

**АНАЛІЗ ФАКТОРІВ ВПЛИВУ НА ПРОЦЕС ЗАМІНИ
АДРЕСНОГО ПРОСТОРУ IPv4 АДРЕСНИМ ПРОСТОРОМ IPv6
В ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖАХ**

Каптур В.А., Квятковський А.В., Степаненко О.В.

*Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова
вул. Кузнечна, 1, м. Одеса, Україна, 65209
vadim.kaptur@onat.edu.ua*

**АНАЛИЗ ФАКТОРОВ ВЛИЯНИЯ НА ПРОЦЕСС ЗАМЕНЫ
АДРЕСНОГО ПРОСТРАНСТВА IPv4 АДРЕСНЫМ ПРОСТРАНСТВОМ IPv6
В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЯХ**

Каптур В.А., Квятковский А.В., Степаненко А.В.

*Одесская национальная академия связи им. А.С. Попова
ул. Кузнечная, 1, г. Одесса, Украина, 65209
vadim.kaptur@onat.edu.ua*

**ANALYSIS OF INFLUENCE FACTORS ON THE PROCESS
OF REPLACEMENT OF IPv4 ADDRESS SPACE BY IPv6 ADDRESS SPACE
IN TELECOMMUNICATION NETWORKS**

Kaptur V.A., Kviatkovsky A.V., Stepanenko O.V.

*O.S. Popov Odessa National Academy of Telecommunications
Kuznechna st., 1, Odessa, Ukraine, 65029
vadim.kaptur@onat.edu.ua*

Анотація. Показано актуальність виявлення причин, що перешкоджають процесу переходу з адресного простору IPv4 до адресного простору IPv6. Надано параметричну модель, що відображає основні фактори, які впливають на процес переходу з IPv4 до IPv6. Модель представлено у вигляді двох площин в яких надано внутрішні і зовнішні фактори відповідно. Серед основних факторів представлені: попит, наявність сертифікованого обладнання та програмного забезпечення на ринку, наявність кваліфікованих працівників, провайдерське середовище та стан зовнішньої інфраструктури, політика держави, необхідність підключення до зовнішніх мереж, стан внутрішньої інфраструктури, наявність обладнання у клієнта. Надано детальний опис кожного з факторів, названо їх одиниці виміру, а також впливу на той чи інший тип витрат.

Ключові слова: адресація телекомунікаційних мереж, перехід з IPv4 до IPv6, параметрична модель.

Аннотация. Показана актуальность определения причин, которые препятствуют процессу перехода из адресного пространства IPv4 к адресному пространству IPv6. Приведена параметрическая модель в виде двух плоскостей, в которой представлены внутренние и внешние факторы соответственно. Среди основных факторов представлены: спрос, наличие сертифицированного оборудования и программного обеспечения на рынке, наличие квалифицированных работников, провайдерская среда и состояние внешней инфраструктуры, политика государства, необходимость подключения к внешним сетям, состояние внутренней инфраструктуры, наличие оборудования у клиента. Предоставлено детальное описание каждого из факторов, указаны их единицы измерения, а также степень влияния на тот либо иной тип затрат.

Ключевые слова: адресация телекоммуникационных сетей, переход с IPv4 к IPv6, параметрическая модель

Abstract. The urgency to determine the causes, which are not conducive to the process of transition from the IPv4 address space to the IPv6 address space is shown. Parametric model is shown in two planes, which presents the internal and external factors, respectively. Among the main factors presented: the demand, the availability of certified hardware and software on the market, the availability of skilled workers, Internet provider environment and the state of the external infrastructure, government policies, the need to connect to external networks, the condition of the internal infrastructure, availability of customer equipment. It

provided a detailed description of each of the factors listed their units, as well as the degree of influence on that or any other type of costs.

