

# INTEGRACIJA RAZLIČITIH OBLIKA KOMUNIKACIJE U POSLOVANJU PRIMENOM INTERNET TELEFONIJE

## INTEGRATED DIFFERENT FORMS OF BUSINESS COMMUNICATION BY USING INTERNET TELEPHONY

Ana Savić | Visoka škola elektrotehnike i računarstva strukovnih studija Beograd | anchismail@gmail.com

### Sažetak

U radu je dat pregled razvoja i korišćenja internet tehnologija za poboljšanje poslovanja kroz integraciju različitih vidova komunikacije. Prikazane su prednosti korišćenja standardnog otvorenog IP protokola (IP – Internet Protocol) u uspostavljanju integrisane komunikacije kao nekim mogućnostima nadogradnje postojeće klasične telefonske mreže. U radu je prezentovana konkretna implementacija internet telefonije u poslovnom objektu, sa ciljem smanjenja troškova poslovanja, kao i analiza mogućnosti primene novih multimedijalnih aplikacija i servisa koristeći jedinstvenu integrisanu mrežu. Takođe je analizirano i poređenje performansi originalnog, poslatog i primljenog signala govora nakon prolaska kroz IP mrežu za različite vrednosti paketskih gubitka u mreži (packet loss rate).

### Abstract

The paper provides an overview of development and use of Internet technologies in improving business by integrating different types of communication. The advantages of using the standard open IP - Internet Protocol in establishing integrated communication are presented as some of the potential possibilities of upgrading the existing conventional telephone network. The paper presents a concrete implementation of internet telephony in business premises in order to reduce operating costs, as well as the analysis of the possibilities of applying new multimedia applications and services by using a single integrated network. Comparison of performance of the original, sent speech signal and the received speech signal, after passing through the IP network, for different values of packet loss rate is analyzed.

**Ključne reči:** internet inteligentnih uređaja, informacione tehnologije, internet telefonija

**Keywords:** Internet of things, information technology, Voice over Internet Protocol

### 1. Uvod

Informacione tehnologije imaju fundamentalan uticaj na moderno društvo, uključujući različite načine razmene i prenosa velike količine podataka. Poslovanje, komunikacije i različite komercijalne primene (kao što su video konferencije, video telefonija, kao i stalni razvoj sistema za prenos govora i TV slike standardne i visoke rezolucije, multimedijalnih sistema i sistema za obradu i čuvanje različitih dokumenata) uslovljavaju stalnu i veliku potrebu za primenom i unapređenjem različitih tehnologija i servisa [1].

Stalni razvoj i unapređenje računarskih i mrežnih tehnologija i servisa, uz sve složenije zahteve krajnjih korisnika, uslovio je pojavu velikog broja različitih rešenja namenjenih poslovnoj primeni, uz podrazumevanu upotrebu interneta kao globalne mreže, koja od prvobitne arhitekture sastavljena od svega nekoliko čvorova postaje mreža koja opslužuje milijarde korisnika. Prvobitna arhitektura interneta podrazumeva da je to isključivo računarska mreža, gde nije predviđeno da ostali fizički uređaji budu deo ove mreže [2]. Početkom devedesetih godina dvadesetog veka, Mark Vajzer definiše koncept sveprisutnog računarstva (eng. *ubiquitous computing*), gde računari postaju

deo svih elektronskih uređaja koji se međusobno umrežavaju u cilju ostvarivanja komunikacije i omogućavaju automatizaciju svakodnevnih poslova [1-3].

U progresivnom razvoju nameće se i scenario u kojem će računari i internet evoluirati u kompleksniji vid mrežebb koji uključuje i učešće ljudi kao objekata sistema [4], što je opisano terminom "internet stvari" (Internet of Things, IoT). Ovaj termin podrazumeva sistem fizičkih uređaja povezanih preko senzora i interneta, sa mogućnošću prikupljanja podataka, kao i razmene i komunikacije između različitih aparata [5-7]. Procenjuje se da će do 2020. godine biti preko 50 milijardi međusobno povezanih uređaja.

