Prebacivanje podatkovnog prometa mobilnih terminalnih uređaja

Šinko, Rebeka

Undergraduate thesis / Završni rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:729795

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**



Repository / Repozitorij:

Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Rebeka Šinko

PREBACIVANJE PODATKOVNOG PROMETA MOBILNIH TERMINALNIH UREĐAJA

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 2016.

Sveučilište u Zagrebu

Fakultet prometnih znanosti

ZAVRŠNI RAD

PREBACIVANJE PODATKOVNOG PROMETA MOBILNIH TERMINALNIH UREĐAJA

MOBILE TERMINAL DEVICES DATA TRAFFIC OFFLOAD

Mentor: Siniša Husnjak, mag. ing. traff.

Student: Rebeka Šinko

JMBAG: 0135234123

Zagreb, kolovoz 2016.

PREBACIVANJE PODATKOVNOG PROMETA MOBILNIH TERMINALNIH UREĐAJA

SAŽETAK

Podatkovni promet mobilnih terminalnih uređaja neizostavan je segment u ostvarenju potpune funkcionalnosti uređaja, ali i vezanih aplikacija. Veliki broj mogućnosti, poput razmjene tekstualnih poruka ili navigiranje do željenog odredišta, ostvarive su za korisnike zahvaljujući razvoju komunikacijskih tehnologija pristupne mreže i rastu brzina prijenosa podataka. Povećanje broja korisnika mobilnih terminalnih uređaja te promjene korisničkih navika utječu na povećanje prosječne količine generiranog podatkovnog prometa uređaja na individualnoj, ali i globalnoj razini. Prebacivanje podatkovnog prometa predstavlja korištenje alternativne komplementarne tehnologije pristupne mreže za prijenos podatkovnog prometa. Raznovrsne tehnologije pristupne mreže utječu na povećanje količine prebačenog podatkovnog prometa mobilnih terminalnih uređaja.

KLJUČNE RIJEČI: generiranje podatkovnog prometa; mobilni terminalni uređaji; prebacivanje podatkovnog prometa; pristupne mrežne tehnologije

SUMMARY

Data traffic of mobile terminal devices is an indispensable part in the realization of the full functionality of the device, and related applications. A large number of features, such as the exchange of text messages or navigate your way to your destination, are achievable for users thanks to the development of access network technology and the growth of data rate. Increasing the number of users of mobile terminal devices and changing user habits affect the increase in average amount of data traffic generated by the device on an individual, but also global level. Data traffic offload represents the use of alternative and complementary technology access network to generate data traffic. A variety of access network technologies affect the increasing amount of the data traffic offload of mobile terminal devices.

KEYWORDS: generating data traffic; mobile terminal devices; data traffic offload; access network technology

Sadržaj

1. Uvod 1
2. Raznovrsnost komunikacijskih tehnologija pristupne mreže 2
2.1. Mobilne komunikacijske tehnologije 2
2.1.1. Druga generacija 2
2.1.2. Treća generacija 3
2.1.3. Četvrta generacija 4
2.1.4. Peta generacija 5
2.2. Wireless fidelity 6
2.3. Femtoćelije 7
2.4. Statistike korištenja komunikacijskih tehnologija 8
2.5. Brzine prijenosa podataka 11
3. Rast ostvarenog podatkovnog prometa mobilnih uređaja 13
3.1. Podatkovni promet korištenjem mobilnih mreža 13
3.2. Podatkovni promet korištenjem Wi-Fi mreža 15
4. Karakteristike i metode prebacivanja podatkovnog prometa 17
4.1. Wi-Fi 17
4.1.1. Povećanje Wi-Fi footprint za provedbu prebacivanja 18
4.1.2. Korisnička oprema i dodatna oprema 19
4.1.3. Autentifikacija korisnika i interakcija s mobilnom jezgrenom mrežom 19
4.1.4. Razmatranje mobilne unutarnje mreže 19
4.2. Femtoćelije 19
4.3. IMB 19
4.4. Statistike po korištenju pojedine tehnologije 20
5. Standardi u postupcima prebacivanja podatkovnog prometa 23
5.1. Standardi 23
5.2. Specifikacijske grupe 24
6. Zaključak 26
Literatura 27
Popis slika 30
Popis grafikona 30
Popis tablica 30

1. Uvod

U današnjici se zbog velikog i brzog razvoja tehnologije teško netko može zamisliti bez mobilnog terminalnog uređaja. Većina aktivnosti mobilnih terminalnih uređaja se odvija korištenjem podatkovnog prometa zbog čega je važno održavati velike brzine prijenosa podataka kako bi se zadovoljili zahtjevi korisnika.

Razvoj komunikacijskih tehnologija pristupne mreže, koje se spominju u drugom poglavlju u radu nakon uvoda, su podijeljene po generacijama mobilne mreže bez koje se danas ne bi postizale velike brzine prijenosa podataka. Pružaju velike mogućnosti korisnicima mobilnih terminalnih uređaja zbog čega je došlo do porasta ostvarenog podatkovnog prometa mobilnih terminalnih uređaja. Cilj ovog završnog rada je prikazati potencijal i mogućnosti u prebacivanju podatkovnog prometa mobilnih terminalnih uređaja. Rad je podijeljen u šest cjelina:

1. Uvod
2. Raznovrsnost komunikacijske tehnologije pristupne mreže
3. Rast ostvarenog podatkovnog prometa mobilnih uređaja
4. Karakteristike i metode prebacivanja podatkovnog prometa
5. Standardi u postupcima prebacivanja podatkovnog prometa
6. Zaključak

U drugom poglavlju su opisane još dvije komunikacijske tehnologije, tj. Wi-Fi (eng. *Wireless Fidelity*) koja je najrasprostranjenija bežična mreža i femtoćelije koje su manje poznate. Na kraju poglavlja prikazane su analize statističkih podataka korištenja pojedinih komunikacijskih tehnologija na kojima se vidi stalan rast i razvoj te brzine prijenosa podataka.

Treće poglavlje prikazuje rast podatkovnog prometa mobilnih terminalnih uređaja korištenjem Wi-Fi mreža i mobilnih mreža.

U četvrtom poglavlju je općenito objašnjena metoda prebacivanja podatkovnog prometa i to korištenjem Wi-Fi mreže, femtoćelije i mreže za emitiranje mobilnog Interneta (*Internet Mobile Broadcast*, *IMB*). Nakon toga slijede analize statističkih podataka korištenja pojedinih tehnologija za koje se očekuje da će i dalje rasti.

U posljednjem, petom poglavlju objašnjena je 3GPP organizacija (eng. *Third Generation Partnership Project*), od kojih se organizacija sastoji diljem svijeta, koji je njen cilj i čime se bavi. Nakon toga slijedi tablica standarda koje je donijela i opis pojedinih specifikacijskih grupa od kojih se sastoji.

2. Raznovrsnost komunikacijskih tehnologija pristupne mreže

Pristupna mreža je ona mreža koja spaja pretplatnika s pristupnom centralom ili udaljenom komutacijskom jedinicom, bez obzira je li načinjena od bakrenih vodova, koaksijalnih kabela, svjetlovodnih vlakana ili bežičnih veza. Čak je 99 % korisnika bilo spojeno preko bakrene telefonske parice u telefonsku centralu i koristilo samo telefonsku uslugu, [1].

Razvoj tržišta dovelo je do pojave novih usluga poput kabelske televizije, videa na zahtjev, mobilne telefonije, prijenos podataka, multimedije i dr. Razvoju tehnologija pridonijeli su i zahtjevi korisnika za novim uslugama koji ima značajnu ulogu u širenju pristupnih mreža.

2.1. Mobilne komunikacijske tehnologije

Mobilna tehnologija se nastoji što više razvijati, te je tako njen povijesni razvoj podijeljen po generacijama. Prve dvije generacije, 0G i 1G, spadaju pod analogni prijenos. Mobilni radio telefon, poznat kao 0G, je sustav koji se upotrebljavao umjesto današnjih modernih mobilnih tehnologija. Prva generacija bežične telefonske tehnologije, 1G, uvedena je 1980. godine koja je naknadno zamijenjena drugom generacijom zbog digitalnog načina prijenosa.

2.1.1. Druga generacija

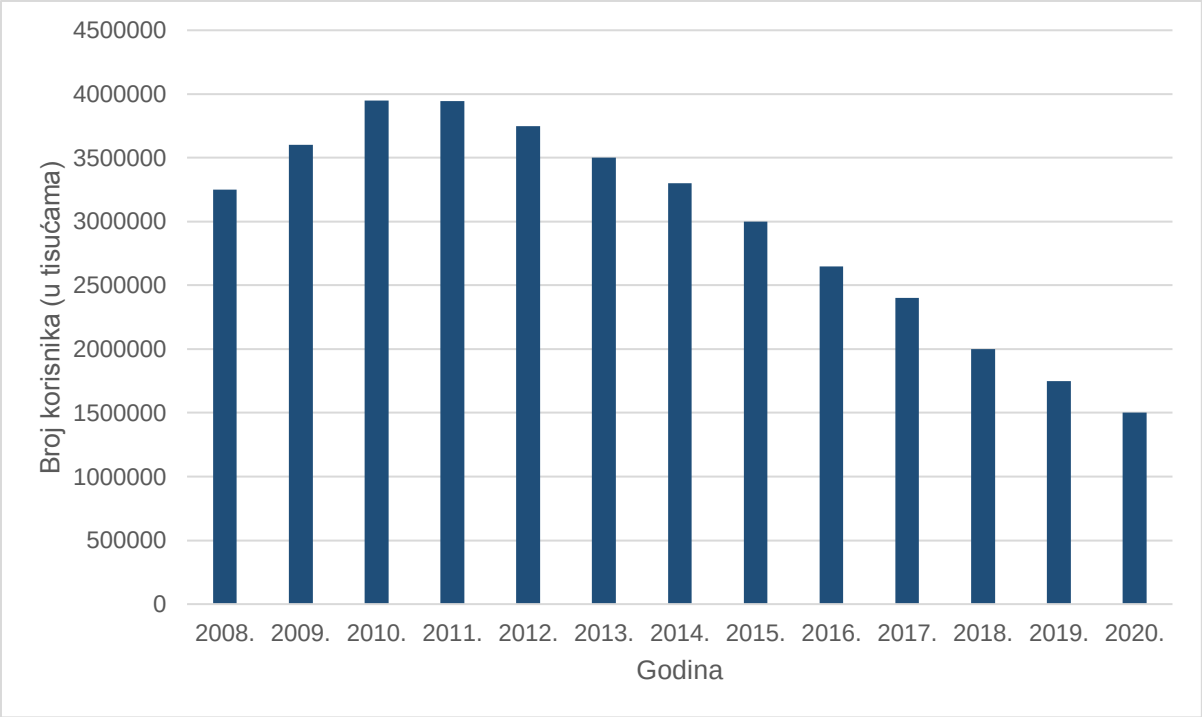
Druga generacija bežične telefonske tehnologije pokrenuta je na globalnom sustavu za mobilne komunikacije (*Global System for Mobile Communications*, GSM), standardu u Finskoj. Osnovne prednosti 2G mreže su da su razgovori bili digitalno šifrirani, sustavi su bili dosta učinkoviti te je uvedena usluga prijenosa podataka. Tehnologija je omogućila slanje kratkih tekstualnih poruka (*Short Message Service*, SMS) i multimedijskih poruka (*Multimedia Messaging Service*, MMS), a brzine prijenosa podataka iznosile su do 9,6 kbps, [35].

Nadogradnja na GSM koja omogućava paketsku komunikaciju naziva se opća paketna radijska usluga (*General Packet Radio Service*, GPRS) i omogućava brzine prijenosa od 40 do 115 kbit/s (2.5G), [35].

Poboljšane brzine prijenosa za GSM evoluciju (*Enhanced Data rates for GSM Evolution*, EDGE) je daljnja nadogradnja u vidu povećanja brzine prijenosa koja se oslanja na drugi modulacijski postupak i omogućava brzine do 384 kbit/s (2.75G), [35].

Prema statističkim podacima AT&T-a[1] prometna mreža za prijenos podataka porasla je 100 puta između siječnja 2007. godine i prosinca 2014. godine. Zbog takvog porasta planiraju isključiti GSM baziranu 2G mrežu kako bi prebacili kapacitet na 3G i mrežu dugoročne evolucije (*Long Term Evolution*, LTE). Planirani datum isključivanja je 1. siječanj 2017., [26].

