

IPv4-დან IPv6 პროტოკოლზე მიგრაციის უპირატესობა და სირთულეები

ნიკოლოზ ბუღაგა, გიორგი მაჭარაშვილი
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

რეზიუმე

ინტერნეტის ინტენსიურმა განვითარებამ, მასში უამრავი ობიექტის ჩართვამ, IP მისამართების კატასტროფული უკმარისობა გამოიწვია. დღის წესრიგში დადგა IPv4 პროტოკოლიდან IPv6 პროტოკოლზე გადასვლის აუცილებლობა. ჯერჯერობით გარკვეული გამოსავალი მანძი არსებობს. ჯერ ერთი, ორმაგი სტეკი, რაც IPv4-სა და IPv6-ის „თანაცხოვრებას“ გულისხმობს, და მეორეც - მრავალჯონის აპრობირებული NAT ტექნოლოგია, რომელიც ფიქტიური მისამართებით ინფორმაციის გაცვლის პროცედურებს ახორციელებს. ეს საშუალებები, მათში არსებული სხვადასხვა პრობლემების გამო, დროებითია. ამიტომ IPv4-დან IP პროტოკოლის მეექვსე ვერსიაზე გადასვლა გარდაუვალია. მიგრაცია უნდა მოხდეს გეგმაზომიერად და გააზრებულად, რათა IPv6-ის მხარდამჭერი აპარატურის მწარმოებელმა კომპანიებმა, პროვაიდერებმა და უშუალოდ მომხმარებელმა, გარდამავალი პროცესი გაიაროს მაქსიმალურად უმტკივნეულოდ.

საკვანძო სიტყვები: საქსელო პროტოკოლები. IPv4. IPv6. NAT ტექნოლოგიები. Jeniper Network.

1. შესავალი

ინტერნეტის შექმნის პროცესში არავინ ვარაუდობდა, რომ გლობალურ ქსელს შეეძლო მოეცვა მთელი პლანეტა, და მითუმეტეს არ იცოდნენ, თუ რამდენი მოწყობილობა იქნებოდა მასში ჩართული. დღეისათვის ეს რიცხვი 5 მილიარდზე მეტია. წინა წელთან შედარებით, ინტერნეტთან მიერთებული მობილური მოწყობილობების რაოდენობა გაიზარდა 43-45%-ით [1]. კომუნიკაციის საშუალებების განვითარებამ გამოიწვია ინტერნეტის გამოყენების გაზრდა უზარმაზარი ტემპით, რაც შესაბამისად ზრდის მოხმარებული IP-მისამართების რაოდენობას. IP მისამართების გამანაწილებელმა ორგანიზაციამ (IANA) მისამართების ბოლო ბლოკი 2011 წლის პირველ ნახევარში გასცა. IPv4-ის შემქმნელებმა, 32 წლის წინათ, გადამეტებული თავდაჯერებით ჩათვალეს, რომ დაახლოებით 4 მილიარდი (2^{32}) IP-მისამართი უსაზღვროდ ბევრია და მარაგი ამოუწურავია.

IETF-ის მიერ 1998 წელს შემუშავებული IP პროტოკოლის მეექვსე ვერსია გადაწყვეტს მიმდინარე, IPv4 პროტოკოლის მიერ შექმნილ მისამართების უკმარისობის პრობლემებს მისი 32-ბიტიანი მისამართების 128-ბიტიანი მისამართებით შეცვლის ხარჯზე. სწორედ ეს არის შესაძლო პასუხი კითხვაზე: რა საჭიროა IPv6-ის საყოველთაო დანერგვა და მასთან ახალი პრობლემების დაძლევა, როდესაც არსებობს მშვენივრად მოქმედი და გამართული IPv4 პროტოკოლი? ამის მთავარი მიზეზი ერთია: თავისუფალი ანუ გამოუყენებელი IP მისამართები თითქმის აღარ დარჩა.

