ Nadogradnja tehnologije brzog paketskog pristupa HSPA
  - Pokretni širokopolasni pristup Internetu
  - Pобољшanje radijskih performansi tehnologije HSPA
  - Optimizacijski postupci za dodatno smanjenje kašnjenja u prijenosu podataka te povećanja kapaciteta
  - Potpuno iskorištenje mogućnosti višestrukog pristupa WCDMA (5 MHz)
  - Dopušta paketski prijenos govora i podataka
  - Brzina prijenosa podataka do 42 Mbit/s te 11,5 Mbit/s (UL)
  - Prvi korak prema pristupnoj tehnologiji LTE te novoj jezgrenoj mreži SAE (System Architecture Evolution)
    - SAE podrazumijeva samo paketsku domenu (sve-IP) te podržava pokretljivost između različitih pristupnih mreža

## Od 3G prema 4G



## Dugoročna evolucija radijske pristupne mreže – 4G

### Long Term Evolution, LTE

- ◆ Nakon GSM-UMTS-HSPA sustava, nova generacija pokretnih mreža
- ◆ Viša razina kapaciteta i performansi mreže
- ◆ Brzina prijenosa podataka do **326 Mbit/s** (DL), **86 Mbit/s** (UL)
- ◆ Zahtjevi
  - Potpuna IP mreža, nema kanalske domene (samo komutacija paketa IP)
  - Više usluga, niže cijene, pojednostavljene arhitekture, otvorena sučelja
  - Podrška pokretljivosti između različitih pristupnih mreža (2G/3G, LTE, non-3GPP, prebacivanje poziva GPRS <-> E-UTRAN)
  - Fleksibilnije korištenje postojećeg frekvencijskog pojasa (5 - 20 MHz)
  - Implementacija između 2009. i 2012.
- ◆ Tehnologije:
  - **OFDMA** (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) (DL)
  - **SC-FDMA** (Single Carrier Frequency Division Multiple Access) (UL)
  - **MIMO** (Multiple-Input Multiple-Output) – višestruke antene, više paralelnih strujanja podataka prema pojedinom korisniku

## E-UTRAN

- ◆ Uključuje samo čvorove eNode B (eNB)
  - Upravljanje ćelijama
  - Upravljanje pokretljivošću, prekapčanje
  - Šifiranje
  - Upravljanje dijeljenim kanalom (protokol MAC)
  - segmentiranje i spajanje (protokol RLC)
  - Retransmisija (protokol HARQ)
  - Raspoređivanje korisnika za kanal (uz podršku QoS)
  - OFDM modulacija, kodiranje
  - Upravljanje radijskim resursima (protokol RRM)
  - Nadzor radijske mreže

## Jezgrena mreža EPC-SAE

### Evolved Packet Core, EPC System Architecture Evolution, SAE

- ◆ Podržava pristupnu mrežu E-UTRAN uz smanjenje broja mrežnih elemenata
- ◆ Pojednostavljenje funkcionalnosti
- ◆ Smanjenje kašnjenja
- ◆ Mogućnost povezivanja i prekapčanja (engl. *handover*) s fiksnim i ostalim bežičnim pristupnim tehnologijama.
- ◆ LTE i SAE zajedno čine evoluirani paketski sustav (engl. *Evolved Packet System, EPS*) koji predstavlja četvrtu generaciju pokretnih mreža (4G) i u potpunosti se temelji na protokolu IP.

## Upravljački čvor

### Entitet upravljanja pokretljivošću (engl. *Mobility Management Entity, MME*)

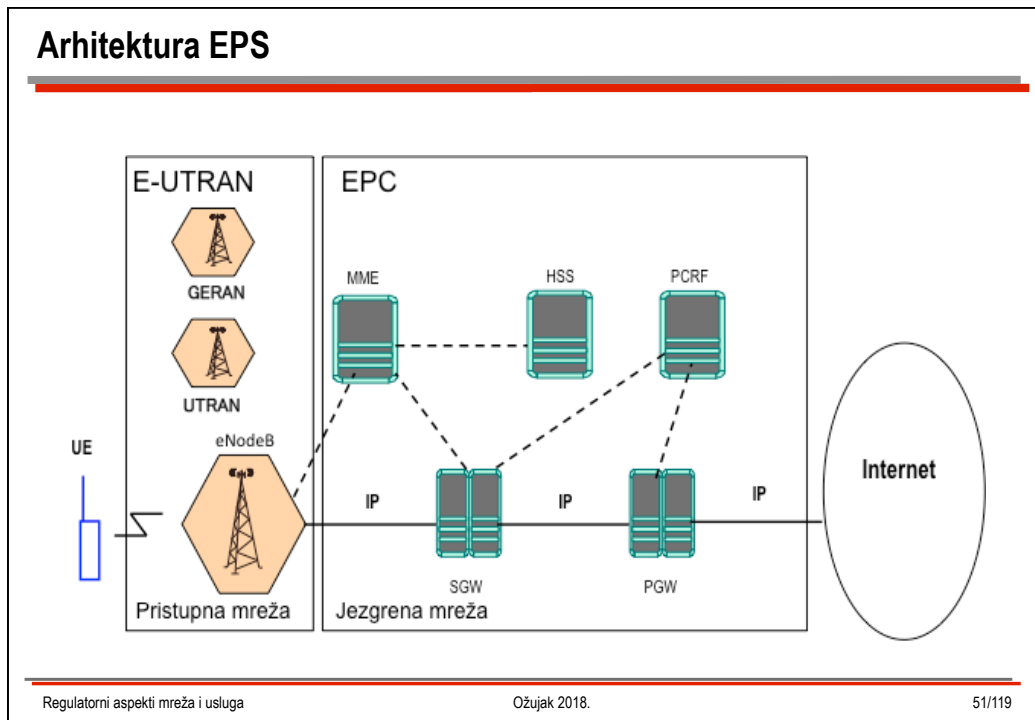
- ◆ Temeljni je čvor jezgrene mreže
- ◆ Brine o signalizacijskim porukama koje se izmjenjuju između UE i čvorova jezgrene mreže
- ◆ Nadležan je za velik broj čvorova eNodeB pristupnog dijela mreže
- ◆ Osnovne funkcionalnosti: sigurnost, autentifikacija, prekapčanje poziva, dodjela mrežnih resursa, upravljanje pristupom, sjednicom i vezom te upravljanje lokacijom terminala u mirovanju.

## Čvorovi prilaza

- ◆ **Uslužni prilazni čvor** (engl. *Serving Gateway*, S-GW) i
- ◆ **Paketski mrežni prilazni čvor** (engl. *Packet-Data Network Gateway*, PDN GW ili skraćeno P-GW).
  
- ◆ **Paketski mrežni prilazni čvor P-GW**
  - usmjerava podatke od jezgrenog dijela mreže prema ostalim paketskim mrežama,
  - predstavlja krajnju točku pokretne mreže te ostvaruje vezu s ostalim mrežama,
  - odgovoran je za dodjelu IP-adrese korisničkim uređajima, naplatu te za pružanje usluga s određenom kvalitetom (QoS).

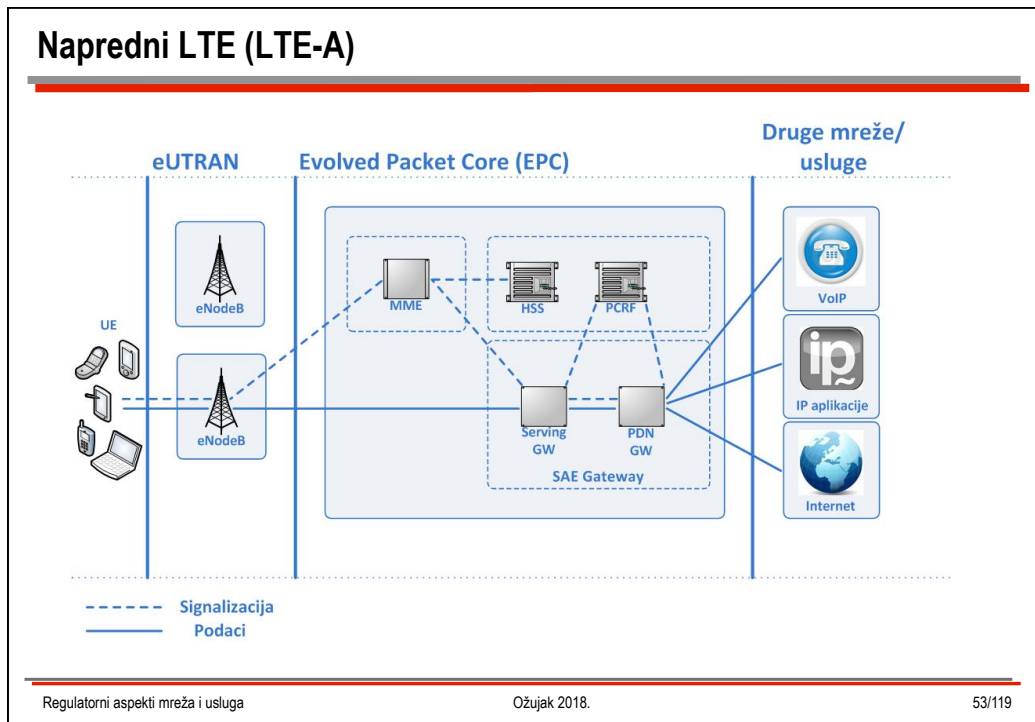
## Uslužni prilaz

- ◆ **Uslužni prilazni čvor S-GW**
  - tunelira podatke prema P-GW
  - prati kretanje korisničkog terminala između čvorova eNodeB pristupne mreže
  - sadrži ostale funkcije za upravljanje pokretljivošću
  - brine o uspostavi veze s korisnicima drugih mreža kao što su GPRS i UMTS.