[1] AT&T – američka telekomunikacijska kompanija



Grafikon 1: Broj korisnika 2G mreže diljem svijeta od 2008. do 2020. godine

Izvor: [27]

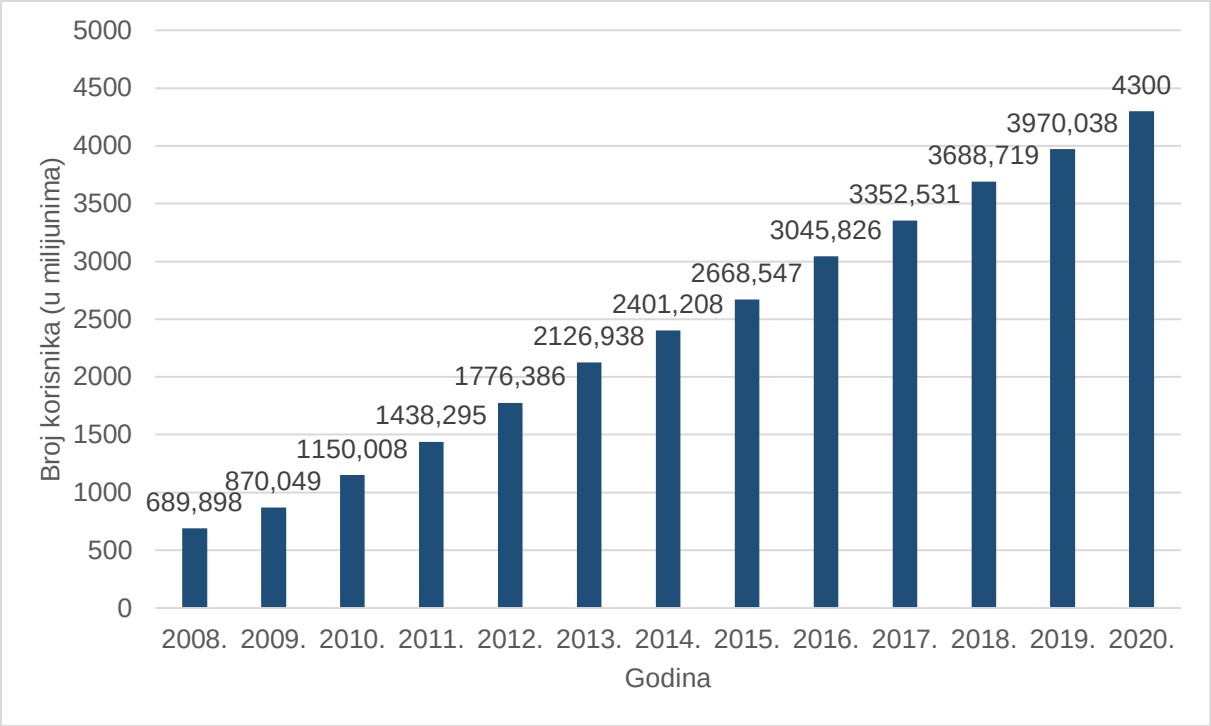
Na grafikonu 1 se vidi kako je broj korisnika 2G mreže rastao do 2010. godine i nakon toga opadao. Razlog smanjenja broja korisnika je pojava novih pokretnih komunikacijskih mreža te se očekuje i njegovo daljnje smanjenje.

2.1.2. Treća generacija

Treća generacija mobilne telekomunikacijske tehnologije se temelji na skupu standarda koji se koriste za mobilne uređaje. Usluge i mreže su u skladu s Međunarodnom mobilnom telekomunikacijom - 2000 (*International Mobile Telecommunications - 2000*, IMT-2000) specificirane od strane Međunarodne telekomunikacijske unije (*International Telecommunication Union*, ITU). Također uvodi bežičnu govornu telefoniju, mobilni pristup Internetu, fiksni bežični pristup Internetu, video pozive i mobilni TV, [35].

Univerzalna mobilna telekomunikacijska usluga (*Universal Mobile Telecommunications Service*, UMTS) je standard koji obično označava 3G tehnologiju koja je standardizirana od strane 3GPP organizacije, a prvenstveno se koristi u Europi, Japanu i Kini.

3.5G je grupiranje različitih tehnologija mobilne telefonije i podatkovnih tehnologija kako bi se osigurala bolja izvedba od 3G sustava. Označava privremeni korak prema 4G sposobnostima, a uključuje brzi pristup paketa u silaznoj vezi (*High-Speed Downlink Packet Access*, HSDPA) i razvijeni brzi pristup paketa (eng. *High Speed Packet Access*, HSPA), [35].



Grafikon 2: Broj korisnika 3G mreže diljem svijeta od 2008. do 2020. godine

Izvor: [28]

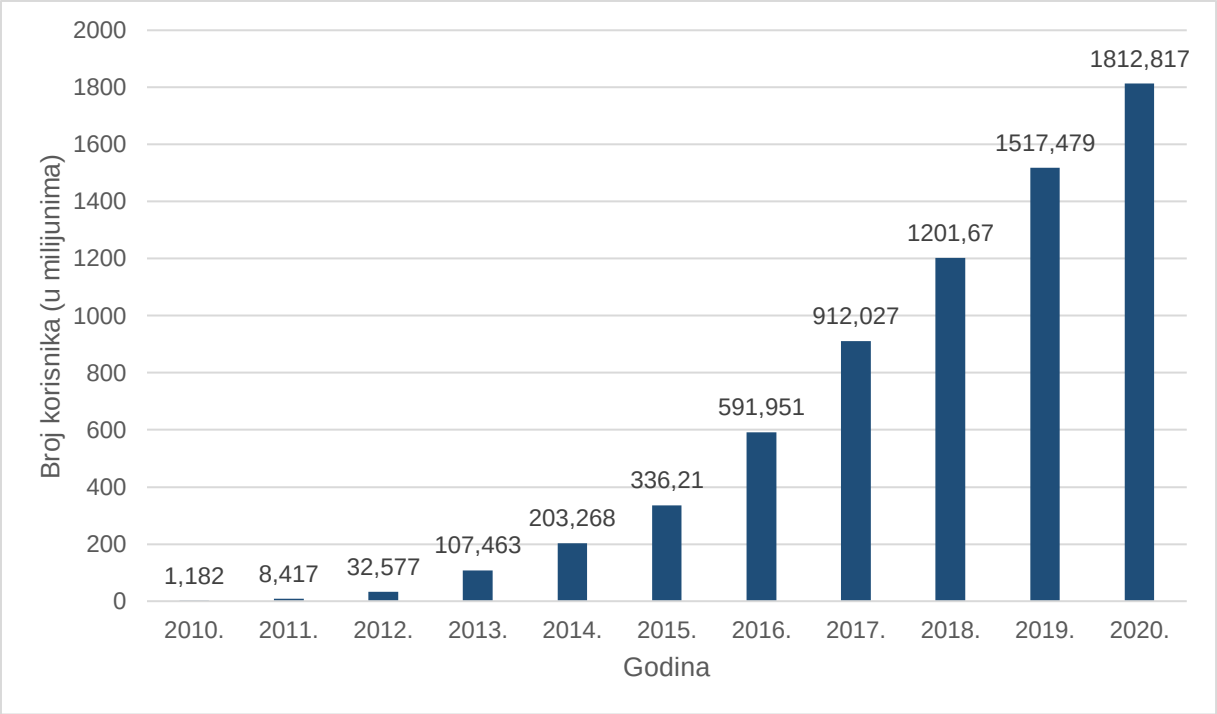
Na grafikonu 2 se vidi porast broja korisnika 3G mreže te se očekuje i njegov daljnji rast bez obzira na pojavu novih komunikacijskih mreža.

2.1.3. Četvrta generacija

Četvrta generacija mobilne telekomunikacijske tehnologije uključuje IP telefoniju, usluge igrica, mobilni TV visoke razlučivosti, video konferencije, 3D televizije i *cloud computing* (pohranjivanje i upravljanje podacima na Internetu), [36].

Međunarodna telekomunikacijska unija – radijski sektor (*International Telecommunications Union – Radio sector*, ITU-R) naveo je skup zahtjeva za 4G, pod nazivom Međunarodna mobilna telekomunikacija – napredna *(International Mobile Telecommunications Advanced*, IMT-Advanced) specifikacija. Najveća moguća brzina za 4G uslugu iznosi 100 Mbit/s za visoku mobilnu komunikaciju tj. za korisnike koji se kreću velikim brzinama (kao što su korisnici u vlakovima i automobilima), a za nisku iznosi 1 Gbit/s tj. za korisnike koji se kreću malim brzinama (kao što su pješaci), [36].

Pojam 4.5G podrazumijeva grupiranje različitih tehnologija mobilne telefonije i podatkovnih tehnologija dizajnirani kako bi se osigurala bolja izvedba od 4G sustava kao privremeni korak prema 5G sposobnostima, a uključuje LTE mrežu i višestruki ulaz višestruki izlaz (*Multiple Input Multiple Output*, MIMO), [36].



Grafikon 3: Broj korisnika 4G mreže diljem svijeta od 2010. do 2020. godine

Izvor: [29]

Na grafikonu 3 se vidi porast broj korisnika 4G mreže od trenutka njegovog nastanka tj. 2010. godine pa sve do danas te njegov očekivani rast broja korisnika do 2020. godine.

2.1.4. Peta generacija

Trenutno se radi na razvoju nove generacije mobilne tehnologije pod nazivom 5G. Savez sljedeće generacije mobilne mreže (*Next Generation Mobile Networks Alliance*, NGMN) pod [2] definira nekoliko mrežnih zahtjeva za novom generacijom:

- Prijenos podataka od nekoliko desetaka Mb/s za nekoliko desetak tisuća korisnika
- 1 Gbit/s brzina prijenosa istovremeno za nekoliko desetaka radnika na istom katu u uredima
- Podržavanje nekoliko stotina tisuća istovremenih konekcija
- Poboljšanje učinkovitost u odnosu na 4G
- Poboljšanje pokrivenosti
- Poboljšanje učinkovitosti signala
- Znatno smanjenje latencije u odnosu na LTE

NGMN savez predviđa da bi se 5G trebao pustiti u rad do 2020. godine kako bi se dostigli poslovni i potrošački zahtjevi. Osim što će omogućiti veće brzine, također se predviđa da će trebati zadovoljiti potrebe novih upotrebnih predmeta poput Internet stvari (*Internet of Things*, IoT), [2].

2.2. Wireless fidelity

Wi-Fi je zaštitni znak koji se postavlja na certificirane proizvode za bežičnu lokalnu računalnu mrežu (*Wireless Local Area Network*, WLAN) zasnovane na specifikacijama Instituta inženjera elektrotehnike i elektronike (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*, IEEE) 802.11. Certifikat izdaje istoimena neprofitna udruga proizvođača *Wi-Fi Alliance* sa svrhom poticanja međusobne kompatibilnosti i promoviranja svojih proizvoda, [4].

Uređaji koji su u mogućnosti koristiti Wi-Fi tehnologiju su osobna računala, video konzole, pametni uređaji, digitalne kamere, tablet računala i slično.

IEEE ne testira opremu u skladu s njihovim standardima. *Wi-Fi Alliance* je osnovana 1999. godine kako bi uspostavljala i provodila standarde za interoperabilnost i kompatibilnost, te promicala WLAN tehnologije, [3]. Tvrtka omogućuje korištenje Wi-Fi tehnologije na temelju IEEE 802.11 standarda iz IEEE. To uključuje bežične lokalne mreže (WLAN), uređaj-uređaj povezanost (*Wi-Fi Direct*), osobne mreže (*Personal Area Network*, PAN), lokalne mreže (*Local Area Network*, LAN) i neke ograničene široko područne mreže (*Wide Area Network*, WAN). Proizvođači s članstvom u *Wi-Fi Alliance-u*, čiji proizvodi prolaze proces certifikacije, mogu steći pravo na obilježavanje tih proizvoda s Wi-Fi logom.

Tablica 1: 802.11 standardi

802	Pregled	Osnovni fizički i logički mrežni pojmovi
802.11	Wi-Fi	Bežični LAN MAC (eng. *Media Access Control*) i fizički sloj specifikacija. 802.11a, b, g itd. su izmjene i dopune izvornog 802.11 standarda. Proizvodi koji provode 802.11 standard moraju proći testove i nazivaju se „Wi-Fi ceritikat“.
802.11a	Wi-Fi	Koristi ortogonalnu frekvenciju multipleksiranja (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*, OFDM), poboljšana je brzina do 54 Mbps i ratificirala se nakon 802.11b.
802.11b	Wi-Fi	Poboljšanje standarda 802.11 koji je dodao veće brzine prijenosa, povećana brzina na 11 Mbps.
802.11d	Wi-Fi	Poboljšanje standarda 802.11a i 802.11b koji omogućuje globalni *roaming*, pojedinosti se mogu postaviti na MAC sloj.
802.11e	Wi-Fi	Poboljšanje standarda 802.11 što uključuje i kvalitetu usluge (*Quality of Service*, QoS), olakšava prioritiziranje podataka, glasovni i video prijenos.
802.11g	Wi-Fi	Proširuje maksimalnu brzinu prijenosa podataka WLAN uređaja koji djeluju u 2,4 GHz na način koji dopušta interoperabilnost s 802.11b uređajima. Koristi OFDM modulaciju i radi do 54 Mbps.
802.11h	Wi-Fi	Poboljšanje standarda 802.11a koji rješava probleme s interferencijom. Dinamički odabir frekvencije (*Dynamic*

		Frequency Selection, DFS) i kontrola prijenosa snage (*Transmit Power Control*, TPC).
802.11i	Wi-Fi	Poboljšanje standarda 802.11 koji nudi dodatnu sigurnost za WLAN aplikacije. Definira više robusnu enkripciju, provjeru autentičnosti i ključ razmjene kao i mogućnost *key caching* prije provjere autentičnosti.
802.11j	Wi-Fi	Japanski regulatorni dodaci 802.11a specifikaciji i frekvencijski raspon od 4,9 GHz do 5 GHz.
802.11k	Wi-Fi	Mjerenje radio resursa za mreže korištenjem 802.11 specifikacije.
802.11m	Wi-Fi	Održavanje 802.11 specifikacije, te ispravci i dopune postojeće dokumentacije.
802.11n	Wi-Fi	Standardi veće brzine

Izvor: [5]

Wi-Fi certifikat je primjenjivan samo na proizvode koji koriste standard 802.11b. Danas se može primjenjivati na proizvode koji koriste bilo koji 802.11 standard, a svi standardi su prikazani u tablici 1, [5].

Wi-Fi radi bez fizičke žične veze između pošiljatelja i primatelja pomoću radijske frekvencije (*Radio Frequency*, RF). Kada se RF isporučuje na antenu, stvara se elektromagnetsko polje koji je onda u stanju se širiti kroz prostor. Primarni zadatak pristupne točke je emitirati bežični signal da bi ih računala mogla detektirati, te se uključiti. Kako bi se povezali s pristupnom točkom i pridružili bežičnoj mreži, računala i uređaji moraju biti opremljeni s bežičnim mrežnim adapterima, [4].

