

Elektroničko numeriranje (ENUM)

Pavić, Marija

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:200:603094>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-31**

Repository / Repozitorij:

[Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek](#)



**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I
INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA**

Stručni studij

ELEKTRONIČKO NUMERIRANJE

Završni rad

Marija Pavić

Osijek, 2020.

**FERIT**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK

Obrazac Z1S: Obrazac za imenovanje Povjerenstva za završni ispit na preddiplomskom stručnom studiju

Osijek, 22.09.2020.

Odboru za završne i diplomske ispite

**Imenovanje Povjerenstva za završni ispit
na preddiplomskom stručnom studiju**

Ime i prezime studenta:	Marija Pavić
Studij, smjer:	Preddiplomski stručni studij Elektrotehnika, smjer Informatika
Mat. br. studenta, godina upisa:	AI4572, 16.10.2019.
OIB studenta:	51531547110
Mentor:	Mr.sc. Anđelko Lišnjić
Sumentor:	
Sumentor iz tvrtke:	
Predsjednik Povjerenstva:	Izv. prof. dr. sc. Vanja Mandrić-Radivojević
Član Povjerenstva 1:	Mr.sc. Anđelko Lišnjić
Član Povjerenstva 2:	Izv. prof.dr.sc. Slavko Rupčić
Naslov završnog rada:	Elektroničko numeriranje (ENUM)
Znanstvena grana rada:	Telekomunikacije i informatika (zn. polje elektrotehnika)
Zadatak završnog rada	Sve više se govornog prometa prenosi putem podatkovnih mreža, umjesto tradicionalnom telefonskom mrežom. Razlozi za to su višestruki. ENUM protokol pretvara format tradicionalnih telefonskih brojeva koji se koriste u PSTN-u u oblik koji je svojstven Internetu. Zadatak je proučiti preporuke vezane uz mapiranje tradicionalnog zapisa telefonskih brojeva u format broja koji se koristi za uspostavljanje veze putem internet-a. Ujedno treba detaljno obraditi neki od sustava koji upotrebljava ENUM i prikazati jedno hipotetsko uspostavljanje veze kroz taj sustav.
Prijedlog ocjene pismenog dijela ispita (završnog rada):	Izvrstan (5)
Kratko obrazloženje ocjene prema Kriterijima za ocjenjivanje završnih i diplomskih radova:	Primjena znanja stečenih na fakultetu: 3 bod/boda Postignuti rezultati u odnosu na složenost zadatka: 3 bod/boda Jasnoća pismenog izražavanja: 3 bod/boda Razina samostalnosti: 3 razina
Datum prijedloga ocjene mentora:	22.09.2020.
Potpis mentora za predaju konačne verzije rada u Studentsku službu pri završetku studija:	Potpis:
	Datum:

**FERIT**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK**IZJAVA O ORIGINALNOSTI RADA**

Osijek, 23.09.2020.

Ime i prezime studenta:

Marija Pavić

Studij:

Preddiplomski stručni studij Elektrotehnika, smjer Informatika

Mat. br. studenta, godina upisa:

AI4572, 16.10.2019.

Turnitin podudaranje [%]:

12

Ovom izjavom izjavljujem da je rad pod nazivom: **Elektroničko numeriranje (ENUM)**

izrađen pod vodstvom mentora Mr.sc. Anđelko Lišnjić

i sumentora

moj vlastiti rad i prema mom najboljem znanju ne sadrži prethodno objavljene ili neobjavljene pisane materijale drugih osoba, osim onih koji su izričito priznati navođenjem literature i drugih izvora informacija. Izjavljujem da je intelektualni sadržaj navedenog rada proizvod mog vlastitog rada, osim u onom dijelu za koji mi je bila potrebna pomoć mentora, sumentora i drugih osoba, a što je izričito navedeno u radu.

Potpis studenta:

IZJAVA

o odobrenju za pohranu i objavu ocjenskog rada

kojom ja Marija Pavić, OIB: 51531547110, student/ica Fakulteta elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek na studiju Preddiplomski stručni studij Elektrotehnika, smjer Informatika, kao autor/ica ocjenskog rada pod naslovom: Elektroničko numeriranje (ENUM),

dajem odobrenje da se, bez naknade, trajno pohrani moj ocjenski rad u javno dostupnom digitalnom repozitoriju ustanove Fakulteta elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek i Sveučilišta te u javnoj internetskoj bazi radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu, sukladno obvezi iz odredbe članka 83. stavka 11. *Zakona o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju* (NN 123/03, 198/03, 105/04, 174/04, 02/07, 46/07, 45/09, 63/11, 94/13, 139/13, 101/14, 60/15).

Potvrđujem da je za pohranu dostavljena završna verzija obranjenog i dovršenog ocjenskog rada. Ovom izjavom, kao autor/ica ocjenskog rada dajem odobrenje i da se moj ocjenski rad, bez naknade, trajno javno objavi i besplatno učini dostupnim:

- a) široj javnosti
- b) studentima/icama i djelatnicima/ama ustanove
- c) široj javnosti, ali nakon proteka 6 / 12 / 24 mjeseci (zaokružite odgovarajući broj mjeseci).

**U slučaju potrebe dodatnog ograničavanja pristupa Vašem ocjenskom radu, podnosi se obrazloženi zahtjev nadležnom tijelu Ustanove.*

Osijek, 23.09.2020.

(mjesto i datum)

(vlastoručni potpis studenta/ice)

SADRŽAJ

1.UVOD	1
2.ELEKTRONIČKO NUMERIRANJE	2
2.1.E.164	2
2.2.ENUM	4
2.3.DOMAIN NAME SYSTEM	7
2.3.1.Top Level Domain	7
2.3.2 DNS pretraživanje	7
2.4.IP MULTIMEDIA SUBSYSTEM	10
2.4.1.Podjela IMS arhitekture	10
2.4.2. IMS i SIP	13
3. PRAKTIČNI RAD	15
4. ZAKLJUČAK	22
LITERATURA	23
POPIS KRATICA	24
SAŽETAK	26
ABSTRACT	27
ŽIVOTOPIS	28

1. UVOD

Tijekom tehnološkog napretka došlo je i do razvoja telekomunikacijske mreže. Tako je analogna i tradicionalna telekomunikacijska mreža sve više počela koristiti usluge podatkovnih mreža. Da bi mogla funkcionirati u IP domeni bilo je potrebno tradicionalni telefonski broj iz E.164 standarda pretvoriti u broj koji je prepoznatljiv u IP domeni te je zbog toga došlo do razvoja ENUM (engl. *Electronic Numbering*) sustava. ENUM pruža više usluga, a jedna od njih je omogućavanje pronalaženja dodatnih podataka na temelju samo jednog telefonskog broja.

U prvom potpoglavlju ovoga rada opisana je E.164 preporuka te struktura telefonskog broja, a u drugom ENUM i pretvorba telefonskog broja koji se koristi u IP domeni. U trećem potpoglavlju opisan je rad DNS poslužitelja te u četvrtom podsustav IP multimedije (IMS, engl. *IP Multimedia Subsystem*). U praktičnom radu praćen je promet poziva u programu Wireshark, iz kojeg je vidljiva pretvorba telefonskog broja iz E.164 u ENUM format.

2. ELEKTRONIČKO NUMERIRANJE

2.1. E.164

E.164 je međunarodni standard po ITU-T (engl. *International Telecommunication Union*) preporuci koji je nazvan Međunarodni plan numeriranja javnih telekomunikacija. Uspostavlja standardni oblik za svaku zemlju kako bi se definirali vlastiti međunarodni telefonski brojevi, odnosno numeracija.