### Ostali čvorovi jezgrene mreže

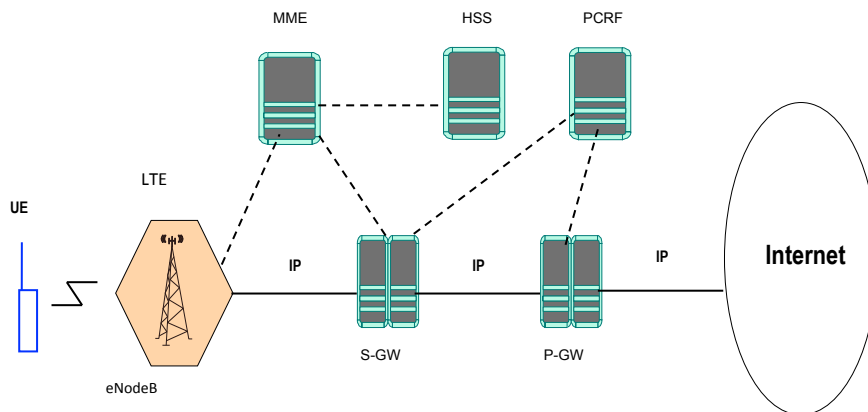
- ◆ **Poslužitelj domaćih pretplatnika (HSS)**
  - predstavlja bazu podataka koja sadrži podatke o pretplatnicima, njihovim profilima, uslugama, ograničenjima i ostalim parametrima bitnim za pružanje usluga
- ◆ **Čvor za upravljanje resursima i terećenjem** (engl. *Policy Control and Charging Rules Function, PCRF*)
  - terećenje, autorizacija, pružanje usluge s obzirom na pretplatnički profil, provođenje pravila operatora i sl.



### Pristup Internetu putem LTE/SAE

- ◆ U osnovi isto kao i kod mreže UMTS
- ◆ Prilikom uključivanja UE u mrežu, čvor MME kreira UE-kontekst u kojem su zapisane karakteristike veze i mogućnosti korisničkog terminala dobivene na temelju korisničkog profila preuzetog iz HSS-a
- ◆ Kreiranjem konteksta, korisničkom terminalu je dodijeljena IP-adresa
- ◆ Uspostavom veze na relaciji UE i P-GW, omogućen je pristup Internetu za ostvarivanje pokretnih internetskih usluga

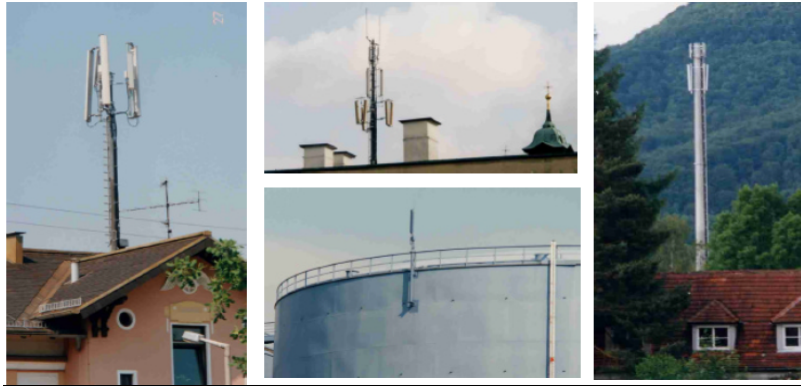
## Pristup Internetu putem LTE/SAE (2)



## Prijenos govora mrežom LTE

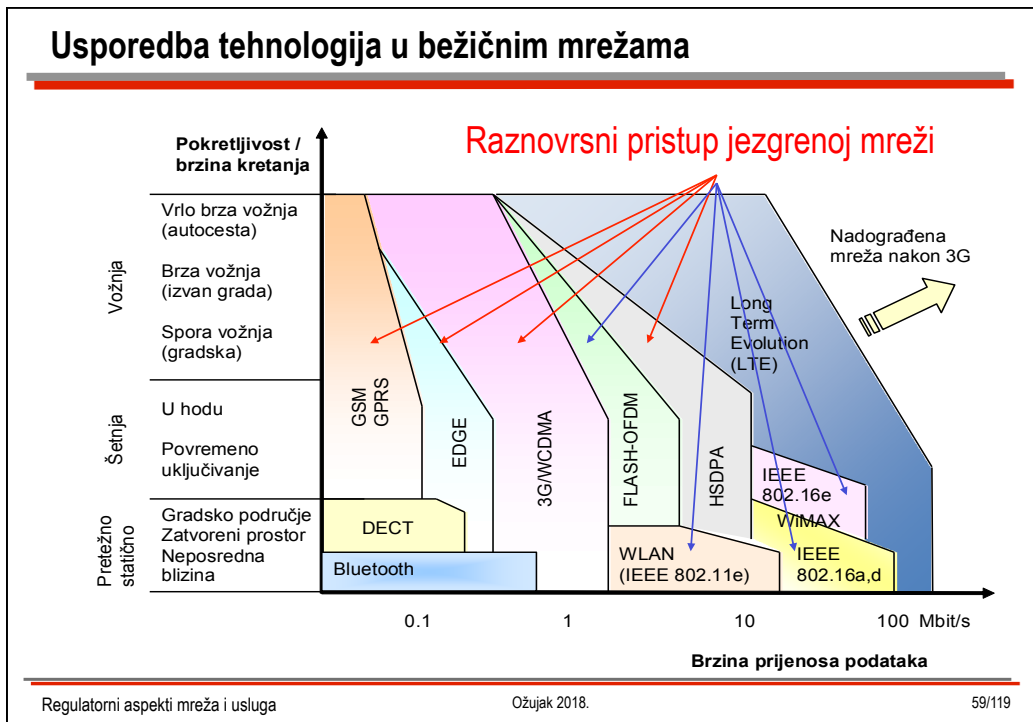
- ◆ Voice over LTE (VoLTE)
- ◆ Prijenos govora putem pokretne mreže temeljenoj na IP protokolu - VoIP (Voice over IP)
- ◆ Arhitektura se temelji na višemedijskom sustavu IP (IMS – IP Multimedia Subsystem)
- ◆ Problem: veliki broj signalizacijskih poruka kod prijenosa govora

## Bazne stanice (1)



## Bazne stanice (2)

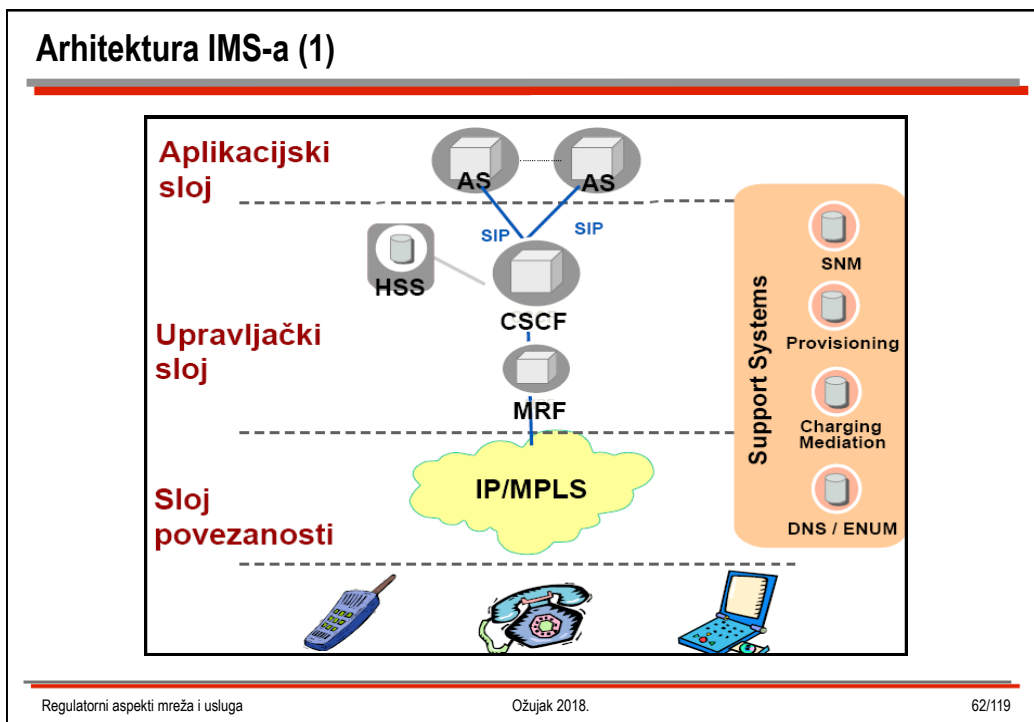
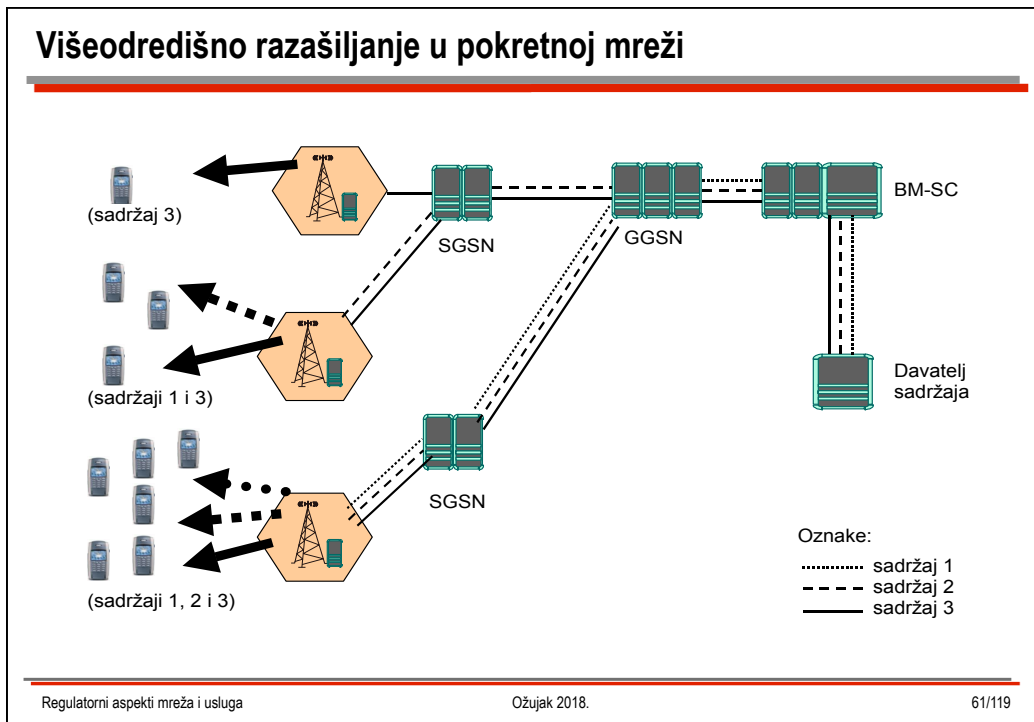




