

ОСОБЛИВОСТІ ПЕРЕХОДУ З ПРОТОКОЛУ IPv4 НА IPv6 В ЦИФРОВИХ МЕРЕЖАХ

Квятковська А.О., викладач, Король С.В., к.т.н., доц., Король Т.В., інженер, Платон В.В., магістрантка

КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра автоматизації електромеханічних систем та електроприводу

Вступ. Світові тенденції цифрової трансформації всіх етапів виробництва, які переросли в четверту промислову революцію (Industry 4.0), вимагають все ширшого використання цифрових мереж в промисловому виробництві. Одна з ключових технологій цифрового інтелектуального виробництва – ІоТ (Industrial Internet of Things - Індустріальний Інтернет речей) вимагає об'єднання великої кількості датчиків, виконавчих пристроїв, керуючих контролерів та інших елементів систем автоматизації в єдину систему за допомогою цифрової мережі. Темп приросту кількості підключених до цифрових мереж пристроїв ІоТ набагато вищий, ніж той, що спостерігається в традиційному сегменті (персональні комп'ютери, смартфони та планшети). Отже, зростає актуальність переходу з протоколу IPv4 на IPv6, який має у $7.92 \cdot 10^{28}$ разів більший адресний простір і продуктивність. Втім, обмеженість можливостей протоколу IPv4 впливає на різні мережі не однаково. Провайдери широкосмугових мереж відчували труднощі приблизно ще в 2012 році, тоді як деякі власники корпоративних мереж можуть ще протягом багатьох років не відчувати особливих проблем. У той же час, протокол IPv6 як і раніше знаходиться на самій ранній стадії розгортання. Дуже мало операторів мережі, навіть з агресивними планами розгортання, впроваджують IPv6.

Сьогодні Інтернет став глобальною мережею, що обслуговує мільярди користувачів по всьому світу. Це сталося, передусім, завдяки широкій доступності та зручності протоколу Інтернет (Internet Protocol – IP). Діюча, четверта (IPv4), версія цього протоколу була розроблена більш ніж 35 років тому та має велику кількість обмежень. З метою подолання цих обмежень було розроблено нову, шосту (IPv6), версію цього протоколу [1].

Проблема нестачі адресного простору IPv4 загострилась із 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-го року у міжнародної організації, що займається керуванням доменними іменами і IP-адресами (ICANN – Internet Corporation for Assigned Names and Numbers), не залишилось вільних блоків адрес IPv4 [2].

За новими правилами можна отримати блок IPv4-адрес тільки в тому випадку, якщо компанія доведе, що вже впровадила у себе IPv6. Цей факт стимулює впровадження IPv6-систем і збільшення трафіку.

Зазначені факти викликають багато питань. Як продовжувати розвивати мережі в умовах відсутності нових адрес IPv4м? Як продовжувати

підтримувати зв'язок з більш ранніми пристроями, що працюють тільки з протоколом IPv4, в умовах поступового переходу на IPv6? Яким чином нові мережі будуть отримувати доступ до Інтернет-контенту, який доступний тільки через IPv4? Як мережі IPv6 мають підтримувати сегмент IPv4 додатків і пристроїв? В цій статті спробуємо розібратись, які саме фактори впливають на модернізацію, і як обрати найбільш ефективний спосіб переходу.

Мета роботи. Дослідження факторів що стимулюють перехід з протоколу IPv4 на IPv6 і визначають технічні способи міграції на новий протокол.

Матеріали дослідження. З точки зору основного напрямку інформаційного обміну всі існуючі мережі можна поділити на три умовних класи: мережі орієнтовані на організацію доступу користувачам (абонентам) до зовнішньої інформації; мережі орієнтовані на організацію доступу зовнішніх користувачів до внутрішньої інформації; гібридні мережі [3].

До першого класу можна віднести провайдерські (операторські) мережі або мережі підприємств у яких немає власних інформаційних ресурсів (або всі ці ресурси розміщуються, наприклад, на зовнішньому хостингу). Основне завдання таких мереж (з точки зору організації переходу на IPv6) – забезпечити своїм клієнтам доступ до якомога більшій кількості ресурсів з належним рівнем якості. Окремою складовою цього завдання є забезпечення можливості доступу користувачів мережі до ресурсів по IPv6, навіть якщо робочі станції користувачів мають виключно IPv4 адресацію.

До другого класу можна віднести мережі центрів обробки даних, дата-центрів і великих мережних сервісів. Їх основне завдання – забезпечити якомога більшу кількість зовнішніх клієнтів доступом до своїх ресурсів (включаючи робочі станції з IPv4 та IPv6 адресацією).

До третього (найбільш численного) класу можна віднести підприємства, що переслідують обидві мети.