ITU je organizacija Ujedinjenih naroda za informacijske i komunikacijske tehnologije. Osnovana je 1865. godine radi lakše međunarodne povezanosti u komunikacijskim mrežama. Jedan od tri sektora ove organizacije je i ITU-T (Sektor za standardizaciju telekomunikacija). Cilj ITU-T-a je osigurati učinkovitu i pravodobnu proizvodnju standarda koji pokrivaju sva područja telekomunikacija i informacijsko-komunikacijske tehnologije na svjetskoj razini kao i definiranje tarifnih i računovodstvenih načela za telekomunikacijske usluge.

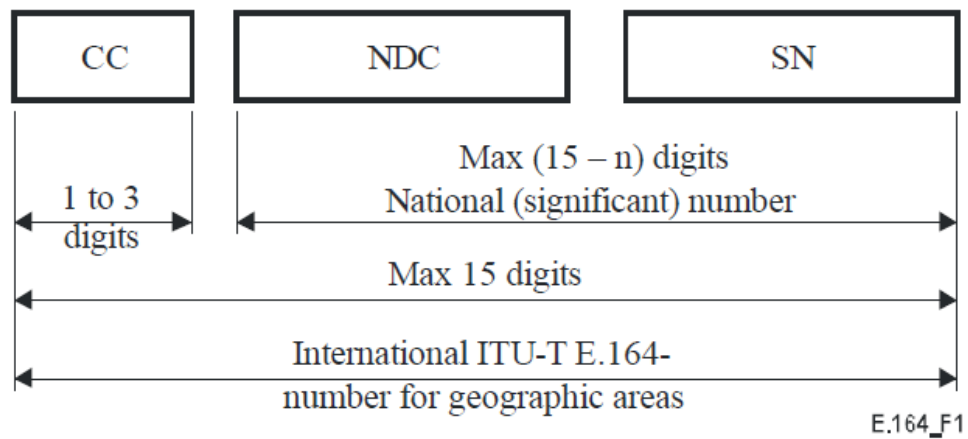
Međunarodni standardi koje ITU-T proizvodi nazivaju se „Preporuke“ jer postaju obavezni tek kad se usvoje kao nacionalni zakon. [1]

ITU-T preporuka E.164 definira strukturu i funkcionalnost ovih glavnih kategorija brojeva koji se koriste za međunarodnu javnu telekomunikaciju:

- Međunarodni E.164 broj za geografska područja
- Međunarodni E.164 broj za globalne usluge
- Međunarodni E.164 broj za mreže
- Međunarodni E.164 broj za skupinu zemalja

Struktura E.164 brojeva za geografska područja prikazana je na Slici 2.1. Telefonski broj može imati najviše 15 znamenki. Prvi dio telefonskog broja je pozivni broj zemlje (CC, engl. *Country Code*, može imati 1 do 3 znamenke). Drugi dio je nacionalna odredišna oznaka (NDC, engl. *National Destination Code*). Posljednji dio je broj pretplatnika (SN, engl. *Subscriber Number*). NDC i SN zajedno tvore nacionalni broj. [2]

Pozivni broj za Republiku Hrvatsku je 385, nacionalna odredišna oznaka za Osječko-baranjsku županiju je 31.



- CC Country Code for geographic area
- NDC National Destination Code
- SN Subscriber Number
- n Number of digits in the country code

Slika 2.1. Međunarodna E.164 brojeva struktura za zemljopisna područja [2]

2.2. ENUM

ENUM (engl. *Electronic Numbering*) je sustav koji definira pretvaranje tradicionalnih telefonskih brojeva u format koji se može koristiti za dohvaćanje i spremanje podataka o internetskom adresiranju te za uspostavljanje telefonske veze putem Interneta. To je konvergencija između IP mreža i PSTN-a (engl. *Public Switched Telephone Network*). Razvio ga je IETF (engl. *Internet Engineering Task Force*) koji koristi DNS (engl. *Domain Name System*) za mapiranje telefonskih brojeva na URL (engl. *Uniform Resource Locator*).

ENUM uzima cijeli međunarodni telefonski broj i pretvara ga u domensko ime koristeći arhitekturu baziranu na DNS-u. [3]

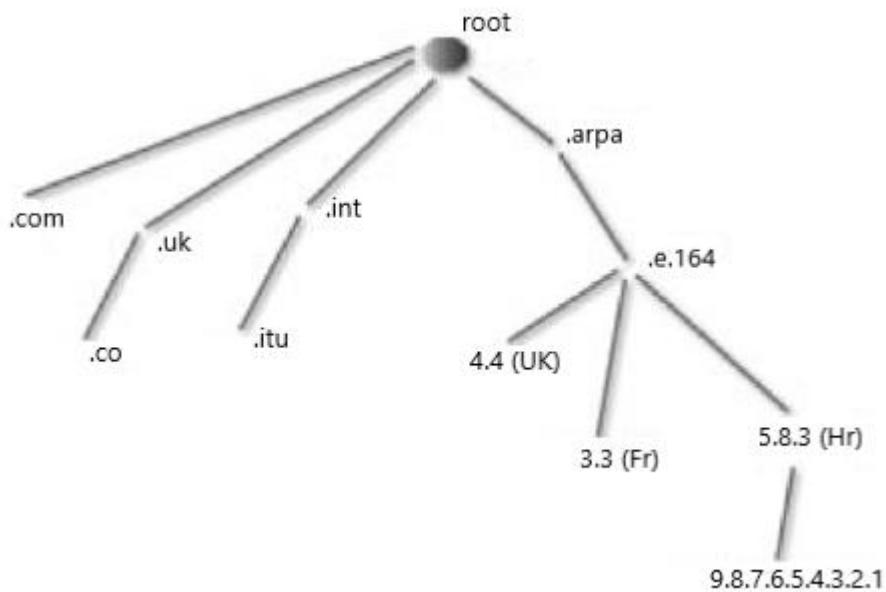
ENUM mapira telefonske brojeve po ITU-T preporuci za E.164 broj što je poznato i kao URI (engl. *Uniform Resource Identifier*). URI su nizovi znakova koji identificiraju resurse kao što su datoteke, dokumenti, baze podataka, adrese e-pošte, slike ili slične usluge. Najpoznatije vrste URI-a su URL-ovi koji se koriste za pretraživanje putem Interneta.

ENUM protokol zahtijeva da se povezane usluge pregledaju konvencijom pojedinačnog obrnutog preslikavanja znamenki u ITU-T preporuci E.164 broja u zasebne DNS „zone“ koje se zatim povezuju s drugom domenom. Odbor za internetsku arhitekturu (IAB, engl. *Internet Architecture Board*) predložio je da ta domena bude „e164.arpa“.

Pretvorba telefonskog broja u odgovarajuću ENUM domenu izvršava se na sljedeći način:

1. Pregledati da je E.164 broj napisan u punom obliku, uključujući i pozivni broj:
pr. +12-3-456789
2. Ukloniti sve nebrojčane znakove, osim '+': pr. +123456789
3. Ukloniti sve znakove, osim znamenki: pr. 123456789
4. Staviti točkice ('.') između svake znamenke: pr. 1.2.3.4.5.6.7.8.9
5. Obrnuti redoslijed znamenki: pr. 9.8.7.6.5.4.3.2.1
6. Dodati „e164.arpa“ na kraj: pr. 9.8.7.6.5.4.3.2.1.e164.arpa

Telefonski broj se obrne zato što DNS čita od kraja prema početku. DNS pretraga u ovom slučaju počinje od domene .arpa. Zatim kreće s e164 te pod tom domenom traži pozivni broj (pr. za Republiku Hrvatsku 385). Poslije toga pretražuje svaku iduću znamenku u telefonskom broju dok ne dobije potpunu adresu. Slika 2.2. prikazuje grane domena. Ako DNS započne pretragu u domeni .arpa može samo pretraživati ispod domene e164. [3]