Key words: addressing of telecommunication networks, the transition from IPv4 to the IPv6, the parametric model

На початковому етапі формування мережі Інтернет неможливо було передбачити експонентне зростання кількості робочих станцій, що підключатимуться до цієї мережі. Адресний простір IPv4, що було розділено на три основні класи (А, В та С), став швидко вичерпуватись, тому організації, що займаються стандартизацією в цій сфері, у першу чергу ІETF (Internet Engineering Task Force), були вимушені швидко винайти рішення, які б дозволили збільшити ефективність використання наявного адресного простору. До таких рішень можна віднести технології використання безкласової адресації мереж: мережна маска змінної довжини (VLSM – Variable Length Subnet Mask) [1] і безкласова міждоменна маршрутизація (CIDR – Classless Inter-Domain Routing) [2], а також технології приватних адрес [3] і трансляції мережних адрес (NAT – Network Address Translation) [4]. Вказані кроки змогли на деякий час зменшити вплив обмеженої кількості адрес IPv4 на швидкість розповсюдження мережі Інтернет.

Разом з тим, на початку 90-х років стала очевидною необхідність розробки і впровадження нового адресного простору в телекомунікаційних мережах. На початку 2000-х року була розроблена низка стандартів та рекомендацій, щодо розповсюдження, використання та впровадження нового типу адресного простору, який дістав назву IPv6. Почало з'являтися обладнання, що підтримує новий тип адресації. Нові версії мережних операційних систем почали підтримувати відповідний стек протоколів.

Проблема нестачі адресного простору IPv4 загострилась зі збільшенням кількості мобільних пристроїв, що дозволяють підключатись до мереж обміну даними, на кшталт смартфонів, а також розповсюдження концепції «Інтернету речей», яка передбачає підключення до телекомунікаційних мереж: автомобілів, будинків і побутових пристроїв. Тому станом на початок 2011 року у міжнародній організації, що займається керуванням доменними іменами і IP-адресами (ICANN – Internet Corporation for Assigned Names and Numbers), не залишилось вільних блоків адрес IPv4 [5].

Однак, попри представлені вище проблеми і заходи, в телекомунікаційних мережах різного розміру і форм власності майже не відбувалось самостійного і органічного переходу до нової схеми адресації. Вказана проблема стала вимагати чіткої координації зусиль як на міжнародному, так і національному рівнях. На міжнародному рівні таку функцію намагається виконувати Міжнародний союз електрозв'язку (МСЕ) [6]. На національному рівні функцію координатора зазвичай виконує регулятор або неурядова організація, як наприклад «IPv6 Council» [7], що діє в Швейцарії.

Слід відзначити, що в результаті процес переходу до нового типу адресації відбувається нерівномірно в різних регіонах світу, тому актуальним залишаються питання з виявлення причин, що перешкоджають переходу до нового типу адресації. Метою роботи є виявлення та класифікація факторів, що впливають на процес переходу з IPv4 до IPv6 для мереж різного типу та масштабу.

Аналіз світового досвіду переведення мереж з IPv4 до IPv6, що представлено, зокрема, у вигляді внесків Країн-членів МСЕ, дозволив створити параметричну модель, яка відображає основні фактори, що впливають на процес (та оцінку доцільності) переходу. Ця параметрична модель (рис. 1) показана у вигляді двох площин – площини внутрішніх та площини зовнішніх факторів. До внутрішніх віднесені фактори, на які можуть впливати рішення адміністрації телекомунікаційної мережі. До зовнішніх факторів віднесені такі фактори, на які адміністрація телекомунікаційної мережі не має впливу або має лише опосередкований вплив.