Аналізуючи світовий досвід переходу мереж з IPv4 до IPv6, накопичений країнами-членами міжнародного союз електрозв'язку (МСЕ), на процес (та оцінку доцільності) переходу впливають такі ключові фактори:

1. Попит. Залежно від класу мережі, попит може бути як зовнішнім, так і внутрішнім фактором. Кількісна оцінка цього фактору може бути виконана шляхом опитування абонентів (на предмет зацікавленості переходу до IPv6), оцінки долі ресурсів, доступних за тим чи іншим стеком тощо.

2. Наявність сертифікованого обладнання та програмного забезпечення на ринку конкретної країни (зовнішній фактор). Далеко не всі країни мають сертифіковане (для мереж загального користування конкретної країни) обладнання та/або програмне забезпечення, що підтримує стек IPv6.

3. Наявність кваліфікованих фахівців. Може бути як зовнішнім, так і внутрішнім фактором. Слід зазначити, що даний фактор може дуже суттєво впливати на економічну доцільність переходу через надвисоку (в деяких випадках) вартість праці обслуговуючого персоналу, що має необхідну для переходу на IPv6 кваліфікацію.

4. Провайдерське середовище. Зовнішній фактор, який може бути визначальним для власника мережі. Очевидно, що якщо жоден провайдер верхнього рівня (серед тих з ким працює мережа) не в змозі забезпечити передавання IPv6-трафіку, то доцільність переведення внутрішньої інфраструктури на IPv6 відсутня.

5. Формування державної політики в рамках IPv6. Необхідність координації переходу як на міжнародному, так і на національному рівні. Прийняття стандартів для проходження сертифікації обладнання та розробка законодавчої бази, чітких регуляторних актів та процедур щодо стандарту IPv6.

6. Стан внутрішньої інфраструктури (наявність обладнання, структура мережі, робочі станції тощо) являється внутрішнім фактором. Зрозуміло, що часткова готовність мережі (наприклад, підтримка маршрутизаторами стеку IPv6) може суттєво зменшити загальні витрати на повноцінний перехід.

7. Наявність обладнання у клієнтів (абонентів) являється внутрішнім фактором. Необхідно, щоб робота з протоколом IPv6 підтримувалася не тільки операторським, але і клієнтським обладнанням – робочими станціями, домашніми роутерами тощо.

8. Політика держави – зовнішній фактор, який залежить від державного регулювання, стандартів і стану розвитку національних операторів зв'язку.

Основні фактори, що впливають на перехід, вимагають різних типів затрат і можуть мати як зовнішній, так і внутрішній характер, як показано на рис. 1.