Slika 2.2. DNS stablo [3]

Ako se telefonski broj navede u DNS za ENUM usluge, može se izvršiti pretraživanje imena i, na primjer, dohvatiti NAPTR (engl. *Name Authority Pointer*) zapise za odgovarajući broj faksa, e-adresu ili bilo koji drugi URI. [4]

Registracija ENUM broja vrši se putem službe za registraciju te kod ITU-T TSB-a (engl. *ITU-T Telecommunication Standardization Bureau*). Tada je broj spreman za međunarodnu upotrebu.[5]

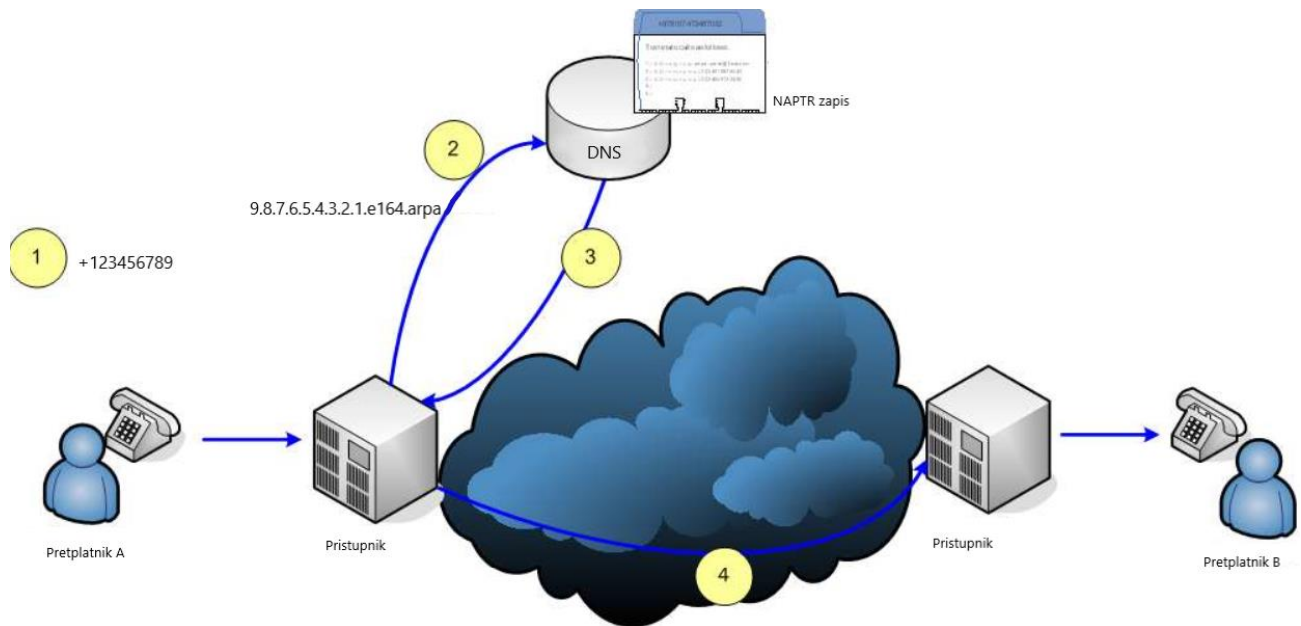
Postoje 3 vrste ENUM-a:

1. javni ENUM – omogućuje krajnjem korisniku upravljanje svojim računom i unosenje zapisa u registar ENUM-a. Naziva se i korisnički ENUM.
2. privatni ENUM – koristi se bez javne domene, stvara naziv domene za svaki telefonski broj i povezuje ga s URI.
3. nositelj ENUM – ovim ENUM-om upravlja administrator državne službe za brojeve. On dodjeljuje telefonski broj krajnjem korisniku. Ova vrsta je najsigurnija jer samo davatelji usluga imaju pristup informacijama. [5]

Cilj ENUM protokola je osigurati jedinstven broj koji će zamijeniti više telefonskih brojeva i adresa za kućni i poslovni telefon, faks, mobitel i adresu e-pošte.

Na Slici 2.3. prikazan je primjer poziva od pretplatnika A prema pretplatniku B:

- Agent s pretplatničkog terminala ili pristupnika (engl. *gateway*) prevodi zahtjev za broj +123456789 u ENUM domenu 9.8.7.6.5.4.3.2.1.e164.arpa.
- Zahtjev se šalje DNS-u za NAPTR zapis domene 9.8.7.6.5.4.3.2.1.e164.arpa.
- Upit vraća skup rezultata NAPTR zapisa. Odgovor je adresa do koje se može doći na Internetu koristeći VoIP protokol SIP.
- Terminalna aplikacija uspostavlja komunikacijsku vezu, a poziv se preusmjerava putem Interneta. [6]



Slika 2.3. Pretplatnik A zove pretplatnika B [6]

„U Hrvatskoj trenutno nema konkretne regulacije ili projekta vezanog uz ENUM. Jedan od alata pri izradi djelotvornog upravljanja brojevnim prostorom HAKOM koristi međunarodne propise (međunarodne ugovore, sporazume i sl).“ (U komunikaciji s HAKOM-om putem e-maila).

2.3. DOMAIN NAME SYSTEM

DNS (engl. *Domain Name System*) je distribuirana hijerarhijska usluga pretraživanja. Koristi se za prevođenje između adresa internetskog protokola (IP) i imena domena. DNS usluga sastoji se od DNS podataka, poslužitelja imena i protokola koji se koristi za dohvaćanje podataka s poslužiteljima. ENUM predlaže mapiranje ITU-T preporuke E.164 broja u DNS. [4]

2.3.1. Top Level Domain

Posljednji dio imena web adrese je vršna domena (TLD) kojoj ta web adresa pripada. TLD pomaže u klasificiranju značajke web stranice, poput svrhe, vlasnika i geografskog područja. Postoji skup generičkih vršnih domena (gTLD, engl. *generic TLD*) kao što su .com, .net, .info i .org, kao i vršne domene državnih kodova (ccTLD, engl. *country code TLD*) kao što su .hr za Hrvatsku, .fr za Francusku, .de za Njemačku, itd. Ostale vršne domene, kao što su .gov, .int, .edu i .mil formiraju skup TLD-ova s ulaznim zahtjevima za registraciju.

Informacije o vršnim domenama pohranjene su na 13 različitih vršnih servera lociranih diljem svijeta. 10 ih se nalazi u SAD-u, a preostala 3 nalaze se u Japanu, Švedskoj i Velikoj Britaniji. Postoji mnogo kopija ovih uređaja na različitim lokacijama kako bi se, bez obzira na sve, osigurala funkcionalnost sustava. Ako je jedan poslužitelj preuzet ili prestane raditi zbog npr. elementarne nepogode, informacije će i dalje biti dostupne. [4]