## Usluga pokretne televizije

### Mobile TV

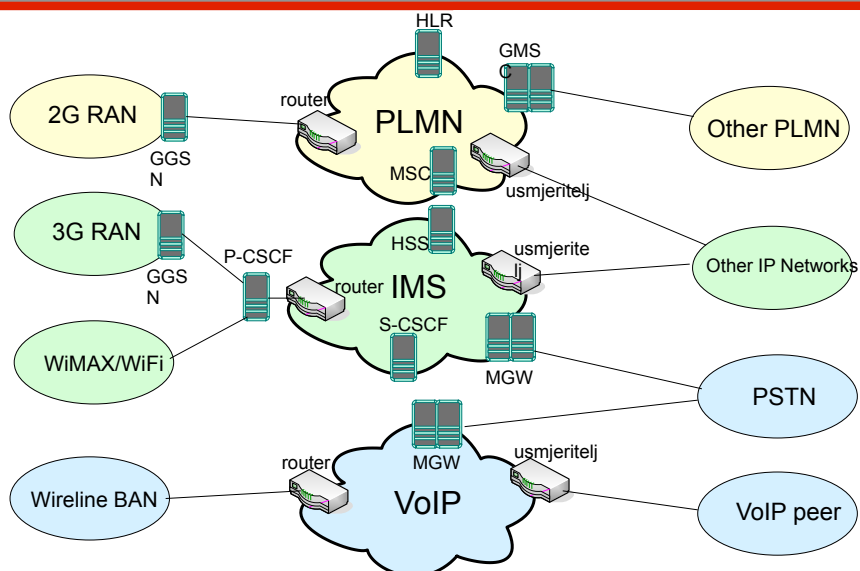
- ◆ Gledanje televizijskog programa na pokretnom terminalu
- ◆ Zahtijeva se velik broj simultanih konekcija, konekcija točka-više točaka
- ◆ **Pokretno višedređišno razašiljanje (broadcast, multicast)**
  - Pošiljalatelj odjednom adresira skupinu korisnika, pri čemu se sadržaj kojeg se šalje po potrebi uvišestručuje unutar mreže i tako pojedinačno dostavlja svakom od primatelja, **MBMS (Multimedia Broadcast and Multicast Service)**, **DVB-H (Digital Video Broadcasting – Handheld)**
- ◆ *Triple play* na pokretnom telefonu
  - Integrirani prijenos govora, videa i podataka
- ◆ Uvođenje **novog čvora u jezgreno mrežu**
  - **Centar za višedređišno razašiljanje, BM-SC (Broadcast and Multicast Service Center)**, pristupna mreža – softverska nadogradnja
- ◆ Zauzimanje mrežnih i radijskih resursa **ne ovisi o broju korisnika** koji traže uslugu već isključivo **ovisi o broju različitih sadržaja** koji se nude

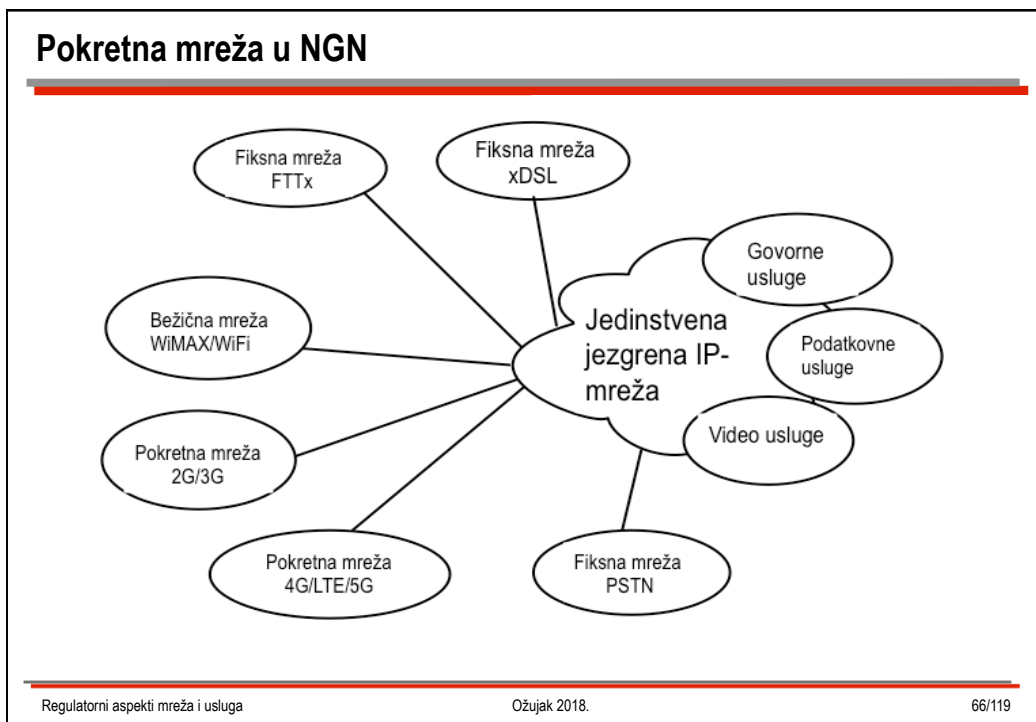
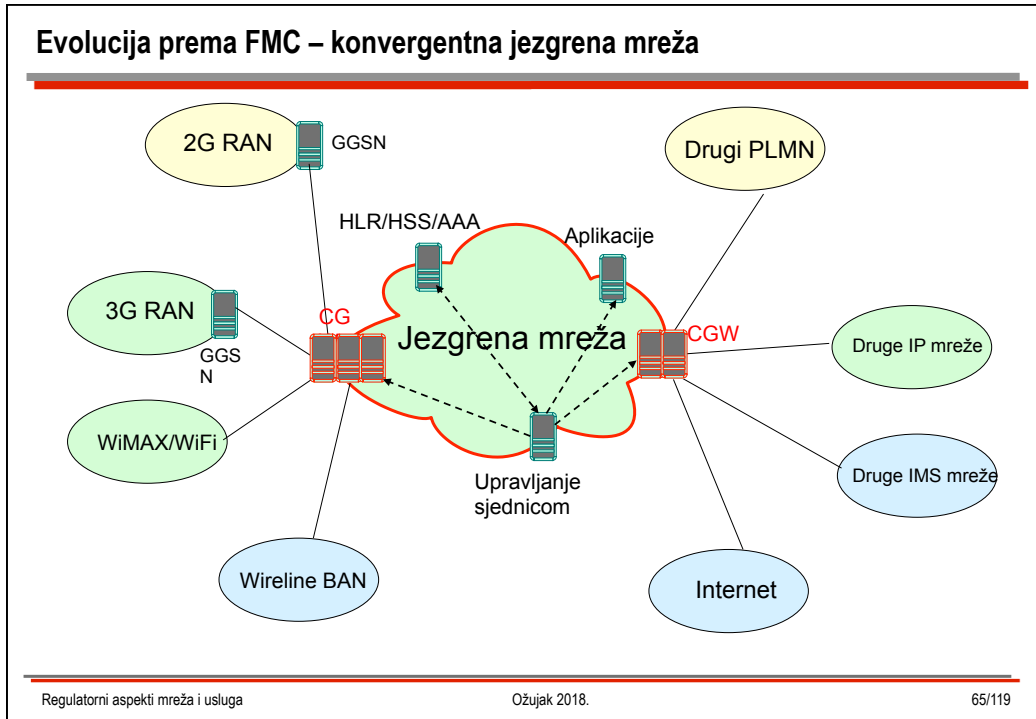


## Arhitektura IMS-a (2)

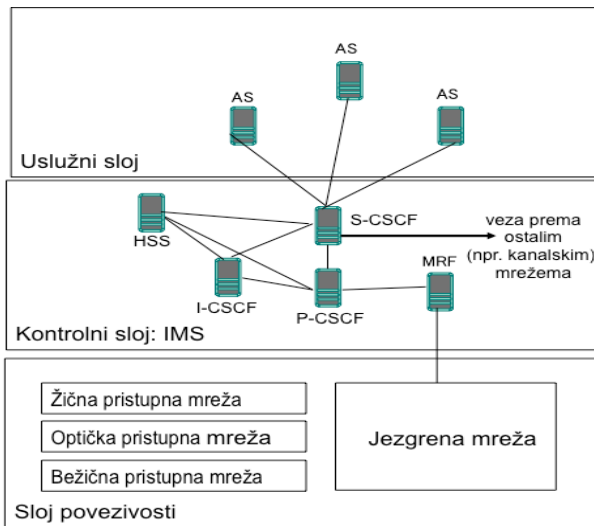
- ◆ Aplikacijski sloj
  - Odvaja sadržaj i usluge od povezivanja i pristupa
- ◆ Upravljački sloj
  - Zajednička IP temeljna struktura
- ◆ Sloj povezanosti
  - Veze prema različitim pristupnim mrežama

## Evolucija prema FMC (Fixed Mobile Convergence)





## Transformacija u NGN: uvođenje IMS-a

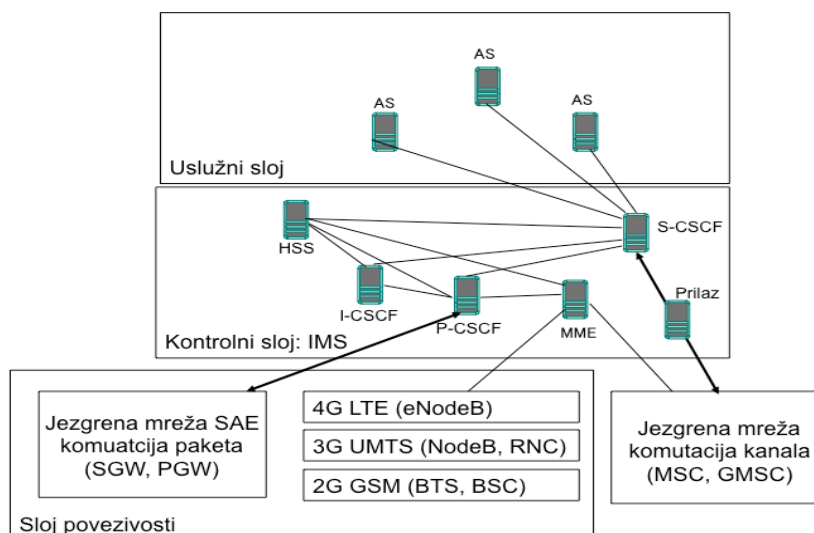


Otvorene platforme:  
aplikacijski  
(SIP) poslužitelji

Upravljanje  
sjednicom:  
protokol SIP

Jedinstvena mrežna  
tehnologija:  
protokol IP

## 4G LTE/SAE - NGN



## Pokretna mreža 5G



♦ Izvor: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/towards-5g>

## Zadaci

Istražiti ponudu usluga pokretnog Interneta u RH i napraviti usporedbu s ponudom u EU

Istražiti ponudu pokretnih aplikacija i uređaja na tržištu u EU i RH, primjeri usluga pokretnog višeodredišnog razasijanja, međupovezivanja pokretnih mreža te povezivanja s bežičnim mrežama

Istražiti rasprostranjenost pokretnog Interneta u Hrvatskoj. Usporedba s EU.

