

ОЦІНКА ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ БЕЗДРОТОВОГО КАНАЛУ СТАНДАРТІВ IEEE802.11 ЗА ВИКОРИСТАННЯ ПРОТОКОЛІВ IPV4 ТА IPV6

¹Вінницький національний технічний університет

Передача даних бездротовими каналами зв'язку здійснюється стеком протоколів TCP/IP. Цей стек протоколів має бути апаратно незалежним, тобто застосованим в незалежності від того які операційні системи на ньому працюють, які канали зв'язку використовуються. Це надає універсальності системам передачі даних, проте може негативно відобразитись на роботі каналів передачі, зокрема бездротових каналах, які мають обмежену швидкість передачі даних. Збільшення надлишковості під час формування пакетів передачі даних може знизити пропускну здатність каналу та відповідно швидкість каналу. Для бездротових каналів зв'язку, стандарти IEEE802.11 досягають високих швидкостей завдяки використанню технології просторового мультиплексування MIMO і розширенню смуги пропускання каналу за рахунок використання діапазонів 2,4 ГГц і 5 ГГц, які також використовують пакетну передачу даних та різні типи IP адресації. Системи з різними типами IP адресації можуть застосовувати протоколи динамічної конфігурації хосту (DHCP), що дозволяє автоматично отримувати необхідні параметри для роботи в мережі. Відповідно до специфікацій протоколів IP адресація впливатиме на розмірність пакетів та на порядок її формування.

Оцінка продуктивності використання протоколів різних версій можлива: за допомогою максимальних та середніх значень дельта, максимальним та середнім джитером (як варіацією затримки), затримкою пакетів та пропускну здатністю.

Проведено аналіз можливих варіантів поліпшення параметрів мережі, за застосування певної мережевої архітектури, зокрема мережі з двома стеками, технології переходу, в якій IPv4 і IPv6 працюють в тандемі із загальним або виділеним посиленням; тунелювання, для створення оверлейної мережі, яка тунелює один протокол за іншим, інкапсулюючи пакети IPv6 в пакети IPv4 і пакети IPv4 в пакети IPv6; транслявання, що полегшує обмін даними між хостами і мережами тільки для IPv6 і тільки для IPv4 шляхом виконання IP-заголовку і перетворення адрес між двома групами адрес, зіставлення доменних імен і IP-адрес протоколу DNS.

Ключові слова: стек, протокол, TCP, IP, мережа, передача пакетів, IEEE802.11, бездротова мережа.

Вступ

В основі сучасного Інтернету лежить пакетна передача інформації з обов'язковим розділенням на фрагменти даних і передачею окремих фрагментів у вигляді окремих IP-пакетів. Це в цілому відрізняє від комутованих мереж, наприклад традиційні аналогові телефонні мережі, де між користувачами постійно встановлюється канал зв'язку. В Інтернеті винятково всі дані передаються через IP-пакети. Робоча група з розробки Інтернет-технологій (IETF) розробила IPv6 — оновлення IPv4 — для задоволення постійного збільшення потреб IP-адреси [2]. Повний перехід від IPv4 до IPv6 здійснюється досить повільно. Тому їх співіснування неминуче. Вручну налаштовані Тунелі, які роблять можливим це співіснування дозволяють передавати пакети IPv6 через мережі IPv4. Також активно впроваджуються системи реального часу VoIP, IoT та хмарні технології, що зроблять жорсткішими вимоги до пропускну здатності каналів.

Метою статті є дослідження зміни характеристик інформаційного параметра бездротового каналу зв'язку стандартів IEEE802.11 за використання різного типу IP адресації протоколів IPv4 та IPv6.

Задачі роботи:

- визначити параметри пакетів протоколів IPv4, IPv6;
- провести оцінку характеристик бездротових каналів стандарту IEEE802.11;

- дослідити особливості протоколів різних рівнів моделі OSI;
- провести оцінку продуктивності мереж реального часу;
- визначити оптимальні методи передачі пакетів та конфігурації мережі.