2.3. Femtoćelije

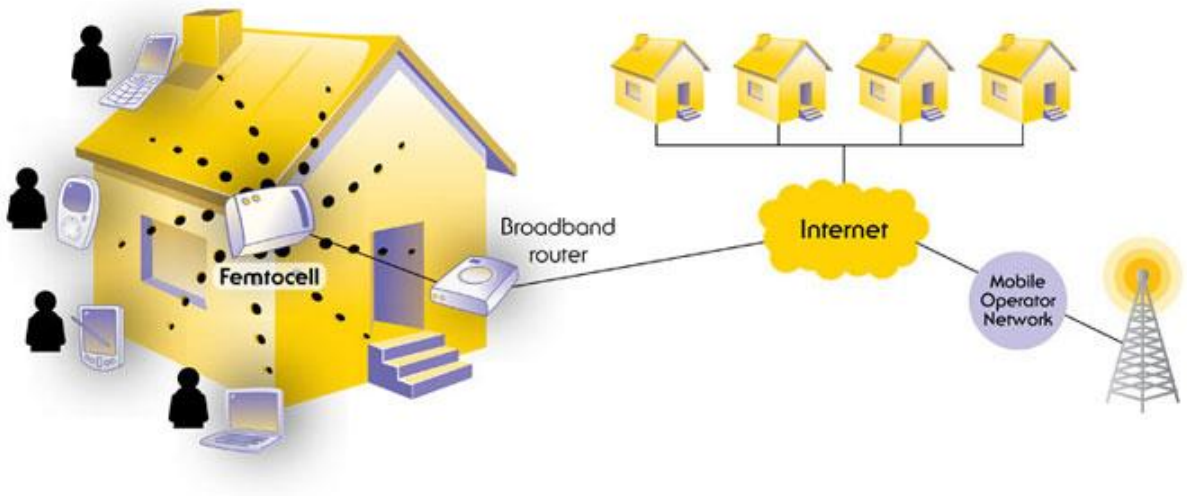
Mobilne mreže su ćelijske strukture i mobilni uređaji se povezuju na ćeliju koju pronađu u neposrednoj blizini. Postoje četiri veličine mobilnih ćelija, [6]:

1. Makroćelije (domet od 1 km, pokrivaju područje grada)
2. Mikroćelije (domet par stotina metara, pokrivaju dio grada)
3. Pikoćelije (domet par desetina metara, pokrivaju npr. aerodrom, dio hotela i sl.)
4. Femtoćelije (domet do 20 metara, pokrivaju stan)

Femtoćelija je mala bazna stanica koja se postavlja u kućnom okruženju ili poslovnom prostoru. Na nju se povezuju mobilni uređaji svih ukućana ili zaposlenika. Za ostatak mobilne mreže povezuje se kućnim kablovskim priključkom ili asimetričnom digitalnom pretplatničkom linijom (*Asymmetric Digital Subscriber Line*, ADSL). Na taj način korisnik ostvaruje odličan prijem signala, veći protok, kvalitetnu dvosmjernu komunikaciju i povoljnije usluge, [6].

Femtoćelija je dimenzija standardnih kućnih mrežnih uređaja. Postoje sa ugrađenim usmjerivačem digitalne pretplatničke petlje (*Digital Subscriber Loop*, DSL).

Nakon povezivanja, korisnik bi trebao definirati brojeve mobilnih telefona koji će se povezivati sa femtoćelijom, a uređaj će ih kasnije sam prepoznavati. Korisnički uređaj se automatski prebacuje iz makroćelije u femtoćeliju, [6].



Slika 1: Femtoćelija u kućnom okruženju, [8]

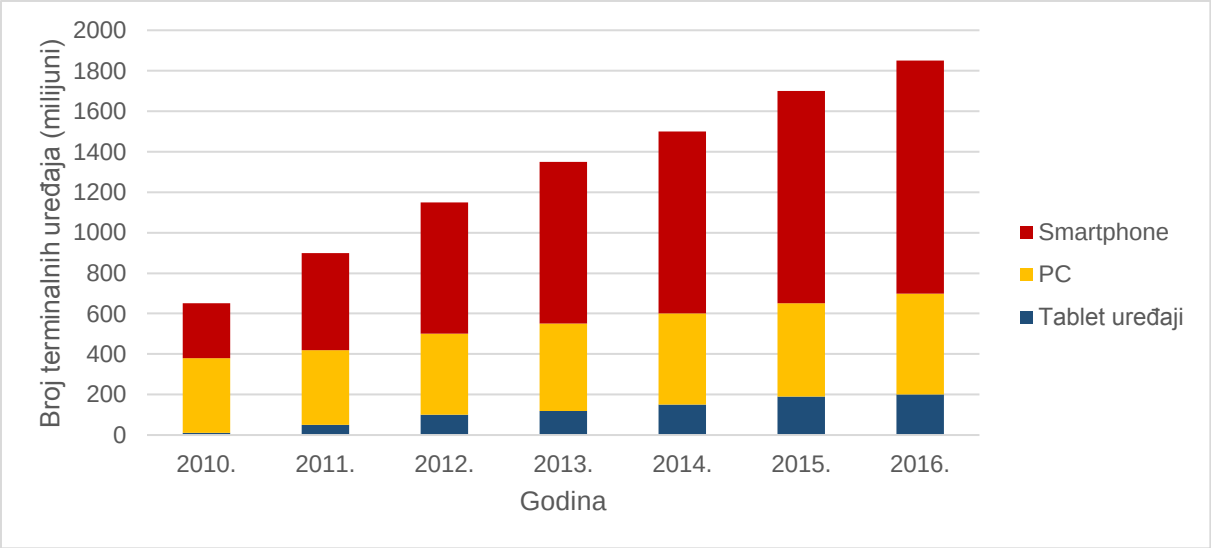
Na slici 1 prikazano je tipično funkcioniranje femtoćelije u kućnom okruženju. U domu korisnici moraju imati jednu femtoćeliju i usmjerivač (eng. *router*) kako bi korisničke uređaje povezao na Internet.

Femtoćelije su kompatibilne s kodnom raspodjelom višestrukog pristupa (*Code Division Multiple Access*, CDMA2000), bežičnim komunikacijskim standardom (*Worldwide interoperability for Microwave Access*, WiMAX) ili UMTS mobilnim telefonskim uređajima, koristeći vlastiti licencirani spektar pružatelja usluga. Potrošačko-orijentirane femtoćelije podržavaju najviše četiri aktivnih korisnika, dok poduzetničko-orijentirana femtoćelija podržava i do 16 aktivnih korisnika, [7].

U mrežu se mogu povezati razni uređaji poput mobilnih uređaja, televizori, stolna i prijenosna računala i slični uređaji. Moguć je također prijenos sadržaja sa jednog uređaja na drugi, a s obzirom na dvosmjernu komunikaciju mobilnog telefona sa baznom stanicom moguće je izdavanje različitih naredbi u kućnom okruženju kao što je uključivanje alarmnih sustava, uključivanje i isključivanje svijetla, regulacija temperature i slično, [6].

2.4. Statistike korištenja komunikacijskih tehnologija

Razvoj tehnologije je stalno u rastu zbog čega sve više današnjeg stanovništva posjeduje minimalno jedan pametni uređaj.

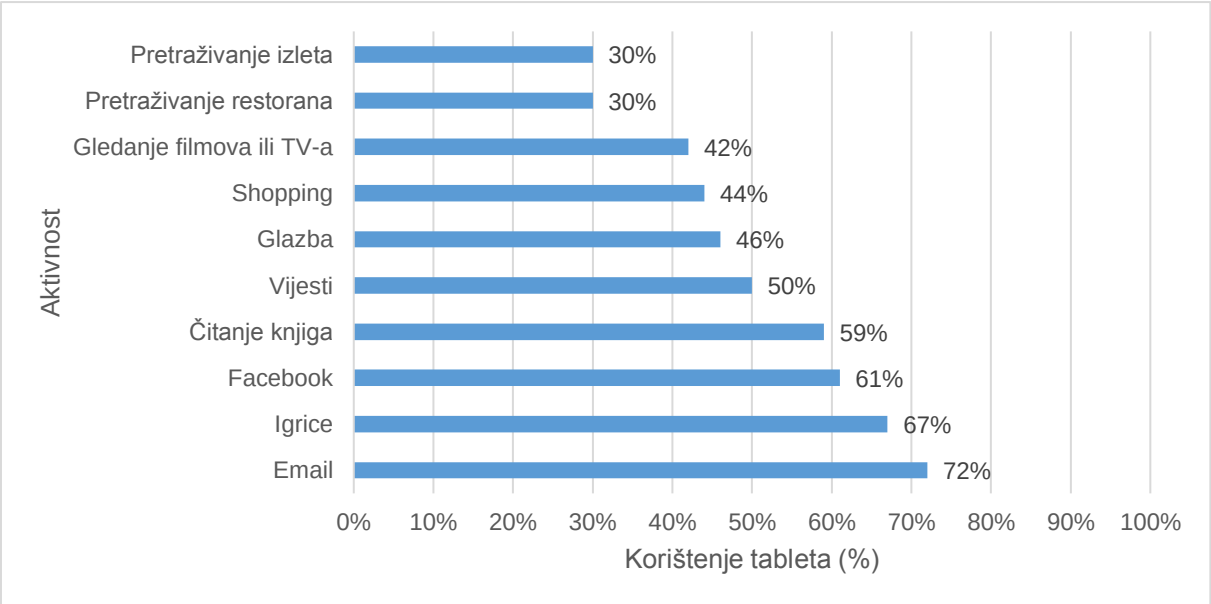


Grafikon 4: Rast broja različitih terminalnih uređaja u razdoblju od 2010. do 2016. godine

Izvor: [24]

U periodu od 2010. do 2016. godine broj korisnika se povećao tri puta, što je vidljivo na grafikonu broj 4. Broj tablet uređaja se najmanje povećao dok je broj osobnih računala (*Personal Computer*, PC) ostao približno jednak, a broj pametnih mobilnih uređaja je najviše porastao.

Današnji pametni uređaji imaju brojne mogućnosti zbog čega je Adobe[2] proveo istraživanje o najčešćem razlogu korištenja tablet uređaja i pametnih telefona.

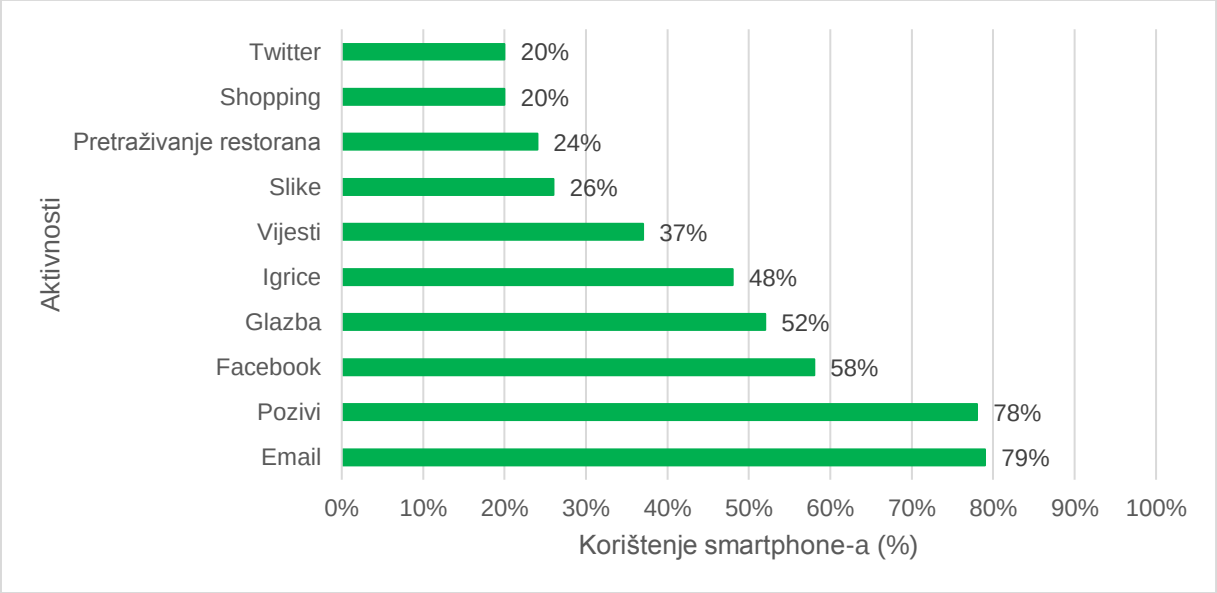


Grafikon 5: Prikaz aktivnosti korištenja tablet uređaja

Izvor: [23]

[2] Adobe – američka multinacionalna računalna software kompanija

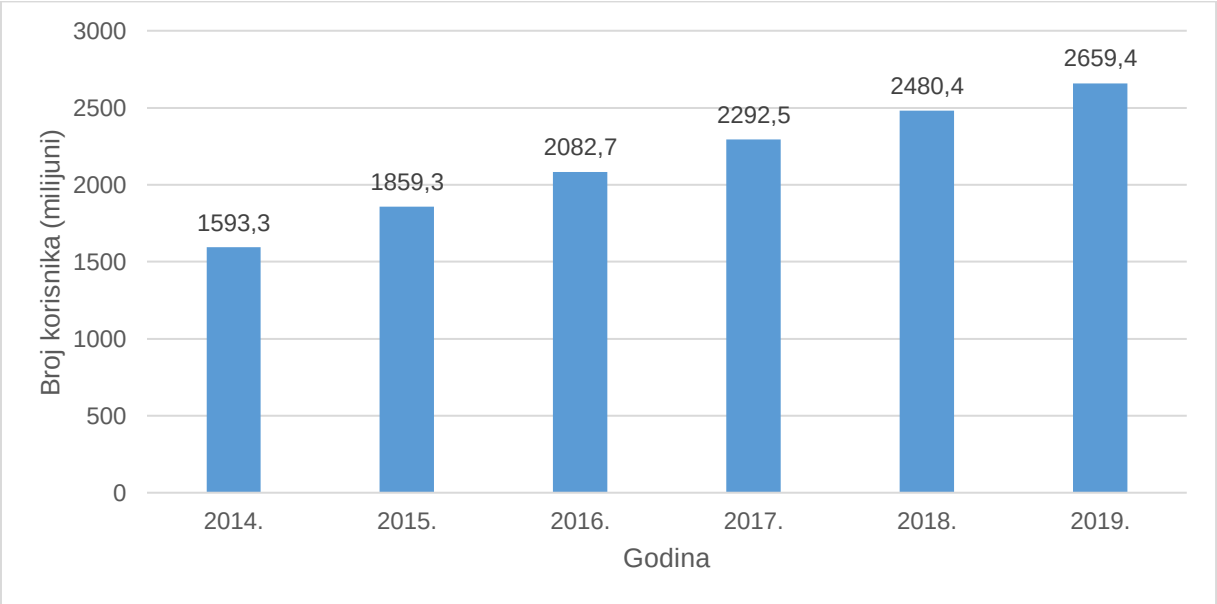
Na grafikonu broj 5 vidi se kako se tablet uređaji najviše koriste zbog slanje elektroničke pošte, igranje igrica i korištenje *Facebook* stranice, a najmanje za pretraživanje izleta i restorana te gledanje filmova i TV-a.