*Things* u kovanici *IoT* predstavlja bilo koju stvar kojoj može biti dodeljena IP adresa i kojoj je data mogućnost da šalje određene podatke putem interneta, što naprednije verzije internet protokola (IPv6) podržavaju. Ugradnja senzora u *IoT* sistemu omogućava merenje i prikupljanje podatka o određenim parametrima, da bi se nakon slanja i obrade tih podataka pokrenula i izvršila određena radnja [6]. Usled izuzetno velike količine podataka koju senzori prikupljaju u realnom vremenu, podrazumevano je skladištenje i obrada na *cloud*-u. Dalje unapređenje postojećih mreža sa ciljem integracije u jedinstvenu univerzalnu mrežu značajno bi unapredilo i dalji razvoj *IoT* sistema. Mreže tipa PAN (*Personal Area Network*), LAN (*Local Area Network*) i WAN (*Wide Area Network*) imaju svaka svoju optimalnu upotrebu, ali ne obezbeđuju koncept univerzalnosti. Eplov *HomeKit* je korak u dobrom pravcu, pošto omogućava upravljanje svim dodeljenim *IoT* uređajima korišćenjem samo jedne aplikacije [7].

Razvoj interneta i njegova sveprisutnost u savremenom svetu nametnuli su potrebu za spajanjem različitih vidova komunikacije. Integracija računarskih mreža, mreže mobilne telefonije ili javne telefonske mreže i mreže satelitskih komunikacija već ima primenu u distribuciji televizijskog signala, telefonskom saobraćaju i slično [8]. Prenos glasovne komunikacije preko računarske mreže koristeći otvoreni, standardni internet protokol (IP) ima značajnu primenu u

poslovnim sistemima, ali svakako ima i komercijalnu upotrebu [9]. Uspostavljanje tržišta za VoIP (*Voice over Internet Protocol*) aplikacije uslovljeno je prvenstveno potrebama biznis korisnika, ali i širokom upotrebom od strane ostalih korisnika.

Osnovni cilj IP telefonije je realizacija telefonskog poziva (prenos govora i signalizacije) IP mrežama, uz povezanost IP sa javnim (PSTN) i privatnim telefonskim mrežama, kao i održavanje kvaliteta i funkcionalnosti koje već postoje u telefoniji [10-12]. VoIP tehnologija u potpunosti menja klasičan telefonski sistem, jer uz standardnu internet konekciju ostvaruje mogućnost besplatnog telefoniranja.

## **2. Implementacija internet telefonije u postojeću računarsku mrežu**

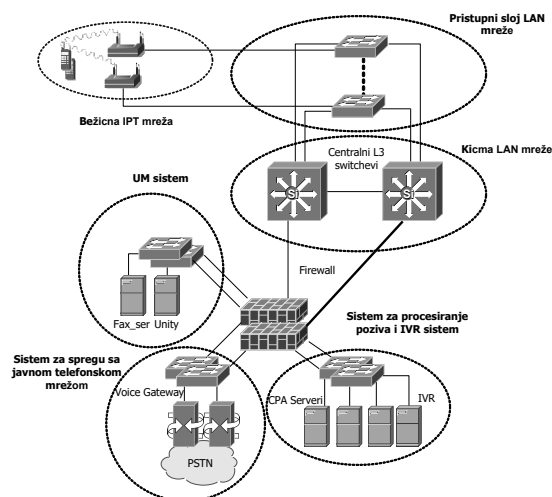
Upotreba internet telefonije omogućava korišćenje samo jednog linka (npr. interneta) za prenos podataka i telefonskog saobraćaja između udaljenih lokacija, čime prestaje potreba za klasičnim telefonskim linijama između udaljenih lokacija. Da bi se u postojeću računarsku mrežu uvela IP telefonija, potrebno je integrisati IP centralu u postojeću računarsku mrežu. IP centrala ima priključke za klasičnu analognu telefonsku liniju (*FXO* kartica), kao i za klasične analogne telefone (*FXS* kartica), što implicira da se svakako mogu koristiti i obični analogni telefoni, čime se smanjuju troškovi inicijalnog prelaska na IP telefoniju, u smislu da nije neophodno kupovati skupe IP telefone. Od velikog značaja za biznis korisnike je činjenica da je pozivanje telefona koji su u istoj računarskoj mreži besplatno, a brojevi telefona (lokali) se dodeljuju proizvoljno. Svakako da je optimalnije rešenje umesto klasičnih telefona postaviti IP telefone, koji se povezuju direktno na računarsku mrežu, dok se na IP telefone povezuju računari, čime se smanjuje broj potrebnih kablova do svakog radnog mesta.

