

Proširenje kapaciteta mobilne mreže integracijom LTE i WLAN mrežne infrastrukture

Almedin Džebo
Regulatorna agencija za komunikacije
Sarajevo, Bosna i Hercegovina
adzebo@rak.ba

Sažetak - Mobilnost, kapacitet i brzina prenosa predstavljaju osnovne zahtjeve tržišta telekomunikacija u novije vrijeme. Optimizacija mobilne mreže predstavlja permanentni proces koji se provodi u cilju poboljšanja mrežne arhitekture, efikasnijeg korištenja raspoloživih kapaciteta te isporuke kvalitetnog servisa korisnicima. Obzirom da se obim saobraćaja u ovim mrežama povećava velikom brzinom, postoji stalni zahtjev za proširenje raspoloživih frekvencijskih opsega kako bi se omogućio brži prenos podataka te implementirale „gušće“ mrežne konfiguracije sa manjim rizikom od interferencija. WLAN (eng. *Wireless Local Area Network*) je prepoznat kao tehnologija koja u budućnosti može da poveća kapacitete pristupne mreže preuzimanjem velike količine saobraćaja od LTE-a (eng. *Long Term Evolution*) uz pomoć tzv. *traffic offloading-a*, odnosno prebacivanja saobraćaja s ciljem rasterećenja primarne mreže. Pred telekom operatorima i regulatorima predstoje veliki izazovi kako bi se novonastali zahtjevi uskladili te omogućio razvoj novih usluga na tržištu telekomunikacija.

Ključne riječi 1; LTE 2; WLAN 3; offloading

I. UVOD

Razvoj tehnologije u današnjim mrežama je rezultirao uspostavljanjem više pristupnih mrežnih tehnologija, gdje je više mreža dostupno korisniku na istom području ili lokaciji. Višestruke pristupne mreže su se pojavile, jer niti jedna tehnologija nije mogla da u potpunosti zadovolji sve potrebe korisnika odnosno služi za sve namjene. Naime, osim razlike u brzini prenosa podataka, QoS (eng. *Quality of Service*), i mogućnosti za mobilnost navedenih u Tabeli 1., tehnologije se razlikuju i u mnogim drugim aspektima, kao što je trošak (korištenje infrastrukture), korištenje spektra i licenciranje, dostupnost kompatibilnih korisničkih terminala, potrošnja energije itd. S druge strane, ove tehnologije su kreirane da se nadopunjuju u pogledu pokrivenosti kao na primjer, WLAN je namijenjena za povezivanje uređaja na lokalnom nivou, dok se WiMAX (eng. *Worldwide Interoperability for Microwave Access*) i 3GPP (eng. *3rd Generation Partnership Project*) tehnologije koriste za pokrivanje većih geografskih područja. Granice između tehnologija nisu jasno postavljene što stvara konkurenciju među tehnologijama (npr. LTE i WiMAX ili LTE i WLAN).

TABELA 1. Osnovne karakteristike IP baziranih bežičnih pristupnih tehnologija

Tehnologija	Standard	Brzina prenosa	QoS	Mobilnost
WLAN	IEEE 802.11b	1-11 Mb/s	IEEE 802.11e	niska
	IEEE 802.11a	1-54 Mb/s	IEEE 802.11e	niska
	IEEE 802.11g	1-54 Mb/s	IEEE 802.11e	niska
	IEEE 802.11n	> 100 Mb/s	IEEE 802.11e	niska
	IEEE 802.11ad	≤ 6,76 Gb/s	IEEE 802.11e	niska
	IEEE 802.11ac	≤ 6,93 Gb/s	IEEE 802.11e	niska
3GPP	WCDMA	384 Kbps-2 Mb/s	UMST QoS	visoka
	HSPA	≤ 14 Mb/s	UMST QoS	visoka
	HSPA +	≤ 21-168 Mb/s	UMST QoS	visoka
	LTE	≤ 150-300 Mb/s	UMTS bearer	visoka
	LTE +	≤ 1 Gb/s	UMTS bearer	visoka
Mobile WiMAX	IEEE.802.16	≤ 35 Mb/s	WiMAX QoS	visoka
	IEEE.802.16m	> 100 Mb/s	WiMAX QoS	visoka