Основна частина

Порівняння заголовків пакету IPv4, IPv6

В Інтернеті реалізується пакетна передача інформації, якщо є необхідність передати інформацію певного обсягу, транзакцію або текстове повідомлення, в будь-якому випадку, якщо це більше, ніж апаратний блок передачі, інформація розділяється на окремі IP-пакети і кожний пакет відправляється в мережу і доставляється незалежно від інших [1]. Параметри заголовків пакетів для різних версій протоколу IP показані на рис. 1.

а)				б)				
Версія (4 біта)	Довжина заголовку (4 біта)	Тип сервісу (8 біт)	Загальна довжина (16 біт)		Версія (4 біта)	Клас трафіку (8 біт)	Мітка потоку (20 біт)	
Ідентифікатор пакета (16 біт)			Прапори (3 біта)	Зміщення фрагменту (13 біт)	Розмір поля даних (16 біт)		Наступний заголовок (8 біт)	Граничне число кроків (8 біт)
Час життя (8 біт)	Протокол (8 біт)	Контрольна сума (16 біт)		Адреса джерела (128 біт)				
Адреса джерела (32 біта)				Адреса призначення (128 біт)				
Адреса призначення (32 біта)								

Рис. 1. Заголовки пакетів для різних версій протоколу: а — IPv4(20bit), б — IPv6(40bit)

Мережа не гарантує доставку таких IP-пакетів, він може бути втраченим, різні пакети можуть надійти в різному порядку, це не є завданням цього рівня мережі. За це відповідають протоколи вищого рівня [2].

IP-адресація та маршрутизація

Передача IP-пакетів відбувається за допомогою протоколу IP. Протоколи IP (IPv4, IPv6), це основні протоколи для передачі інформації в сучасних TCP/IP мережах. В цих протоколах існують так звані IP-адреси — це унікальні логічні ідентифікатори конкретний мережевих інтерфейсів, підключених до мережі. З підключенням до деякої TCP/IP мережі присвоюється IP-адреса, IPv4 або IPv6 (можливий варіант, коли обидва протоколи одночасно). Коли на пристрої сформований IP-пакет, він передається в мережу і далі мережа вибирає яким чином оптимально його доставити. Кожний маршрутизатор, за своєю інформацією, приймає рішення, яким чином, яким шляхом, на який наступний маршрутизатор цей IP-пакет краще передати.

На сьогодні використовуються дві версії протоколу IP — це IP 4 версії, що використовується з 1981 року і IP 6 версії, який перспективніший, впроваджується з 1998 року але навіть на цей момент, якщо переглянути статистику Google, який вже декілька років підтримує протокол IPv6, то лише 20...25 % посилань — за допомогою протоколу 6 версії, все інше — через протокол 4 версії. Все залежить від країн, в деяких країнах IPv6 впроваджений масштабніше, в інших більше використовується IPv4 [3].

В протоколі IP 4 версії використовуються 4-байтові адреси, що дає приблизно 4 мільярди адрес. Для кінця 70-х років, коли протокол тільки розроблявся і в Arpanet, планували лише декілька сотень вузлів, цього було більш ніж достатньо. Для сучасних мереж, коли у кожної людини є декілька пристроїв, під'єднаних до Інтернету і на нашій планеті вже приблизно 8 мільярдів людей, цієї кількості IP-адрес, звісно, не достатньо, тому відбувається поступовий перехід на протокол 6 версії у якої використовується вже не 2^{32} , в якої 4 мільярди адрес, а 2^{128} — це величезна кількість [3], [1]. Якщо всі IP-адреси рівномірно розподілити по всій Земній кулі, то на кожний квадратний метр Землі буде припадати декілька мільярдів IPv6-адрес, цього більш ніж достатньо на будь-яку майбутню перспективу в рамках нашої планети. На рис. 2 показано приклад порівняння особливостей протоколів передачі даних IPv4 та IPv6.