Arhitektura IP mreže uz odgovarajuću signalizacionu infrastrukturu treba da osigura funkcionalnost potrebnu za uspostavljanje, upravljanje i prekidanje poziva, da bude skalabilna za podršku velikog broja istovremenih poziva [13], da osigura mehanizam za komunikaciju, kao i da podrži

interoperabilnost između različitih verzija signalizacionih protokola [14, 15], od čega su najčešće korišćeni H.323 i SIP (*Session Initiation Protocol*) protokol.

Protokol koji se masovno koristio pre uvođenja SIP-a je H.323 protokol, koji je i dalje u upotrebi. Ovaj protokol adresira pitanja signalizacije i kontrole poziva, transport i kontrolu multimedijalnih paketa, kao i kontrolu protoka. Jedan od bitnijih nedostataka H.323 protokola je isuviše složena arhitektura, koja se teško uklapa sa drugim internet protokolima (kao što su UDP i HTTP), jer je H.323 dizajniran oslanjajući se na arhitekturu PSTN mreža (*Public Switched Telephone Network*), a ne prema potrebama internet telefonije. SIP protokol je definisan u RFC 3261 kao protokol aplikativnog sloja, a koristi se za uspostavu veze između korisnika, pri čemu se ne definiše tip sesije koja se uspostavlja (može biti u pitanju interaktivno kockanje, audio ili video konferencija i slično). SIP je takođe klijent-server protokol, baziran na protokolima HTTP (*Hyper Text Transport Protocol*) i SMTP (*Simple Mail Transfer Protocol*).

Blok šema lokalne računarske mreže poslovnog sistema u koji je uvedena IP telefonija prikazana je na Slici 1 i uključuje pristupni sloj lokalne računarske mreže, bežičnu IP telefonsku mrežu, privatnu telefonsku centralu sa komutacijom IP paketa koju čine: sistem za procesiranje poziva, sistem naprednog telefonskog servisiranja korisnika IVR (*Interactive Voice Response*) sistem, sistem za prikupljanje glasovnih, faks i imejl poruka i njihovu unificiranu distribuciju UM (*Unify Messaging*) sistem, sistem za spregu sa javnom telefonskom mrežom, kao i sistem zaštite *Firewall*.



Slika 1. Blok šema lokalne računarske mreže

Kablovska infrastruktura lokalne računarske mreže realizovana je prema pravilima o strukturnom kabliranju, a u skladu sa propisima iz međunarodnog standarda ISO/IEC 11801 i evropskog standarda EN50173, što je omogućilo da kablovski sistem bude nezavisan od namene računarske mreže i pogodan za implementaciju komponenti različitih proizvođača, laku i efikasnu nadgradnju sistema i podršku različitim mrežnim tehnologijama. Za izvođenje kablovske instalacije horizontalnog razvoda korišćeni su bakarni UTP kablovi kategorije 6. Kablovska instalacija vertikalnog razvoda je izvedena korišćenjem optičkih kablova tipa A1a, a koji prema standardu CEI/IEC 793-2:1992 poseduju 18 multimodnih optičkih vlakana unutrašnjeg promera 50/125 $\mu$ m. Za izvođenje alternativnih veza između spratnih koncentrataora u okviru istog sprata Objekta korišćen je optički kabl tipa A1a, prema standardu CEI/IEC 793-2:1992 koji poseduje 12 multimodnih optičkih vlakana unutrašnjeg promera 50/125 $\mu$ m. Kablovska infrastruktura omogućava izgradnju lokalne računarske mreže u Objektu u hijerarhijskoj arhitekturi sa jasno izdvojenim pristupnim delom od zajedničke okosnice, označene na Slici 1. kao kičma mreže. U pristupnom delu obavlja se povezivanje mrežnih uređaja, korisničkih računara, IP telefona i štampača posredstvom odgovarajućih spratnih mrežnih koncentrataora. Mrežni koncentrataori se međusobno povezuju u poseban segment koji obrazuje zajedničku kičmu mreže, gde se ne očekuje povezivanje korisničkih računara i ostalih mrežnih uređaja, nego je ovaj