Фактори, розглянуті в запропонованій моделі, можуть мати різний ступінь впливу на

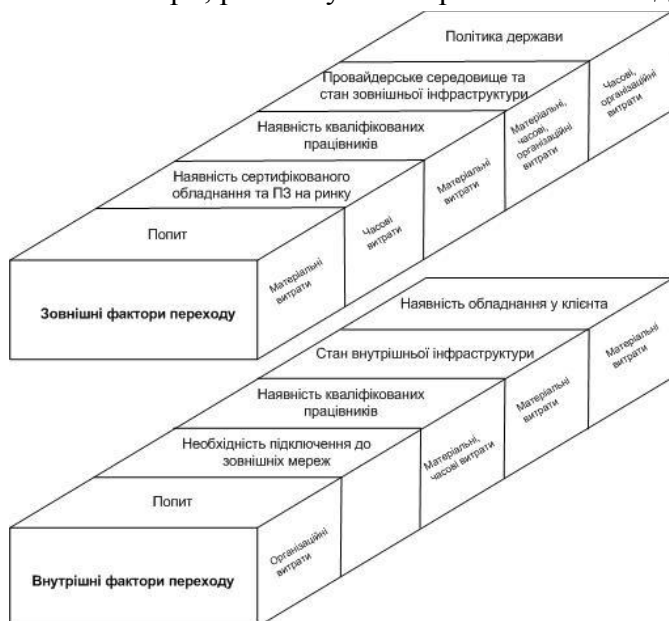


Рисунок 1 – Параметрична модель факторів впливу на перехід з IPv4 до IPv6

процес переходу в залежності від типу телекомунікаційної мережі. При цьому телекомунікаційні мережі можна умовно класифікувати за наступними критеріями:

- за розміром: в залежності від кількості абонентів, клієнтів або підключених робочих станцій;

- за масштабом: місцеві, регіональні або міжнародні;

- за місцем в ієрархії: мережі першого, другого або третього рівнів ієрархії. В першу чергу така класифікація стосується мереж операторів зв'язку;

- за напрямом інформаційного обміну: мережі орієнтовані на організацію доступу користувачам до зовнішньої інформації (наприклад, операторські мережі), мережі орієнтовані на

організацію доступу зовнішніх користувачів до внутрішньої інформації (мережі центрів обробки даних, дата центрів), гібридні мережі, які переслідують обидві мети і являють собою більшість існуючих телекомунікаційних мереж з різних форм власності;

- за формою власності: комерційні мережі і мережі державних установ.

Серед витрат, які несуть компанії у зв'язку з переходом до нового типу адресації слід виділити: організаційні, часові та матеріальні витрати. Також зазначимо, що вирішення проблем, пов'язаних з тим чи іншим фактором, може мати різний ступінь тих чи інших витрат. До організаційних витрат слід віднести здатність керівництва компанії спланувати роботу таким чином, щоб під час переходу до нової схеми адресації забезпечувалась безперервність надання послуг клієнтам, абонентам, співробітникам тощо. Процес переходу на нову схему адресації передбачає поступовість і етапність. Кожний з етапів переходу вимагає перевірки працездатності отриманих результатів, що, у свою чергу, потребує аналізу статистичних даних на збір яких необхідна трата часу. Зважаючи на це, часові витрати можуть мати значний вплив на деякі фактори. Матеріальні витрати, в залежності від фактора, можуть бути єдинократовими або розтягнутими у часі.

У запропонованій параметричній моделі представлені такі фактори.

Попит. Даний фактор значною мірою залежить від класу мережі, може бути як зовнішнім, так і внутрішнім. Такий фактор є внутрішнім у випадку слабкої, або навпаки, значної зацікавленості серед клієнтів і абонентів телекомунікаційної мережі щодо переходу до нового типу адресації, може вимірюватись, як відсоток зацікавлених абонентів. Однак цей фактор стає зовнішнім у випадку коли проводиться оцінка частка інформаційних ресурсів, доступних за тим чи іншим стеком протоколів, що може значною мірою впливати на необхідність переходу до нового типу адресації може вимірюватись, як відсоток інформаційних ресурсів доступних за тим чи іншим стеком протоколів.