Istražiti uslugu pokretne televizije: tehnologija i tržište.



## Virtualni operator pokretne mreže

## Sadržaj

- ◆ Virtualni operator pokretne mreže
  - Uloga i međusobni odnosi na tržištu
  - Tipovi MVNO-a
  - Pokretni virtualni mrežni omogućitelji, MVNE

## Virtualni operator pokretne mreže

### *Mobile Virtual Network Operator, MVNO*

- ◆ Nudi pokretne usluge korisnicima
  - **Ne posjeduje koncesiju frekvencijskog spektra**
  - Ne posjeduje vlastitu infrastrukturu,
  - Mrežnim operatorima koji posjeduju koncesiju plaća korištenje njihove pokretne mreže
  
- ◆ Otkupljuje “impulse” od operatora “na veliko” te ih preprodaje svojim korisnicima

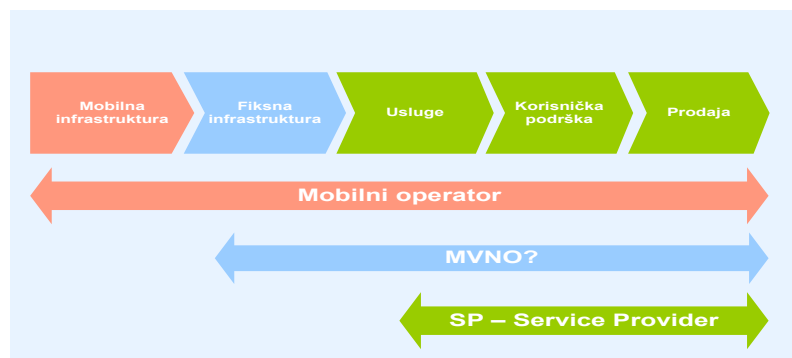
## Prednosti i nedostaci

- ◆ **Prednosti**
  - Minimalno ulaganje
    - Nema vlastitu infrastrukturu
  - Konkurentnost
  
- ◆ **Nedostaci**
  - Vežanost za mrežnog operatora

### Odnos pokretnog operatora, MVNO-a, davatelja usluge

◆ **Davatelj usluge** (*service provider*)

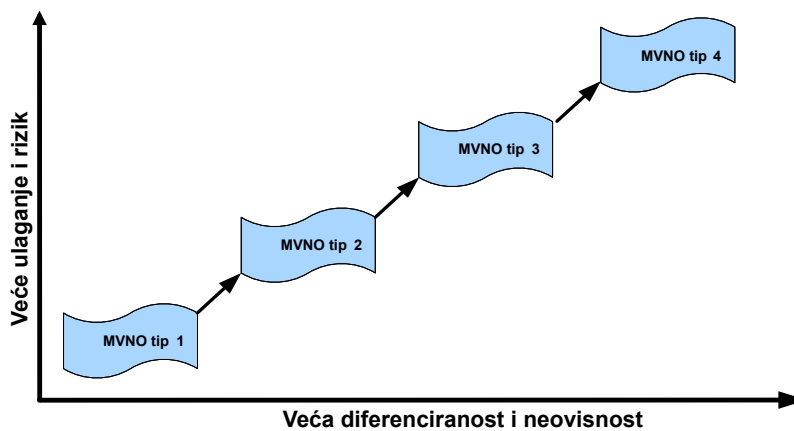
- Nudi određene usluge,
- nema mrežnu infrastrukturu,
- posjeduje potrebnu opremu (poslužitelje).



### Ovisnost MVNO-a o pokretnom operatoru

◆ **Kategorije MVNO-a**

- 4 tipa MVNO operatora (1 – 4, prema rastućoj neovisnosti)
- Veći trošak ulaganja – manja ovisnost



## Tipovi MVNO-a

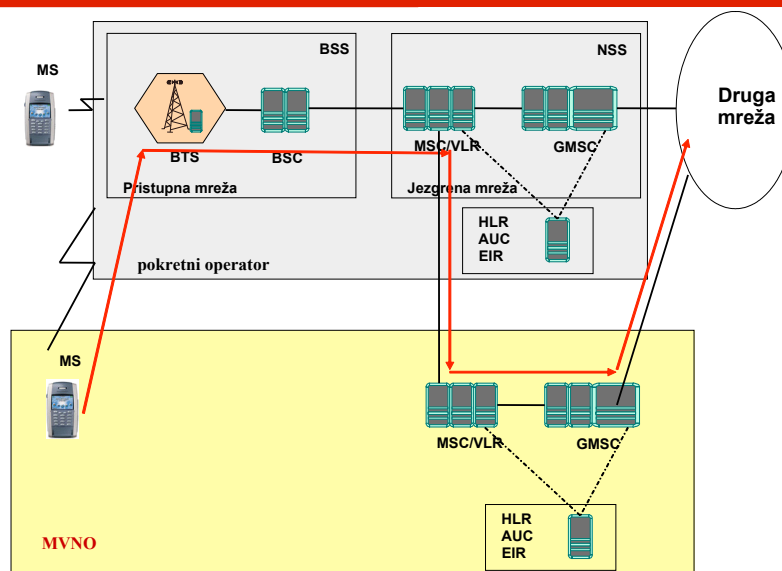
- ◆ **MVNO tip 1**
  - U potpunosti preuzima mrežnu infrastrukturu od svog operatora
  - Pruža osnovne usluge, nizak trošak ulaganja, mali rizik poslovanja
- ◆ **MVNO tip 2**
  - Posjeduje određene čvorove pokretne mreže (HLR)
  - Vlastite SIM kartice za korisnike, nudi neke dodatne usluge
- ◆ **MVNO tip 3**
  - Posjeduje djelomično vlastitu infrastrukturu (HLR, MSC)
  - Nudi niz dodatnih naprednih usluga
  - Vlastita podrška za inteligentnu mrežu, vlastite usluge
- ◆ **MVNO tip 4**
  - Posjeduje vlastitu infrastrukturu (HLR, MSC, GMSC)
  - Podržava vlastito usmjeravanje prometa (vlastiti GMSC)

Regulatorni aspekti mreža i usluga

Ožujak 2018.

77/119

## Prometni tokovi - pokr. operator i MVNO-a tip 4



Regulatorni aspekti mreža i usluga

Ožujak 2018.

78/119

## Primjeri MVNO-a

---

### ◆ **Automobilska tvrtka**

- Pokretni terminali u automobilima
- Kupnjom automobila pridobiva korisnike
- Nudi određene usluge zanimljive u automobilu tijekom vožnje
- Povoljnija cijena

### ◆ **Aviokompanija**

- U svojim prostorima povoljnije nudi svoje usluge

## Primjeri suradnje

---

- ◆ Virgin Mobile – T- Mobile (UK)
  - Osnovan 1999. g., više od 4 milijuna pretplatnika
- ◆ Carphone - Tesco Mobile (UK)
- ◆ mBank (Poljska) – virtualna banka
  - mBank mobile - MVNO
- ◆ Telmore (Danska)
  - Osnovan 2000.g., 600.000 pretplatnika
- ...
- ◆ **HR – 5 MVNO-a**
  - T-mobile: Multiplus Card
- ◆ **HR MVNE: -**

## Virtualni operator pokretne infrastrukture

---

### *Mobile Virtual Network Enabler, MVNE*

- ◆ Nema izravan kontakt s korisnicima
- ◆ **Nudi tehničku infrastrukturu** (HLR, SMS-C, MMS-C, SGSN, GGSN)
- ◆ Usluge naplate
- ◆ Administracija
- ◆ Podrška za bazne postaje
- ◆ Niz pokretnih usluga

## Zadaci

---

MVNO i MVNE u Republici Hrvatskoj.

Primjeri MVNO i MVNE povezivanja.

Istražiti vrste usluga MVNO i MVNE. Usporedba s EU.

Istražiti tržišne udjele MVNO i MVNE. Usporedba s EU.

## Komunikacija strojeva (Machine-to-Machine communication, M2M)

### M2M

*Machine-to-Machine, M2M*

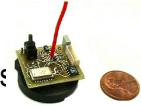
*Machine Type Communication, MTC*

- ◆ Sustavi temeljeni na komunikaciji uređaja
  - bez, ili samo s ograničenom intervencijom čovjeka
  - jednostavni i/ili pametni (engl. *smart*) uređaji
  - komunikacija se ostvaruje različitim mrežnim tehnologijama

## Machine-to-Machine

### ◆ Machine-to-Machine

- senzori (mjerenje protoka vode, temperature,...), pametna os
- aktuatori, ugrađeni procesori,...



