

**Регистар националног интернет домена Србије**

# **Извештај радне групе за IPv6**

**Чланови радне групе:**

Слободан Марковић

Зоран Перовић

Ненад Крајновић

Бошко Радивојевић

Лука Герзић

**Датум:**

1. 9. 2014.

## **Оснивање и циљ радне групе**

Управни одбор РНИДС, на 180. седници од 11. и 14. априла 2014. године, донео је одлуку о формирању радне групе за имплементацију IPv6 протокола.

Радној групи дато је у задатак да формулише и предложи Управном одбору скуп активности усмерених на повећање употребе IPv6 протокола на домаћем делу интернета у периоду од наредних пет година.

Као рок за израду и достављање Управном одбору коначног извештаја о раду радне групе, одређен је 1. септембар 2014. године.

## **Начин и план рада радне групе**

Радна група одржала је први састанак 21. маја 2014. године, када су усвојени следећи закључци и план активности:

- Комуникација између чланова радне групе одвијаће се путем електронске поште и састанака уживо, који ће бити одржавани у просторијама РНИДС-а у периоду јун-август 2014.;
- Радна група ће настојати да све одлуке доноси консензусом;
- Дана 5. јуна 2014. биће организован округли сто на који ће бити позвани представници телекомуникационих оператора, интернет и хостинг провајдера и други заинтересовани. Позив ће бити упућен овлашћеним регистрима, истакнут на сајту РНИДС-а и подељен на друштвеним мрежама. Циљ скупа је упознавање са стањем употребе IPv4 ресурса и плановима оператора за прелазак на IPv6, као и дискусија о потребама оператора у том процесу и активностима које би РНИДС требало да предузме како би помогао прелазак на IPv6;
- На основу закључака дискусије, радна група ће формулисати предлог скупа активности које би РНИДС требало да предузме током наредних пет година, са циљем повећања употребе IPv6 протокола на домаћем делу интернета. Овај документ радна група ће предати Управном одбору РНИДС у задатом року.

## Кратак историјат развоја IPv6 протокола

Највећи део данашњег интернета базиран је на комуникационом протоколу IPv4 (Internet Protocol, version 4), који је почео да се примењује почетком 1983. године.<sup>1</sup> IPv4 за адресирање користи 32-битне нумеричке идентификаторе – IP бројеве – којих има око 4,3 милијарде ( $2^{32}$ ).

Убрзани развој интернет сервиса на глобалном нивоу довео је до огромног повећања броја корисника и уређаја, па је већ почетком деведесетих година 20. века постало јасно да ће IPv4 адресни простор постати препрека даљем развоју.

Крајем 1993. године, издат је RFC 1550, којим су све заинтересоване стране позване да учествују у развоју нове генерације интернет протокола, тада названог IPng (Next Generation).<sup>2</sup>

Прва спецификација новог протокола, који је касније постао познат као IPv6, објављена је крајем 1995. године (RFC 1883), али је замењена унапређеном верзијом у децембру 1998. (RFC 2460 и други).<sup>3</sup> Међу бројним побољшањима које је донео IPv6 спадају и 128-битни IP бројеви, чиме је адресни простор драстично увећан у односу на могућности IPv4.

Ипак, имајући у виду да IPv4 и IPv6 нису међусобно компатибилни, прелазак на „нови интернет” ни у једном тренутку није посматран као процес који ће бити лако и брзо завршен.

Предвиђања из средине деведесетих о потпуном утрошку IPv4 адресног простора између 2005. и 2011. године,<sup>4</sup> нису се у потпуности остварила захваљујући примени метода CIDR (Classless Inter-Domain Routing) и NAT (Network Address Translation), као и много рестриктивнијој политици регионалних интернет регистара у погледу доделе IPv4 ресурса операторима.

Међутим, када се погледају глобални трендови раста популације и развоја информационо-комуникационих технологија, постаје јасно да прелазак на IPv6 нема алтернативу, без обзира на штедњу IPv4 адреса.

---

1) [30 Years of TCP – and IP on everything!](#), *ISOC Blog* (приступљено 25. 8. 2014.).

2) [RFC 1550](#), *IETF* (приступљено 25. 8. 2014.).