У разі, коли попит розглядається як внутрішній фактор, він може значною мірою впливати на адміністративні витрати: коли абоненти не зацікавлені в переході на новий тип адресації, необхідне забезпечення прозорості (непомітності) переходу. В протилежному випадку сам процес переходу на новий тип адресації може привести до втрати значної частки підключених абонентів за наявності конкуренції на ринку телекомунікаційних послуг. Коли попит розглядається, як зовнішній фактор, то в цьому випадку він чинить значний вплив на

матеріальні витрати, тому що від розміру частки інформаційних ресурсів, що є доступними за новим стеком протоколів, буде залежати загальна вартість обладнання, закупівлю якого необхідно здійснити.

Наявність сертифікованого обладнання та програмного забезпечення на ринку конкретної країни. Даний зовнішній фактор залежить від законодавства конкретної країни, що дозволяє або забороняє до використання на мережах загального користування обладнання, або програмного забезпечення, яке підтримує стек протоколів IPv6. Цей фактор чинить основний вплив на часові витрати, при переході до нової схеми адресації на підставі того, що процес переходу унеможлиблюється до тих пір, поки не будуть прийняті відповідні законодавчі зміни.

Необхідність підключення до зовнішніх мереж. Далеко не всі телекомунікаційні мережі комерційної та державної форм власності, особливо у фінансовому секторі (мережі банківських установ тощо), мають необхідність підключення до зовнішнього мережного середовища. Цей внутрішній фактор, у разі відсутності необхідності обміну інформацією з зовнішнім світом, може значною мірою сприяти переходу до нової схеми адресації, тому що більшість інших зовнішніх факторів, в даному випадку, нівелюється.

Наявність кваліфікованих працівників. Може бути як зовнішнім так і внутрішнім фактором. Слід зазначити, що цей фактор може значним чином впливати на економічну доцільність переходу через надвисоку (в деяких випадках) вартість праці обслуговуючого персоналу, що має необхідну для переведення мереж з IPv4 до IPv6 кваліфікацію.

У випадку коли цей фактор є внутрішнім, він вимірюється значенням долі фахівців, які займаються налаштуванням та обслуговуванням конкретної телекомунікаційної мережі та володіють відповідними навичками. Цей фактор також чинить вплив на часові та матеріальні витрати зважаючи на те, що підвищення кваліфікації існуючих працівників вимагає часу, а також матеріальних витрат на організацію курсів з підвищення кваліфікації.

Коли цей фактор є зовнішнім, він вимірюється значенням долі фахівців, які володіють відповідними навичками, серед усіх наявних фахівців на ринку праці. У разі малої величини цього фактора чинить значний вплив на матеріальні витрати у зв'язку з переходом до нового типу адресації.

Провайдерське середовище та стан зовнішньої інфраструктури. Зовнішній фактор, який може бути визначальним для власника мережі. Вимірюється як відсоток операторів серед усіх доступних на ринку для підключення конкретної телекомунікаційної мережі, що можуть забезпечити передавання IPv6 трафіка. Цей фактор може впливати на всі надані типи витрат.

Стан внутрішньої інфраструктури. Внутрішній фактор, що вказує на ступінь готовності наявного в телекомунікаційній мережі обладнання до використання в умовах зміни адресації на стек протоколів IPv6. Може вимірюватись як частка вартості обладнання, що може підтримувати новий стек протоколів (наприклад, підтримка маршрутизаторами стека і протоколів маршрутизації IPv6) від загальної вартості всього наявного у мережі обладнання. В першу чергу цей фактор впливає на матеріальні витрати.

Наявність обладнання у клієнтів (абонентів). Внутрішній фактор, що відображає можливість підтримки стека протоколів IPv6 обладнанням абонента (робочими станціями, домашніми роутерами тощо). Може вимірюватись як частка абонентів, які мають можливість переходу до нової схеми адресації без необхідності заміни існуючого обладнання. Фактор має чинити на матеріальні витрати, що може бути представлений необхідністю додаткової закупівлі обладнання, що дозволило би здійснити підключення старого обладнання абонентів до оновленої мережної інфраструктури.