	Internet Protocol version 4 (IPv4)	Internet Protocol version 6 (IPv6)
Впровадження	3 1981	3 1998
Розмір адреси	32-bit	128-bit
Формат адреси	192.046.235.13	3FFE:F200:0233:AB00: 0123:4333:8555:ABCD
Маска підмережі	192.046.0.0/24	3FFE:F200:0233::/48
Кількість адрес	232	2128

Рис. 2. Протоколи передачі даних IPv4, IPv6

Кожний маршрутизатор сам вирішує яким чином передати цей пакет даних, в нього є своя інформація про маршрутизацію, доступні маршрути, куди краще направити IP-пакет. Основне завдання передати маршрутизатору пакет даних, а далі маршрутизатори самі вирішують як далі ці пакети будуть доставлятися. Можливими варіантами є те, що IP-пакети прийдуть не в правильній послідовності або деякі пакети будуть втраченими, але якщо між двома вузлами існує шлях доставки то мережа вибере шлях, щоб передати пакети від відправника до отримувача.

Маршрутизація налаштовується автоматично (рис. 3), існує досить велика кількість протоколів маршрутизації, серед них RIP, RIPv2, OSPF(Open Shortest Path First) та інші [3], [2]. Чим новіший протокол, тим масштабніші мережі він підтримує, ефективніше виконує маршрутизацію, тим складнішим він є.

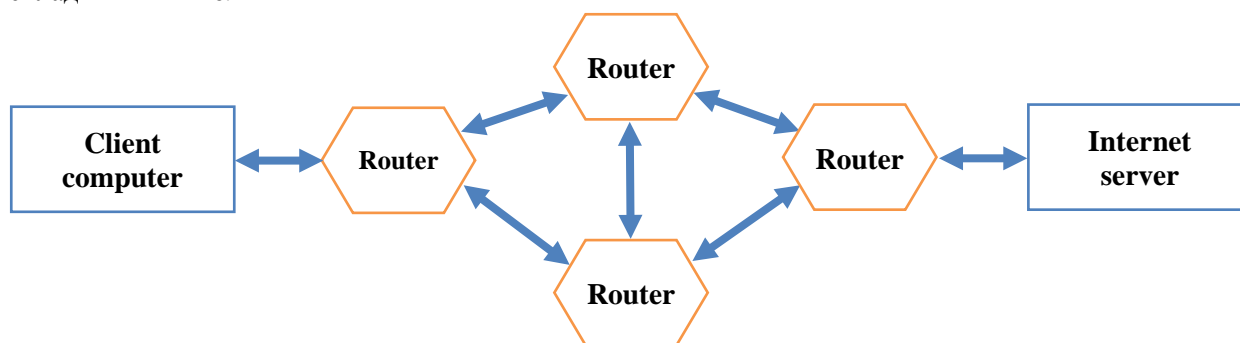


Рис. 3. Приклад маршрутизації в IP-мережі

Бездротові канали стандартів IEEE802.11

Кожна версія стандарту бездротової локальної мережі (WLAN) IEEE802.11 надавала розширені функції на додаток до вищих швидкостей зв'язку. Він реалізований не тільки в персональних комп'ютерах, але також в смартфонах та інших персональних пристроях. У зв'язку зі зростаючим попитом на вищі швидкості WLAN як в офісних, так і в домашніх умовах, IEEE802.11n став основним завдяки використанню технології з декількома входами і кількома виходами (MIMO) і вищими швидкостями, досягнутими за рахунок розширення смуги пропускання каналу [4].

Стандарт IEEE802.11n досягає високих швидкостей завдяки використанню технології просторового мультиплексування MIMO і розширенню смуги пропускання каналу за рахунок використання діапазонів 2,4 ГГц і 5 ГГц. Діапазон частот 2,4 ГГц, який також називають промисловим, науковим і медичним (ISM) діапазоном, використовується для систем зв'язку, таких як обладнання Bluetooth і ISM, таких як мікрохвильові печі і мікрохвильові медичні пристрої. Електромагнітні хвилі, які випромінюються такими системами зв'язку і обладнанням ISM, можуть впливати на зв'язок WLAN, використовуючи смуги частот 2,4 ГГц. Тому канал, вільний від електромагнітних завад, слід вибирати так, щоб швидкодію WLAN IEEE802.11n можна було використовувати максимально.