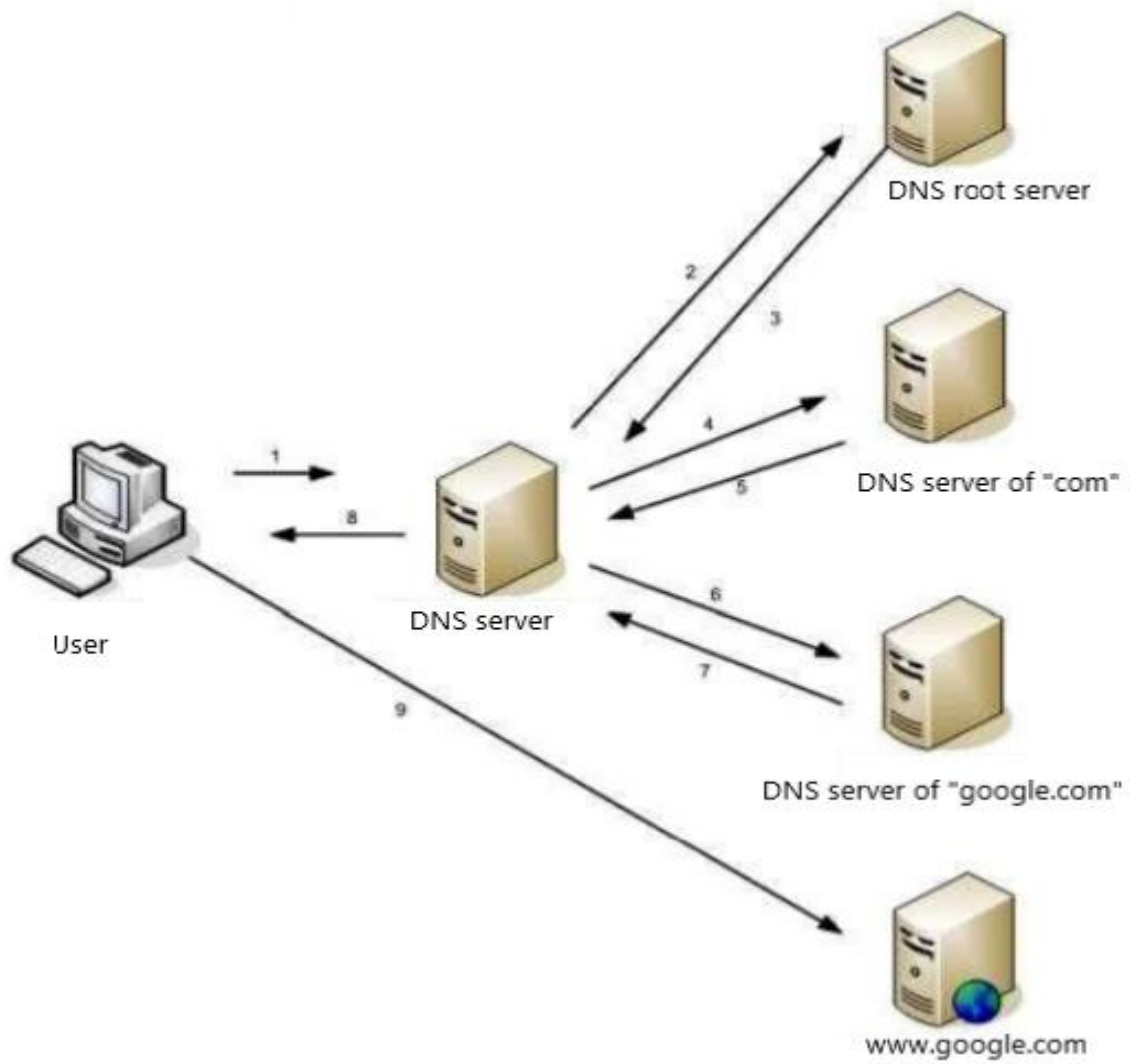
2.3.2 DNS pretraživanje

Pretraživanje započinje upisivanjem web adrese željene stranice riječima, jer je teško zapamtiti brojeve IP adrese. Uređaj će pročitati adresu obrnutim redoslijedom počevši od kraja s vršnom domenom, npr. .hr. Vršni poslužitelj sadrži informacije o domenskim poslužiteljima za različite domene. U ovome slučaju govori nam gdje možemo pronaći informacije o adresama koje završavaju nastavkom .hr. Zbog sigurnosnih razloga postoji više .hr domenskih poslužitelja diljem svijeta. Domenski poslužitelj će nam reći gdje možemo pronaći domenu željene web stranice te će nam vratiti njenu jedinstvenu IP adresu. IP adresa za web stranicu sada je identificirana i poslana računalu pa preuzimanje podataka može započeti.

Cijeli ovaj proces koji omogućuje povezivanje računala s mjestom gdje je pohranjena web stranica koju želite posjetiti događa se u samo par milisekundi prije nego se počnu preuzimati podaci. U stvarnosti mnoštvo informacija je privremeno pohranjeno u memoriji kako bi se informacije dohvaćale lokalno i brže nego da se svaki put traže od početka.

Na Slici 2.4. pojašnjeno je DNS pretraživanje:

1. Korisnik u web preglednik upisuje `www.google.com`, ali operativni sustav ne zna gdje se željena web stranica nalazi te postavlja upit poslužitelju.
2. Poslužitelj šalje upit korijenskom poslužitelju za IP adresu web stranice.
3. Korijenski poslužitelj sadrži lokacije svih vršnih domena. On nema informacije o IP adresi željene web stranice, ali zna da `.com` ima pa vraća lokaciju `.com` poslužitelja.
4. Dalje se upit šalje jednom od `.com` poslužitelja za lokaciju `google.com`.
5. `.com` poslužitelj nema IP adresu za željenu web stranicu, ali vraća lokaciju poslužitelja imena domene `google.com`.
6. Poslužitelj traži IP adresu web stranice `www.google.hr`.
7. Ovaj put poslužitelju se vraća IP adresa željene web stranice.
8. Poslužitelj je završio postupak te sada može odgovoriti na upit operativnom sustavu.
9. Operativni sustav započinje s učitavanjem web stranice. [7]



Slika 2.4. Pretraživanje stranice `www.google.com` [8]

2.4. IP MULTIMEDIA SUBSYSTEM

IMS je standardizirana arhitektura za isporuku multimedijских usluga kao što su tekstualne, glasovne i video poruke putem IP mreže bez obzira na uređaj ili pristupni medij. IMS specifikacije su kreirane u okviru Projekta partnerstva treće generacije (3GPP, engl. *3rd Generation Partnership Project*) kako bi se standardizirala implementacija mobilne mreže nove generacije. IMS koristi mrežu u kojoj se sva komunikacija temelji na IP-u. IMS se koristi u fiksnoj i mobilnoj telefoniji.

Osnovni protokol IMS-a je SIP (engl. *Session Initiation Protocol*).

Glavni zadaci IMS sustava su:

- spajanje klasičnih mreža (mobilne mreže prema GSM ili UMTS sustavu, konvencionalne analogne ili digitalne (ISDN) telefonske mreže) s mrežama temeljenim na IP-u koje koriste VoIP (engl. *Voice over IP*) usluge,
- pružanje dodatnih usluga za mreže temeljene na IP-u,
- spajanje dodatnih uslužnih platformi. [9]

2.4.1. Podjela IMS arhitekture

IMS arhitektura podijeljena je na najmanje 3 različita sloja: transportni sloj, kontrolni sloj i uslužni sloj.

2.4.1.1. Transportni sloj

Transportni sloj odgovoran je za apstrakciju stvarnih pristupnih mreža iz IMS arhitekture. U suštini, ovaj sloj djeluje kao sjecište između pristupnih slojeva i IP mreže iznad njega. Odgovoran je za početno pružanje IP adrese kao i za olakšavanje registracije uređaja s višim slojevima. Sve što se nalazi iznad transportnog sloja (u kontrolnom i uslužnom sloju) je zasnovano na IP-u.