Grafikon 6: Prikaz aktivnosti korištenja pametnih mobilnih uređaja

Izvor [23]

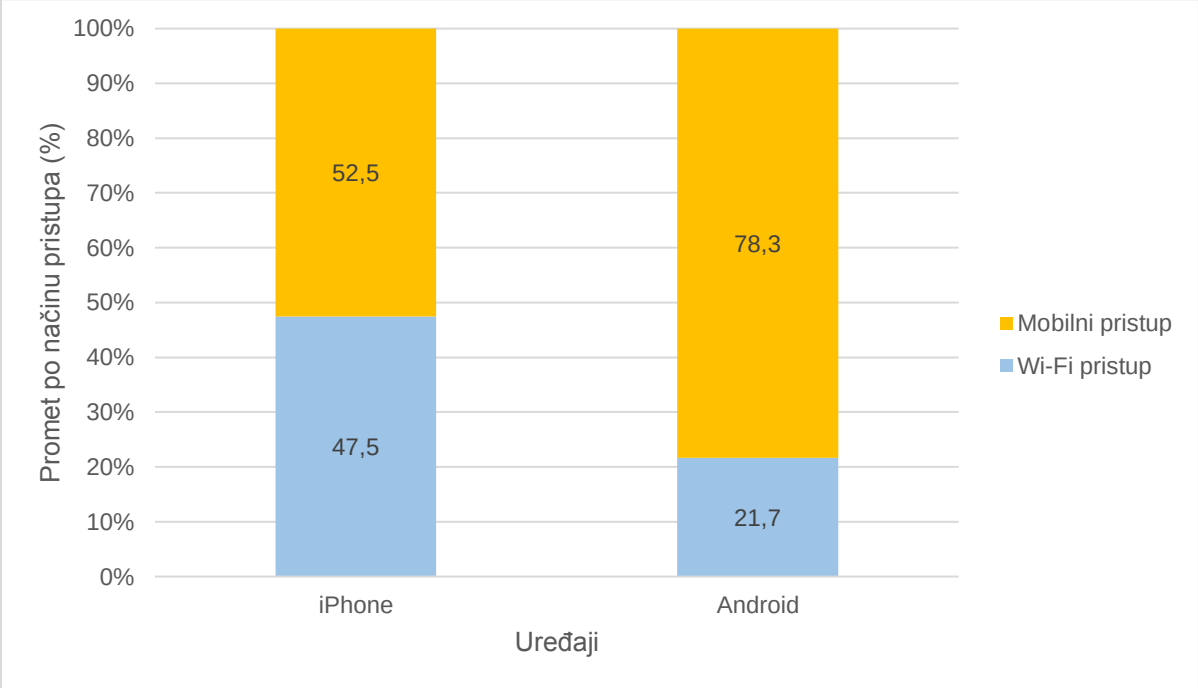
Grafikon broj 6 je sličan petom grafikonu samo što se radi o pametnim mobilnim uređajima (eng. *smartphone*). Pametni mobilni uređaji se najviše upotrebljavaju za slanje elektroničke pošte, ostvarenje poziva i korištenje *Facebook* stranice, a najmanje za *Twitter* stranicu, *shopping* i pretraživanje restorana.



Grafikon 7: Broj korisnika pametnih mobilnih uređaja diljem svijeta od 2014. do 2019. godine

Izvor: [30]

Na grafikonu 7 se vidi rast broja korisnika pametnih mobilnih uređaja od 2014. do 2016. godine. Predviđa se i daljnji rast broja korisnika pametnih mobilnih uređaja do 2019. godine zbog velikog razvoja i većih mogućnosti uređaja.



Grafikon 8: Načini pristupa putem različitih uređaja

Izvor: [34]

Na grafikonu 8 se vide uređaji sa različitim operativnim sustavima te postotak korištenja podatkovnog prometa putem mobilnog pristupa i Wi-Fi pristupa. IPhone uređaji podjednako koriste podatkovni promet putem mobilnog i Wi-Fi pristupa, dok Android uređaji većinom koriste podatkovni promet putem mobilnog pristupa.

2.5. Brzine prijenosa podataka

Prijenos podataka je fizički prijenos podataka iz jedne točke u drugu (eng. *point-to-point*) ili iz jedne točke u više njih (eng. *point-to-multipoint*) preko komunikacijskih medija. Komunikacijski mediji mogu biti bakrene žice, optička vlakna, bežični komunikacijski mediji ili mediji za pohranjivanje podataka.

Zbog sve većih potreba i zahtjeva korisnika za brzinom prijenosa, došlo je do povećanja brzine prijenosa podataka i nastanak novih generacija pokretnih komunikacijskih mreža.

Tablica 2: Brzine prijenosa pokretnih komunikacijskih mreža

Generacija	**Brzina**
2G	9,6/14,4 Kbit/s
3G	3,1 Mbps (max.), 500-700 Kbit/s
3.5G	14,4 Mbps (max.), 1-3 Mbit/s

4G	100-300 Mbps (max.), 3-5 Mbit/s
5G	10 Gbit/s

Izvor:[13]

U tablici 2 se vide brzine prijenosa podataka po pojedinim generacijama pokretnih komunikacijskih mreža. Brzina prijenosa podataka nadolazeće pete generacije bi trebala biti 10 Gbps.

Isto tako sa dolaskom novih standarda bežične mreže, nastojalo se raditi na povećanju brzine prijenosa.

Tablica 3: Brzine prijenosa po Wi-Fi standardima

Standard	**Maksimalna brzina**
802.11	1.2 Mbit/s
802.11a	54 Mbit/s
802.11b	11 Mbit/s
802.11g	54 Mbit/s
802.11n	150 Mbit/s
802.11ac	800 Mbit/s

Izvor: [14]

U tablici 3 se vide brzine prijenosa podataka po standardima bežične komunikacijske mreže koje su stalno u rastu.

Prijenos podataka u komunikacijskom sustavu može biti analogni i digitalni. Kod analognog prijenosa, signal se na cijelom putu od izvora do odredišta transportira u analognom obliku. Primjer takvog sustava je analogni telefonski sustav (*Plane Old Telephone System*, POTS) koji pruža osnovnu telefonsku uslugu.

U današnje vrijeme su analogni komunikacijski sustavi rijetki te su uglavnom digitalni. Informacija se transportira u digitalnom obliku ili se koristi kombinacija digitalne i analogne komunikacije.

3. Rast ostvarenog podatkovnog prometa mobilnih uređaja

Mobilni podatkovni promet je dosegao 3,7 eksabajta[3] mjesečno krajem 2015. godine, u odnosu na 2,1 eksabajta mjesečno na kraju 2014. godine. Kako se povećalo korištenje podatkovnog prometa tako je došlo i do porasta brzine koja je porasla za 20 % u 2015. godini. Na globalnoj razini, prosječna brzina u silaznoj vezi (eng. *download*) bila je 2,026 kbps, u odnosu na 1,683 kbps u 2014. godini, [15].

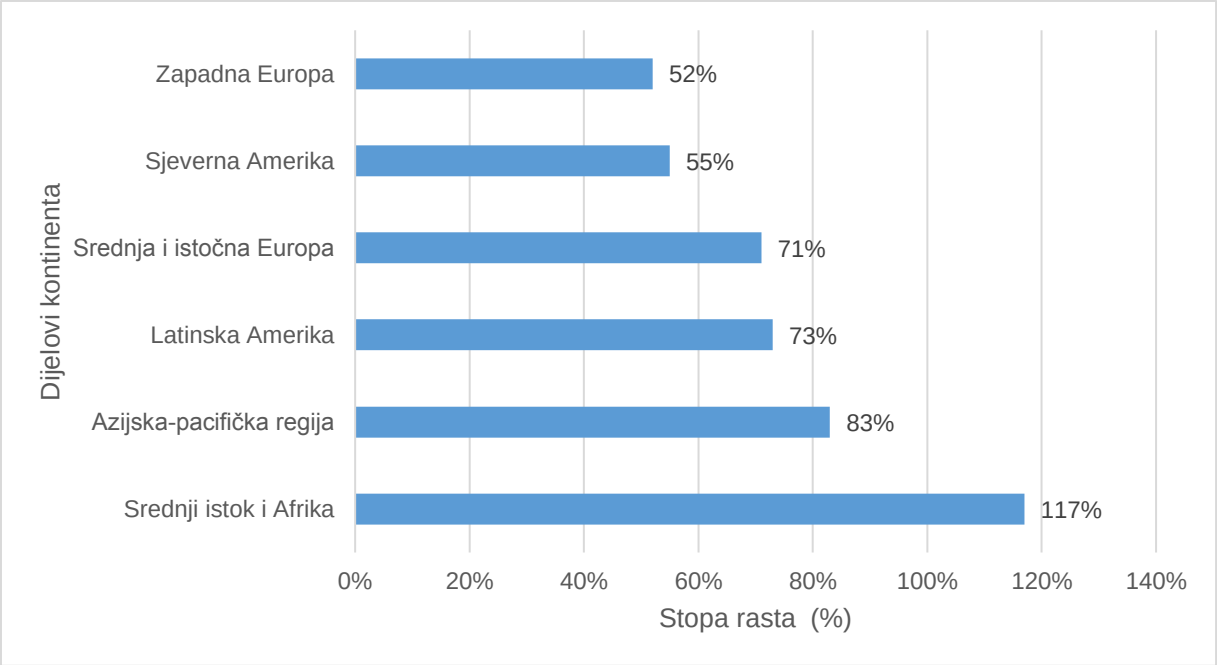
Prema [15] predviđaju se nekoliko prekretnica u sljedećih 5 godina:

- Mjesečni globalni podatkovni promet će biti 30,6 eksabajta do 2020. godine.
- Broj mobilnih uređaja po stanovniku će dosegnuti 1,5 do 2020. godine.
- Prosječna globalna mobilna veza će nadmašiti 3 Mbps do 2017. godine.
- Ukupan broj pametnih mobilnih uređaja činiti će gotovo 50 % globalnih uređaja do 2020. godine.
- Zbog povećanog korištenja pametnih mobilnih uređaja, oni će prijeći četiri petine mobilnog podatkovnog prometa do 2020. godine.
- Mobilni promet tablet uređaja će mjesečno nadmašiti 2 eksabajta do 2020. godine.
- 4G veze će imati najveći udio (40,5 %) ukupnih mobilnih veza do 2020. godine.
- 4G promet će iznositi više od polovine ukupnog prometa na mobilnim uređajima do 2016. godine.
- Podatkovni promet je više prebacivan iz mobilne mreže na Wi-Fi, nego što je ostalo na mobilnim mrežama do 2015. godine.
- 75 % svjetskog mobilnog podatkovnog prometa činiti će video sadržaj do 2020. godine.

3.1. Podatkovni promet korištenjem mobilnih mreža

Ćelijska ili mobilna mreža je komunikacijska mreža gdje je zadnji link bežični. Mreža se distribuira preko kopnenih područja, tzv. stanice, gdje se svaka služi s najmanje jednom baznom stanicom. Bazna stanica omogućuje pokrivenost mrežom koja se može koristiti za prijenos glasa, podataka i drugih sadržaja. Najčešći primjer mobilne mreže je mobilni uređaj.