### ◆ Machine-to-Machine

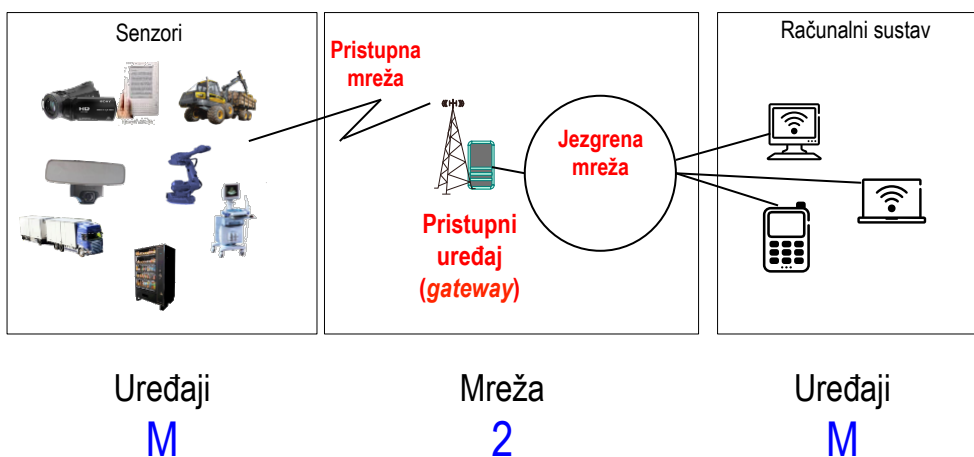
- mreža koja omogućava komunikaciju krajnjih uređaja
- pristupna mreža (bežična, radijska, žična)
- jezgrena mreža
- pristupni uređaj (engl. gateway)

### ◆ Machine-to-Machine

- računalni sustav koji upravlja drugim uređajima
- računala i pokretni uređaji koji prikazuju informacije



## M2M



## Mreža (1)

---

### ◆ Pristupna mreža

- povezuje senzore i aktuatore
- bežična
  - kapilarna mreža/kratki domet
  - WLAN, WiMAX, WiFi, ZigBee, IEEE 802.11,...
- pokretna mreža
  - 2G (GSM, GPRS, EDGE)
  - 3G (UMTS, HSPA)
  - 4G (LTE), LTE-M, NB-IoT
- žična
  - fiksna mreža, xDSL, parica, optika

## Mreža (2)

---

### ◆ Jezgrena mreža

- povezuje računalni sustav
- internetska mreža
- *backhaul* mreža

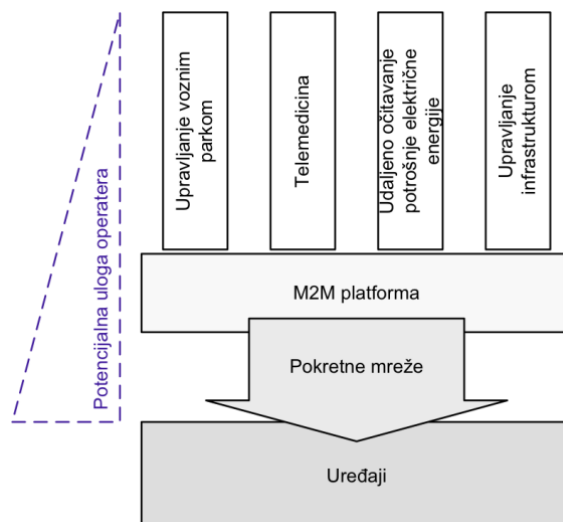
### ◆ Pristupni uređaj (engl. gateway)

- povezuje pristupnu i jezgrenu mrežu
- NAT, sigurnost
- (de)fragmentacija IP-paketa,...

## LTE-M i NB-IoT

- ◆ 3GPP standardi optimizirani za IoT (komunikaciju uređaja)
  - Jednostavnost
  - Niska cijena
  - Niska potrošnja energije
  - Pokrivenost do 11 km
  - Brzina od 150 kbit/s do 1 Mbit/s
- ◆ LTE-M
- ◆ NB-IoT

## Uloga operatora (pokretne) mreže



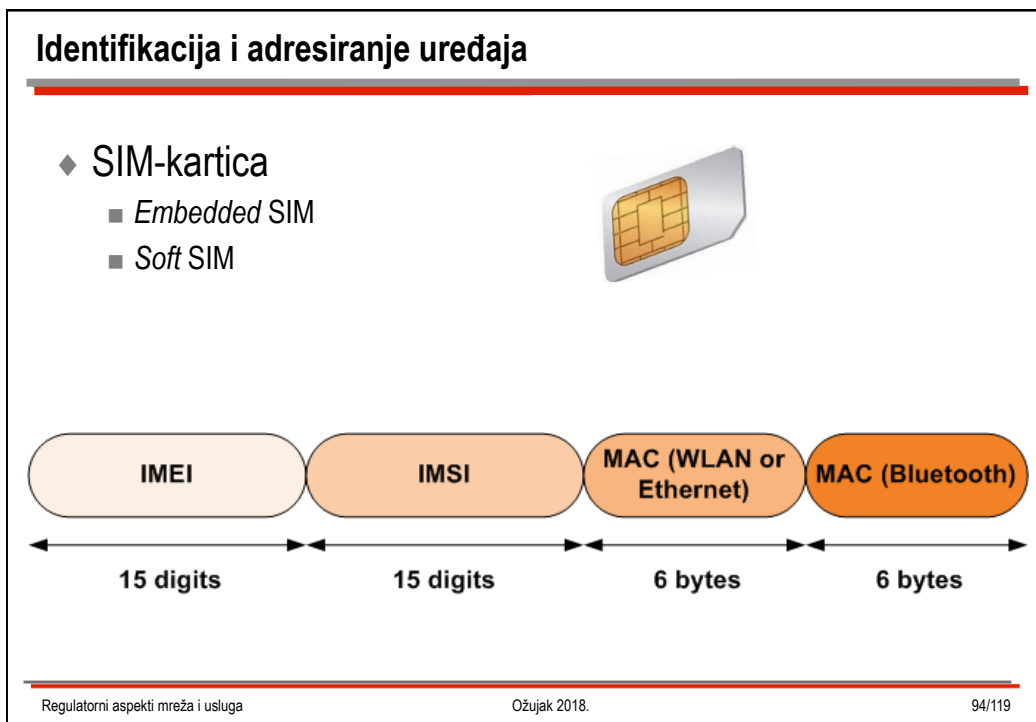
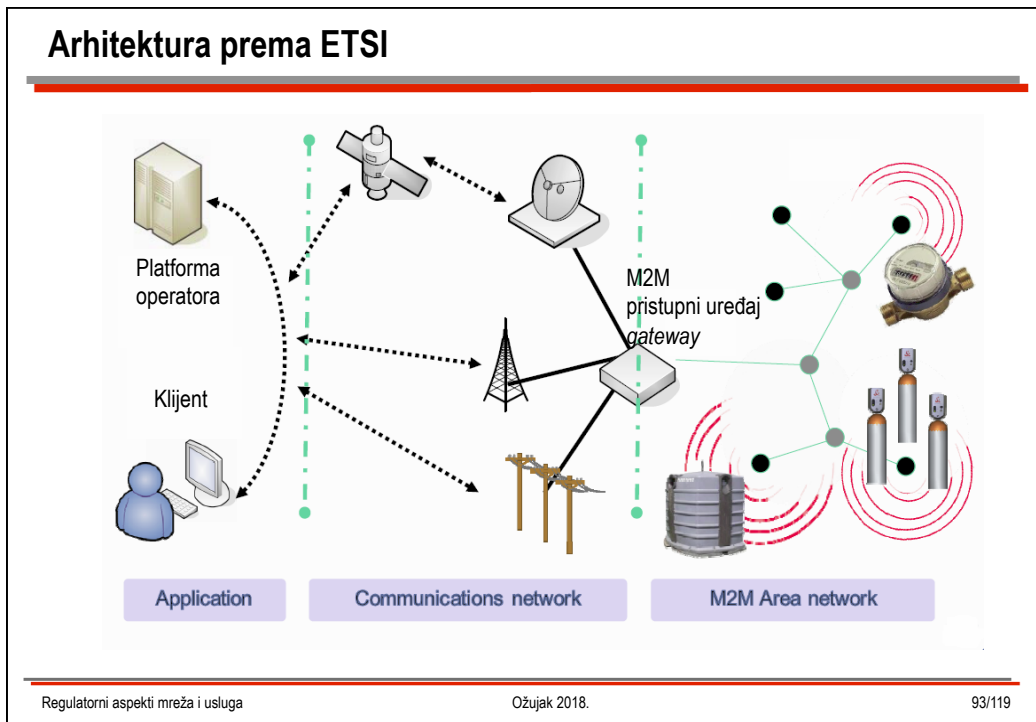
## Standardizacija

- ◆ 3rd Generation Partnership Project (3GPP)
  - definira specifikaciju za pokretnu mrežu 3G
  - 3GPP koristi naziv "Machine Type Communication" (MTC)
  
- ◆ The European Telecommunications Standards Institute (ETSI)
  - zadužen za standarde fiksne, mobilne, radio, i *konvergirane* internetske tehnologije
  - ETSI Technical Committee – razvija standarde za M2M-komunikaciju
  - povezani su s ostalim standardizacijskim tijelima (BBF, 3GPP, OMA, ZigBee, ...)

## Globalna inicijativa – OneM2M

- ◆ Association of Radio Industries and Businesses (ARIB)
- ◆ Telecommunication Technology Committee (TTC) of Japan
- ◆ Alliance for Telecommunications Industry Solutions (ATIS)
- ◆ Telecommunications Industry Association (TIA) of the USA
- ◆ China Communications Standards Association (CCSA)
- ◆ European Telecommunications Standards Institute (ETSI)
- ◆ Telecommunications Technology Association (TTA) of Korea
  
- ◆ Globalna inicijativa **OneM2M**
  - ◆ pokrenuta 2012.





## Istraživački i poslovni potencijali

- ◆ Veliki broj i rast povezanih uređaja i stvari (*Internet of Things, IoT*)
- ◆ 70 milijardi povezanih uređaja do 2020. (Ericsson)
- ◆ Velika količina podataka (engl. *big data*)
- ◆ Računarstvo u oblaku (engl. *cloud computing*)
- ◆ Pametne mreže (engl. *smart network*)
  - ◆ Redefinirati mrežne kapacitete
  - ◆ Optimizirati resurse
- ◆ Pametne usluge (engl. *smart services*)

## Primjeri usluga (1)

- ◆ Pametne komunalne usluge
  - pametno mjerenje (engl. *smart metering*), pametna energetska mreža (engl. *smart grid*), pametni grad (engl. *smart city*)
- ◆ Pametno parkiranje
  - rezervacija parkirališnog mjesta
  - dostupnost u stvarnom vremenu
  - sustav pametnog parkiranja temeljen na osjetilima
- ◆ Pametna poljoprivreda
  - osjetila koja detektiraju svojstva zemlje
    - vlažnost, temperatura, zrelost plodova, ...