2. ძირითადი ნაწილი

2.1. IPv6-ის უპირატესობანი

ძირითადი (მაგრამ არა ერთადერთი) სხვაობა მეოთხე და მეექვსე ვერსიებს შორის არის სამისამართო ბიტების რაოდენობა, რაც საბოლოო ჯამში მისამართების საერთო რაოდენობას განსაზღვრავს. IPv4 მისამართი 32-ბიტიანია, ხოლო IPv6-სა კი - 128-ბიტიანი. შესაბამისად IPv4-ში მისამართების მაქსიმალური რაოდენობა დაახლოებით 4 მილიარდია (2^{32}), ხოლო IPv6-ში კი თითქმის უსასრულო - 2^{128} ($3.4 \cdot 10^{38}$).

სულაც არ არის აუცილებელი რთული მათემატიკური გამოთვლების ჩატარება, იმისათვის, რომ IPv6-ის მისამართების ასტრონომიულ რაოდენობაში დავრწმუნდეთ. თუმცა რეალურად ყველა მისამართი არ არის გამოყენებული. მათი რაოდენობის გარკვეული ნაწილი (დაახლოებით 85%) დარეზერვებულია მომავლისათვის. ინტერნეტისათვის მისამართის მინიჭება ხდება ორი ხერხით: 1. ავტომატურად, რომლის

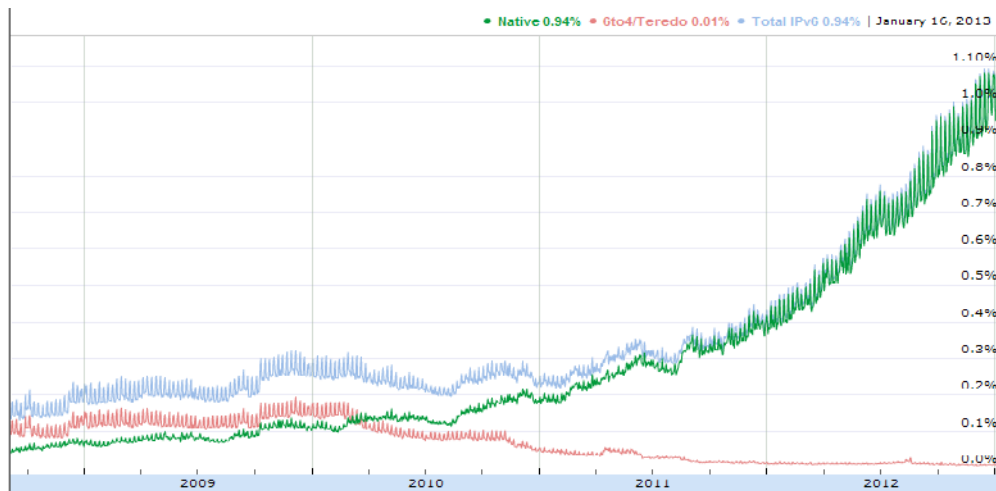
შედგება IPv6 მისამართი გენერირება მისი MAC-მისამართის საფუძველზე გარკვეული ალგორითმით; 2. მისამართის უშუალო („ხელით“) ჩაწერით.

დამისამართების ამდგარი პრინციპი საშუალებას აძლევს ნებისმიერ ქსელს იმუშაოს IPv6-ით ყოველგვარი დამატებითი პარამეტრების გამართვის გარეშე. აზრს კარგავს DHCP საშუალებისა და ARP პროტოკოლის არსებობა. პაკეტის ზომა გაიზარდა 4 გიგაბაიტამდე („ჯამბოგრამა“ სუპერ კომპიუტერებთან საშუალოდ). სერვისის ხარისხის საშუალებას (QoS) დაემატა პაკეტების სასწრაფოდ მიტანის სპეციალური ველი, რაც ხელს უწყობს აუდიო და ვიდეო ნაკადური ინფორმაციის სწრაფ გაცვლას. აუცილებელი გახდა IPsec პროტოკოლის გამოყენება.