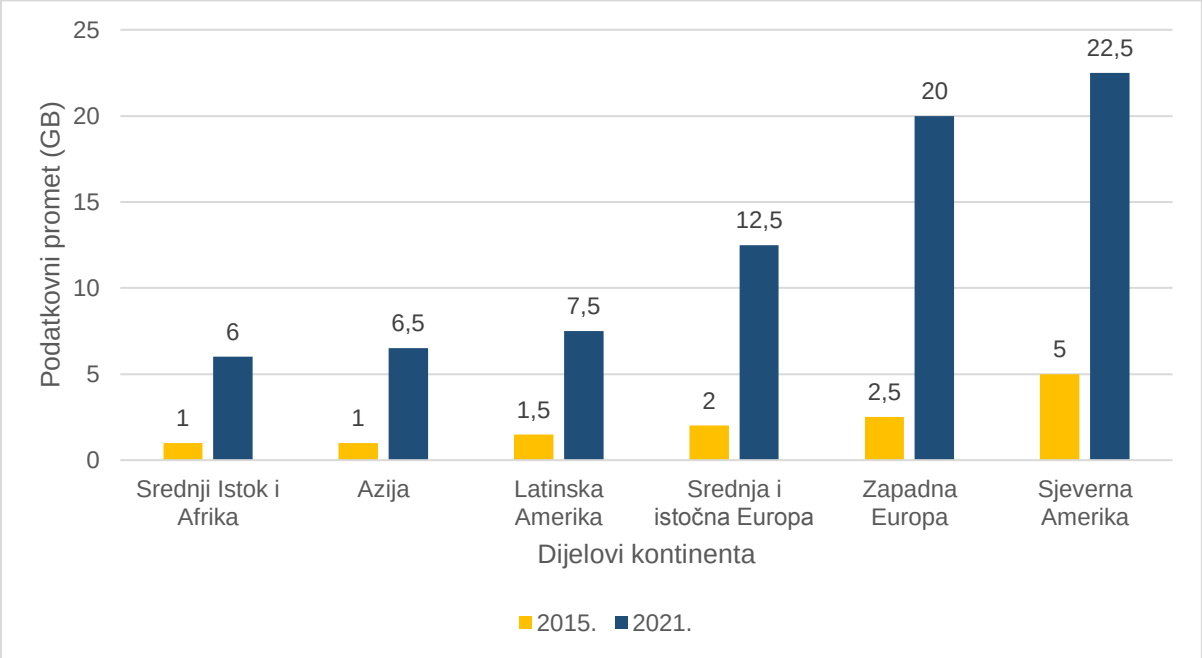
[3] Eksabajt (EB) – ekvivalent za milijardu gigabajta (GB), odnosno tisuću perabajta (PB)



Grafikon 9: Rast mobilnog podatkovnog prometa u pojedinim dijelovima kontinenta u 2015. godini

Izvor: [15]

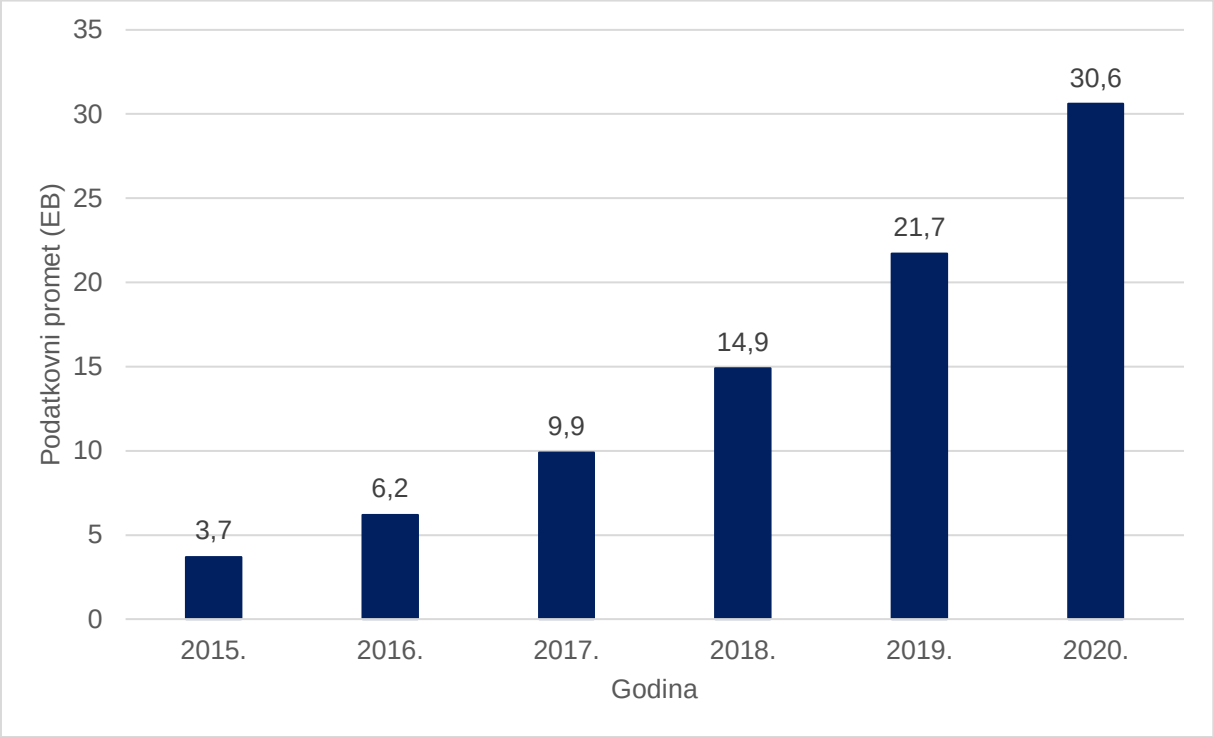
Na grafikonu 9 se vidi kako je globalni mobilni promet porastao 74 % u 2015. godini. Stopa rasta varira od kontinenta do kontinenta, gdje Bliski istok i Afrika imaju najvišu stopu rasta, a Zapadna Europa najmanju, [15].



Grafikon 10: Mjesečna potrošnja podatkovnog prometa po pametnom terminalnom uređaju

Izvor: [31]

Na grafikonu 10 se vidi porast mjesečne potrošnje podatkovnog prometa po uređaju (pametni terminalni uređaj) u pojedinim dijelovima kontinenata. Porast ukupnog podatkovnog prometa u SAD-u i Kanadi se očekuje za 35 % što je najveći porast diljem svijeta, [31].



Grafikon 11: Mjesečna potrošnja podatkovnog prometa diljem svijeta

Izvor: [15]

Na grafikonu 11 se vidi porast mjesečne potrošnje podatkovnog prometa po mjesecu diljem svijeta. Kao što je bilo i za očekivati, potrošnja podatkovnog prometa je stalno u rastu i u posljednjih 5 godina se povećala 10 puta.

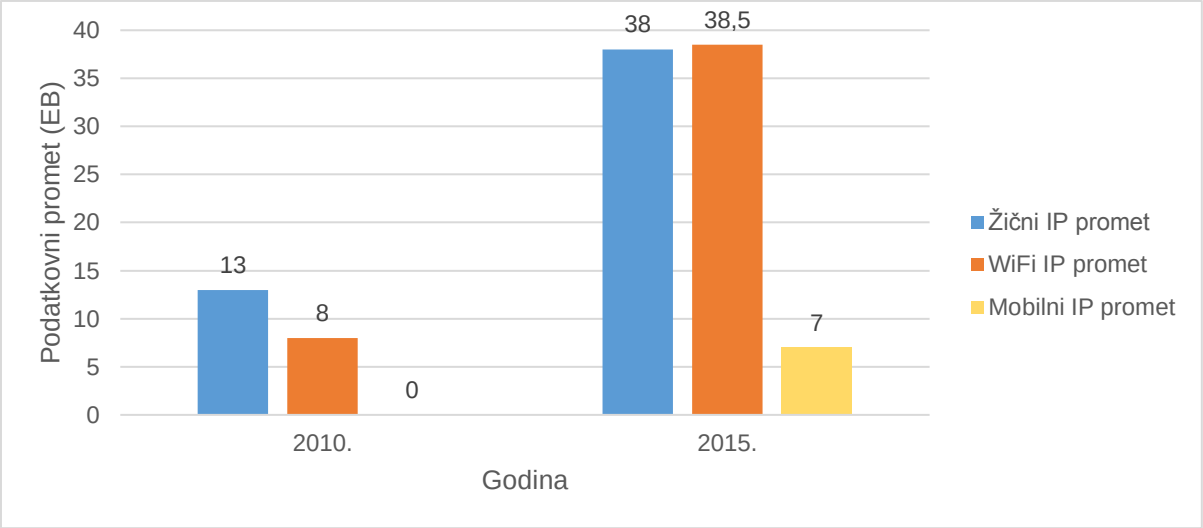
3.2. Podatkovni promet korištenjem Wi-Fi mreža

Veliki broj mobilnih podatkovnih aktivnosti se odvijaju unutar domova korisnika. Veliki dio prometa koji generiraju mobilni i prijenosni uređaji prebacuju se sa mobilne mreže na fiksnu mrežu.

Za razliku od mobilne mreže, Wi-Fi se povezuje na usmjerivač. U osnovi je ona samo još jedna frekvencija radija koju možemo koristiti za bežično povezivanje uređaja. Osim toga Wi-Fi ima ograničen raspon, odnosno bežično povezivanje na usmjerivač i korištenje podatkovnog prometa je moguć samo unutar određenog raspona.

Kako se Wi-Fi mreža koristi za brži i snažniji prijenos multimedijskog sadržaja uz održavanje kvalitete, korisničko iskustvo postaje sve važnije. Kako je industrija i potražnja na tržištu evoluirala tijekom godina, IEEE standardi i industrijske grupe (kao

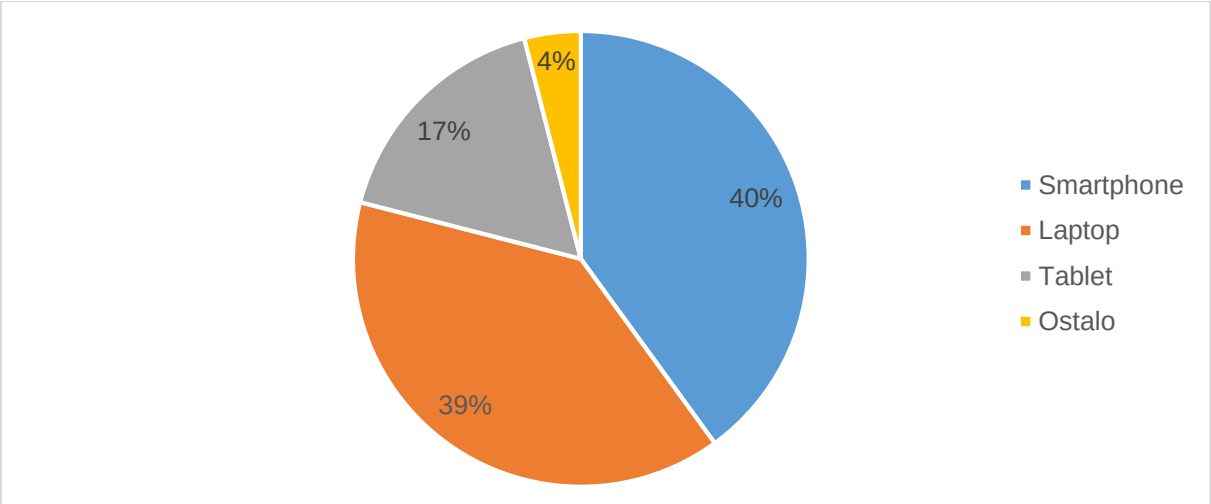
što su *Wi-Fi Alliance* i *Wireless Broadband Alliance*) su kontinuirano dodavali značajke za poboljšanje kvalitete Wi-Fi usluga mreže, izvedbu i upravljanje, [16].



Grafikon 12: Usporedba IP prometa između žičnog, bežičnog i mobilnog prometa

Izvor: [17]

U 2015. godini uređaji po prvi puta koriste veću propusnost putem bežične mreže u odnosu na ostale mreže. Na grafikonu 12 vidljivo je da je Wi-Fi promet najviše porastao u 2015. godini, nešto malo više od prometa putem žične mreže, [17].



Grafikon 13: Korištenje podatkovnog prometa na različitim terminalnim uređajima putem Wi-Fi pristupa

Izvor: [32]

Na grafikonu 13 se vidi koliki udio u korištenju podatkovnog prometa putem Wi-Fi pristupa ima svaki uređaj. Pametni mobilni uređaji zauzimaju najviše mjesta, 40 %, što je više od laptop uređaja koji zauzimaju 39 %. Tablet uređaji najmanje koriste podatkovni promet putem Wi-Fi pristupa zato što su manje popularni na tržištu od pametnih mobilnih uređaja i laptop uređaja.

4. Karakteristike i metode prebacivanja podatkovnog prometa

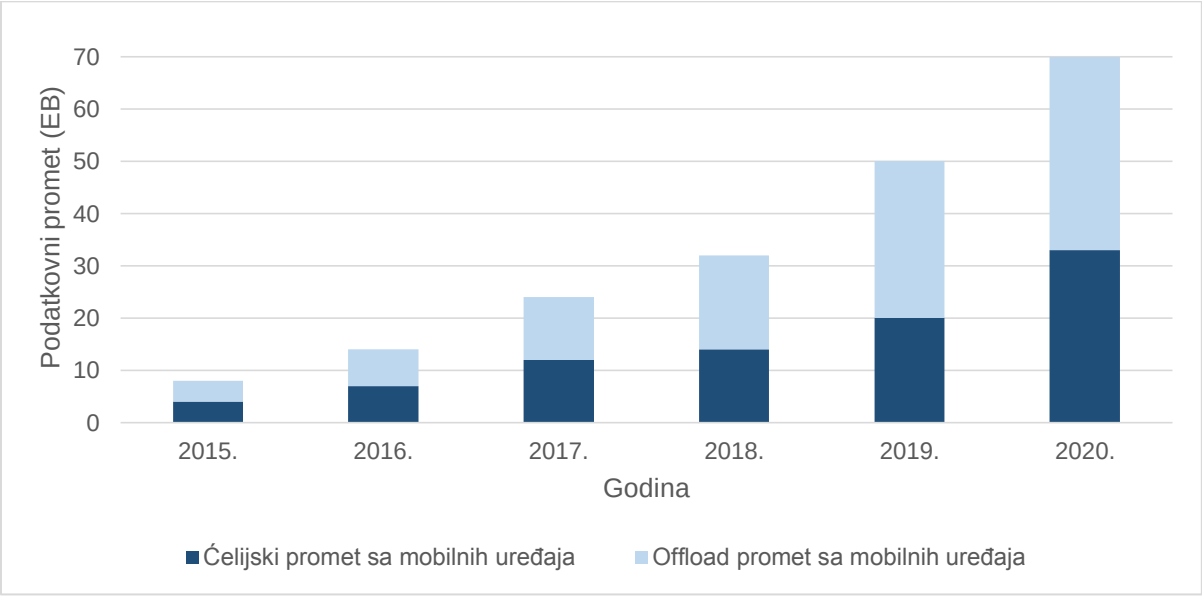
Prebacivanje podatkovnog prometa je prebacivanje 3G/4G mobilne korisnike na Wi-Fi mrežu ili femtoćelije kako bi se oslobodila propusnost. Također se koristi u situacijama gdje je prijem slab, što omogućuje korisniku spajanje preko žičanih usluga uz bolju povezanost, [18].