Крім того, в смузі пропускання 20 МГц, так само, як і в стандартах IEEE802.11a/b/g, IEEE802.11n підтримує ширину бездротового каналу зв'язку в смузі 40 МГц, об'єднуючи два IEEE802.11a/b в смузі пропускання 20 МГц [4]. Однак, при передачі даних в смузі 40 МГц, особливо в діапазоні 2,4 ГГц, можуть легко виникати завади від інших систем зв'язку або обладнання ISM, а також від сигналів WLAN IEEE802.11b/g на сусідніх каналах.

Особливості мережевого рівня

IP-адреси є логічними і ніяким чином не прив'язані до обладнання, відповідно обладнання теж нічого не знає про IP-адреси. Програмне забезпечення виконує передачу з однієї IP-адреси на іншу IP-адресу і зіставляє конкретну апаратну адресу фізичного пристрою апаратної мережевої карти, на яку необхідно передати цей IP-пакет [5]. Цим займається протокол ARP (протокол перетворення адрес). Він призначений для роботи в локальній мережі, працює досить просто, один пристрій відправляє в мережу широкомасштабний запит, який отримують всі комп'ютери в локальній мережі, і в цьому запиті міститься така інформація, завдяки якій IP-адреса зіставляється з MAC-адресою. Після цього кожний з пристроїв надсилає пакети напряму до одержувача. Ця інформація зберігається в RP-кеші, інші пристрої, які отримали цей широкомасштабний запит, теж її зберігають. Ця інформація зберігається певний час, доки не стає застарілою (може займати до декількох хвилин) (рис. 4.). Криптографічного захисту в протоколі ARP не передбачено, сам по собі протокол дуже зручний, але не є безпечним.

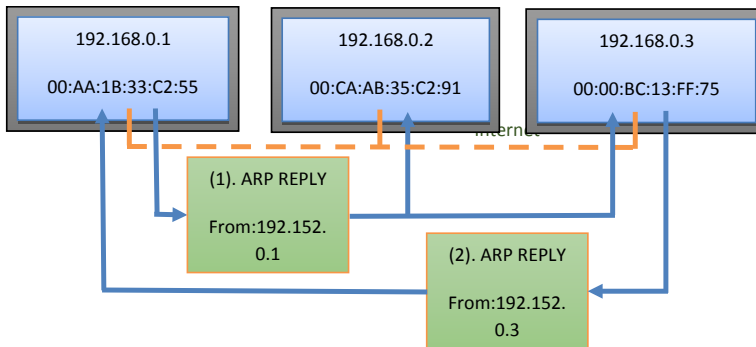


Рис. 4. Приклад зіставлення ARP-адресів

Підключення до бездротової (мобільної) мережі задаються ці параметри. Налаштування параметрів можна провести в ручному режимі, але це займе досить багато часу. Можуть допускатись помилки, тому налаштування через протокол DHCP є швидшим і ефективнішим варіантом. Протокол працює в чотири етапи, і за допомогою цього протоколу отримуються необхідні параметри для роботи в мережі.

DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) протокол дозволяє автоматично отримувати необхідні параметри для роботи в мережі. Для того, щоб працювати в мережі, необхідно мати в наявності: IP-адресу, маску підмережі, адресу шлюзу (маршрутизатору), адресу DNS-сервера або декілька DNS-серверів [6]. Це є необхідним мінімумом, якщо цих параметрів немає в наявності, тоді мережа на пристрої не буде функціонувати. Під час

Оцінка продуктивності мереж VoIP на IPv6 і IPv4

З часом популярність VoIP зростала і зробила його вагомим компонентом трафіку в Інтернеті, порівнюючи продуктивність VoIP по IPv6 та IPv4. Результати допоможуть визначити, чи існують відмінності в VoIP продуктивності по IPv6 в порівнянні з IPv4 через надлишковість в результаті більшого заголовка IPv6 і більшого розміру пакета. Порівняння продуктивності VoIP за допомогою IPv6 та IPv4 проводитиметься лише під час обміну голосовими даними. Випробування проводяться на локальній мережі у присутності конкуруючого трафіку UDP за допомогою відповідного програмного забезпечення.