## Primjeri usluga (2)

- ◆ Pametni nadzor
  - aplikacije nadzora, alarmi praćenje objekata/ljudi
- ◆ Pametni transport
  - upravljanje flotom, kontrola emisije plinova, naplata cestarina, sigurnost cesti, pametni grad
- ◆ Pametno zdravstvo
  - udaljeno praćenje pacijenata, pokretno zdravstvo, telemedicina
  - zdravlje i kondicijske aplikacije
- ◆ Pametno upravljanje zgradama
  - informatizacija i automatizacija kuće/zgrade/kampusu
  - povezani potrošači/pametne kuće

## Regulatorna pitanja

- ◆ Interoperabilnost platformi M2M
- ◆ Trajno prelaženje između mreža (engl. *permanent roaming*)
- ◆ Numeriranje (engl. *numbering*)
  - ◆ poseban raspon brojeva namijenjen korištenju isključivo za pružanje M2M-usluga
- ◆ Suverenitet nad podacima (engl. *data sovereignty*)
  - ◆ način upravljanja podacima
- ◆ Licenciranje spektra (engl. *spectrum licensing*)
  - ◆ moguća rješenja: spektar „white space“, UHF
- ◆ Registracija uređaja
  - ◆ nova generacija SIM-kartica

## Literatura

- J. Brown: "Machine-2-Machine, Internet of Things, Real World Internet", 2011.
- D. Boswarthick, O. Elloumi, O. Hersent: "M2M Communications: A Systems Approach", Wiley, 2012.
- "M2M: Growth Opportunities for MNOs in developed Markets (Sample Pages)", Mobile Market Development Ltd., 2010.
- V. Galetić, I. Bojić, M. Kušek, G. Ježić, S. Dešić, D. Huljениć: "Basic principles of Machine-to-Machine communications and its impact on telecommunication industry" *MIPRO 2011*, pp. 380-385, 2011.
- "Machine to Machine Communications", <http://www.etsi.org/website/technologies/m2m.aspx>
- "M2M goes global: OneM2M", <http://open.actility.com/node/104>, 2012.
- ETSI Technical Report 102 691: "Smart Metering Use Cases", v1.1.1, 2010.
- [OneM2M Use cases collection, Technical Report, 2013.
- "Machine to Machine Communications", <http://www.etsi.org/website/technologies/m2m.aspx>
- Katušić, D.; Ježić, G.; Marčev, A.; Vulas, R., Machine-to-Machine: Emerging Market and Consequences on Existing Regulatory Framework, Proceedings The 3rd Workshop on Electronic Communications Regulatory Challenges in the Electronic Communications Market, ConTEL 2013, 317-324, 2013.

## Literatura

- Definition of a Research and Innovation Policy Leveraging Cloud Computing and IoT Combination, Final report, A study prepared for the European Commission, DG Communications Networks, Content & Technology, 2015.
- Danova, "Chart of the Day: The Unstoppable Rise Of Over-The-Top Mobile Messaging," Business Insider, 2013.
- L. Rodrigo Diehl, "The future role of telcos in ICT market," McKinsey, 2015.
- Matijašević, M.; Ježić, G., Pitanje mrežne neutralnosti: tehnički osvrt i aktualno stanje u SAD, EU i Hrvatskoj, 7th IEEE International Symposium on Information and Communication Technologies - INTSIKT 2011, 2011.
- Jukić, Z.; Weber, M.; Švedek, V.; Vuković, M.; Katušić, D.; Ježić, G., Technical aspects of network neutrality, Proceedings of the 11th International Conference on Telecommunications (ConTEL 2011), Graz University of Technology, 405-410, 2011.

## Tržište pokretnih mreža i usluga

### Pokazatelji rasprostranjenosti mreža i usluga (1)

- ◆ Telekomunikacijski pokazatelji (metodologija ITU-T)
  - Broj pretplanika ćelijske mreže
  - Omjer na 100 stanovnika (gustoća)
  - Postotak digitalnih korisnika
  - Broj pretplatnika s plaćanjem unaprijed (*prepaid*)
  - Prekrivenost stanovništva signalom
  - Postotak pokretnih u odnosu na ukupni broj telefonskih pretplatnika (uključujući i fiksne i pokretne mreže)

## Pokazatelji rasprostranjenosti mreža i usluga (2)

### ◆ Mreža 4G

- Najrasprostranjenija pokretna mreža (2016.)
  - prosječna pokrivenost 84% teritorija EU (2016.)
  - 96% kućanstva
  - pokrivenost ruralnih područja u porastu 80% (2016.), 36% (2015.)
  - HR 67% kućanstva (2016.)

### ◆ Govorna usluga

- Značajna uloga

### ◆ Podatkovne usluge

- U stalnom porastu

Regulatorni aspekti mreža i usluga

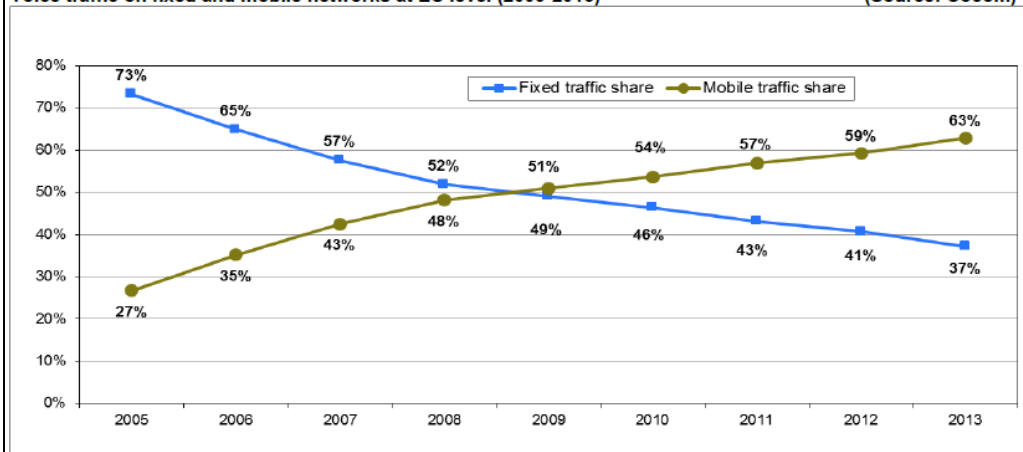
Ožujak 2018.

103/119

## Tržište pokretnih i fiksnih mreža

Voice traffic on fixed and mobile networks at EU level (2005-2013)

(Source: Cocom)

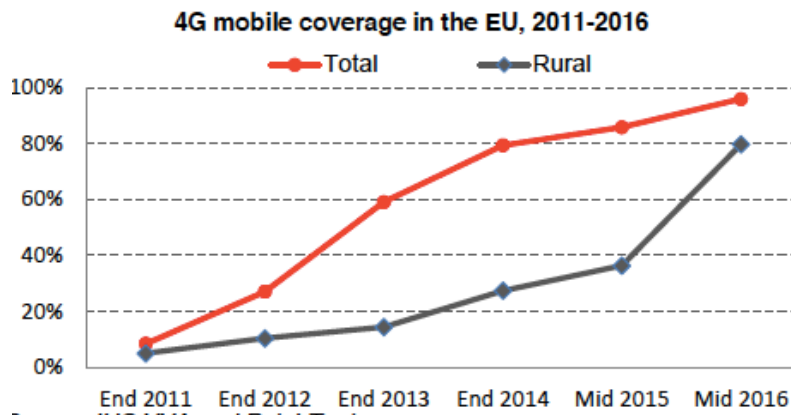


Regulatorni aspekti mreža i usluga

Ožujak 2018.

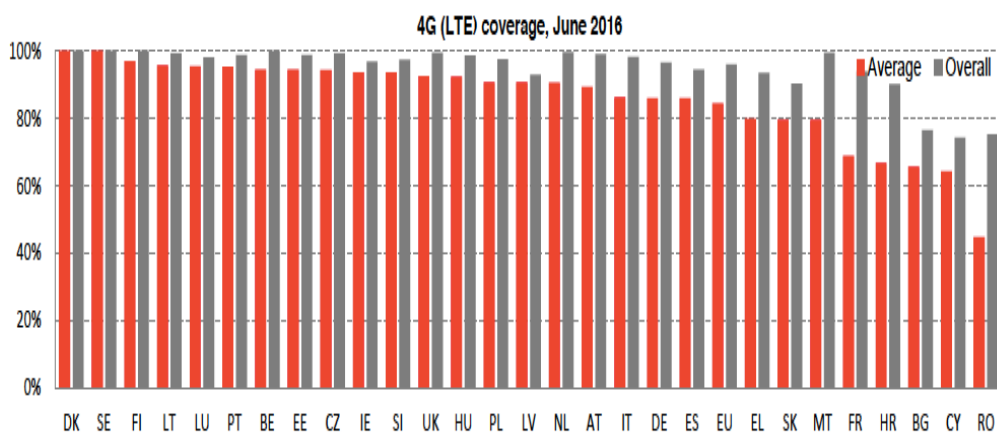
104/119

## Pokrivenost mrežom 4G



Izvor: Europe's Digital Progress Report 2017, <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/europes-digital-progress-report-2017>

## Pokrivenost mrežom 4G



Izvor: Europe's Digital Progress Report 2017, <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/europes-digital-progress-report-2017>

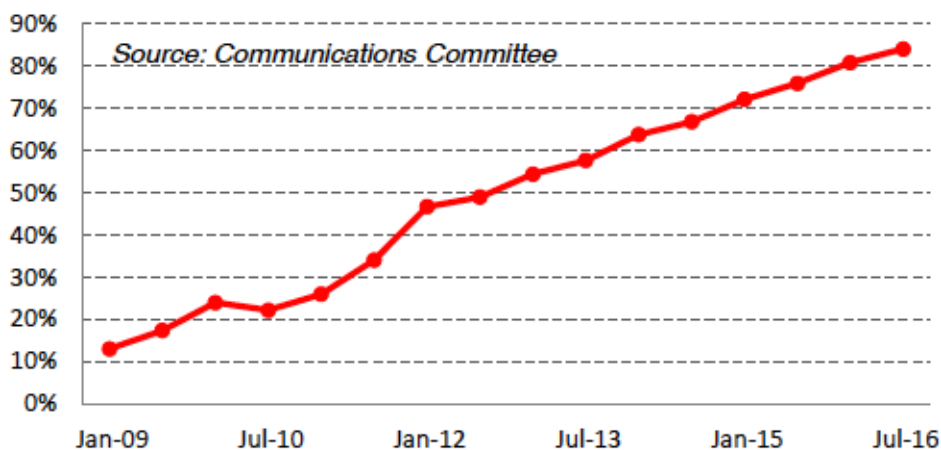
## Broj pretplatnika i penetracija

- ◆ **Penetracija 84% (2016.)**
  - Estonija, Luksemburg i Poljska iznad 100%
  - Najmanja penetracija u Mađarskoj i Grčkoj
  - **HR 78% (2016.)**
- ◆ **Pokretne mreže pokrivaju 99% stanovništva u EU (2015.)**