3) [RFC 1883](#), [RFC 2360](#), *IETF* (приступљено 25. 8. 2014.).

4) Sylvia Hagen, [IPv6 Essentials](#) (Sebastopol: O'Reilly Media, 2009.), стр. 3 (приступљено 25. 8. 2014.).

	2005.	2010.	2013.
<b>Светска популација</b>	6,5 милијарди	6,9 милијарди	7,1 милијарда
<b>Користи интернет</b>	1,02 (16%)	2,03 (29%)	2,71 (38%)
<b>Користи мобилни телефон</b>	2,20 (34%)	5,29 (77%)	6,66 (94%)

Према подацима Међународне уније за телекомуникације (ITU), интернет тренутно користи око три милијарде људи, што износи око 40% светске популације.<sup>5</sup> Иако скоро свака особа на свету данас има мобилни телефон, у највећем броју случајева ради се о традиционалној говорној услузи, али број корисника мобилног интернет приступа расте великом брзином – према подацима ITU, 2013. године било је преко две милијарде претплатника мобилног интернета на глобалном нивоу.<sup>6</sup>

Током наредних неколико година очекује се преко две милијарде нових корисника интернета, при чему ће већина њих за приступ користити више од једног уређаја (рачунар, мобилни телефон, таблет итд.). Такође, предвиђа се повезивање на интернет огромног броја различитих уређаја и сензора, који ће међусобно комуницирати и размењивати податке (тзв. Internet of Things). Према процени компаније Cisco, на интернет ће бити повезано преко 50 милијарди уређаја до 2020. године.<sup>7</sup>

Како би се прилагодили овим трендовима, најпознатији произвођачи мрежне опреме и оперативних система укључили су, током протекле деценије, подршку за IPv6 у своје производе.

Последњих неколико година сведоци смо све бржег нестанка расположивих IPv4 адреса<sup>8</sup> и све шире примене IPv6 од стране телекомуникационих оператора<sup>9</sup> и пружалаца интернет услуга,<sup>10</sup> што је мотивисало РНИДС да се интензивније позабави овом темом у контексту Србије.

5) [The Key 2005-2014 ICT data for the World](#), ITU (приступљено 25. 8. 2014.).

6) Ibid.

7) [The IoT Opportunity](#), Cisco (приступљено 25. 8. 2014.).

8) [Remaining IPv4 Addresses to be Redistributed to Regional Internet Registries, Address Redistribution Signals that IPv4 is Nearing Total Exhaustion](#), ICANN (приступљено 25. 8. 2014.).

9) [Comcast, TWC, Verizon, AT&T pushing IPv6 transition in U.S.](#), CED Magazine (приступљено 25. 8. 2014.).

10) [Google's IPv6 Traffic Exceeds 4% – Deployment Picking Up Speed](#), ISOC (приступљено 25. 8. 2014.).

# Примена IPv6 у интернет простору Србије

## Кратак историјат интернета у Србији са аспекта IPv4

Први опсеги IP бројева који су се користили у Србији – 147.91.0.0/16 и 160.99.0.0/16 – алоцирани су за потребе Академске мреже, јула 1991. године.<sup>11</sup>

Појава првих комерцијалних интернет провајдера на тржишту Србије, почетком 1996. године, покренула је далеко бржи развој интернета и пратеће повећање броја алокација IPv4 ресурса.

У периоду између 2001. и 2010. године, забележен је снажан пораст алокација IPv4 ресурса мрежним операторима у Србији. Током 2010. године, сви мрежни оператори у Србији заједно су располагали са преко два милиона IP бројева. Наредне две године раст је успорен, а од 2012. бележи се стагнација, тако да је до 5. јуна 2014. мрежним операторима у Србији на располагању било око 2,3 милиона IP бројева.<sup>12</sup>



Податке о расположивим IP бројевима корисно је погледати у контексту показатеља о употреби информационо-комуникационих технологија у Србији.

11) [147.91.0.0/16, 160.99.0.0/16](#), *RIPE Database* (приступљено 25. 8. 2014.).

12) [Regional Internet Registries Statistics: Serbia \(RS\) - IPv4 address delegations](#), *Page personnelle de Patrick Maigron* (приступљено 25. 8. 2014.).