Продуктивність вимірюється за допомогою максимальних та середніх значень дельта (час між голосовими пакетами), максимальний та середній джитер (варіація затримки), затримка пакету, і пропускна здатність. Отримані результати показують, що є лише невелика різниця у продуктивності між мережами TCP IPv4 та IPv6 [7], [4].

Поєднання VoIP та Wi-Fi (стандарту IEEE802.11) часто називають VoWiFi. Значна частина існуючої Wi-Fi мережі працює в інфраструктурному режимі, VoIP в бездротовій мережі, де маршрутизація пакетів і QoS все ще залишається невирішеною проблемою.

Характеристики Wi-Fi впливають на голосовий зв'язок у режимі реального часу. IPv4 та IPv6, дозволяють переглядати показники, які зазвичай використовуються для визначення якості VoIP сесії: затримка, джитер, пропускна здатність. Затримка мережі вказує скільки часу потрібно для біту даних, щоби подолати шлях через мережу з одного вузла або кінцевої точки до іншої. Він, зазвичай, вимірюється долями секунди. Затримка може дещо відрізнитися залежно від розташування конкретної пари з'єднаних вузлів. Пропускна здатність або пропускна здатність мережі — це швидкість успішної доставки повідомлень каналом зв'язку. Дані, до яких належать ці повідомлення, можуть бути доставлені поза фізичне або логічне посилення або вони можуть пройти через певний мережевий вузол. Пропускна здатність, зазвичай, вимірю-

ється в бітах за секунду (біт/с), а іноді і в пакетах даних або пакет даних на часовий інтервал.

Джитер — це варіація пакета у зворотному напрямку [8], [5]. Більшість сучасних систем використовуватимуть певний тип адаптивного відтворення, щоби згладити джитер, але це збільшує затримку в один бік. У мережах Wi-Fi джитер, як правило, малий, частково через одноразову затримку і невеликі розміри пакетів даних.

Порівняння Wi-Fi згідно з VoIP, який використовує IPv4 або IPv6, являє собою оцінку пропускної здатності Wi-Fi каналу стандартів IEEE802.11a та IEEE802.11n. Отримані графіки (рис. 5) показують, що IPv4 має найбільшу пропускну спроможність на виході каналу (IEEE802.11a) у порівнянні з IPv6, але це не означає, що IPv4 має кращу продуктивність у випадку високого трафіку VoIP [5], [9], [16]. З іншого боку, IPv6 має найвищу пропускну здатність на основі випуску IEEE802.11n в порівнянні з IPv4, тому результати між IPv4 та IPv6 відрізняються. VoIP-трафік використовує IEEE802.11 (a) та IEEE802.11 (n).