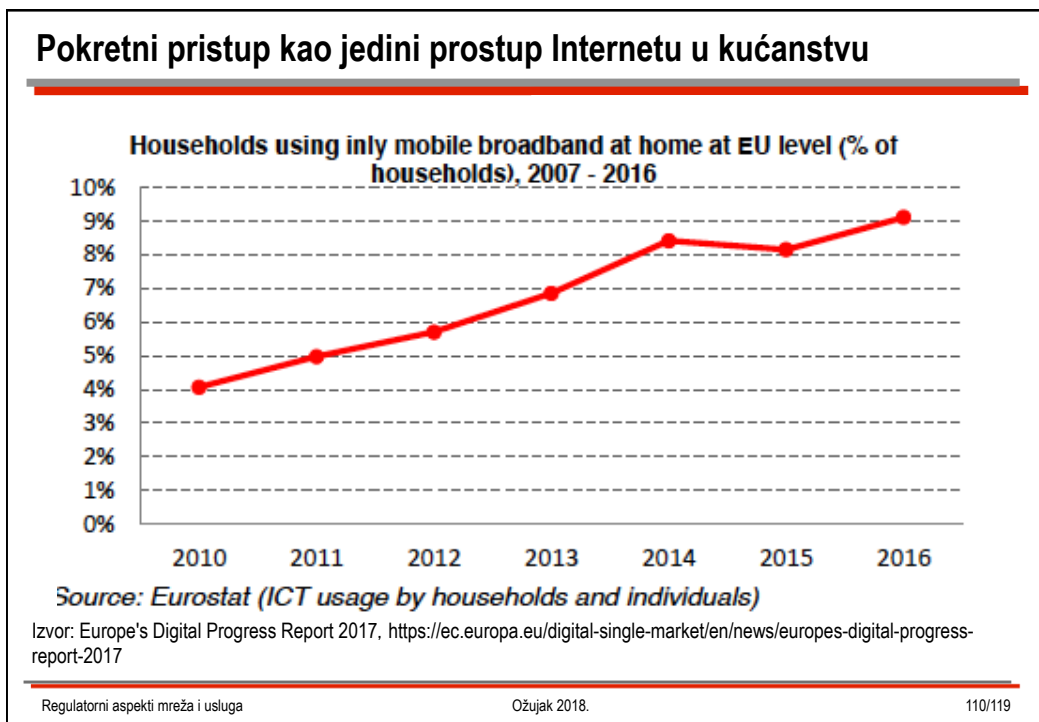
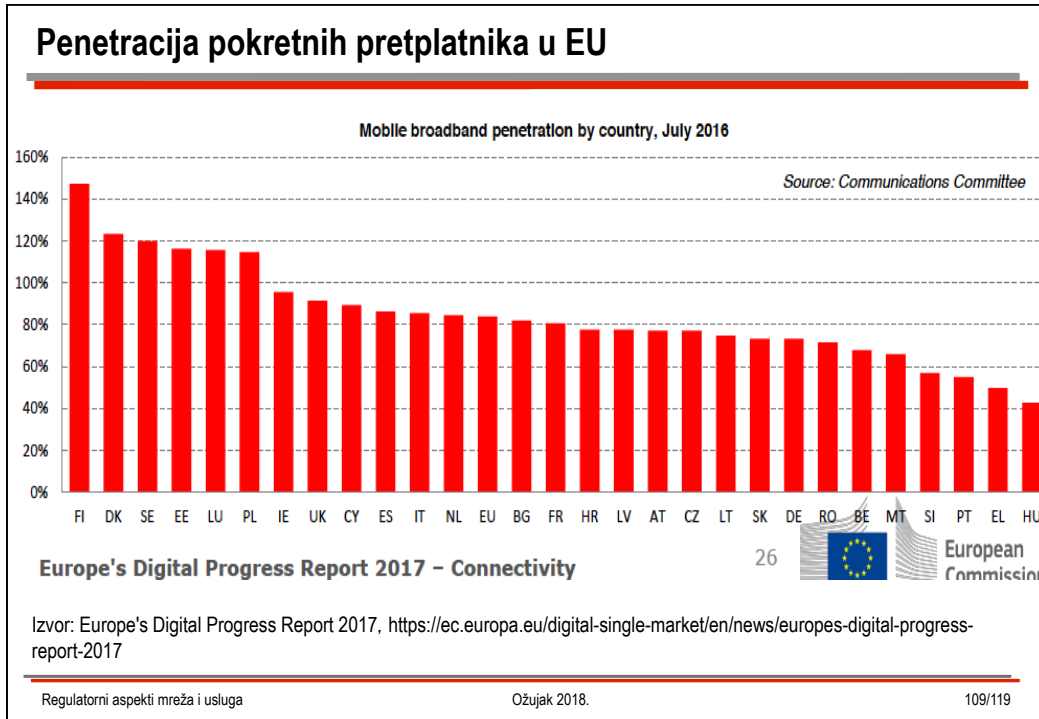
Izvor: Europe's Digital Progress Report 2017, <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/europes-digital-progress-report-2017>

## Penetracija pokretnih pretplatnika u EU

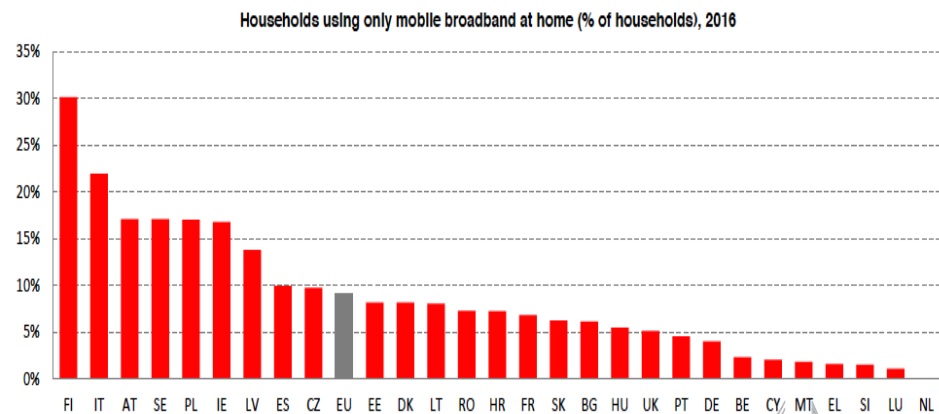
Mobile broadband penetration at EU level, January 2009 - July 2016



Izvor: Europe's Digital Progress Report 2017, <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/europes-digital-progress-report-2017>



## Pokretni pristup kao jedini pristup Internetu u kućanstvu



Source: Eurostat (ICT usage by households and individuals)

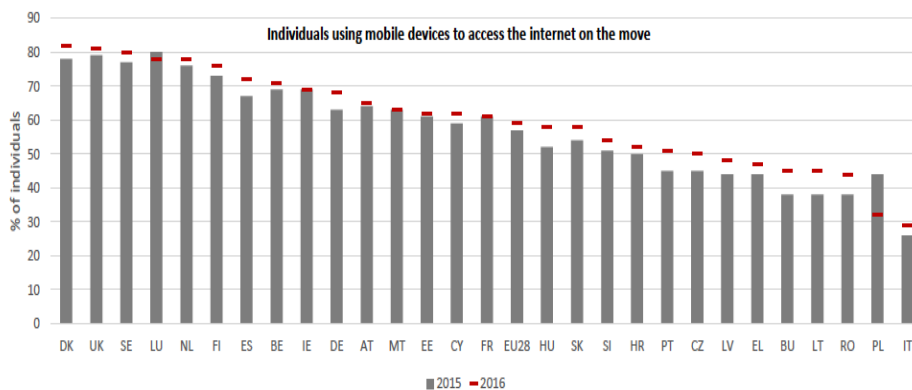
Europe's Digital Progress Report 2017 – Connectivity

27



Izvor: Europe's Digital Progress Report 2017, <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/europes-digital-progress-report-2017>

## Korištenje Interneta putem pokretne mreže



Source: Eurostat – Community survey on the ICT usage in households and by individuals

Izvor: Europe's Digital Progress Report 2017, <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/europes-digital-progress-report-2017>