Jedan od pravaca koji vodi ka povećanju kapaciteta pristupne mreže je integracija različitih mrežnih arhitektura u funkcionalnu cjelinu. Posebno je važno napomenuti da su u različitim RF opsezima implementirane različite mrežne tehnologije i vladaju različiti režimi licenciranja. LTE tehnologija koja predstavlja evolutivni nastavak 3GPP standarda u razvoju mobilne telefonije, nudi velike mogućnosti proširenja kapacitete odnosno bolje iskorištenje trenutno raspoloživih resursa primjenom MIMO (eng. *Multiple Input Multiple Output*) tehnike te superiornijih, robusnijih modulacijskih postupaka. Međutim, visoka cijena RF spektra namijenjena razvoju ovih sistema te nazasitnost tržišta za proširenjem kapaciteta uvodi jednu potpuno drugačiju praksu u planiranje i izgradnju telekomunikacijske arhitekture. WLAN je prepoznat kao tehnologija koja u budućnosti može da preuzme velike količine saobraćaja od LTE-a uz pomoć tzv. *traffic offloading-a* čime se u velikom obimu rasterećuje LTE mreža.

II. Integracija mreže

Općenito je prihvaćeno da u budućnosti postoji potreba za korištenjem višestrukih pristupnih tehnologija i okruženja u kojima se dostupna mreža dinamički mijenja u skladu sa kretanjem korisnika. Poznavanje karakteristika dostupnih mreža i promjena u njima je važan faktor za optimiziranje isporuke odgovarajućih servisa u heterogenim bežičnim mrežama. U heterogenim mrežnim arhitekturama je zastupljeno više pristupnih mrežnih tehnologija koje se preklapaju i koje su dostupne korisnicima koji posjeduju multimodne terminale. Ovakve mreže u suštini omogućavaju različite scenarije u kojima korisnik može iskoristiti prednosti različitih mreža i tehnologija uz pomoć dinamičkog usmjeravanja saobraćaja kroz najbolje dostupne pristupne mreže u datom trenutku.

Integriranje različitih pristupnih tehnologija u heterogene mrežne arhitekture predstavlja veoma zahtjevan posao koji obuhvaća funkcionalno povezivanje različitih mrežnih struktura i uspostavu odgovarajućih mehanizama i procedura. Uzimajući u obzir 3GPP i ne-3GPP mreže (npr. WLAN i WiMAX), mogu se identificirati tri modela integracije pristupnih mreža u heterogenu mrežnu arhitekturu [1]:

- Čvrsto spajanje,
- Labavo spajanje,
- Bez spajanja.

A. Čvrsto spajanje

Pristup integraciji mreža čvrstim spajanjem mobilnih i bežičnih komunikacijskih sistema predstavlja temeljni pristup integracije WLAN-a u 3GPP mrežama, koji je implementiran uz pomoć SGSN čvora (eng. *Serving GPRS Support Node*). Performanse WLAN mreže su obično pod kontrolom 3GPP operatora. Svi paketi se usmjeravaju odnosno prosljeđuju na isti način kao kod primopredaje koju provodi 3GPP jezgrena mreža. Iako ovaj pristup ima značajano smanjenje gubitaka paketa i kašnjenja u toku primopredaje, osnovni nedostatak je fleksibilnost zbog tzv. čvrstog spajanja koje zahtijeva da obje mreže budu pod kontrolom istog operatora. Drugi nedostatak je potencijalno „usko grlo“ na GGSN čvoru (eng. *Gateway GPRS Support Node*) kroz koje kompletan saobraćaj prema Internetu mora biti preusmjeren.

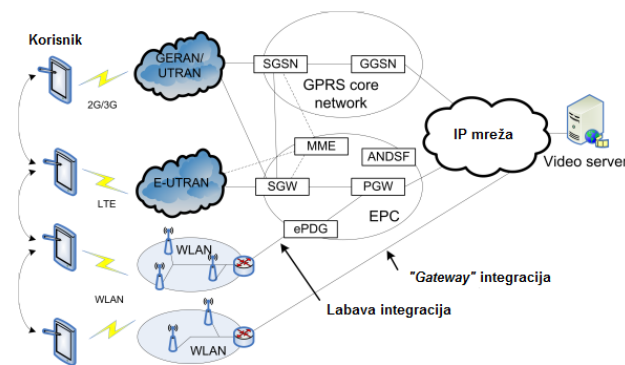
B. Labavo spajanje

Labavo spajanje odnosno labavi pristup integraciji, uvodi tzv. *Mobile IP* (MIP) mehanizam upravljanja mobilnošću korisničkih terminala između dva tipa mreža. U ovom konceptu, korisnički terminal spojen na drugu mrežu kao gost uspostavlja vezu s svojom matičnom mrežom putem IP tunela. Za sve korespondentne mrežne čvorove, korisnik terminala djeluje kao u matičnoj mreži, čak i kad se vrši primopredaja sa gostujuće na matičnu mrežu. Ovaj pristup zahtijeva *Mobile IP* mehanizam implementiran u korisničkom terminalu, kao i nekim od mrežnih elemenata. Prednost ovog pristupa je u njegovoj podršci za sve vrste IP mreža. Nedostatak se ogleda u kašnjenju kontrolne *Mobile IP* signalizacije u toku primopredaje.