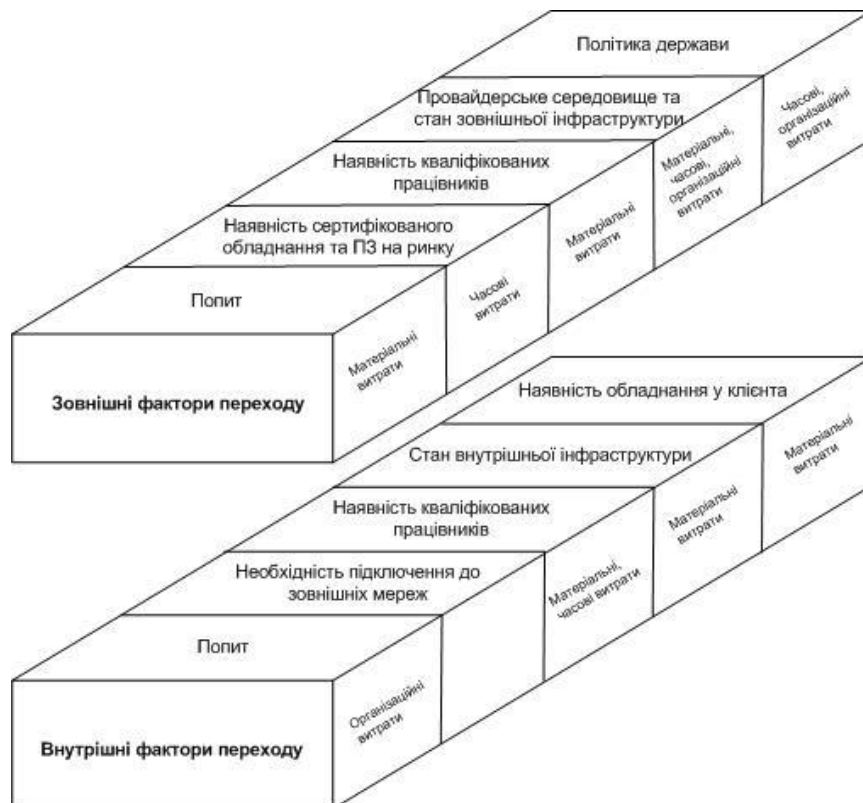


Рисунок 1 – Внутрішні та зовнішні фактори переходу

Таблиця 1 – Аналіз готовності до переходу з IPv4 до IPv6 компаній в Україні

№ з/п	Назва критерію (від 1 до 5 балів)	Національний мобільний оператор			Локальний інтернет провайдер			Підприємство з переробки сільськогосподарської продукції			Примітка
		Тунелювання	NAT	Dual-Stack	Тунелювання	NAT	Dual-Stack	Тунелювання	NAT	Dual-Stack	
1	Попит внутрішній	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Абоненти незацікавлені в переході, лише деякий відсоток корпоративних сегментів цікавиться переходом
	Попит зовнішній	5	5	5	1	1	1	1	1	1	Крупна компанія має вихід до сайтів з адресацією IPv6, а середні інтернет провайдери не планують переходу.
2	Наявність сертифікованого обладнання. Зовнішній.	4	4	4	1	1	1	2	2	2	Компанія має вихід на міжнародний ринок та ринок України, тому дефіциту обладнання немає, на відміну від інтернет провайдера середнього рівня.
3	Наявність кваліфікованих працівників. Зовнішній.	3	5	3	3	5	3	3	5	3	Ринок працівників є в Україні, хоча багато спеціалістів виїхало за кордон
	Наявність кваліфікованих працівників. Внутрішній.	4	5	4	4	5	3	4	4	4	В компанії є достатній рівень кваліфікованих спеціалістів
4	Провайдерське середовище. Зовнішній.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	В зв'язку з тим, що оператори зв'язку лише планують переходити на IPv6 адресацію, у провайдерів гострої необхідності переходу немає.
5	Політика держави. Зовнішній.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	В Україні немає чіткого плану чи програм по переходу на версію IPv6
6	Стан внутрішньої інфраструктури	2	4	3	1	1	2	2	2	2	Лише частина обладнання підтримує новий стек в компанії, та потребує додаткових інвестицій при переході.
7	Наявність обладнання у клієнта. Внутрішній.	3	4	3	3	3	3	4	4	4	IPv6 зараз підтримують наступні операційні системи: Windows XP (Підтримка початкового рівня, яка вже не буде розвиватися) Windows Vista, Windows 7, Windows 10 (Повна підтримка) Linux (Повна підтримка), MacOS (Повна підтримка) Не всі роутери мають прошивку IPv6
8	Політика держави. Зовнішній.	5	5	5	5	4	5	4	4	4	Вплив держави на готовність до модернізації мереж, стан обладнання магістральних ліній.

В роботі представлено аналіз ситуації в Україні для трьох типових класів мереж, з оцінкою ключових факторів за п'ятибальною шкалою 1 – не готовий, 5 – повністю готовий. Вибрано для аналізу різні класи провайдерських мереж, для більш реальної оцінки ситуації, які показані в табл. 1.

У результаті проведеного порівняльного аналізу видно, що серед всіх факторів, які потенційно визначатимуть вибір технічного способу міграції на стек протоколів IPv6, найбільш значущими виявились «Наявність кваліфікованих працівників (як внутрішній фактор)» та «Наявність кваліфікованих працівників (як зовнішній фактор)».

Серед факторів, які в цілому визначають доцільність міграції незалежно від технічного способу, є «Попит (як зовнішній фактор)».

Таким чином, можна зробити висновок, що перехід телекомунікаційних мереж з IPv4 до IPv6 на основі технології трансляції мережевих адрес (NAT – Network Address Translation) виглядає найбільш простим з точки зору готовності більшості компаній, хоча в кінцевому варіанті це може призвести до більшої вартості у порівнянні з технологією Dual-Stack.

Висновки. Для визначення найбільш перспективної технології міграції з IPv4 до IPv6, фактори які впливають на процес переходу з IPv4 до IPv6 доцільно розділити на дві групи. Перша група – фактори які потенційно впливатимуть на вибір технічного способу міграції на стек протоколів IPv6. До другої групи відносяться фактори які в цілому визначають доцільність міграції, незалежно від технічного способу.

Результати дослідження стану проблеми показали, що в процесі впровадження IPv6 фінансові вкладення та кадри є найбільш ваговою складовою, які збільшують свою вагу при відсутності програми переходу, визначеної на державному рівні. Тому, витрати та можливі ризики для невеликих провайдерів можуть стати суттєвою перепорою на шляху впровадження нової технології. Більш зорієнтованими на перехід є великі компанії, які мають вихід на міжнародні ринки, доступ до фінансових та кадрових ресурсів, а також підвищений попит з боку великих корпоративних клієнтів.

Перелік посилань

1. Silvia Hagen, IPv6 Essentials: Integrating IPv6 into Your IPv4 Network / Silvia Hagen - Published by O'Reilly Media, Inc., 2014 p. - 414 стор.
2. 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>
3. Cricket Liu, DNS and BIND on IPv6 / Cricket Liu - Published by O'Reilly Media, Inc., 2011p, 41 стор.