გარდა მისამართების უსაზღვრო რაოდენობისა (2^{128}), IPv6-ის უპირატესობად შეიძლება ჩაითვალოს მასში ჩაშენებული უსაფრთხოების საშუალებები. IPv6 პროტოკოლის მეშვეობით მარტივდება ქსელის კონტროლი, მულტიმედია ნაკადების მართვა, აჩქარდება VPN და VoIP საშუალებების მუშაობა სერვისის ხარისხის (QoS) გაუმჯობესებისა და პრიორიტეტულობის ხარჯზე. ასევე შეიძლება ჩაითვალოს, რომ IPv6 ხელს შეუწყობს ორგანიზაციებს განავითარონ თავიანთი ინფრასტრუქტურა და გახადონ ისინი უფრო მოქნილი ღრუბლის ტექნოლოგიის (Cloud Computing Technology) მოთხოვნების შესაბამისად.

ჟურნალ „Network World“-ის მიერ აშშ-ს კომპანიების IT-სპეციალისტების გამოკითხვის შედეგმა გამოავლინა, რომ უახლესი ორი წლის განმავლობაში, IT-ჯგუფების 70% ვარაუდობს თავიანთ საიტებზე IPv6 პროტოკოლის მხარდაჭერას, ხოლო 65% კი - შიგა ქსელების IPv6-ით უზრუნველყოფას. მეექვსე კერსის პროტოკოლის სრული მხარდაჭერის მზაობა გამოაცხადა 16%-მა, ხოლო „ძირითადად რეალიზებულია“ - 46%-მა. რესპოდენტთა 39% პროცენტი აცხადებს, რომ გეგმავს მიგრაციისათვის სამზადისის დასრულებას ორი წლის შემდეგ [2].

ნახ. 1-ზე გამოსახულია გრაფიკი, რომელიც თვალნათლივ გამოხატავს IPv6-ის გამოყენების ექსპონენციალური სისწრაფით ზრდას [3].



ნახ.1. Google-ის 2013 წლის იანვრის მონაცემებით, ინტერნეტ-მომხმარებლის 1%-ზე მეტი იყენებს IPv6 პროტოკოლს

2.2. IPv4-დან IPv6-ში დაგასვლის პრეტექნოლოგიები

ქსელურ ტექნოლოგიებთან დაკავშირებული კომპანიების ძირითადი მიზანია სხვადასხვა საშუალებებისა და სერვისების გამართული მუშაობა IPv6 პროტოკოლით და უპრობლემო, ურთიერთშეთანხმებული ურთიერთობა IPv4-სა და IPv6 პროტოკოლებს შორის. უნივერსალური მიდგომა არ არსებობს, თუმცა პრობლემის გადაწყვეტა შესაძლებელია ერთ-ერთი ტექნოლოგიის გამოყენებით:

- Dual Stack - ორმაგი სტეკი, ორივე პროტოკოლის ერთდროული მუშაობა;
- MPLS – გაცვლის გარემოსა და პროტოკოლის ნაირსახეობაზე დამოუკიდებელი ტექნოლოგია, მსგავსი ATM-სა, ოღონდ მისგან განსხვავებით მუშაობს ცვლადი ზომის პაკეტებით;
- NAT64 – IPv6 მოწყობილობების ურთიერთობის უზრუნველყოფა IPv4 სერვერებთან.

იდეალური ვარიანტია მთელს ქსელში IPv4/IPv6 ორმაგი სტეკის მხარდაჭერა, თუმცა მას გარკვეული ნაკლოვანება გააჩნია. კერძოდ, მასში გაერთიანებული მარშრუტიზატორები, კომუტატორები, სერვერები და პროგრამები ორივე პროტოკოლით უნდა მუშაობდნენ, რასაც უმეტესობა მათგანისა ვერ დააკმაყოფილებს. ამიტომ ეს მეთოდი ნაკლებად პრაქტიკულია.

მიუხედავად ამისა, ორმაგი სტეკი, მაგისტრალური კომუტატორებისათვის უდავოდ მისაღები მეთოდია, ვინაიდან მაგისტრალური ქსელები ორმაგი სტეკით, ორი, ლოგიკურად პარალელური ქსელის (IPv4 და IPv6) ტოლფასია. იმისათვის, რომ IPv4-ის სერვისები გამოყენებადი იყოს IPv6-სათვის, მარშრუტიზატორები ორივე პროტოკოლისთვის თანაბრად უნდა ფუნქციონირებდეს ანუ ჰქონდეს IPv4/IPv6, IGP, EGP პროტოკოლებისა და VPN-ის მხარდაჭერა. ამდგვარი ქსელების გამართვა და დიაგნოსტიკა გაცილებით ადვილია პროტოკოლების ტუნელირებასთან (Tunneling) ან მისამართების ტრანსლაციასთან შედარებით.