2.4.1.2. Kontrolni sloj

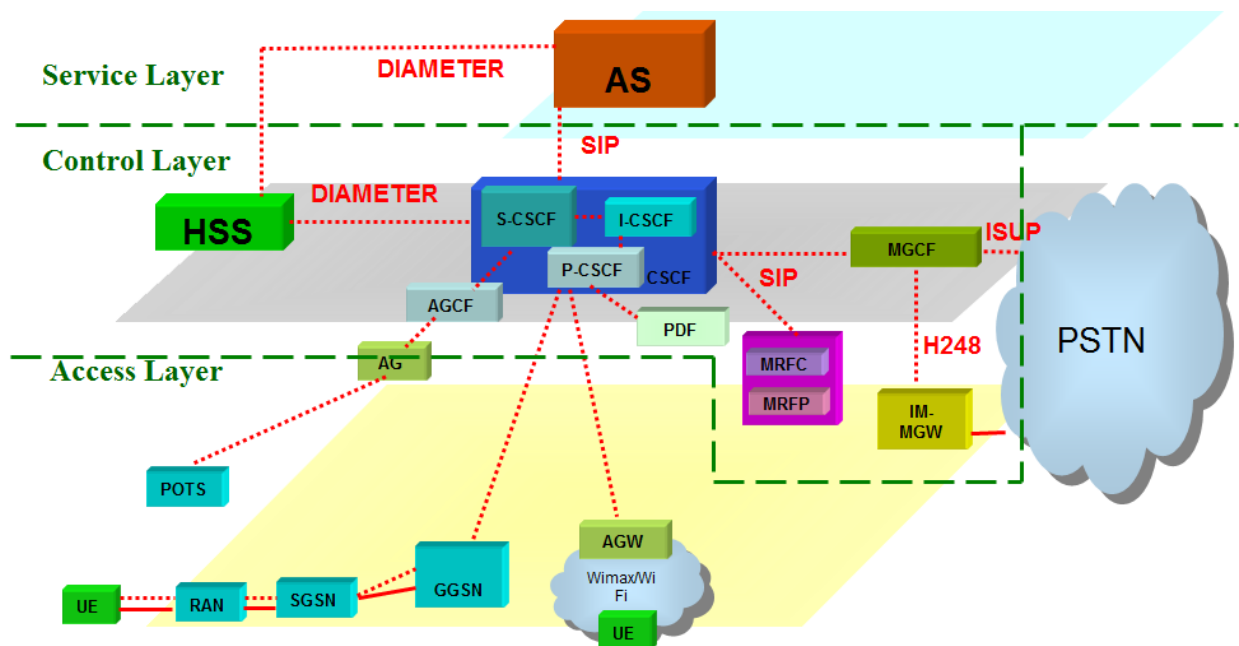
Kontrolni sloj nadzire provjeru autentičnosti, usmjeravanje i distribuciju IMS prometa između transportnog i uslužnog sloja. Većina prometa u ovom sloju temelji se na protokolu za

pokretanje sesije (SIP) koji je često povezan s VoIP tehnologijom. Pored usmjeravanja SIP poruka prema njihovim odgovarajućim uslugama, kontrolni sloj pruža i mogućnost sučeljavanja uslužnog sloja s drugim uslugama.

Glavna komponenta u kontrolnom sloju je funkcija kontrole sesije poziva (CSCF, engl. *Call Session Control Function*) koja olakšava ispravnu interakciju između aplikacijskih i medijskih poslužitelja i usluge kućnog pretplatnika (HSS, engl. *Home Subscriber Service*) koja je centralizirano spremište svih podataka o računu pretplatnika. Ovaj sloj je odgovoran i za "miješanje" usluga, odnosno pružanje mogućnosti za oba glasa (koji sada nisu ništa više od IP paketa) koji se spajaju s podacima i video zapisima. To omogućava IMS uređajima da se tijekom jedne sesije isporučuje višestruko više usluga istovremeno.

2.4.1.3. Uslužni sloj

Uslužni sloj uključuje tradicionalne glasovne usluge, kao i nove aplikacije izgrađene na IMS arhitekturi. Za razliku od mreža druge generacije (2G), ove usluge ne moraju u potpunosti replicirati sve aspekte mreže. Ovo je završni sloj apstrakcije koji IMS arhitekturi daje snagu i fleksibilnost za brzo uvođenje novih usluga. [10]



Slika 2.5. IMS arhitektura [11]

IMS arhitektura prikazana Slikom 2.5. sastoji se od sljedećih dijelova[12, 13]. DIAMETER je protokol za provjeru autentičnosti, autorizaciju i računovodstva računalnih mreža. Razvio se iz RADIUS protokola. AS (engl. *Application Server*) pruža izvršavanje usluga, logiku specifičnu za aplikaciju i svu signalizaciju za jednu ili više usluga. SIP (engl. *Session Initiation Protocol*) je protokol koji se koristi za pokretanje, održavanje i završavanje sesija u stvarnom vremenu koje uključuju aplikacije za govor, video i razmjenu poruka. HSS (engl. *Home Subscriber Server*) je baza svih podataka koji se odnose na pretplatnike i usluge. Sadrži korisničke identitete, podatke o registraciji, pristupne parametre i informacije o pokretanju usluga. CSCF (engl. *Call Session Control Function*) upravlja svim signaliziranjem od krajnjeg korisnika do usluga i drugih mreža omogućavajući konvergenciju mreža. S-CSCF (engl. *Server CSCF*) pruža usluge kontrole sesija za korisnika i održava stanja sesija za tekuće sesije registriranog korisnika. I-CSCF (engl. *Interrogating CSCF*) je kontaktna točka unutar mreže operatera za sve veze namijenjene pretplatniku tog mrežnog operatera. Unutar mreže operatera može biti više I-CSCF-a. P-CSCF (engl. *Proxy CSCF*) prihvaća SIP zahtjeve s mobilnih uređaja, a zatim ih prosljeđuje drugim poslužiteljima. AGCF (engl. *Access Gateway Control Function*) omogućuje mrežama primanje komunikacija iz IMS mreže. Uloga mu je prevesti H.248 signale u odgovarajuće SIP poruke. PCRF (engl. *Policy Decision Function*) se koristi za kontrolu pravila, upravljanjem propusnošću itd. MRFC (engl. *Multimedia Resource Function Controller*) je odgovoran za preuzimanje SIP zahtjeva s poslužitelja i za upravljanje medijskim resursima. MRFP (engl. *Multimedia Resource Function Processor*) se koristi za miješanje, izvor ili obradu medijskih tokova. Tu se nalaze stvarni resursi za obradu medija. MGCF (engl. *Media Gateway Control Function*) konvertira kodeke gdje je potrebno, kontrolira medijske pristupnike te služi kao proboj na mrežu s komutacijom kruga. ISUP (engl. *ISDN User Part*) se koristi za uspostavljanje telefonskih poziva u javnoj komutiranoj telefonskoj mreži (PSTN). H.248 protokol je protokol za pružanje telekomunikacijskih usluga preko sustava koji se sastoji od PSTN-a i modernih paketnih mreža, poput Interneta. IMS-MGW (engl. *IMS Media Gateway*) djeluje s MGCF-om kako bi podržao međusobno povezivanje između IP mreža i domene s komutiranim krugom. PSTN (engl. *Public Switched Telephone Network*) je skup svjetskih telefonskih mreža s komutacijom kojima upravljaju nacionalni, regionalni ili lokalni operateri pružajući usluge i infrastrukturu za javnu telekomunikaciju. POTS (engl. *Plain Old Telephone Service*) je analogni telefonski sustav za prijenos glasa implementiran preko bakrenih žica. UE (engl. *User Equipment*) je terminal IMS arhitekture. Pruža tipične telefonske funkcije. RAN (engl. *Radio Access Network*) se sastoji od skupa funkcija: upravljanje radio vezom, mobilnost, raspoređivanje itd. ostvareno softverskim izvršavanjem u infrastrukturi smještenoj na raznim radio stanicama. SGSN (engl. *Serving GPRS Support Node*) je odgovoran za isporuku

paketa od i do mobilnih stanica unutar svog geografskog područja pružanja usluge. Usmjerava i prenosi pakete, upravlja mobilnošću i logičkim vezama te provjerava autentičnost. GGSN (engl. *Gateway GPRS Support Node*) je mrežna komponenta koja povezuje GSM i UMTS mobilne mreže s vanjskim paketnim mrežama, poput Interneta. AGW (engl. *Access Gateway*) pretvara podatke primljene od korisnika ili uređaja u format koji mreža može koristiti. Može prilagoditi protokole, modulaciju i vrijeme između dvije različite komunikacijske mreže ili uređaja.