segment prvenstveno optimizovan za maksimalne performanse i omogućava maksimalnu raspoloživost mreže. Na pristupnom sloju je realizovana mogućnost grupisanja korisnika u izolovane mrežne segmente, mogućnost kontrolisanja propusnog opsega koji se stavlja na raspolaganje korisniku, mogućnost klasifikacije saobraćaja, kao i mogućnost promene prioriteta saobraćaja, pri čemu nije potrebno realizovati redundansu na nivou mrežne opreme i kablovske infrastrukture horizontalnog razvoda.

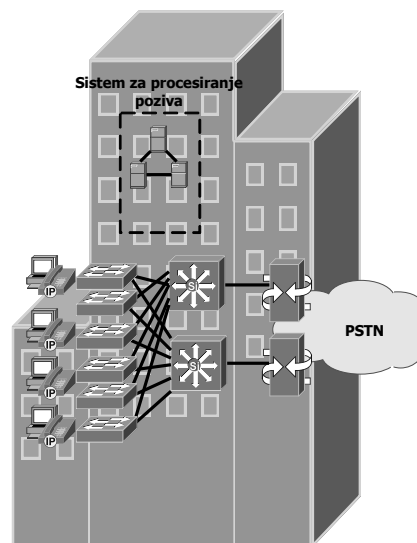
Za realizaciju kičme lokalne računarske mreže koriste se *Gigabit Ethernet* tehnologije prema IEEE 802.3z standardu, varijanta 1000BaseSx, dok je u lokalnoj računarskoj mreži primenjena *Layer 3 switching* tehnologija. Kontrola saobraćaja na kičmi mreže obavlja se inteligentnim *Layer 3* tehnikama sa podrškom za *QoS* i bezbednosne servise. Takođe, na kičmi mreže se selektivno mogu primenjivati funkcije kontrole protoka saobraćaja koje se baziraju na filtriranju saobraćaja na osnovu *Layer 3* i *Layer 4* informacija. Za implementaciju *QoS*a koristi se model *CoS*, *Class of Service*, prema IEEE 802.1Q/802.1p tj. vrši se obeležavanje paketa na drugom nivou OSI referentnog modela – *Layer 2*. Za realizaciju mehanizma za preuzimanje funkcija u slučaju ispada jednog centralnog *switch*-a, koriste se *HSRP (Hot Standby Routing Protocol)* prema RFC 2281, IEEE 802.1d *Spanning Tree Protocol*, IEEE 802.1s *Multiple Spanning Tree Protocol*, kao i poboljšanja STP protokola u skladu sa IEEE 802.1w standardom, dok za distribuciju informacija o pripadnosti korisnika različitim *VLAN*-ovima, čvorišta kičme mreže koriste IEEE 802.1Q protokol, u cilju realizacije mogućnosti iskorišćenja višestrukih veza ka čvorovima istog ili nižeg hijerarhijskog nivoa, koristi se IEEE 803.2ad protokol.

U Objektu je implementiran IP telefonski sistem, što podrazumeva da se glasovna informacija digitalizuje i kompresuje nakon čega se enkapsulira u IP paket i kao takva prenosi korišćenjem telekomunikacione infrastrukture koja se ranije koristila isključivo za prenos podataka. Na ovaj način povećava se iskorišćenost prenosnih puteva, jer je omogućena upotreba iste infrastrukture

za integrisani prenos glasa i podataka, uz podrazumevanu podršku naprednih algoritama za markiranje i klasifikaciju paketa koji prenose govorni signal.