Політика держави (регіону) щодо переходу до IPv6. Зовнішній фактор, який визначає наявність спеціальних глобальних, регіональних або національних програм з координації

дій щодо переходу з IPv4 до IPv6. Фактор чинить вплив як на часові, так і на організаційні витрати.

Висновки та результати:

1. Запропонована параметрична модель, яка відображає основні параметри, що впливають на процес переходу з IPv4 до IPv6. Для більшості з розглянутих параметрів представлені одиниці виміру, а також зроблені припущення щодо впливу на той чи інший вид витрат.

2. Модель може бути використана у подальшому для:

- оцінки розглянутих факторів за ступенем впливу на процес переходу з IPv4 до IPv6;
- розробки методики оцінки ефективності переходу з одного до іншого типу адресації;
- напрацювання практичних рекомендацій щодо переходу на новий тип адресації;
- створення автоматизованої системи з оцінки витрат для конкретної телекомунікаційної мережі при переході з IPv4 до IPv6.

3. Подальші дослідження повинні бути спрямовані, насамперед, на формування чітких залежностей між розглянутими в роботі параметрами, типом тієї чи іншої мережі, а також типами витрат, на які впливає конкретний параметр.

ЛІТЕРАТУРА

1. Internet Standard Subnetting Procedure: RFC 950 – 1985 – [Чинний від 1985-08-01] – Internet Engineering Task Force (IETF) – 18 p. – (Міжнародний стандарт).
2. Classless Inter-Domain Routing (CIDR): an Address Assignment and Aggregation Strategy: RFC 1519 – 1993. – [Чинний від 1993-09-01]. – Internet Engineering Task Force (IETF) – 24 p. – (Міжнародний стандарт).
3. Address Allocation for Private Internets: RFC 1918 – 1996. – [Чинний від 1996-02-01] – Internet Engineering Task Force (IETF) – 9 p. – (Міжнародний стандарт).
4. IP Network Address Translation (NAT) Terminology and Considerations: RFC 2663 – 1999 – [Чинний від 1999-08-01]. – Internet Engineering Task Force (IETF) – 30 p. – (Міжнародний стандарт).
5. Available Pool of Unallocated IPv4 Internet Addresses Now Completely Emptied: Офіційне інформаційне повідомлення ICANN [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.icann.org/en/system/files/press-materials/release-03feb11-en.pdf>
6. Міжнародний союз електрозв'язку [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://itu.int>
7. Swiss IPv6 Council [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.swissipv6council.ch/>

REFERENCES

1. Internet Standard Subnetting Procedure: RFC 950 – 1985 – [valid from 1985-08-01] – Internet Engineering Task Force (IETF) – 18 p. – (International Standard).
2. Classless Inter-Domain Routing (CIDR): an Address Assignment and Aggregation Strategy: RFC 1519 – 1993 – [valid from 1993-09-01] – Internet Engineering Task Force (IETF) – 24 p. – (International Standard).
3. Address Allocation for Private Internets: RFC 1918 – 1996 – [valid from 1996-02-01] – Internet Engineering Task Force (IETF) – 9 p. – (International Standard).
4. IP Network Address Translation (NAT) Terminology and Considerations: RFC 2663 – 1999 – [valid from 1999-08-01] – Internet Engineering Task Force (IETF) – 30 p. – (International Standard).
5. Available Pool of Unallocated IPv4 Internet Addresses Now Completely Emptied: Official informational message from ICANN. [Electronic resource]. Access mode: <https://www.icann.org/en/system/files/press-materials/release-03feb11-en.pdf>
6. International Telecommunication Union. [Electronic resource]. Access mode: <http://itu.int>
7. Swiss IPv6 Council. [Electronic resource]. Access mode: <http://www.swissipv6council.ch/>