C. Bez spajanja

Treći model pristupa integraciji tzv. Bez spajanja (eng. *No Coupled*) predstavlja povezivanje dvije bežične pristupne mreže preko logičkog mrežnog elementa odnosno *Gateway-a*. Informacije između dvije mreže se razmjenjuju preko *Gateway-a* koji je odgovoran za međusobnu komunikaciju i signalizaciju te pomaže u postupcima primopredaje i prosljeđivanja paketa *roaming* korisnicima. Ovaj pristup omogućuje samostalan rad dviju mreža i međusistemski *roaming* bez kašnjenja u primopredaji što predstavlja značajan problem u *Mobile IP* pristupu integracije.

Čvrsto i labavo spajanje je definisano u dokumentu 3GPP-a TS 33.401 Rev 8. Budući da labavi način spajanja na EPC (eng. *Evolved Packet Core*) ovisi o tome da li je ne-3GPP sistem sposoban prikazivati 3GPP autentičnosti sigurno ili ne, za WLAN mreže se općenito pretpostavlja da su nepouzdana. Njihova integracija zahtijeva novi element u EPC-u koji se zove ePDG (eng. *Evolved Packet Data Gateway*). Kao što je prikazano na slici 1. ePDG djeluje kao *gateway* na WLAN mrežu pružajući različite mrežne usluge, uključujući sigurnost, QoS, te upravljanje mobilnošću korisničkih terminala. Mobilnost korisničkih terminala između LTE i WLAN mreže mogu biti u tom slučaju podržana od strane PMIPv6 (eng. *Proxy Mobile IPv6*) koji je implementiran u ePDG čvoru ili DSMIPv6 (eng. *Dual-Stack Mobile IPv6*) [2]. U ovom načinu rada, korisnički terminal je u mogućnosti da slobodno prelazi između mreža primajući iste usluge kao u 3GPP mrežama. Međutim, QoS je podržan samo na EPC strani te je na WLAN mreži da izvrši prosljeđivanje korisničkih paketa prema parametrima 3GPP QoS. Za podršku međupovezivanju sa ne-3GPP pristupnim mrežama, 3GPP je definisao ANDSF (eng. *Access Network Discovery and Selection Function*) kako bi se moglo efikasno uspostaviti dinamičko upravljanje prijavom na mrežu od strane operatora.



Slika 1. Generalna arhitektura integracije 3GPP/WLAN

Arhitektura sistema za međupovezivanje sa ne-3GPP mrežama definisana od strane 3GPP-a omogućuje efikasno korištenje i upravljanje sa više pristupnih tehnologija te olakšava balansiranje opterećenja mreže, *offloading*, te optimalni pristup operatoru upravljanju uslugama IMS-a (eng. *IP Multimedia Subsystem*). Međutim, za određene Internet aplikacije, kao što su OTT (eng. *Over the Top video*) usluge,

ne može biti izvodivo usmjeravanje kompletanog saobraćaja kroz 3GPP CN (eng. *Core Network*). Također, operatori širokopoljnih mreža koji nemaju mobilne mreže, mogu imati koristi od sposobnosti da integriraju svoje mreže u heterogene mrežne arhitekture.

Sigurnost predstavlja ključni faktor za razvoj i implementaciju mreža nove generacije. Ona je svepristupa komponenta u evoluciji mreža te predstavlja veoma važnu kariku u razvoju. Bez osjećaja pouzdanosti i sigurnosti korištenja mreža nemoguće je očekivati tržišni uspjeh novih telekomunikacionih sistema i usluga u budućnosti. Arhitektura mreže definiše referentne funkcionalne dijelove (eng. *Funcional Entities*, FE). Budući da mrežni sigurnosni aspekti ovise o načinu na koji su FE zajedno upakovani, arhitektura mrežne sigurnosti temelji se na fizičkim elementima mreže (eng. *Network Elements*, NE), odnosno fizičkim paketima koji sadrže jedan ili više funkcionalnih dijelova.