Povećanje potreba za prebacivanjem podatkovnog prometa uzrokovano je povećanjem prometa podataka na Internetu. To je omogućeno mobilnim pametnim uređajima koji posjeduju Wi-Fi mogućnosti, zajedno sa velikim ekranima i raznim internetskim aplikacijama.

Postoje dva tipa prebacivanja podatkovnog prometa tj. *offloadinga*. Na mjestu (eng. *On-The-Spot*) koristi spontano povezivanje sa Wi-Fi mrežom i prenosi podatke na licu mjesta. Kašnjenje (eng. *Delayed*) je vrsta prebacivanja gdje se svakom prijenosu podatka daje „rok“ (eng. *deadline*) kada mora biti poslana. Šalje se dio po dio podatka kada korisnik ulazi i izlazi iz različitih Wi-Fi područja, [22].

4.1. Wi-Fi

Prebacivanjem korisnika iz 3G/4G mreže na Wi-Fi mreže, mobilni operateri mogu dodavati više mogućnosti na pristupačan i fleksibilan način.



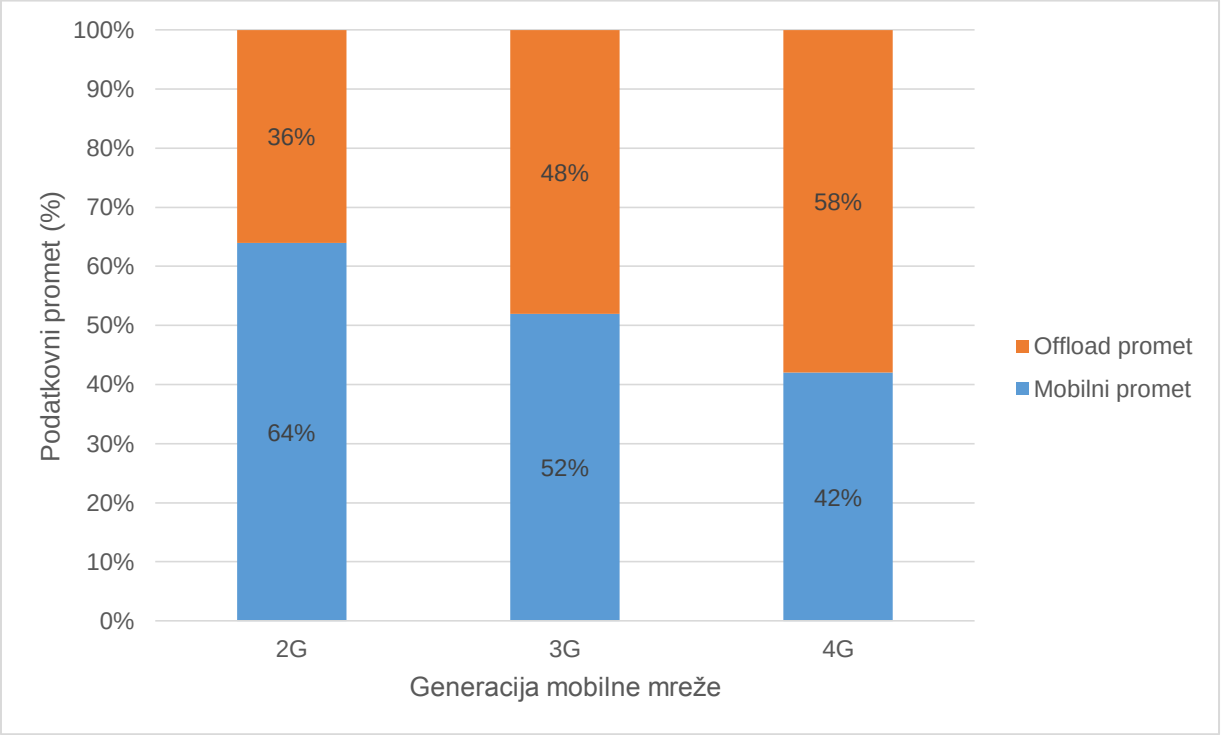
Grafikon 14: Porast prebacivanja podatkovnog prometa, eksabajti po mjesecu

Izvor: [15]

Kao postotak od ukupnog prometa mobilnih podataka iz svih mobilnih uređaja, mobilno prebacivanje se povećava sa 51 % (3,9 eksabajta mjesečno) u 2015. godini na 55 % (38,1 eksabajta mjesečno) do 2020. godine, grafikon 14, [15].

Količina prebačenog prometa sa pametnih mobilnih uređaja će biti 56 % do 2020. godine, a količina prebačenog prometa sa tablet uređaja će biti 71 %. Predviđalo

se da će upotreba prebacivanja podatkovnog prometa biti manje relevantna nakon pojave 4G mreže zbog veće brzine i obilnije propusnosti. Međutim, 4G mreža je privukla velik broj uređaja kao što su napredni pametni mobilni uređaji i tablet uređaji. Wi-Fi prebacivanje je veće na 4G mrežama nego na nižim mrežama, [15].



Grafikon 15: Usporedni prikaz ostvarenog i prebačenog podatkovnog prometa prema generacijama mobilne mreže

Izvor: [15]

Količina prebačenog prometa sa 4G je bio 56 % na kraju 2015., a povećati će se na 58 % do 2020. godine. Količina prebačenog prometa sa 3G će biti 48 % do 2020. godine, a sa 2G će biti 36 %, grafikon 15, [15].

Za učinkovitu provedbu prebacivanja podatkovnog prometa sa mobilne mreže na Wi-Fi, potrebno je riješiti četiri ključna aspekta. Prvo je potrebno povećati Wi-fi *footprint* za provedbu prebacivanja podatkovnog prometa, zatim provesti pitanje korisničke opreme i dodatne opreme, provjera korisničke autentičnosti i interakcije s mobilnom jezgrenom mrežom, te razmatranje mobilne unutarnje mreže, [20].

4.1.1. Povećanje Wi-Fi footprint za provedbu prebacivanja

Mrežni operateri imaju mogućnost dogovora s postojećim davateljem bežične internet usluge (*Wireless Internet Service Provider*; WISP) ili izgradnje vlastite infrastrukture za pružanje usluge prebacivanja podatkovnog prometa. Operator mora odabrati jedno od riješenja koje najbolje odgovara njegovom poslovanju. Glavna namjera je povećati prisutnost Wi-Fi mreža tako da su lako dostupni za prebacivanje mobilnog podatkovnog prometa, [20].

4.1.2. Korisnička oprema i dodatna oprema

Prebacivanje podatkovnog prometa zahtjeva minimalnu interakciju korisnika s mrežom kako bi se mogla pokrenuti. Kvalitetno prebacivanje podatkovnog prometa je presudno za zadovoljavanje korisničkog iskustva. Povezivanje se veže na korisničku opremu kraj koje mogu izravno komunicirati s mrežom.

Pri povezivanju bi trebala postojati mogućnost odluke o odabiru mreže, odluka o količini podatkovnog prometa kojeg želimo prebaciti, vremensko orijentirano prebacivanje itd., [20].

4.1.3. Autentifikacija korisnika i interakcija s mobilnom jezgrenom mrežom

Wi-Fi i mobilne mreže imaju različite mehanizme za provjeru autentičnosti zbog čega se zahtijeva da mehanizam autentičnosti bude prihvatljiv za oba dvije mreže.

Prije nije bilo vlasničke implementacije kako bi se politika i pravila primjenjivala u prebacivanju podatkovnog prometa. Razvijeni su standardi za politiku i pravila koja se primjenjuju u prebacivanju te se nastoje poboljšati, [20].

4.1.4. Razmatranje mobilne unutarnje mreže

Wi-Fi je uglavnom razvijen za lokalne mreže i stoga nisu imali nikakve mobilne funkcionalnosti. Radno tijelo za razvoj Interneta (*Internet Engineering Task Force*, IETF) je došao sa specifikacijama za protokol mobilnog Interneta (*Mobile Internet Protocol*, MIP) i *proxy* protokol mobilnog Interneta (*Proxy Mobile Internet Protocol*, PMIP) da riješi pitanja mobilnosti u Wi-Fi mreži, [20].

4.2. Femtoćelije

Za operatere, femtoćelije pružaju niske troškove, poboljšavaju pouzdanost, povećavaju pokrivenost i kapacitet, te smanjuje gubitke. Za korisnike ono također smanjuje troškove, nema potrebe za skupim novim uređajima, superiorna pokrivenost u zatvorenim prostorima i kvaliteta, jednostavnost, te predstavlja neprekidnu uslugu koja pokriva sve dijelove sustava, [19].

U 2015. godini je prebačeno 51 % ukupnog mobilnog podatkovnog prometa. Sveukupno je prebačeno 3,9 eksabajta mobilnog podatkovnog promet na fiksnu mrežu svaki mjesec, [15].

4.3. IMB

3G standardi uključuju niz mehanizama za emitiranje multimedijskih sadržaja, kao što je npr. multimedijsko emitiranje višestrukih usluga (*Multimedia Broadcast Multicast Service*, MBMS), razvijeni MBMS (*Evolved MBMS*, eMBMS) i emitiranje mobilnog Interneta (*Internet Mobile Broadcast*, IMB). IMB je mobilna bežična tehnologija koja omogućava prijenos sadržaja na ćelijskoj razini odašiljača pomoću 3G ili 4G licenciranog radio spektra.

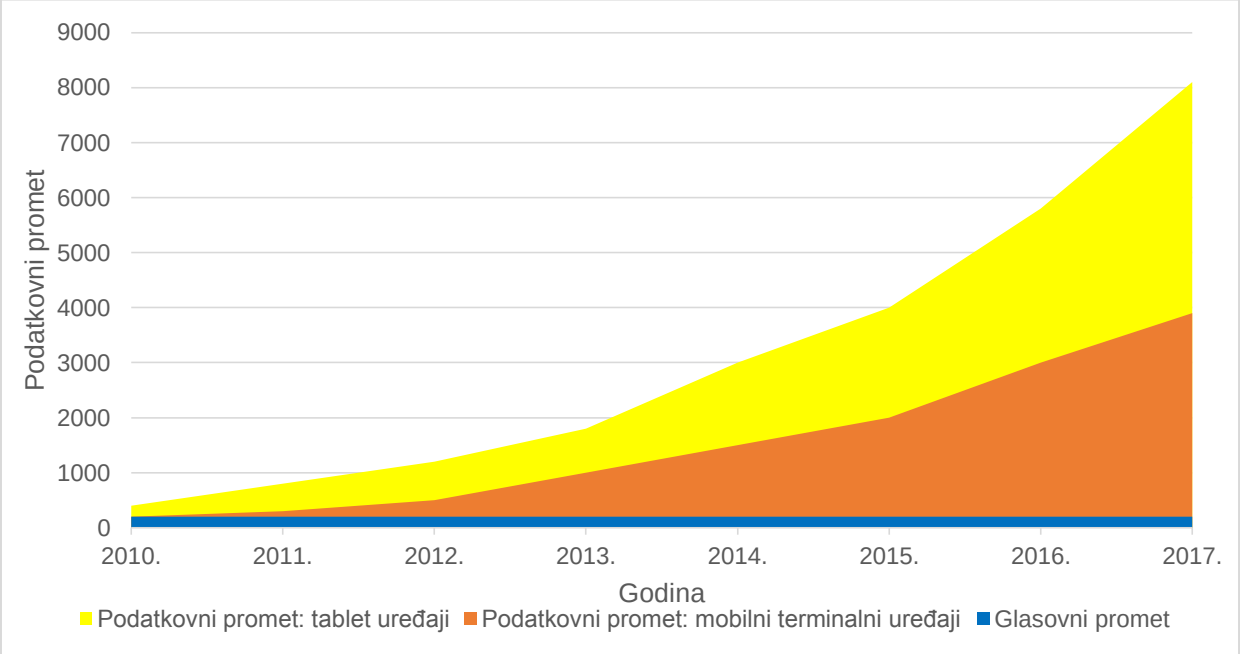
Mobilno emitiranje izbjegava ograničenja kapaciteta od točke do točke 3G strujanja prenošenjem istih mobilnih TV i radio podataka svim korisnicima usluga.

Dakle, mobilno emitiranje može podržavati vrlo visoke razine usluga i korištenja bez potrebe da se popuni 3G mreža s multimedijskim prometom, [21].

IMB je prihvaćen kao dio izdanja 8 od 3GPP standarda u prosincu 2008. godine. IMB podržava i linearne (uživo emitiranje TV usluga) i nelinearne (video isječak, ažuriranje softvera, emitiranje podataka, glazbe itd.) usluge emitiranja.