Telefonska centrala za komutaciju IP paketa obuhvata: sistem za procesiranje poziva (CPA), sisteme za prikupljanje glasovnih, faks i imejl poruka i njihovu unificiranu distribuciju, *Unify Messaging (UM)* sistem, sistem naprednog telefonskog servisiranja korisnika, *Interactive Voice Response (IVR)* sistem, kao i sistem za spregu sa javnom telefonskom mrežom.

S obzirom da je osnovna namena projektovanog IP telefonskog sistema procesiranje poziva u okviru Objekta, primenjen je *single-site* model IP telefonije. Osnovna karakteristika ovog modela IP telefonije je da se ne očekuje pružanje VoIP usluga preko korporativne WAN mreže i/ili globalne računarske mreže, odnosno interneta. *Single-site* model IP telefonije je prikazan na Sl.2.



*Slika 2. Single Site model IP telefonije*

Za uspostavljanje lokalnih poziva u okviru Objekta koristi se telekomunikaciona infrastruktura koja sačinjava lokalnu računarsku mrežu. Pozivanje pretplatnika javne telefonske mreže obavlja se korišćenjem sistema za spregu sa javnom telefonskom mrežom koji obavlja povezivanje privatne telefonske mreže, a koja je bazirana na prenosu glasa korišćenjem IP paketa sa tradicionalnim sistemima za prenos telefonskog razgovora u okviru javne telefonske mreže. U okviru

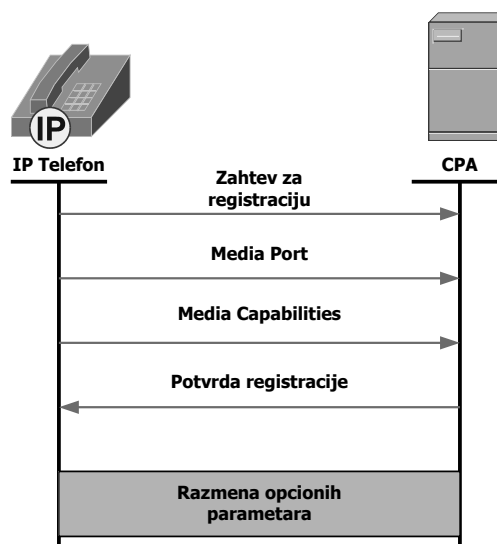
*single-site* modela se koristi ITU-T *voice codec*-a G.711. Za ocenjivanje kvaliteta *voice codec*-a u skladu sa ITU-T preporukama P.830, P.831 koristi se veličina MOS (*Mean Opinion Score*), koja je zasnovana na merenju subjektivnog kvaliteta govornog signala koje se sprovodi na grupi slušalaca koji ocenjuju govorni signal ocenama od 1 (za loš kvalitet govornog signala) do 5 (za odličan kvalitet govornog signala). Tabela 1. prikazuje MOS, kao i zahtevani propusni opseg za neke od standardnih *voice codec*-a.

Tabela 1. Karakteristike ITU-T *voice codec*a

Voice Codec	Bit Rate [kbps]	MOS	Zahtevani propusni opseg na <i>Ethernetu</i> [kbps]
G.711	64	4.1	87.2
G.729a	8	3.7	31.2
G.723.1	6.3	3.9	21.9
G.723.1	5.3	3.6	20.8
G.711	64	4.1	87.2

S obzirom na to da se kao glavni prenosni put za obavljanje telefonskih razgovora koristi korporativna LAN mreža, koja na pristupnom sloju korisniku stavlja na raspolaganje propusni opseg od 100 Mbps za digitalizaciju i kompresiju govornog signala, opravdano je koristiti ITU-T G.711 *voice codec*, jer ima najviši MOS, pri čemu propusni opseg ne predstavlja faktor ograničenja, dok sistem za procesiranje poziva, kao i sistem za spregu privatne telefonske mreže sa javnom telefonskom mrežom treba da omogući podršku ITU-T G.711 i G.729a *voice codec*-ima zbog male vrednosti kašnjenja unetog u VoIP mrežu [15].