Sigurnost u heterogenim mrežama [3] predstavlja, zbog svoje prirode, složen problem koji je potrebno na adekvatan način riješiti. Integracija pristupnih 3GPP mreža i ne-3GPP mreža, sa aspekta sigurnosti uvodi pojmove pouzdananih (eng. *Trusted*) odnosno nepouzdananih (eng. *Untrusted*) mreža. Obje, u osnovi pružaju istu krajnju funkcionalnost, odnosno predstavljaju IP pristupnu mrežu koja nije specificirana 3GPP standardom, a sa aspekta sigurnosnih funkcija za operatora razlikuju se po načinu integracije. Pod pouzdanom ne-3GPP mrežom se podrazumijeva, pristupna mreža koja prilikom uspostavljanja konekcije za krajnjeg korisnika realizuje definisane procese i procedure autentifikacije i autorizacije korisnika na mrežu, odnosno ne dozvoljava neautoriziran pristup istoj, a pri tome dolazi iz pouzdanog partnerskog okruženja.

III. Prebacivanje „offloading“ saobraćaja

Optimizacija mobilne mreže predstavlja permanentni proces koje se provodi u cilju poboljšanja mrežne arhitekture, efikasnijeg korištenja raspoloživih kapaciteta te isporuke kvalitetnog servisa korisnicima. Obzirom da se obim saobraćaja u ovim mrežama povećava velikom brzinom, postoji stalni zahtjev za proširenje raspoloživih frekvencijskih opsega kako bi se omogućio brži prenos podataka te implementirane „gušće“ mrežne konfiguracije sa manjim rizikom od interferencija.

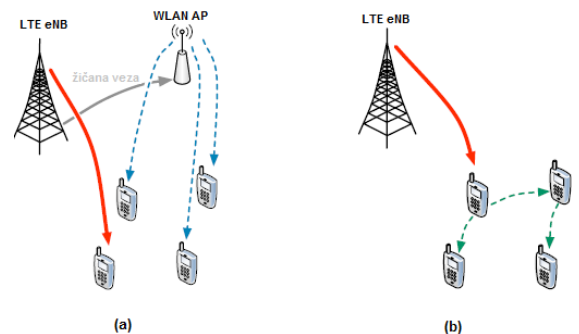
Drugi način da se poboljša prenos podataka je uključivanje odnosno integracija dodatnih pristupnih tehnologija koje već egzistiraju. Za ove potrebe WLAN je veoma pogodno rješenje, jer je već implementiran širom svijeta, a korisnički uređaji su veoma rasprostranjeni i konkurentni. Osim toga, WLAN je optimiziran za *indoor* korištenje, koje prema statistikama iz Ericssona [4] generiše oko 70% od ukupnog saobraćaja mobilnih podataka, što ga čini najprikladnijim rješenjem za *offloading* podataka. Princip *offloading*-a je primjenjiv na mrežu bilo koje vrste, međutim naučna istraživanja se uglavnom usmjerena ka rješavanju problema prebacivanja podataka iz mobilne mreže. Mobilna mreža je identificirana kao mreža koja može imati najviše koristi od ove tehnike.

Osim rasterećenja infrastrukture mreže, prebacivanje saobraćaja na komplementarnu bežičnu tehnologiju dovodi do niza drugih poboljšanja:

- povećanje ukupne propusnosti sistema,
- smanjenje vremena isporuke sadržaja,
- proširenju pokrivenosti mreže,
- povećanje dostupnosti mreže,
- bolja energetska efikasnost.

Sa aspekta mrežne arhitekture postoje dva glavna modela *offloading*-a saobraćaja između mreža sa različitim pristupnim tehnologijama [5]:

- *Offloading* saobraćaja kroz WLAN pristupnu tačku (eng. *Access Points*, AP). Ovaj model (Slika 2a.) predstavlja konvencionalno rješenje za smanjenje količine saobraćaja na mobilnim mrežama. Krajnji korisnici se nalaze unutar zone pokrivenosti WLAN *hotspot*-a koja je obično mnogo manja od makroćelija u mobilnim mrežama. Općenito pruža bolju brzinu i protok od mobilnih mreža.
- *Offloading* zasnovan na direktnoj komunikaciji između terminala (eng. Terminal to Terminal, T2T) bez korištenja *backbone* infrastrukture, predstavlja inovativni model koja se oslanja na funkcionalnosti pametnih mobilnih uređaja (Slika 2b). Operator može odlučiti poslati određeni sadržaj samo manjem broju korisnika putem mobilne mreže, te ostaviti da korisnik širi informacije svojim kontaktima kroz T2T komunikaciju.