ნაკლებად ეფექტურია მისამართების ტრანსლაციის NAT ტექნოლოგია, მიუხედავად მისი იოლი დანერგვისა და გამართვისა. არაეფექტურობას განაპირობებს მისამართების ტრანსლაციის დაყოვნების დროის გაზრდა, რაც ბუნებრივია ტრაფიკის სისწრაფეზე უარყოფითად მოქმედებს. გარდა ამისა NAT-ის ბუნებიდან გამომდინარე, გარე სამყარო კონკრეტული ქსელის ჰოსტებს მიმართავს ერთი, NAT-ის IP-მისამართის მეშვეობით. თ-მოწყობილობა, პაკეტის სათაურში ცვლის ამ მისამართს დანიშნულების ჰოსტის IP-მისამართით. მისამართების ამდგვარი ცვლილება აზრს უკარგავს ციფრულ ხელმოწერას.

2.3. მიგრაციის დინამიკა და სირთულეები

მოუწევს თუ არა ორგანიზაციებს, ბიზნესის გაუარესების შიშით, მთლიანი ინფრასტრუქტურის დაუყოვნებლივ შეცვლა? რა თქმა უნდა, არა. არავითარი მომენტალური გადართვა ინტერნეტისა IPv6 პროტოკოლზე არ იქნება, თუმცა ნელ-ნელა ყველა გადავა ახალ, IPv6 პროტოკოლის გამოყენებაზე. დღეს ბევრი ინტერნეტ-პროვაიდერი უკვე დებულობს გარკვეულ ზომებს სერვისების რეალიზაციის ტრანსლირებისთვის IPv4-დან IPv6-ში. მომხმარებელი ამას ვერც კი ატყობს. ამდგვარი „რბილი“ გადასვლა ააცილებს პროვაიდერებს და ინტერნეტის მომხმარებლებს იმ კოლაფსს, რომელსაც შეიძლება ადვილი ჰქონდეს IPv4 მისამართების ამოწურვის შედეგად. კომუნიკაცია შემკვეთებს, მიმწოდებლებსა და პარტნიორებს შორის, ისიც პირველ ხანებში, შეიძლება უმნიშვნელოდ შეიცვალოს. ეს ცვლილებები შეიძლება გამოიხატოს ინფორმაციის გაცვლის პერიოდული შეყოვნებებით ან არასტაბილური სიჩქარით, რაც განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ბიზნესის საკითხებში.

მაშასადამე, სასურველია სხვადასხვა კომპანიები, ინტერნეტ-მაღაზიები, ბანკები, კონტენტ და სერვის-პროვაიდერები მოემზადონ ახალ პროტოკოლთან სამუშაოდ. ეხლა, როდესაც IPv6-ის მომხმარებელი ჯერ კიდევ ცოტაა, მეექვსე ვერსიის პროტოკოლზე გადასვლა გაცილებით ადვილი და იაფია.

აუცილებელია, რომ IPv6-ის მხარდაჭერა ჰქონდეთ არა მარტო ოპერატორებისა და ინტერნეტ-პროვაიდერების მოწყობილობებს, არამედ კლიენტების საქსელო აპარატურასაც, მაგალითად, საოფისე მარშრუტიზატორებსა და ADSL მოდემებს. დღეისათვის იაფფასიან მარშრუტიზატორებს ან არა აქვთ საკმარისი მენსიერება IPv6-თან ადეკვატურად სამუშაოდ, ან მათი მწარმოებლები არ არიან დანტერესებული ამდგვარი საშუალებების შემუშავებისათვის, ვინაიდან ეს უკანასკნელი დამატებით თანხებს მოითხოვს. ოპერაციული სისტემების მხრივ ყველაფერი რიგზეა: IPv6 პროტოკოლი ჩაწერილი და გამართულია Microsoft-ის ყველა ოპერაციულ სისტემაში, მათ შორის Windows Vista, 7, 8 და Windows Server 2008-ში. იგივე მდგომარეობაა OS Apple, Linux-სა და Solaris-ში.