Према подацима Републичког завода за статистику за 2013. годину, интернет у Србији је свакодневно користило око 2,6 милиона људи, док је број корисника мобилних телефона био око 4,9 милиона.<sup>13</sup>

Ови показатељи говоре да домаћи оператори имају на располагању довољан број IPv4 ресурса, будући да је, технички гледано, број истовремених корисника значајно мањи.

## Тренутно стање примене IPv6 у Србији<sup>14</sup>

Уопштено говорећи, примена IPv6 протокола у Србији је у веома раној фази.

Према подацима RIPE, до средине 2014. године, домаћи интернет провајдери и други ентитети из Србије били су присутни на глобалној мрежи у табелама рутирања са нешто преко 1.000 IPv4 префикса, који су ишли преко 128 различитих мрежа, док је на IPv6 одлазило свега тридесетак префикса,<sup>15,16</sup> од којих је тек са половине регистрован неки саобраћај.<sup>17</sup>

Регистар националног интернет домена Србије (РНИДС), крајем 2013. године, омогућио је уношење IPv6 адреса DNS сервера за .RS и .СРБ домене.<sup>18</sup> У плану је да до краја 2014. сви ауторитативни сервери за .RS и .СРБ домене пружају DNS одговоре преко IPv6.

Академска мрежа Србије (АМРЕС) је мрежа са вероватно највише IPv6 корисника код нас. Активности у вези са применом IPv6 у оквиру АМРЕС-а датирају још из 2004. године, а од 2007. у потпуности је примењено *dual stack*

---

13) [Употреба информационо-комуникационих технологија у Републици Србији 2013.](#), Републички завод за статистику (приступљено 25. 8. 2014.).

14) Подаци наведени у овом поглављу базирани су на [дискусији о примени IPv6 у Србији](#), која је 5. јуна 2014. године одржана у Центру за промоцију науке у организацији РНИДС-а. Скупу је присуствовало преко 40 учесника, међу којима су били представници свих мобилних оператора (МТС, Теленор, Vip mobile), највећих фиксних оператора (Телеком, Орион Телеком), кабловских оператора (Радијус вектор, ИКОМ, AVcom, удружење УКОШ), интернет провајдера (EUnet, Беотел/Вепат, Нинет), Serbian Open eXchange (SOX), hosting провајдера (AdriaHost, Mainstream, Magic), Академске мреже Србије (AMRES) и државних институција (Министарство трговине, туризма и телекомуникација, Министарство одбране, Министарство унутрашњих послова, Завод за информатику и статистику града Београда).

15) [Country Routing Statistics \(Serbia\)](#), *RIPEstat* (приступљено 25. 8. 2014.).

16) Овде треба имати у виду да број IPv4 префикса све више расте због несташице IPv4 адресног простора тј. због све веће фрагментације слободних опсега. Такође, IPv6 опсежи су већи, тако да већи број префикса није у директној сразмери са већом количином саобраћаја. Ипак, треба имати у виду да је број IPv6 префикса и даље мали, чак и у односу на број интернет провајдера у Србији.

17) [IPv6 Deployment Status \(Serbia\) – IPv6 Prefixes](#), *vyncke.org* (приступљено 25. 8. 2014.).

18) [РНИДС омогућио и употребу IPv6 протокола](#), *РНИДС* (приступљено 25. 8. 2014.).

решење на целој мрежној окосници. Према подацима АМРЕС-а, IPv6 саобраћај тренутно чини 10% укупног саобраћаја у оквиру мреже, а његов обим повећао се преко три пута током последњих 12 месеци. Највећа количина IPv6 саобраћаја долази од Google сервиса (претраживање, YouTube итд.).