4.4. Statistike po korištenju pojedine tehnologije

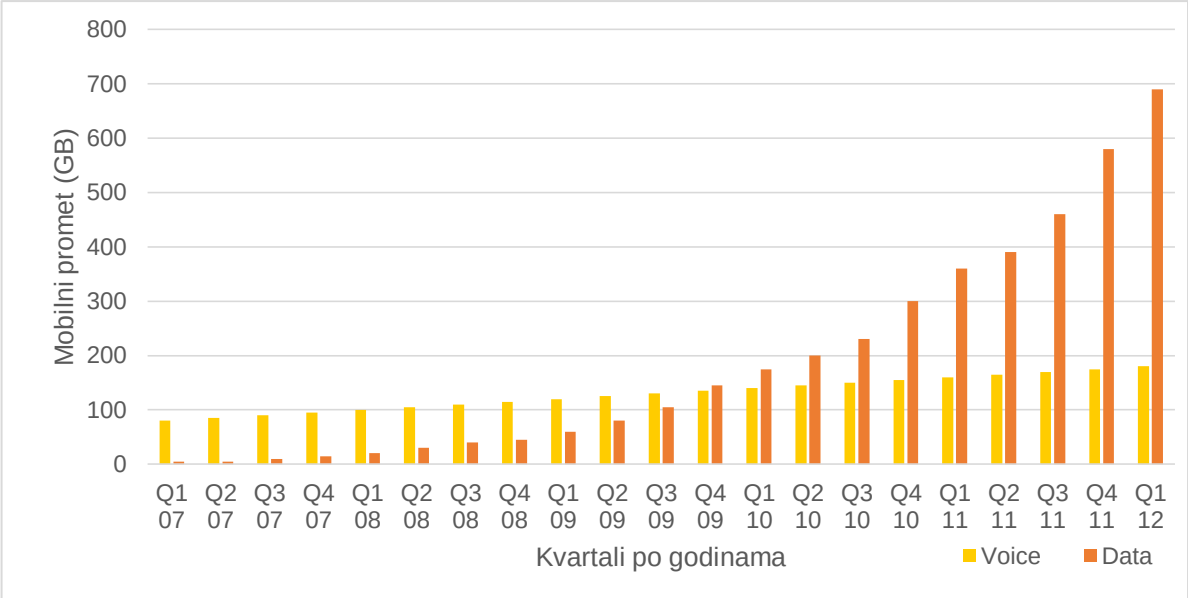
Korištenje mobilnog podatkovnog prometa je konstantno u rastu zbog sve većeg broja korisnika terminalnih uređaja poput pametnih mobilnih uređaja i tablet uređaja.



Grafikon 16: Globalni mobilni promet (glasovni i podatkovni)

Izvor: [9]

Grafikon 16 pokazuje kako se najviše povećalo slanje podatkovnog sadržaja sa tablet uređaja. Slanje podatkovnog sadržaja sa mobilnih telefona je također u rastu, ali se i dalje manje upotrebljava od tablet uređaja. Prijenos glasovnog sadržaja ostaje isti tokom zadnjih 5 godina, te se tako predviđa i u nadolazećim godinama.

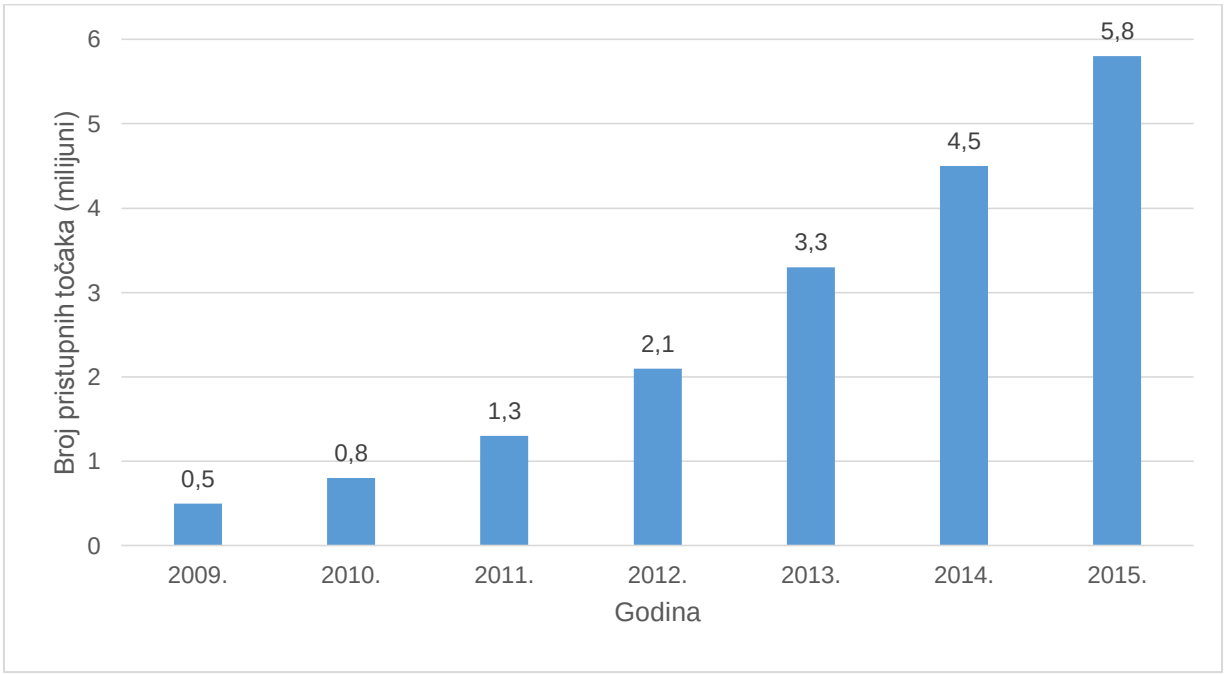


Grafikon 17: Globalno generiranje mobilnog prometa

Izvor: [10]

Analiza statističkih podataka koja prikazuje korištenje mobilnog prometa od 2007. – 2012. godine, grafikon 17, također prikazuje veliki porast. Istraživanje je provela tvrtka Ericsson koja tvrdi da se globalni mobilni promet gotovo udvostručio između prvog tromjesečja 2011. godine i prvog tromjesečja 2012. godine, [10].

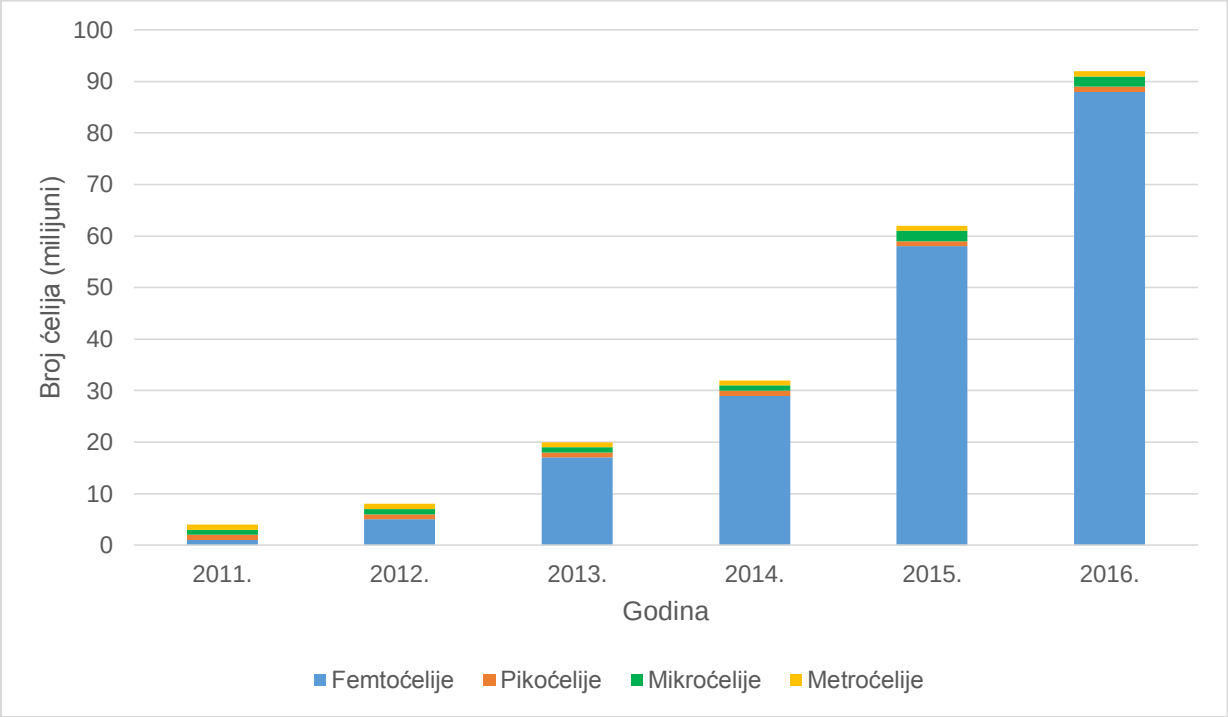
Kao i kod grafikona 16, vidljivo je da je prijenos glasovnog sadržaja približno jednak dok se prijenos podataka drastično povećao.



Grafikon 18: Rast broja javnih Wi-Fi pristupnih točaka

Izvor: [11]

Statistika koja je izrađena od tvrtke „Informa Telecoms & Media“ prikazuje veliki porast broja pristupnih točaka (eng. *Hotspot*) u svijetu u razdoblju od 2009. – 2015. godine, grafikon 18. Kao i kod korištenja mobilnog podatkovnog prometa, očekuje se daljnji porast.



Grafikon 19: Korištenje femtoćelija globalno

Izvor: [12]

Iako nešto manje od mobilnog podatkovnog prometa i pristupnih točaka, došlo je i do porasta korištenja femtoćelija. Tvrtka „Informa Telecoms & Media“ je statističkim podacima prikazala porast korištenja femtoćelija koji je najizraženiji u odnosu na makroćelije, mikroćelije i pikoćelije, grafikon 19, [12].

5. Standardi u postupcima prebacivanja podatkovnog prometa

3GPP ujedinjuje telekomunikacijske standarde razvojnih organizacija (ARIB – *The Association of Radio Industries and Businesses*, Japan; ATIS – *The Alliance for Telecommunications Industry Solutions*, USA; CCSA – *China Communications Standards Association*; ETSI – *The European Telecommunications Standards Institute*; TSDSI – *Telecommunications Standards Development Society*, Indija; TTA – *Telecommunications Technology Association*, Koreja; TTC – *Telecommunication Technology Committee*, Japan). Poznati su i kao organizacijski partneri koji pružaju svojim članovima stabilno okruženje za izradu izvješća i specifikacija koji definiraju 3GPP tehnologiju, [25].

Projekt obuhvaća mobilne telekomunikacijske mrežne tehnologije, uključujući radio pristup, jezgrenu transportnu mrežu i uslužne mogućnosti. Na taj način se osigurava potpuna sustavska specifikacija.

Početni cilj 3GPP-a je bio globalno primjenjiv 3G mobilni telefonski sustav baziran na razvijenoj GSM mreži u okviru projekta Međunarodne telekomunikacijske unije (*International Telecommunications Union*, ITU). Cilj im se naknadno proširio te obuhvaćao razvoj i održavanje GSM mreže (2G i 2,5G standardi uključujući GPRS i EDGE), UMTS mreže (3G standardi uključujući HSPA), LTE mreže (4G standardi) i razvijeniji IP multimedijski podsustav (IMS – *IP Multimedia Subsystem*), [25].

Projekt 3GPP je osnovan 1998. godine koji je drukčiji od 3GPP2 koji određuje standarde za drugu 3G tehnologiju temeljen na CDMA. Podrška 3GPP-a, poznatija kao stručni mobilni centar, se nalazi u europskom telekomunikacijskom institutu (ETSI) u Francuskoj, [25].

5.1. Standardi

Standardi su strukturirani kao izdanja (eng. *Release*), a 3GPP koristi sustav paralelnih izdanja koji omogućuje programerima stabilne platforme za provedbu sadržaja u određenom trenutku, a zatim dodavanje novih funkcionalnosti u postojećim izdanjima. Dosadašnja izdanja su vidljivi iz tablice 4. te nekoliko unapređenja, [25].

Tablica 4: Kratke informacije o izdanjima

Verzija	Godina izdanja	Informacije
Phase 1	1992.	GSM značajke
Phase 2	1995.	GSM značajke, EFR kodek
Release 96	1997.	GSM značajke, 14,4 kbit/s brzina prijenosa
Release 97	1998.	GSM značajke, GPRS
Release 98	1999.	GSM značajke, EDGE, GPRS
Release 99	2000.	Specificirana prva UMTS 3G mreža
Release 4	2001.	Naziva se još Release 2000, nadodano značajki

Release 5	2002.	Predstavljen IMS i HSDPA
Release 6	2004.	Bežične LAN mreže, povećanje HSUPA, poboljšanja IMS kao što je PoC (Push to Talk over Cellular)
Release 7	2007.	Fokusiranje na smanjenje latencije, poboljšanja QoS-a i stvarnovremenskih aplikacija kao što je VoIP (Voice over IP). Ova specifikacija se također fokusira na HSPA+ (High Speed Packet Access Evolution).
Release 8	2008.	Prvo LTE izdanje, OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access), MIMO bazirano radio sučelje
Release 9	2009.	WiMAX i LTE/UMTS interoperabilnost
Release 10	2011.	LTE napredovanje
Release 11	2012.	Napredna IP interkonekcijska usluga, povezanost između nacionalnih operatera, poboljšanja heterogenih mreža (HetNet)
Release 12	2015.	Poboljšanje usluge D2D komunikacije, eMBMS (Multimedia Broadcast Multicast Service) poboljšanja
Release 13	2016.	LTE poboljšanja za računalnu komunikaciju

Izvor: [25]

5.2. Specifikacijske grupe

Upravljanje 3GPP specifikacijama i istraživanja izvode članovi tvrtke u radnim grupama na razini tehničke specifikacijske grupe.