IMS omogućuje sigurnu i pouzdanu multimedijску komunikaciju između različitih uređaja na različitim mrežama. Arhitektonski model pruža jedinstvenu infrastrukturu i zajedničke mehanizme za kontrolu, usmjeravanje i upravljanje sesijama, kao i provedbu provjere autentičnosti i autorizacije. IMS specifikacije koriste preporuke IETF-a kao što je SIP za nadzor signalizacije sesije.

2.4.2. IMS i SIP

SIP je protokol koji se koristi za pokretanje, održavanje i završavanje sesija u stvarnom vremenu koje uključuju aplikacije za govor, video i razmjenu poruka. IETF ga je dizajnirao i standardizirao 1996. godine. SIP može uspostaviti, pokrenuti i prekinuti multimedijске sesije putem Interneta. Multimedijška sesija je skup pošiljatelja i primatelja i protoka podataka koji dolaze od pošiljatelja do primatelja. SIP se također može koristiti za pozivanje sudionika za tekuću sesiju kao što je konferencija. SIP pruža vlastite mehanizme za pouzdan prijenos i može pokrenuti nekoliko različitih transportnih protokola poput TCP-a, UDP-a i SCTP-a. SIP je kompatibilan i s IPv4 i s IPv6.

SIP pruža sljedeće ključne mogućnosti za upravljanje multimedijskim komunikacijama:

- određivanje trenutne lokacije korisnika,
- određivanje je li korisnik voljan sudjelovati u sesiji,
- određivanje mogućnosti korisničkog terminala,
- postavljanje sesije,
- upravljanje sesijom (uključuje izmjenu parametara sesije, pozivanje uslužnih funkcija za pružanje usluga sesiji i prekid sesije).

SIP je klijent-poslužitelj protokol koji koristi model transakcija zahtjeva i odgovora. SIP klijent je svaki mrežni element koji generira SIP zahtjeve i prima SIP odgovore. SIP poslužitelj je mrežni element koji prima SIP zahtjeve radi servisiranja i šalje povratne odgovore na te zahtjeve.

[14]

3. PRAKTIČNI RAD

U praktičnom radu snimljena je signalizacija u kojoj pretplatnik A (+385992719605) zove pretplatnika B (+38531210252) preko sustava u kojem se E.164 pretvara u ENUM.

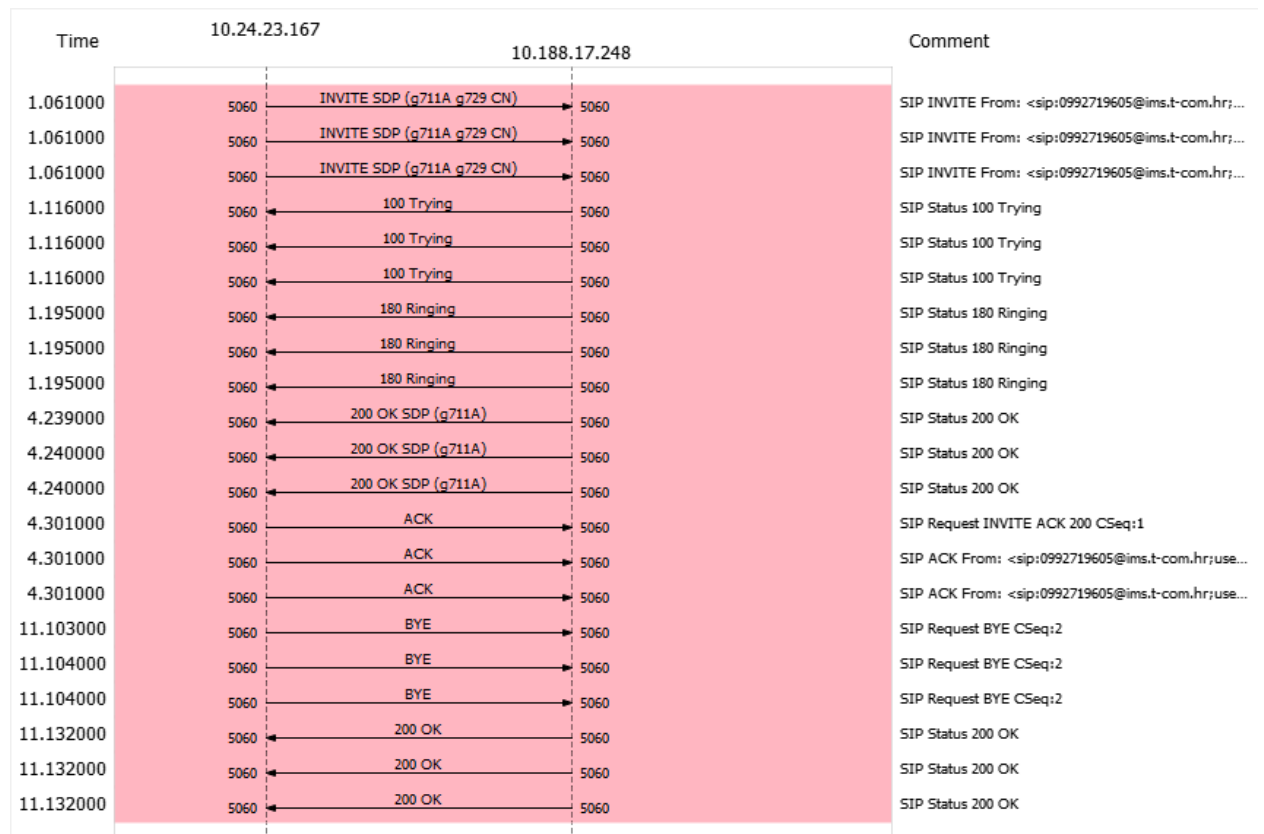
Signalizaciju smo analizirali programom *Wireshark*.

Wireshark je besplatni analizador paketa otvorenog koda. Koristi se za razvoj softvera i komunikacijskih protokola, za rješavanje problema s mrežom, za analizu i za obrazovanje. [15]

Pratimo promet poziva između dvije IP adrese. Na Slici 3.1. je prikazan dijagram toka. Na strjelicama su napisane SIP poruke koje se izmjenjuju tijekom poziva, a strjelice su usmjerene od pozivatelja prema pozvaniku i obrnuto. U prvoj poruci se vidi da se kodek govornog signala g.711 mijenja u g.729.

g.711 je standardni kodek velike brzine prijenosa (64 kbps). Postoje dvije verzije: A zakon i μ zakon. μ zakon se koristi u Sjevernoj Americi i Japanu, dok se A zakon koristi u ostatku svijeta. Razlika je u metodi uzorkovanja analognog signala. U oba zakona signal se ne uzrokuje linearno nego logaritamski. A zakon daje „čistiji“ zvuk zbog manjeg zagušenja uzoraka. [16]

g.729 digitalizira analogne glasovne signale brzinom od 8 kbps.



Slika 3.1. Dijagram toka

Poziv počinje s INVITE porukom zajedno sa SDP-om (engl. *Session Description Protocol*). To je zahtjev upućen od pozivatelja k pozvaniku. Pozvanik odgovara privremenom porukom 180 Ringing, prije toga se obično šalje 100 Trying kako bi naznačio da je poruka primljena i kako bi spriječio pozivatelja da ponovno pošalje poruku.

Pozvanik tada odgovara s 200 OK (prihvaća poziv), a može ga i odbiti s greškom.