Serbian Open eXchange (SOX), комерцијална тачка размене интернет саобраћаја, која међусобно повезује све велике телекомуникационе операторе у Србији, има у својој понуди *dual stack* IPv4/IPv6 услуге, на истој приступној тачки/интерфејсу. Захтеви за IPv6 повезивање нису чести и многи велики оператори нису искористили могућности IPv6, што је главни разлог због кога се IPv6 саобраћај у SOX мрежи и даље мери промилима, уместо десетинама процената, као у земљама где је процес преласка на IPv6 више напредовао. У досадашњем искуству приметно је да су међународни корисници и партнери далеко заинтересованији и спремнији за успостављање IPv6 веза, а неки примену новог протокола постављају као основни услов сарадње (нпр. Google, Akamai, M-Labs, University of Oregon, L и I root servers итд.). Иако су техничке екипе иностраних оператора далеко увежбаније приликом пуштања у рад IPv6 веза од домаћих, опште искуство говори да је IPv6 значајно комплекснији и мање комфоран за рад од IPv4. У току оперативног коришћења примећене су и одређене нестабилности у IPv6 софтверским модулима различитих апликација, као и нестабилности у доступности и пропагацији IPv6 рута. Ови проблеми указују да IPv6 још није у зрелој фази развоја, где се IPv4 налази већ деценијама.

Телеком Србија, као највећи интегрисани телекомуникациони оператор у Србији, кренуо је са применом IPv6 готово од самог старта изградње своје IP/MPLS окоснице. Првобитни SMIN пројекат (Serbian Multiservice Internet Network) био је реализован у комбинацији АТМ транспортне окоснице и IP-базираних сервисних платформи, да би се веома брзо, редизајном мреже, прешло на all-IP решење, које је од самог почетка укључивало подршку за IPv6. Имајући у виду недостатак већих тржишних захтева за IPv6 услугама, као и довољан број расположивих IPv4 бројева, Телеком Србија постепено ради на увођењу IPv6 услуга, свестан да ће се ситуација значајно променити развојем M2M (Machine to Machine) и IoT (Internet of Things) услуга.

Оператори мобилне телефоније у Србији – МТС, Теленор и Vip mobile – током последњих неколико година применили су IPv6 у средиштима својих мрежа и донели планове даљег развоја у сегменту корисника мобилног интернета. Тако, на пример, Vip mobile већ има постављен пробни APN за IPv6 кориснике и веб-сајт доступан преко IPv6, док Теленор планира да током наредних година дана понуди комерцијални IPv6 сервис за IP транзит и интернет кориснике, као и да започне тестирање у сегменту мобилних интернет претплатника.

Кабловски оператори и интернет провајдери углавном интензивно раде на планирању и примени IPv6 решења у оквиру својих мрежа, али и даље немају јасне планове за пружање IPv6 услуга крајњим корисницима.

Највећи домаћи hosting провајдери не нуде корисницима подршку за IPv6, нити на страни корисника региструју потражњу за присуством на IPv6 интернету.

Што се тиче домаћих веб-сајтова, огромна већина није доступна преко IPv6. Према једном истраживању,<sup>19</sup> на узорку од 269 најпосећенијих српских сајтова по сервису Alexa, свега 12 (4%) је било доступно преко IPv6.

## Уочени проблеми који могу успорити ширу примену IPv6<sup>14</sup>

### Из угла оператора

Највећи проблем са којим се сусрећу сви који намеравају да примене IPv6 у својим мрежама, а посебно оператори који обезбеђују приступ интернету за велики број корисника, проистиче из чињенице да IPv4 и IPv6 нису међусобно компатибилни, па је корисницима потребно обезбедити приступ мрежама које су доступне преко IPv4, као и онима које су доступне преко IPv6. Током времена развијено је неколико транзиционих стратегија, али свака има своје недостатке и, углавном, захтева значајна улагања, како у опрему и софтвер, тако и у људске ресурсе (одржавање мреже, корисничка подршка итд.).

Даље, иако се данас чини да је IPv6 адресни простор безграничан, са искуством које данас имамо са IPv4, није немогуће да ће и он за неколико деценија постати скучен. Из тог разлога, једна од потешкоћа у примени новог протокола представља израда адресног плана, одрживог на дуге стазе.

Приликом примене неких од транзиционих техника, један од проблема је и како и са ким тестирати имплементацију и утврдити њену исправност. Део тог проблема представља и чињеница да многи комерцијално доступни алати за надзор и управљање мрежним ресурсима немају (одговарајућу) подршку за нови протокол. *Looking glass* сервиси, иако тек спорадично присутни у српском интернет простору, ретко (ако уопште) подржавају IPv6.