ცხრილ 1-ში მოცემულია IPv4 და IPv6 პროტოკოლებით ძირითად დომენებზე მიმართვების პროცენტული რაოდენობა "Google's IPv6 Statistics"-ის მიხედვით 2013 წლის იანვრისათვის [4]. სტატისტიკა ცხადად უჩვენებს, რომ ძირითად დომენებზე მიმართვა და მათგან იმავე პროტოკოლით პასუხის გაცემა IPv4 პროტოკოლით, დაახლოებით 98%-ია, ხოლო IPv6-ით კი - მხოლოდ 2%.

IPv4 და IPv6 პროტოკოლებით დომენებზე მიმართვის პროცენტული რაოდენობა ცხრილ 1

უმაღლესი დონის დომენები (TLD)	დომენების რაოდენობა	A (IPv4)	AAAA (IPv6)	A%	AAAA%
.com	96317884	95019903	1297981	98.7	1.3
.net	12996208	12732565	263643	98.0	2.0
.org	9060926	8885769	175157	98.1	1.9
.info	6302006	6142475	159531	97.5	2.5
.ge	14450	14373	77	99.5	0.5

ბევრმა ორგანიზაციამ უკვე დაიწყო გადასვლა IPv6 პროტოკოლზე. გასული წლის აპრილში კომპანია Cisco-ს მიერ აშშ-ში ჩატარებულმა გამოკითხვებმა ცხადყო, რომ გარკვეული ნაწილი v6-ის გამოყენების აუცილებლობას კონკურენტული უპირატესობის მიღწევას უკავშირებს. IPv6 დანერგვასთან დაკავშირებულ ძირითად დაბრკოლებად (60%) ინფორმაციის დაცვას, 53% კი - გარდამავალი ტექნოლოგიების დანერგვის აუცილებლობას მიიჩნევს. მიუხედავად ამისა, ორგანიზაციების ხელმძღვანელების უმეტესობა (63%) მხარს უჭერს ახალ ტექნოლოგიაზე გადასვლას და მას IT განყოფილებების ერთ-ერთ პრიორიტეტულ მიმართულებად თვლის.

IPv6 Development Survey-ის ექსპერტებისა და რეგიონალური ინტერნეტ-რეგისტრატორების ერთობლივად ჩატარებული გამოკითხვების შედეგად რესპოდენტების 60% IPv6-ზე გადასვლის დაბრკოლებად ამ პროტოკოლზე მოთხოვნის სიმცირეს მიიჩნევს, ხოლო 40%-მა განაცხადა, რომ მეექვსე ვერსიასთან მუშაობის არავითარი გამოცდილება არა აქვთ. გარდა ამისა, მნიშვნელოვანია ის ფაქტიც, რომ IPv6-ს არჩევის მეთავეობა არავითარ პრივილეგიას არ იძლევა, პირიქით, პირველები უნდა გაერკვნენ გაუმართავი პროგრამული უზრუნველყოფის, ძვირადღირებული აპარატურისა და შეუმოწმებელი სისტემების ხარვეზებში.

კომპანია Juniper Networks-მა (კომპანია, რომლის საქმიანობაშიც შედის აპარატურული სისტემების, ქსელური გადაწყვეტილებების, ახალი, გამჭვირვალე საშუალებების შექმნა და დამუშავება IP-სთვის მოდულური არქიტექტურის ბაზაზე) დაასრულა Translator in the Cloud ტექნოლოგიის შემუშავების პროექტზე მუშაობა. ეს არის "ღრუბლის ტრანსკოდები", რომელიც ქსელის ნებისმიერ სეგმენტში განთავსებული მარშრუტიზატორით ახდენს IPv6-ის მისამართების კონვერტირებას IPv4-ში [5].