- Request Line
 - INVITE sip:+38531210252;npdi;rn+=385D333731210252@icscf-zg.ims.t-com.hr;user=phone SIP/2.0
- Headers
 - Content-Length:261
 - From:<sip:+385992719605@cs2.ims.ht.hr;user=phone>;tag=1AiY0Z9U5XVic_5
 - To:<sip:31210252@icscf-zg.ims.t-com.hr;user=phone>
 - Via:SIP/2.0/TCP
10.65.149.196:5060;branch=z9hG4bKiCW6ehD1hAe9_ZY6
 - Call-ID:6BC40F4A9B6F0238B3969497@5142ffffff
 - CSeq:1 INVITE
 - Max-Forwards:70
 - Route:<sip:icscf-zg.ims.t-com.hr:5060;transport=TCP;lr>

- Record-Route:<sip:AAQACUTpCAAD1AAAavQAAfHsK@10.65.149.196:5060;transport=TCP;lr>
- Request-Disposition:no-fork
- P-Asserted-Identity:<sip:+385992719605@cs2.ims.ht.hr;user=phone>,<tel:+385992719605>
- Session-Expires:1800;refresher=uac
- Contact:<sip:10.65.149.196:5060;transport=TCP>
- Supported:100rel,timer,histinfo,norefersub
- Allow:ACK,BYE,CANCEL,INFO,INVITE,NOTIFY,OPTIONS,PRACK,REFER,UPDATE
- P-Charging-Vector:icid-value=83950811f0ffffffffffffffffffffffff1d38a8e00c;icid-generated-at=10.65.149.196;orig-ioi=cs2.ims.ht.hr
- P-Early-Media:supported
- Content-Type:application/sdp
- Content-Disposition:session;handling=required
- Body
 - SDP PDU
 - v=0
 - o=- 0 0 IN IP4 10.65.152.7
 - s=-
 - c=IN IP4 172.31.156.116
 - t=0 0
 - m=audio 2604 RTP/AVP 8 18 13 96
 - b=AS:80
 - a=rtpmap:8 PCMA/8000
 - a=rtpmap:18 G729/8000
 - a=fmtp:18 annexb=yes
 - a=rtpmap:13 CN/8000
 - a=rtpmap:96 telephone-event/8000
 - a=ptime:20
 - a=maxptime:30

Primjer 3.1. INVITE zahtjev

- Status Line
 - SIP/2.0 100 Trying
- Headers
 - Via: SIP/2.0/TCP
10.96.95.4:5060;branch=z9hG4bK6c15f1b35661405cba0d3c2b4546
dcb8k55555yaaaaacaaaaafzi5f3y3Zqkv7yr4yv4zpcflglmaaaaabq
aaaaaabaaaaaaa,SIP/2.0/TCP
10.65.149.196:5060;branch=z9hG4bKiCW6ehD1hAe9_ZY6
 - From:
<sip:+385992719605@cs2.ims.ht.hr;user=phone>;tag=1AiY0Z9U5
XVic_5
 - To: <sip:31210252@icscf-zg.ims.t-
com.hr;user=phone>;tag=p65540t1578402403m546859c1257382984
s1_1922267586-32301443
 - Call-ID: 6BC40F4A9B6F0238B3969497@5142ffffffff
 - CSeq: 1 INVITE
 - Supported: timer
 - Contact:
sip:p65540t1578402403m546859c1257382984s1@10.96.95.6:5083
 - Privacy: id
 - Content-Length: 0

Primjer 3.2. 100 Trying

- Status Line
 - SIP/2.0 180 Ringing
- Headers
 - Call-ID: SDhnse501-3543eeb7bc6c74e6106bd7d15d450356-
a8oq222
 - Contact: <sip:+38531210252@10.188.17.248:5060>
 - Content-Length: 0
 - CSeq: 1 INVITE
 - From: <sip:0992719605@ims.t-
com.hr;user=phone>;tag=SDhnse501-
p65540t1578402403m546859c1257382984s1_1922273392-
1159185540
 - Session-ID: f958db536e49654b4532d9126207f116
 - To: <sip:31210252@ims.t-com.hr;user=phone>;tag=5d-
2019290335
 - User-Agent: Speedport W 724V / FW 09091602.00.011
 - Via: SIP/2.0/UDP
10.24.23.167:5060;branch=z9hG4bKi7g2hb2030rhei3ao2g0.1

Primjer 3.3. 180 Ringing

- Status Line
 - SIP/2.0 200 OK
- Headers
 - Allow: INVITE,ACK,OPTIONS,BYE,CANCEL,REGISTER,INFO,PRACK,REFER,SUBSCRIBE,NOTIFY,UPDATE
 - Call-ID: SDhnse501-3543eeb7bc6c74e6106bd7d15d450356-a8oq222
 - Contact: <sip:+38531210252@10.188.17.248:5060>
 - Content-Length: 181
 - Content-Type: application/sdp
 - CSeq: 1 INVITE
 - From: <sip:0992719605@ims.t-com.hr;user=phone>;tag=SDhnse501-p65540t1578402403m546859c1257382984s1_1922273392-1159185540
 - Session-ID: f958db536e49654b4532d9126207f116
 - Supported: replaces,100rel
 - To: <sip:31210252@ims.t-com.hr;user=phone>;tag=5d-2019290335
 - User-Agent: Speedport W 724V / FW 09091602.00.011
 - Via: SIP/2.0/UDP 10.24.23.167:5060;branch=z9hG4bKi7g2hb2030rhei3ao2g0.1
- Body
 - SDP PDU
 - v=0
 - o=+38531210252 2149409982 2149409982 IN IP4 10.188.17.248
 - s=Session SDP
 - c=IN IP4 10.188.17.248
 - t=0 0
 - m=audio 10012 RTP/AVP 8
 - a=rtpmap:8 PCMA/8000
 - a=sendrecv
 - a=ptime:20

Primjer 3.4. 200 OK

Pošiljatelj tada šalje ACK. ACK metoda potvrđuje da je primljen konačni odgovor na INVITE zahtjev.

- Request Line
 - ACK
sip:p65540t1578402403m546859c1257382984s1@10.96.95.6:5083;
transport=UDP SIP/2.0
- Headers
 - Content-Length:0
 - From:<sip:+385992719605@cs2.ims.ht.hr;user=phone>;tag=1AiY0Z9U5XVicC_5
 - To:<sip:31210252@icscf-zg.ims.t-com.hr;user=phone>;tag=p65540t1578402403m546859c1257382984s1_1922267586-32301443
 - Via:SIP/2.0/TCP
10.65.149.196:5060;branch=z9hG4bK3d_X8fWaXAejDB26
 - Call-ID:6BC40F4A9B6F0238B3969497@5142ffffffff
 - CSeq:1 ACK
 - Max-Forwards:70
 - Route:<sip:3Zqkv7%20caqeaaaaaaaaaaaaaO\$Xx2xIkSY2aaaaactel%3A+38531210252@scscf2-zg.ims.t-com.hr:5060;maddr=10.96.95.4;lr>
 - Request-Disposition:no-fork

Primjer 3.5. ACK

Sesija završava kada jedna strana pošalje BYE zahtjev. BYE signalizira prekid dijaloga i poziv se završava.