Међу најчешће помињаним препрекама ширем прихватању IPv6 јесу кориснички уређаји (CPE), који или не подржавају IPv6 или је подршка недовољно тестирана и изазива проблеме у раду, потенцијално умањујући задовољство крајњих корисника пруженим сервисима. Последњи модели мрежних уређаја најпознатијих произвођача углавном долазе са солидним степеном подршке за IPv6, али проблем постоји са старијим (тренутно инсталираним) уређајима, који немају адекватну подршку или хардверска ограничења платформе диктирају да таква подршка неће ни постојати.

---

19) [IPv6 Deployment Status \(Serbia\)](#), *vyncke.org* (приступљено 25. 8. 2014.).



Битан изазов у преласку на IPv6 односи се и на потребу за едукацијом како мрежних инжењера, тако и другог техничког особља (нпр. запослених који пружају подршку корисницима). Том изазову додаје се раније поменути пораст количине посла, који мрежни инжењери могу очекивати као последицу потребе да паралелно одржавају IPv4 и IPv6 мреже.

Неке од технологија за транзицију (NAT44/NAT64) отварају питање испуњења законских обавеза оператора у погледу омогућавања законитог пресретања комуникација и задржавања података о телекомуникационом саобраћају, ради спровођења кривичних истрага и заштите безбедности државе, али и делотворне примене *anti-abuse* политика. Испуњење ових обавеза за IPv6 мреже захтева системе за складиштење података и брзу претрагу свих транслација, што може представљати значајан трошак, који оператори морају да имају у виду приликом планирања транзиције.

Интересантно је поменути и секундарно тржиште IPv4 адресних опсега, које се развијало оном брзином којом се расположив адресни простор смањивао. Многи регионални интернет регистри већ су израдили правилнике који ближе уређују ову област. У блиској будућности, уз откуп (као тренутно једини облик уређене трансакције), може се очекивати и пракса изнајмљивања адресних опсега. Захваљујући све већој потражњи за IPv4 адресама на секундарном тржишту, као и другим факторима који успоравају ширу примену IPv6, неки аутори<sup>20,21</sup> сматрају да ће цена IPv4 адреса на секундарном тржишту расти и да ће то бити важан мотиватор за прелазак на IPv6 (будући да ће, у неком тренутку, постати оправданије инвестирати у нову IPv6 опрему и софтвер, него пословати на секундарном тржишту IPv4 адреса).

### **Из угла пружалаца садржаја и крајњих корисника**

Из перспективе оних који би могли да генеришу више садржаја доступног преко IPv6 (популарни домаћи интернет портали и сл.) и пословних корисника, као група које могу очекивати најмање проблема при преласку на нови протокол, основну препреку представља недовољна комерцијална понуда за IPv6 *internet transit (upstream)*, али и за IPv6 *peering*.

Такође, у недостатку шире IPv6 повезаности између оператора у Србији, путање којима би IPv6 саобраћај ишао могу бити субоптималне у односу на постојећу IPv4 топологију.

Напокон, у дискусијама на тему примене IPv6 у свету, али и у Србији, често се чује да још не постоји јака тражња за IPv6 од стране крајњих корисника. Иако

---

20) [IPv4 Market Group Reviews 2013 Year in Trading, Predicts Trends for 2014](#), Marketwired (приступљено 25. 8. 2014.).

21) Fred Baker, IPv4/IPv6 Coexistence and Transition, [IETF Journal, Vol. 4, Issue 3](#) (February 2009): стр. 16-17 (приступљено 25. 8. 2014.).

сви главни оперативни системи имају подршку за IPv6, подршка још увек не постоји у неким од најпопуларнијих корисничких апликација и сервиса.<sup>22</sup>

## Предлог активности за подстицање брже примене IPv6

Практична примена IPv6 протокола у Србији зависиће у највећој мери од динамике којом кључни играчи – велики телекомуникациони оператори, интернет провајдери, државне институције и произвођачи садржаја – буду примењивали IPv6 у својим мрежама, односно преко њих нудили услуге крајњим корисницима.

Прилично је извесно да се овај процес неће завршити у потпуности током наредних пет или чак десет година.

Ипак, РНИДС би требало да допринесе убрзавању ове динамике, тако што би узео активно учешће у процесу, пружио потребну подршку и координацију.