3. დასკვნა

ზემოთ ჩამოთვლილი მიზეზების გათვალისწინებით, არ არის სასურველი IPv4-სა და IPv6-ის ერთობლივად გამოყენების პერიოდის დროში „გაწელება“. თუკი სწორედ დაიგეგმა გადასვლის ეტაპების თანმიმდევრობა, მიგრაცია იქნება უმტკივნეულო. ეტაპობრივი გადასვლა, ეკონომიკური თვალსაზრისითაც, გაცილებით მომგებიანია, ვინაიდან აპარატურისა და პროგრამული უზრუნველყოფის სრული შეცვლა ძვირადღირებული და საკმაოდ სარისკო ქმედებაა. კავშირის ოპერატორებმა, ინტერნეტ-პროვაიდერებმა და რეგიონმა მომხმარებლებმა სასურველია არ მოახდინონ საქსელო მოწყობილობების სრულად გადაყვანა IPv6-ზე. ქსელის ინვენტარიზაციამ უნდა გამოავლინოს, თუ რა უნდა გაკეთდეს და რაში უნდა ჩაიდოს ინვესტიციები. შედეგად გამოიკვეთება ის სეგმენტები, სადაც IPv6-ის მხარდაჭერა ჯერ-ჯერობით არ არის აუცილებელი. ეს განსაკუთრებით იმ საშუალებებს ეხება, რომელთათვისაც დროითი შეყოვნებები

არ არის კრიტიკულად მნიშვნელოვანი. განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ბიზნესში იმ საშუალებების ცვლილებების სწორი ანალიზი, რომლებიც კლიენტებთან ურთიერთობას უკავშირდება.

ლიტერატურა:

1. Morelli B. Internet Connected Devices Approaching 10 Billion. 10.2012. www.imsresearch.com
2. Есауленко А. IPv6: ключ на старт. Июнь, 2012. www.osp.ru/news/articles/2012/25/13016009/
3. Statistics, January 2013. www.google.com/ipv6/statistics.html
4. Leber M. Global IPv6 Deployment Progress Report. 01.2013. bgp.he.net/ipv6-progress-report.cgi
5. Durand A. Juniper's Translator in the Cloud. June 30, 2011. <http://datap lumber.wordpress.com/2011/06/30/junipers-translator-in-the-cloud/>.

THE ADVANTAGES AND DIFFICULTIES OF MIGRATION OF PROTOCOL IPV4 TO IPV6 VERSION

Bzhalava Nikoloz, Macharashvili Giorgi
Georgian Technical University

Summary

Intensive development of the Internet, the inclusion of many different objects, have caused catastrophic deficiency of IP-addresses. It became necessary of the transition from IPv4 in to IPv6 protocol. So far, there is a way out. Firstly, it's the Double-Stack, which means "co-existence" between IPv6 and IPv4, and secondly – multy time tested NAT technology, which exchange an information by dummy addresses. This technologies, based on a variety of problems, are temporary. So, transition to the sixth version of the IP protocol, is inevitable. Migration must be very consistently, so that for the companies that make the IPv6 protocol hardware support, for providers and the consumers, the transition process must become a painless as possible.

ПРЕИМУЩЕСТВА И СЛОЖНОСТИ МИГРАЦИИ ПРОТОКОЛА IPV4 К ПРОТОКОЛУ IPV6

Бжалава Н.Р., Мачарашвили Г.Г.
Грузинский Технический Университет

Резюме

Интенсивное развитие Интернета, включение в него множество разных объектов, вызвали катастрофическую нехватку IP-адресов. На повестку дня встала необходимость перехода от IPv4 протокола к IPv6 протоколу. Пока есть хоть какой-то выход. Во-первых, это двойной стек, который предполагает "сосуществования" IPv6 и IPv4 протоколов, а во-вторых – это неоднократно апробированная NAT технология, которая осуществляет обмен информацией по фиктивным адресам. Эти возможности, из-за множества проблем, являются временными. По этому переход на шестую версию IP-протокола, неизбежен. Миграция должна быть планомерной и продуманной, так чтобы для компании, производящих аппаратную поддержку IPv6 протокола, провайдеров и потребителей, переходной процесс оказался бы максимально безболезненным.