Na Sl.3. prikazan je scenario registracije IP telefona, uz odgovarajuću razmenu poruka između IP telefona i sistema za procesiranje poziva CPA (*Call Processing Agent*).



Slika 3. Registracija IP telefona

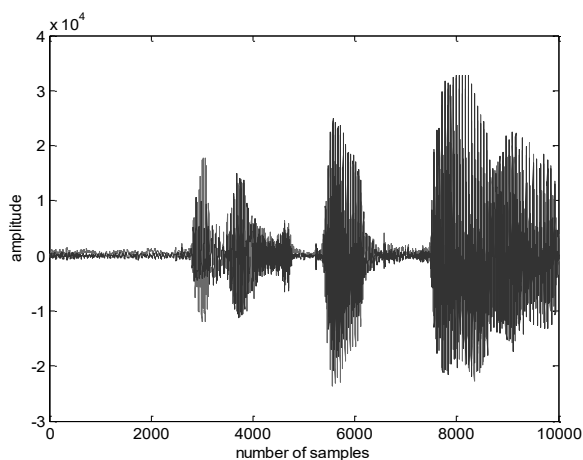
Na Sl.3. ilustrovan je najopštiji slučaj u kome IP telefon pokušava da uspostavi komunikaciju sa CPA. Kada se IP telefon prvi put pojavi u mreži, neophodno je dodeliti mu IP adresu, kao i informaciju o *default gateway*-u i CPA serveru preko DHCP (*Dynamic Host Configuration Protocol*) protokola, a s obzirom da su IP telefoni *Ethernet* uređaji, svaki IP telefon ima jedinstvenu MAC adresu. Nakon dobijanja potrebnih parametara od DHCP servera telefon šalje zahtev za registraciju, kao i listu *voice codec*-a koje je aparat u stanju da podrži i slično. Ukoliko je registracija dozvoljena, CPA šalje potvrdu registracije, nakon čega IP telefon i CPA razmenjuju različite parametre koji su neophodni za funkcionisanje IP telefona u postojećem telefonskom sistemu. Po obavljenju registraciji IP telefon i CPA periodično razmenjuju kontrolne pakete koji obavestavaju CPA da je određeni IP telefon još uvek aktivan u mreži i obrnuto, obavestavaju IP telefon da je primarni CPA još uvek aktivan.

### 3. Poređenje kvaliteta govornog signala pre i nakon prolaska kroz ip mrežu

Na kvalitet prenešenog govornog signala najviše utiču gubitak paketa (*Packet Loss Rate*) koji enkapsuliraju glas i kašnjenje paketa. Gubitak paketa se manifestuje time što korisnik u toku razgovora isprekidano čuje svog sagovornika i može uočiti gubitak

pojedinih glasova. Kašnjenje paketa ili varijacija kašnjenja mogu, takođe, izuzetno uticati na degradaciju kvaliteta prenetog signala govora. U slučaju intenzivnog kašnjenja paketa, razgovor između sagovornika postaje otežan i zvuči kao da se odvija preko radio stanice – *semi duplex*. Optimalno je obezbediti da mehanizmi za garantovanje kvaliteta servisa podržavaju sledeće vrednosti: gubitak paketa · 1%, varijacija kašnjenja · 30 ms, a ukupno kašnjenje · 200ms [15]. Iako ITU-T G.114 naglašava da maksimalno ukupno kašnjenje ne sme da pređe 150 ms, postoji veliki broj radova čiji eksperimentalni rezultati ukazuju na to da se ne može osetiti degradacija kvaliteta govornog signala ni pri kašnjenju do 200 ms.

Na Sl.4. prikazana je amplituda poslatog (crveno) i primljenog (plavo) signala govora, nakon prolaska kroz IP mrežu sa 5% paketskih gubitaka, uz zaključak da ni pri ovim vrednostima paketskih gubitaka nije ozbiljno degradiran kvalitet prenetog govornog signala.