Slika 2a) WLAN offloading Slika 2b) T2T offloading

Ova dva oblika *offloading*-a ne isključuju jedan drugog te omogućavaju korisnicima da razmjenjuju podatke u hibridnom modu.

Kako je ranije navedeno, tehnika *offloading*-a mobilnog saobraćaja se može diverzificirati na osnovu nivoa postignute sinergije između mobilne ćelijske i nelicencne bežične mreže kao i na osnovu sudjelovanja korisničkog terminala u procesu *offloading*-a. Pored ove podjele, veoma važna faktor koji igra značajnu ulogu u kategorizaciji sistema *offloading*-a je garancija isporuke paketa podataka sa posebnim akcentom na

vremensku dimenziju. Na osnovu nivoa osjetljivosti u kašnjenju podataka za prenos, razlikujemo dvije vrste *offloading*-a [5]:

- Bez kašnjenja (eng. *No delayed offload*),
- Sa kašnjenjem (eng. *Delayed offload*).

Offloading bez kašnjenja se odnosi na prebacivanje podataka koji su osjetljivi na kašnjenje i koji imaju strogo definisano vrijeme isporuke kako bi se održao zahtjevani QoS. Na primjer, interaktivni audio i video *streaming* sadržaj ne može podnijeti nikakvu dodatnu odgodu kako bi se ispoštovali zahtjevi za servisom u realnom vremenu (dozvoljeno kašnjenje za govorne veze je oko 50 ms, a jedna sekunda za *live video*).

Za razliku od ovog principa, *offloading* sa kašnjenjem predstavlja prebacivanje podataka koji nisu u toj mjeri osjetljivi na kašnjenje u isporuci sadržaja, te se planski isporuka može pomjeriti do određene tačke u vremenu kako bi se došlo do povoljnijih uslova isporuke. U ovoj kategoriji su slijedeće vrste saobraćaja:

- saobraćaj s "labavim" zahtjevom za QoS po osnovu prenosa sadržaja (pojedini paketi mogu biti odgođeni, ali cijeli sadržaj mora doći do korisnika u određenom roku)
- saobraćaj neosjetljiv na kašnjenje u isporuci korisnicima za koji se garantuje okvirno vrijeme isporuke. Ako se prenos ne završi do očekivanog roka, kanal mobilne mreže, raspoređen kao rezerva, preuzima dovršetak prenosa što predstavlja minimalni nivo QoS-a.

Offloading u današnjim mrežama je organiziran i kontrolisan od strane korisnika koji obezbjeđuje alternativne pristupne mreže kako bi unaprijedio servisne karakteristike. Ovaj pristup je na prvi pogled atraktivan, jer koristi postojeću arhitekturu i ne zahtijeva izmjene u konfiguraciji mreža. Međutim, postoje ograničenja kao što su smanjena mobilnost i diskontinuitet u pružanju usluge što predstavlja mogućnost za operatore koji trebaju razvijati odgovarajuće procedure kako bi izradili komparativno bolji sistem za korisnika. 3GPP smatra da *offloading* predstavlja ključnu opciju operatorima za rješavanje pitanja preopterećenja mreže te predlaže ANDSF mehanizam odlučivanja o prelasku između različitih tehnologija pristupa. Također, 3GPP je definisao tri alternativna mehanizma *offloading*-a kako iskoristiti hibridne arhitekture EPC-a [6]:

- LIPA (eng. *Local IP access*),
- SIPTO (eng. *Selected IP Traffic Offload*),
- IFOM (eng. *IP Flow Mobility*).

LIPA *offload* predstavlja dio *femtocell* arhitekture mobilne mreže koja omogućava prenos podataka direktno na uređaj spojen na istu ćeliju bez prolaska kroz pristupnu mrežu. SIPTO *offload* se odnosi na balansiranje odabranim *streamovima* podatka na nivou jezgra mreže. Oba rješenja

imaju za cilj rasterećenje jezgre (CN) ili *backhaul* mreže, a ne pristupne mreže. IFOM predstavlja rješenje koje interesantno za integraciju mreža, te kako je ranije navedeno rasterećenje pristupne mreže.