Četiri tehničke specifikacijske grupe (*Technical Specification Groups*, TSG) u 3GPP su radio pristupna mreža (*Radio Access Networks*, RAN), uslužni i sustavski aspekti (*Service & Systems Aspects*, SA), jezgrena mreža i terminali (*Core Network & Terminals*, CT) i GSM EDGE radio pristupna mreža (*GSM EDGE Radio Access Networks*, GERAN), [33].

Radne skupine, unutar tehničke specifikacijske grupe, se sastaju redovito kako bi se predstavio njihov rad za informiranje, raspravu i odobrenje. Svaka specifikacijska grupa ima određeno područje odgovornosti za izvješća i specifikacije unutar vlastitih uvjeta izvođenja, [33].

Posljednji sastanak ciklusa sastanaka je specifikacijska grupa SA koja također ima odgovornost za cjelokupnu koordinaciju rada i praćenja njegovog napretka, [33].

Specifikacijska grupa RAN je odgovorna za definiranje dužnosti, zahtjeva i sučelja mreže na dva načina, FDD (Frequency Division Duplexing) i TDD (Time Division Duplexing), [33].

Specifikacijska grupa SA je odgovorna za cjelokupnu arhitekturu i uslužne mogućnosti sustava temeljenih na 3GPP specifikacijama te ima odgovornost za TSG koordinaciju, [33].

Specifikacijska grupa CT je odgovorna za određivanje terminalnih sučelja, mogućnosti terminala i jezgreni dio mreže 3GPP sustava, [33].

Operatori GSM/GPRS sustava trebaju strategiju za budući rast i interoperabilnost što im omogućuje evolucija radio pristupne tehnologije GSM/EDGE, [33].

Odgovornost posljednje specifikacijske grupe GERAN je specifikacija radio pristupnog dijela GSM/EDGE mreže, [33].

6. Zaključak

Zahtjevi korisnika za kvalitetom generiranja i prebacivanja podatkovnog prometa korištenjem mobilnog i Wi-Fi pristupa su konstantno u rastu zbog čega se nastoji raditi na njihovom poboljšanju i bržem unapređenju.

Dosadašnje statističke analize prikazuju kako su brzine prijenosa podataka kroz godine porasle kako bi se zahtjevi korisnika održale zadovoljavajućim.

Samim povećanjem broja korisnika pametnih terminalnih uređaja i povećanje korištenja mobilnog i Wi-Fi pristupa za podatkovni promet, može se zaključiti kako je razvoj tehnologije do sada bio uspješan.

Kako bi se nastavilo sa uspješnim ostvarenjem podatkovnog prometa, došlo je do potrebe prebacivanja podatkovnog prometa. Razlog tomu je veliko i brzo povećanje generiranog podatkovnog prometa, posebice rastući dio podatkovnog prometa koji se prenosi korištenjem mobilne mreže. To je omogućeno pametnim mobilnim uređajima koji uz velike zaslone posjeduju Wi-Fi mogućnosti korištenjem velikog broja aplikacija s potrebama prijenosa za generiranjem podatkovnog prometa.

Osim povećanja generiranog podatkovnog prometa, na ostvarenje podatkovnog prometa također utječe veliki broj korisnika pametnih terminalnih uređaja te se očekuje i veći broj terminalnih uređaja po korisniku.

U novim generacijama pametnih terminalnih uređaja očekuje nas mnogo novih aplikacija i mogućnosti. Kako raste broj terminalnih uređaja i njihove mogućnosti za korisnike, očekuje se i daljnji rast broja korisnika što utječe na porast ostvarenog podatkovnog prometa.

Zbog svih utjecaja na ostvarenje podatkovnog prometa, došlo je do metode prebacivanja podatkovnog prometa. Najučinkovitiji način ostvarenja metode prebacivanja podatkovnog prometa je povećanje različitih tehnologija pristupne mreže. Većina zahtjeva korisnika, koje je u današnjici moguće ispuniti, se nalaze na mobilnoj mreži, ali statističke analize pokazuju kako se sve veće količine podatkovnog prometa prebacuje na bežične pristupne točke zbog čega dolazi do oslobađanja mobilne mreže.

Jedan od glavnih razloga prebacivanja podatkovnog prometa je promjena pristupnih mreža i infrastrukture te postojanja sve više alternativa mobilne mreže.

Literatura

1. Pristupne mreže (vrste i tehnologije), 2015., URL:http://telekomunikacije.ba/pristupne-mreze-vrste-i-tehnologije/ (pristupljeno: svibanj 2016.)
2. The race to 5G: Inside the fight for the future of mobile as we know it, 2015., URL:http://www.techrepublic.com/article/does-the-world-really-need-5g/ (pristupljeno: svibanj 2016.)
3. Who We Are, 2015., URL:http://www.wi-fi.org/who-we-are (pristupljeno: svibanj 2016.)
4. Wi-Fi,2015.,URL:http://www.webopedia.com/TERM/W/Wi_Fi.html (pristupljeno: svibanj 2016.)
5. Wi-Fi (802.11standard), 2015., URL:http://searchmobilecomputing.techtarget.com/definition/Wi-Fi (pristupljeno: svibanj 2016.)
6. Femtoćelije,2014.,URL:http://dejanpost.blogspot.hr/2014/07/femtocelije.html (pristupljeno: svibanj 2016.)
7. Femtocell,2013.,URL:http://searchtelecom.techtarget.com/definition/femtocell (pristupljeno: svibanj 2016.)
8. Femtocell Technology, 2015., URL:http://www.exuberantsolutions.com/Femtocell_course.htm (pristupljeno: svibanj 2016.)
9. Mobile Data Growth to Hit Enterprise, 2012., URL:http://www.edgelens.com/mobile-data-growth-to-hit-enterprise/#sthash.xqafxr6s.dpbs (pristupljeno: svibanj 2016.)
10. Mobile Data Traffic Doubles in One Year, 2012., URL:http://www.tellingtechtales.com/2012/06/mobile-data-traffic-doubles-in-one-year_06.html (pristupljeno: svibanj 2016.)
11. UltraWideBand,2014.,URL:http://www.dailywireless.org/category/ultrawideband/ (pristupljeno: svibanj 2016.)
12. Femtocells in Russia and the world, 2012., URL:http://www.json.ru/en/poleznye_materialy/free_market_watches/analytics/femtoseti_v_rossii_i_v_mire/ (pristupljeno: svibanj 2016.)
13. 4G VS 3G Networks. Which One will You Prefer?, 2015., URL:http://en.miui.com/thread-126172-1-1.html (pristupljeno: svibanj 2016.)
14. An In-Depth Look at New WiFi Standards Debuting in 2016, 2016., URL:http://propakistani.pk/2016/01/12/an-in-depth-look-at-new-wifi-standards-debuting-in-2016/ (pristupljeno: svibanj 2016.)
15. Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update, 2016.,URL:http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/mobile-white-paper-c11-520862.html (pristupljeno: svibanj 2016.)

16. Carrier-Grade Wi-Fi Keeps Pace With Wi-Fi Network Growth: How CableLabs is Contributing, 2014.,URL:http://www.cablelabs.com/carrier-grade-wi-fi-keeps-pace-with-wi-fi-network-growth-how-cablelabs-is-contributing/ (pristupljeno: svibanj 2016.)
17. Wi-Fi to Overtake Wired Network Traffic by 2015, 2011., URL:https://gigaom.com/2011/06/01/cisco-wifi-vni-report/ (pristupljeno: svibanj 2016.)
18. Offloading details, 2008., URL:http://www.aptilo.com/mobile-data-offloading/wifi-offload-3g-4g (pristupljeno: svibanj 2016.)
19. Mobile data offloading: Femtocell vs Wi-Fi, 2012., URL:http://4g-portal.com/mobile-data-offloading-femtocell-vs-wifi-tutorial (pristupljeno: svibanj 2016.)
20. Mobile Data Offload – Wi-Fi Offload, 2008., URL:http://tec.gov.in/pdf/Studypaper/Mobile%20data%20offload.pdf (pristupljeno: svibanj 2016.)
21. There are a number of 3G offloading techniques, 2009., URL:http://www.unwiredinsight.com/2009/3g-offloading-techniques (pristupljeno: svibanj 2016.)
22. Mobile Data Offloading: How Much Can Wi-Fi Deliver?, 2010., URL:http://www.utdallas.edu/~cxl137330/courses/spring14/AdvRTS/protected/slides/38.pdf (pristupljeno: svibanj 2016.)
23. Smartphone owners more likely to read emails than make calls: stats, 2013., URL:https://econsultancy.com/blog/61897-smartphone-owners-more-likely-to-read-emails-than-make-calls-stats/ (pristupljeno: srpanj 2016.)
24. It's A „Post PC“ World: Smartphones, Tablets Outpace Traditional PC Growth, 2012., URL:http://marketingland.com/its-a-post-pc-world-smartphones-tablets-outpace-traditional-pc-growth-8951 (pristupljeno: srpanj 2016.)
25. About 3GPP Home, 2016., URL:http://www.3gpp.org/about-3gpp/about-3gpp (pristupljeno: kolovoz 2016.)
26. AT&T to shut down 2G GSM network by Jan. 1, 2017, 2016., URL:http://www.rcrwireless.com/20160324/carriers/att-shutdown-2g-gsm-network-jan-1-2017-tag17 (pristupljeno: kolovoz 2016.)
27. Number of 2G mobile subscribers worldwide from 2008 to 2020 (in 1,000), 2016.,URL:http://www.statista.com/statistics/226085/global-2g-mobile-subscriber-forecast/ (pristupljeno: srpanj 2016.)
28. Number of 3G mobile subscribers worldwide from 2008 to 2020 (in 1,000), 2016.,URL:http://www.statista.com/statistics/226094/global-3g-mobile-subscriber-forecast/ (pristupljeno: kolovoz 2016.)
29. Number of 4G mobile subscribers worldwide from 2010 to 2020 (in 1,000), 2016.,URL:http://www.statista.com/statistics/226101/global-4g-mobile-subscriber-forecast/ (pristupljeno: kolovoz 2016.)

30. Number of smartphone users worldwide from 2014 to 2019 (in millions), 2016., URL:http://www.statista.com/statistics/330695/number-of-smartphone-users-worldwide/ (pristupljeno: kolovoz 2016.)
31. Mobile Data Usage Will Explode In Next 5 Years Thanks To Faster Network Speeds: Ericsson, 2016., URL:http://www.twice.com/news/statistics/mobile-data-usage-will-explode-next-5-years-thanks-faster-network-speeds-ericsson/61722 (pristupljeno: kolovoz 2016.)
32. Which devices use Wi-Fi hotspots the most? Not laptops..., 2012., URL:https://gigaom.com/2012/11/07/which-devices-use-wi-fi-hotspots-the-most-not-laptops/ (pristupljeno: kolovoz 2016.)
33. Specifications Groups, 2016., URL:http://www.3gpp.org/specifications-groups (pristupljeno: kolovoz 2016.)
34. iPhone and Android Traffic by Connection Type, 2011., URL:http://www.comscore.com/Insights/Data-Mine/iPhone-and-Android-Traffic-by-Connection-Type (pristupljeno: kolovoz 2016.)
35. Evolution of Mobile Communications: from 1G to 4G, 2004., URL:https://eden.dei.uc.pt/~vasco/Papers_files/Mobile_evolution_v1.5.1.pdf (pristupljeno: srpanj 2016.)
36. Evolutionary steps from 1G to 4.5G, 2014., URL:http://www.ijarcce.com/upload/2014/april/IJARCCE1C%20%20%20a%20%20Sachin%20Panchal%20%20Evolutionary%20steps.pdf (pristupljeno: srpanj 2016.)

Popis slika

Slika 1: Femtoćelija u kućnom okruženju....8

Popis grafikona

Grafikon 1: Broj korisnika 2G mreže diljem svijeta od 2008. do 2020. godine....3
Grafikon 2: Broj korisnika 3G mreže diljem svijeta od 2008. do 2020. godine....4
Grafikon 3: Broj korisnika 4G mreže diljem svijeta od 2010. do 2020. godine....5
Grafikon 4: Rast broja različitih terminalnih uređaja u razdoblju od 2010. do 2016. godine....9
Grafikon 5: Prikaz aktivnosti korištenja tablet uređaja....9
Grafikon 6: Prikaz aktivnosti korištenja pametnih mobilnih uređaja....10
Grafikon 7: Broj korisnika pametnih mobilnih uređaja diljem svijeta od 2014. do 2019. godine....10
Grafikon 8: Načini pristupa putem različitih uređaja....11
Grafikon 9: Rast mobilnog podatkovnog prometa u pojedinim dijelovima kontinenta u 2015. godini....14
Grafikon 10: Mjesečna potrošnja podatkovnog prometa po pametnom terminalnom uređaju....14
Grafikon 11: Mjesečna potrošnja podatkovnog prometa diljem svijeta....15
Grafikon 12: Usporedba IP prometa između žičnog, bežičnog i mobilnog prometa ..16
Grafikon 13: Korištenje podatkovnog prometa na različitim terminalnim uređajima putem Wi-Fi pristupa....16
Grafikon 14: Porast prebacivanja podatkovnog prometa, eksabajti po mjesecu 17
Grafikon 15: Usporedni prikaz ostvarenog i prebačenog podatkovnog prometa prema generacijama mobilne mreže....18
Grafikon 16: Globalni mobilni promet (glasovni i podatkovni) 20
Grafikon 17: Globalno generiranje mobilnog prometa 21
Grafikon 18: Rast broja javnih Wi-Fi pristupnih točaka 21
Grafikon 19: Korištenje femtoćelija globalno....22

Popis tablica

Tablica 1: 802.11 standardi 6
Tablica 2: Brzine prijenosa pokretnih komunikacijskih mreža 11
Tablica 3: Brzine prijenosa po Wi-Fi standardima....12
Tablica 4: Kratke informacije o izdanjima 23