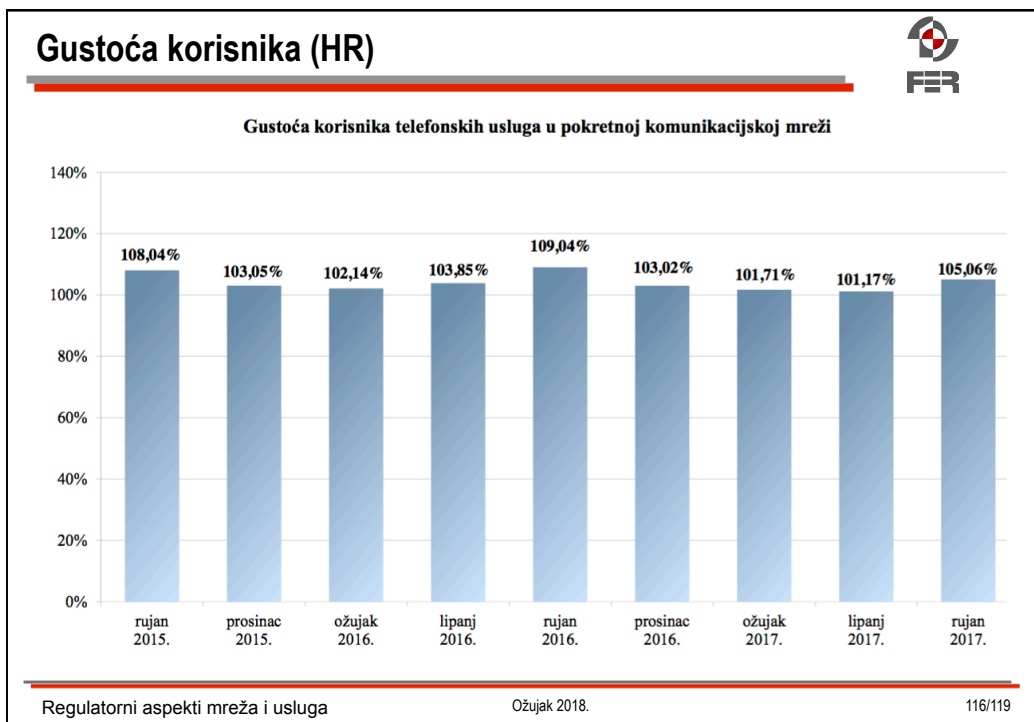
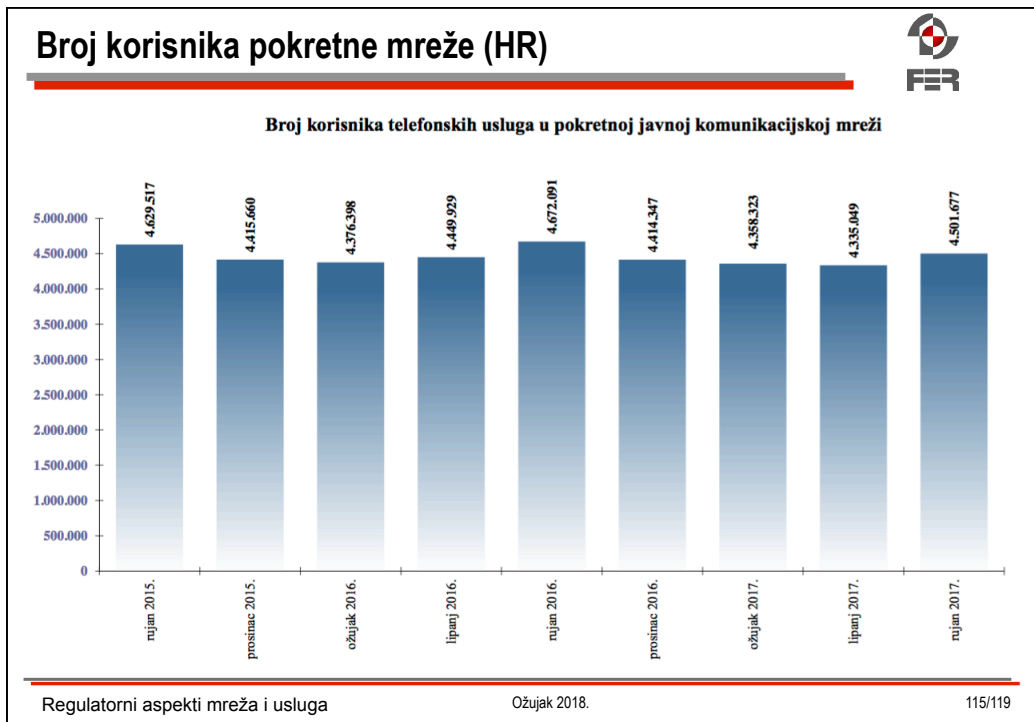
## Pokazatelji rasprostranjenosti (nastavak)

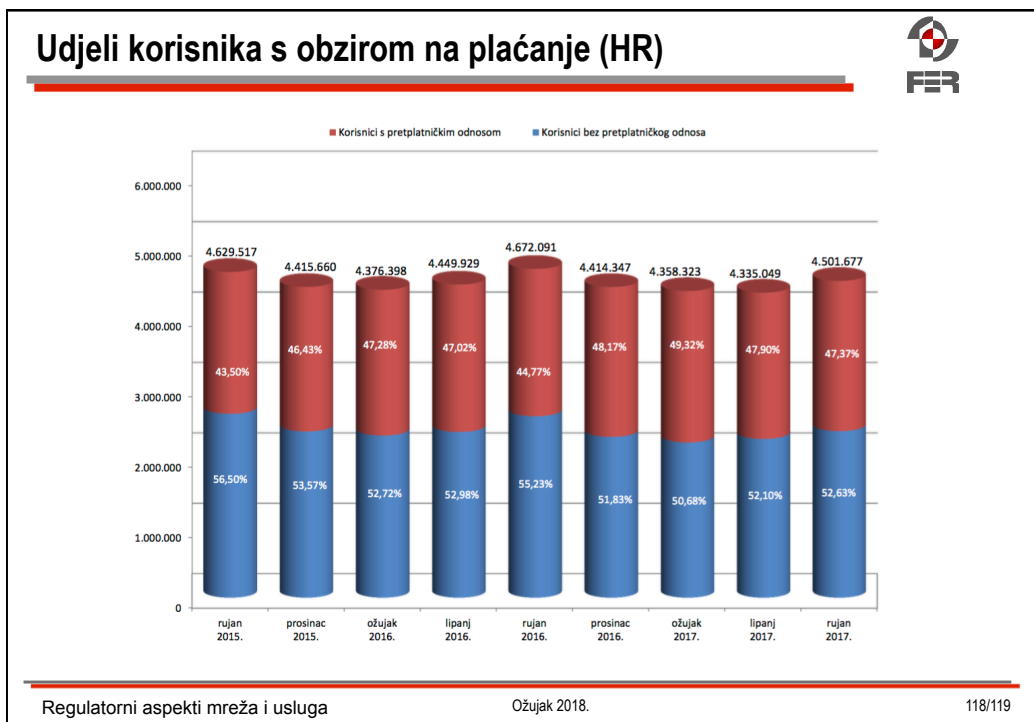
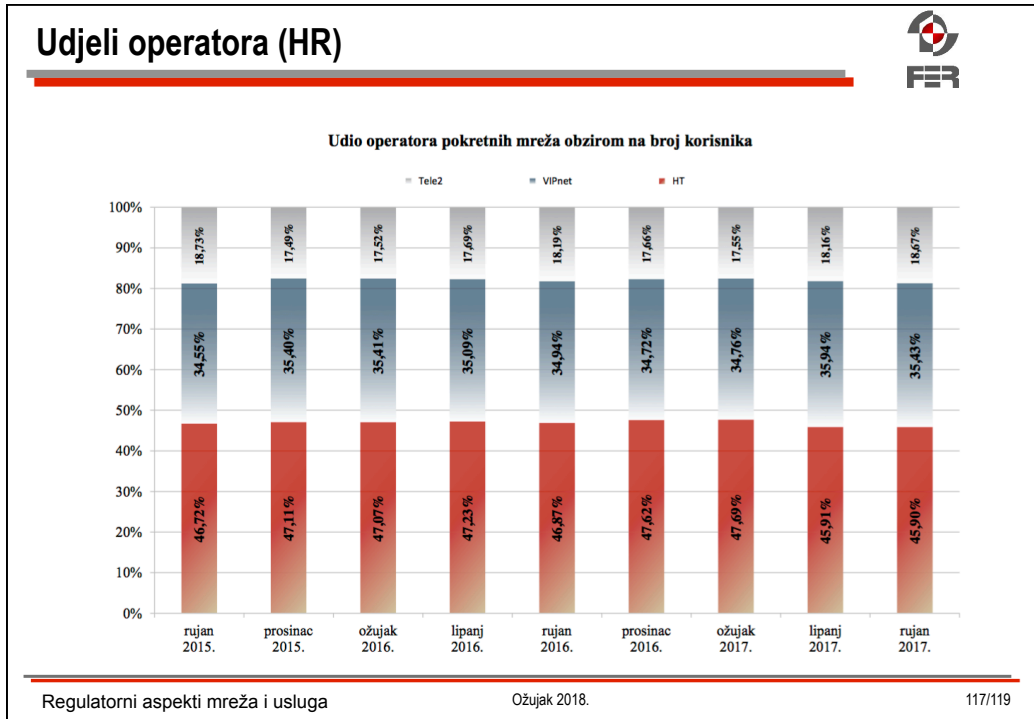
- ◆ **Postotak digitalnih korisnika**
  - 100%
  
- ◆ **Analiza pretplatnika prema načinu plaćanja**
  
- ◆ **Pokrivenost stanovništva signalom**
  - 96% kućanstva EU 4G-mrežom (2016.)
  - 84% teritorija EU 4G-mrežom (2016.)

## Pokretni Internet

- ◆ Silazna veza – do 350 Mbit/s (LTE)
- ◆ Uzlazna veza – do 50 Mbit/s (LTE)
- ◆ Uređaji za pokretni pristup Internetu
  - Pokretni terminal
  - LTE USB uređaj







## Literatura

---

- ◆ Bažant, A., Ž. Car, G. Gledec, D. Jevtić, G. Ježić, M. Kunštić, I. Lovrek, M. Matijašević, B. Mikac, B. Skočir, "Telekomunikacije – tehnologija i tržište", Element, Zagreb, 2007.
- ◆ European Electronic Communications Regulations and Markets (15th Report), svibanj 2013.
  - [http://ec.europa.eu/information\\_society/policy/ecomm/doc/implementation\\_enforcement/annualreports/14threport/commen.pdf](http://ec.europa.eu/information_society/policy/ecomm/doc/implementation_enforcement/annualreports/14threport/commen.pdf)
- ◆ Hrvatska agencija za poštu i elektroničke komunikacije – HAKOM
  - <http://www.hakom.hr/>
- ◆ „Implementation of the EU regulatory framework for electronic communications – 2015“, Commission Staff Working Document, SWD(2015) 126 final, European Commission, 19.6.2015
- ◆ Transitions to 4G, 3GPP Broadband Evolution to IMT-Advanced, 3G Americas, September 2010
- ◆ 4G Mobile Broadband Evolution: 3GPP Release 10 and Beyond, February 2011.
- ◆ The mobile broadband standard (3GPP)
  - <http://www.3gpp.org/>
- ◆ International Telecommunication Union (ITU)
  - <http://www.itu.int/>
- ◆ 3G/4G Americas
  - <http://www.4gamericas.org/>