Pored već navedenog, za *offloading* podataka sa mobilne na WLAN mrežu veoma važno je pitanje kreiranja odgovarajuće sheme odnosno algoritma prelaska sa jednog tipa mreže na drugu. Svrha algoritma je identificiranje određenog skupa korisnika mobilne mreže koji se mogu sa LTE mreže prebaciti na komplementarnu WLAN mrežnu arhitekturu.

IV. Regulatorni aspekti

Postoje razni scenariji za integraciju mreža u odgovarajuću heterogenu strukturu sa različitim algoritmima odlučivanja o prebacivanju saobraćaja sa jedne na drugu mrežu čime ovi sistemi postaju veoma kompleksni sa aspekta formiranja odgovarajućeg regulatornog okvira. Heterogene pristupne mreže su prije svega zamišljene da koriste RF opsege sa različitim režimom licenciranja koji imaju odgovarajuće specifičnosti u pogledu zaštite od interferencija te restrikcija koje se odnose na tehničke parametara radio uređaja. Nelicencni opsezi, inače namjenjeni zatvorenim grupama korisnika koji koriste mrežnu infrastrukturu za svoje potrebe moraju biti dodatno regulisani. Telekom operatori vide veliku šansu za smanjenje svojih troškova korištenjem nelicencnih opsega za proširenje svoje mreže. Licencni opsezi frekvencija koje koristi mobilna telefonija su veoma skupi te se pronalaze različiti modaliteti za uštedu. S druge strane, regulatori moraju zaštititi ovaj visoko vrijedni prirodni resurs u vlasništvu države. Regulatori moraju na pravi način napraviti balans između poticanja razvoja novih telekomunikacionih usluga i uspostavu konkurencije na tržištu te s druge strane zaštitu javnog interesa odnosno sprečavanje ostvarivanja ekstra profita od strane telekom operatora. Pred regulatorima predstoje veliki izazovi u budućnosti, jer je potrebno formirati okvir za regulaciju na jedan novi način prilagođen mrežama nove generacije.

V. Zaključak

Budućnost telekomunikacija je definitivno u kreiranju heterogenih mreža i objedinjavanju svih mrežnih kapaciteta u službi kreiranja novih i inovativnih usluga na tržištu. Problem pristupne mreže može se između ostalih metoda riješiti upotrebom agregacija radio pristupnih mreža. LTE tehnologija koja je prepoznata kao vodeća tehnologija u razvoju bežičnih mreža u kombinaciji sa "drugim" bežičnim tehnologijama može u budućnosti biti ključni faktor za razvoj usluga. Propusna moć na ovaj način formiranih mrežnih kapaciteta je višestruko uvećana i predstavlja rješenje koje će u budućnosti ponuditi kapacitet u pristupu sve zahtjevnijim uslugama.

LITERATURA

- [1] TIA OJANPERÄ; CROSS-LAYER OPTIMIZED VIDEO STREAMING IN HETEROGENEOUS WIRELESS NETWORKS; 2013
- [2] IETF RFC 5555 "Mobile IPv6 Support for Dual Stack Hosts and Routers"

- [3] A. Schumacher / J. Schlien Rohde & Schwartz; Traffic Offload in LTE 2014
- [4] Heterogeneous Networks: Meeting Mobile Broadband Expectations With Maximum Efficiency; Ericsson AB, 2012.
- [5] Filippo Rebecchi, Marcelo Dias De Amorim, Vania Conan, Andrea Passarella, Raaele Bruno, Marco Conti; Data loading Techniques in Cellular Networks: A Survey; 2014
- [6] Understanding WLAN offload in cellular networks; Anritsu; 2013

ABSTRACT

Recently, mobility, capacity and transfer rate are the basic requirements of the telecommunications market. Optimization of mobile network represents a permanent process that is carried out in order to improve the network architecture, efficiency usage of available capacity and the delivery of quality of service to users. Since the volume of traffic in the network increases rapidly, there is a constant demand for expansion of available frequency bands in order to enable faster data transfer and deploy "dense" network configuration with a lower risk of interference. WLAN is recognized as a technology that in the future may increase the capacity of the access network by taking large amounts of traffic from LTE using the techniques known as a "traffic offloading" which is

a function of reducing traffic on the primary network. Telecom operators and regulators will have major challenges in the future in order to establish a new requirements and allow the development of new services in the telecommunications market.

Keywords 1; LTE 2; WLAN 3; offloading

Expanding the capacity of the mobile access network by integrating LTE and WLAN network infrastructure

Almedin Džebo

Communications Regulatory Agency

Sarajevo, Bosnia and Herzegovina

adzebo@rak.ba