- Request Line
 - BYE
sip:p65540t1578402403m546859c1257382984s1@10.96.95.6:5083;
transport=UDP SIP/2.0
- Headers
 - Content-Length:0
 - From:<sip:+385992719605@cs2.ims.ht.hr;user=phone>;tag=1AiY0Z9U5XVicC_5
 - To:<sip:31210252@icscf-zg.ims.t-com.hr;user=phone>;tag=p65540t1578402403m546859c1257382984s1_1922267586-32301443
 - Via:SIP/2.0/TCP
10.65.149.196:5060;branch=z9hG4bKi99feeiYgcjZ926
 - Call-ID:6BC40F4A9B6F0238B3969497@5142ffffffff
 - CSeq:2 BYE
 - Max-Forwards:70
 - Route:<sip:3Zqkv7%20caqeaaaaaaaaaaaaaO\$Xx2xIkSY2aaaaactel%3A+38531210252@scscf2-zg.ims.t-com.hr:5060;maddr=10.96.95.4;lr>
 - Request-Disposition:no-fork
 - Supported:timer
 - Reason:X.int ;reasoncode=0x00000000;add-info=0132.0001.0B2E

Primjer 3.6. BYE

Nakon BYE zahtjeva druga strana odgovara s 200 OK. Ta zadnja poruka potvrđuje primanje BYE zahtjeva te označava kraj poziva.

- Status Line
 - SIP/2.0 200 OK
- Headers
 - Call-ID: SDhnse501-3543eeb7bc6c74e6106bd7d15d450356-a8oq222
 - Content-Length: 0
 - CSeq: 2 BYE
 - From: <sip:0992719605@ims.t-com.hr;user=phone>;tag=SDhnse501-p65540t1578402403m546859c1257382984s1_1922273392-1159185540
 - Session-ID: f958db536e49654b4532d9126207f116
 - To: <sip:31210252@ims.t-com.hr;user=phone>;tag=5d-2019290335
 - User-Agent: Speedport W 724V / FW 09091602.00.011
 - Via: SIP/2.0/UDP 10.24.23.167:5060;branch=z9hG4bK5r78a130786rrjbosqo0cd0000010.1

Primjer 3.7. 200 OK

4. ZAKLJUČAK

Mogućnost biranja telefonskih brojeva smatra se ključnim za konvergenciju između klasičnih telefonskih usluga i internetske telefonije. Problem jedinstvenog univerzalnog osobnog identifikatora za više komunikacijskih usluga se može riješiti različitim pristupima. Jedan od njih je sustav za elektroničko numeriranje (ENUM) koji je obrađen u ovom završnom radu. On koristi postojeće E.164 telefonske brojeve i protokole za neizravni pristup različitim uslugama dostupnim pod jednim osobnim identifikatorom. ENUM omogućuje da korisnik uvijek bude dostupan neovisno o načinu komunikacije, lokaciji i vremenu. ENUM primjenjuju veće kompanije, a manja je upotreba kod privatnih korisnika. DNS nam uvelike pomaže u snalaženju na Internetu. IP adrese nisu lako pamtljive pa umjesto brojeva u web preglednik upisujemo web stranicu riječima. IMS je otvorio nove perspektive mrežnim operaterima te omogućio porast novih komunikacijskih usluga i znatno jeftiniju komunikaciju u svim dijelovima svijeta.

U praktičnom radu programom *Wireshark* je prikazan dijagram toka uspostave, komunikacije i prekida telefonskog poziva uz uporabu E.164 i ENUM standarda.

Ideja ENUM-a je biti u mogućnosti koristiti isti telefonski broj bez obzira gdje se nalazili.

LITERATURA

- [1] <https://en.wikipedia.org/wiki/ITU-T>
- [2] ITU-T, The international public telecommunication numbering plan, 2010.
- [3] B. Krstić, M. Novaković, ENUM protokol, 2012.
- [4] Global implementation of ENUM: A tutorial paper, 2002.
- [5] <https://www.3cx.com/pbx/what-does-enum-mean/>
- [6] https://www.wikiwand.com/en/Telephone_number_mapping
- [7] <https://blog.catchpoint.com/2014/07/01/dns-lookup-domain-name-ip-address/>
- [8] <https://www.cis.hr/files/dokumenti/CIS-DOC-2012-06-052.pdf>
- [9] https://en.wikipedia.org/wiki/IP_Multimedia_Subsystem
- [10] <https://f5.com/Portals/1/Cache/Pdfs/2421/introduction-to-the-ip-multimedia-subsystem-ims-.pdf>
- [11] <https://forum.huawei.com/enterprise/en/ims-architecture/thread/550693-885>
- [12] http://www.efort.com/media_pdf/IMS_ENG.pdf
- [13] <https://www.microwavejournal.com/ext/resources/whitepapers/July2012/IMS-Architecture-White-Paper.pdf?1520936639>
- [14] http://www.efort.com/media_pdf/IMS_ENG.pdf
- [15] <https://en.wikipedia.org/wiki/Wireshark>
- [16] <https://www.voip-info.org/itu-g711>

POPIS KRATICA

3GPP	3rd Generation Partnership Project
AGCF	Access Gateway Control Function
AGW	Access Gateway
AS	Application Server
CC	Country code
CCTLD	Country code TLD
CSCF	Call Session Control Function
DNS	Domain Name System
ENUM	Electronic Numbering
GGSN	Gateway GPRS Support Node
GPRS	General Packet Radio Service
GSM	Global System for Mobile Communications
GTLD	Generic TLD
HAKOM	Hrvatska regulatorna agencija za mrežne djelatnosti
HSS	Home Subscriber Service
I-CSCF	Interrogating CSCF
IAB	Internet Architecture Board
IETF	Internet Engineering Task Force
IMS	IP Multimedia Subsystem
IMS-MGW	IMS Media Gateway
IP	Internet Protocol
IPv4	Internet Protocol version 4
IPv6	Internet Protocol version 6
ISDN	Integrated Services Digital Network
ISUP	ISDN User Part
ITU	International Telecommunication Union
ITU-T	ITU Telecommunication Standardization Sector
ITU-T TSB	ITU-T Telecommunication Standardization Bureau
MGCF	Media Gateway Control Function
MRFC	Multimedia Resource Function Controller
MRFP	Multimedia Resource Function Processor
NAPTR	Name Authority Pointer
NDC	National Destination Code
P-CSCF	Proxy CSCF
PDF	Policy Decision Function
POTS	Plain Old Telephone Service
PSTN	Public Switched Telephone Network
RAN	Radio Access Network
S-CSCF	Server CSCF
SCTP	Stream Control Transmission Protocol
SDP	Session Description Protocol
SGSN	Serving GPRS Support Node
SIP	Session Initiation Protocol
SN	Subscriber Number
TCP	Transmission Control Protocol
TLD	Top Level Domain
UDP	User Datagram Protocol

UE	User Equipment
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
URI	Uniform Resource Identifier
URL	Uniform Resource Locator
VOIP	Voice over IP

SAŽETAK

ITU je osnovan radi lakše međusobne povezanosti u komunikacijskim mrežama te je razvio preporuku E.164 koja se koristi u elektroničkom numeriranju (ENUM). ENUM koristi DNS za mapiranje brojeva.

IMS spaja klasične mreže s mrežama temeljenim na IP-u. Omogućuje sigurnu i pouzdanu multimedijску komunikaciju između različitih uređaja na različitim mrežama.

Ključne riječi: preporuka E.164, ENUM – Elektroničko numeriranje, DNS – domenski sustav imena, IMS – IP multimedijски podsustav.

ABSTRACT

ITU was established for easier interconnection in communication networks and has developed Recommendation E.164 used in telephone number mapping (ENUM). ENUM uses DNS to map numbers.

IMS connects classic networks with IP-based networks. It enables secure and reliable multimedia communication between different devices on different networks.

Keywords: Recommendation E.164, ENUM – Electronic numbering, DNS – Domain Name System, IMS – IP Multimedia Subsystem.

ŽIVOTOPIS

Marija Pavić je rođena 16.09.1997. u Đakovu. Pohađala je Osnovnu školu J. A. Čolnća u Đakovu od 2004. do 2012. Upisuje Matematičku gimnaziju A. G. Matoša u Đakovu koju završava 2016. Iste godine upisuje stručni studij Informatike na Fakultetu elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija u Osijeku.