*Slika 4. Amplituda poslatog (crveno) i primljenog (plavo) signala govora, nakon prolaska kroz IP mrežu sa 5 % paketskih gubitaka*

#### **4. Zaključak**

Razvoj interneta i njegova sveprisutnost u savremenom svetu nameću potrebu za integracijom različitih vidova komunikacije iz razloga smanjenja troškova i povećanja mogućnosti koje pružaju nove tehnologije. Stalni razvoj i unapređenje računarskih i mrežnih tehnologija, servisa i protokola, uz sve složenije zahteve krajnjih korisnika,

uslovljava pojavu velikog broja različitih rešenja namenjenih poslovnoj primeni, uz podrazumevanu upotrebu interneta kao globalne mreže.

Za prenos audio i video informacija u realnom vremenu (IPTV, VoIP, internet radio, video na zahtev itd.) osim pouzdanog prenosa, od velikog značaja je kašnjenje, kao i varijacija kašnjenja, što može ozbiljno degradirati kvalitet primljenog signala, što rezultati prezentovani u ovom radu i prikazuju.

Primena VoIP tehnologije kao načina prenosa govornih informacija posredstvom IP grupe protokla, realizovana u jednom poslovnom objektu, koristeći resurse već postojeće računarske mreže, pruža svakako, osim smanjenja troškova poslovanja, i različite mogućnosti primene novih multimedijalnih aplikacija i servisa, kao što je u okviru ovog rada izloženo.

#### **Bibliografija**

1. Weiser, M. (1991). The computer for the 21st century. *Scientific American*, 265(3), 94–104.
2. Kopetz, H. (2011). Internet of things. In *Real-time systems* (pp. 307-323). Springer US.
3. Vermesan, O. et al. (2009). Internet of Things—Strategic Research Roadmap. European Commission-Information Society and Media DG. Brussels.
4. daCosta, F. (2013). It's different out here. *Rethinking the Internet of Things: A Scalable Approach to Connecting Everything*, 1-21.
5. Konstantin, S. (2017) Model infrastrukture e-obrazovanja baziran na Internetu inteligentnih uređaja, Doktorska disertacija, Beograd.
6. Radenković, B., Despotović-Zrakić, M., Bogdanović, Z., Barać, D., & Labus, A. (2015). *Elektronsko poslovanje*. Beograd: FON.
7. Bughin, J., Michael Chui, and James Manyika, (2013), Ten IT-enabled business trends for the decade ahead, *McKinsey Quarterly*

8. Goode, B., "Voice Over Internet Protocol (VoIP)", Proceedings of the IEEE, 90(9) (2002) 1495-1517.
9. Hersent, O., IP Telephony: Deploying VoIP Protocols and IMS Infrastructure, West Sussex, UK: Wiley, 2011.
10. Singh, H.P., Singh, S., Singh, J., "Computer Modeling & Performance Analysis of VoIP under Different Strategic Conditions", Proc. of IEEE Int. Conf. On Computer Engineering and Applications (ICCEA), (2010) 611-615.
11. Nagireddi, S., VoIP Voice and Fax Signal Processing, 1st ed. Wiley Publishing, 2008.
12. Perkins, C., RTP: Audio and Video For The Internet, Addison Wesley, 2012.
13. Qiao, Z., Venkatasubramanian, R.K., Sun, L., Ifeachor, E.C., "A new buffer algorithm for speech quality improvement in VoIP systems", Wirel. Pers. Commun., 45(2) (2008) 189–207.
14. Mayorga, P., Besacier, L., Lamy, R., Serignat, J.-F., "Audio packet loss over IP and speech recognition", Proc. of IEEE Workshop on Automatic Speech Recognition and Understanding (ASRU), (2003) 607-612.
15. Sakuray, F., Hoto, R.S.V., Mendes, L.S., "Analysis and estimation of playout delay in VoIP communications", Int. J. of Computer Science and Network Security, 8(3) (2008) 98–105.

***Istorija rada:***

*Rad primljen: 10.10.2017.*

*Prva revizija: 30.10.2017.*

*Prihvaćen: 31.10.2017.*