С тим у вези, радна група сматра да би РНИДС требало да реализује и подржи следеће иницијативе током наредних пет година:

1. РНИДС треба да пружи пример другима, тако што ће све своје јавне сервисе, у што краћем року, учинити доступним преко IPv6. Поред АААА записа за .RS и .СРБ домене, сви ауторитативни DNS сервери за националне домене требало би да буду доступни преко IPv6, као и сви веб-сајтови и други сервиси РНИДС-а.
2. РНИДС би требало да подстиче примену IPv6 кроз обезбеђивање редовне и организоване комуникације између кључних играча од којих зависи динамика увођења IPv6 у Србији (као што су мрежни оператори, произвођачи опреме и софтвера, hosting/content провајдери итд.). У том контексту, потребно је уложити напор како би се створило окружење које ће координисано радити на едукацији, подизању свести о значају преласка на IPv6 и креирању корисних садржаја за носиоце транзиције. На округлом столу о IPv6, који је организован у склопу рада ове радне групе, више од 30 присутних представника оператора и других институција подржало је иницијативу да се успостави дискусиона листа мрежних оператора Србије (RSNOG) у циљу размене информација и координирања активности, укључујући ту и примену IPv6.
3. Сигурност IPv6 апликација и мрежа није довољно истражена и може у будућности представљати значајан фактор ризика, обзиром на степен зависности друштва од доступности интернет сервиса (е-банкарство, е-трговина, пословна преписка и сл.). Током дискусије на округлом столу,

---

22) Погледати, на пример, [RFC 6586: Experiences from an IPv6-Only Network](#) (приступљено 25. 8. 2014.).

исказана је потреба за успостављањем CERT/CC (Computer Emergency Response Team/Coordination Center), који би се бавио безбедносним инцидентима на домаћем делу интернета. Кључна питања од значаја за формирање и рад сваког CERT/CC јесу стабилно финансирање, независност од играча на тржишту и стручни кадар. Када је независност од играча на тржишту у питању, РНИДС има добру позицију да успостави CERT/CC за подручје националних домена, али би Управни одбор Фондације требало пажљиво да размотри могућности РНИДС-а за пружање дугорочне финансијске подршке раду оваквог центра.

4. РНИДС би требало да успостави веб-сајт за централно праћење напретка у преласку на IPv6 у Србији. Овај сајт би требало да објављује ажурне податке и анализе индикатора примене IPv6. Ове индикаторе требало би посебно одредити за различите групе – мрежне операторе, hosting/content провајдере, државне институције итд. Такође, сајт би требало би да понуди алате за праћење IPv6 мрежног саобраћаја (надгледање рута, историјска анализа топологије и сл.).
5. РНИДС би једном годишње требало да организује скуп о примени IPv6 у Србији. Овај догађај требало би да окупи представнике великих телекомуникационих оператора, интернет провајдера, академских и државних институција, hosting/content провајдера, произвођача мрежне опреме и других заинтересованих за примену IPv6 у Србији. Осим презентација произвођача о новој IPv6 опреми и решењима, на овом скупу биле би приказане студија случаја и најбољих пракси за примену IPv6, што би операторима (нарочито оним мањим) помогло да лакше преброде период транзиције. РНИДС би, такође, требало да на овај скуп позове представнике регионалних и глобалних компанија и организација, које су активне на пољу примене и преношења најбоље праксе о преласку на IPv6 (попут, рецимо, RIPE, GOB.si, Google и др.).
6. РНИДС би требало да пружи подршку државним институцијама у процесима осмишљавања и примене планова за прелазак на IPv6. Један од видова подршке могао би да буде формулисање основних захтева за IPv6 компатибилност ИКТ опреме коју набављају државне институције (као добар модел могу да послуже релевантне препоруке RIPE<sup>23</sup>).
7. РНИДС би требало да подржи организовање едукација и истраживања у области преласка на IPv6 и његове примене (нпр. у оквиру Internet of Things пројеката са мрежама сензора, паметним кућама итд.).
8. РНИДС би требало да прошири своје програме подршке развоју домаћих интернет садржаја, тако да стимулише њихову већу доступност преко IPv6.

---

23) [Requirements For IPv6 in ICT Equipment](#), RIPE (приступљено 25. 8. 2014.).