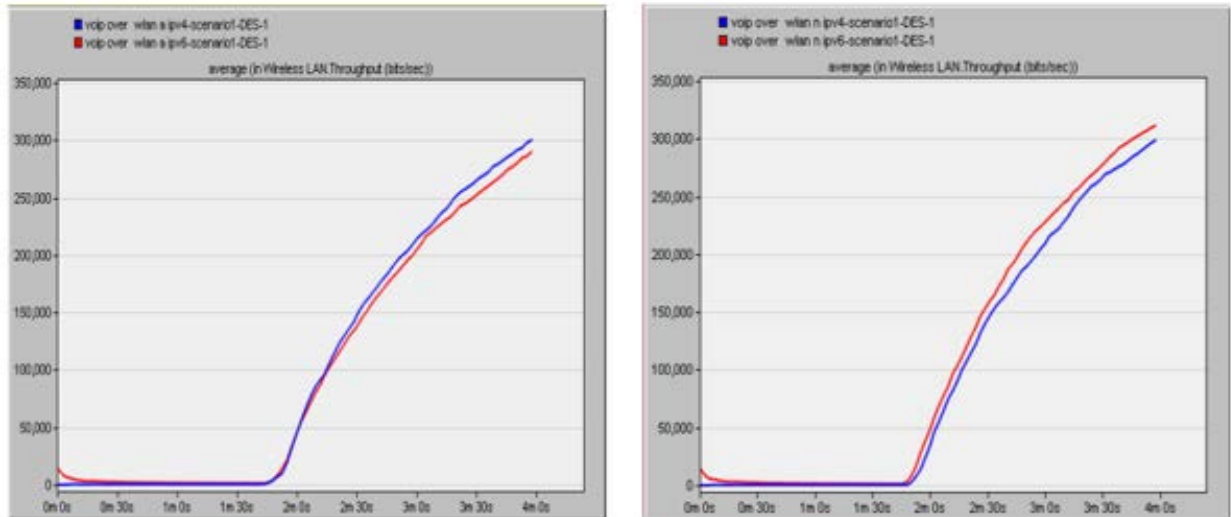


Рис. 5. Пропускна здатність (а, n) IPv4, IPv6

Проведено аналіз продуктивності VoIP типу трафіку через Wi-Fi мережу як функцію якості обслуговування в середовищі IPv4 та IPv6. Вихідні дані розглянуто в [5], [15].

Симуляція проведена на базі інструмента OPNET17.5. Кілька конкуруючих джерел трафіку, що використовують сигналізацію SIP, створюють мережу та трасування трафіку для вимірювання різних параметрів продуктивності. В цьому дослідженні отримано, що IPv4 має найбільшу пропускну здатність на основі стандарту IEEE802.11a у порівнянні з IPv6, але у стандарті IEEE802.11n IPv6 має більшу пропускну здатність. IPv6 має джитер та затримку більше, ніж на IPv4 в стандартах IEEE802.11 (a), (n), що вказує на те, що IPv4 зручніший для передачі трафіку та протоколів реального часу, подібних до VoIP (хмарні сервіси, IoT, тощо), який потребує високої пропускної здатності, продуктивності, малу затримку і джитер. Тому для поліпшення параметрів мережі можна застосувати певну мережеву архітектуру.

Мережа з двома стеками

Подвійний стек — це технологія переходу, в якій IPv4 і IPv6 працюють в тандемі із загальним або виділеним посиленням. У мережі з двома стеками як IPv4, так і IPv6 повністю розгорнуті по всій інфраструктурі (рис. 6) так, що протоколи конфігурації і маршрутизації обробляють адресацію і суміжності IPv4 і IPv6 [3], [14].

Хоча подвійний стек може здатися ідеальним рішенням, він має дві основні проблеми розгортання для підприємств і інтернет-провайдерів:

- для цього потрібна існуюча мережева інфраструктура, здатна розгортати IPv6. Однак у багатьох випадках поточна мережа може бути не готова і може вимагати від вас оновлення апаратного і програмного забезпечення;

- IPv6 необхідно активувати майже для всіх мережевих елементів. Щоб задовольнити цю вимогу, можливо буде потрібно перебудувати існуючу мережу, що призведе до проблем безперервності бізнесу.

Dual Stack Network

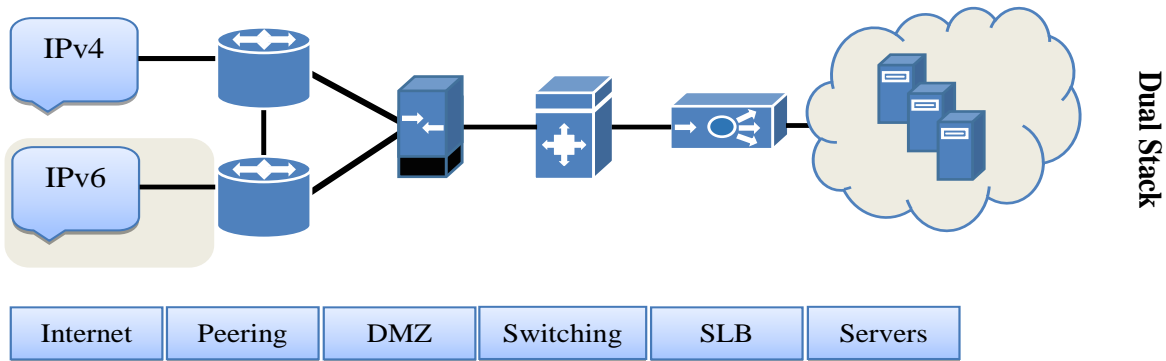


Рис. 6. Метод переходу «мережа з двома стеками»

Тунелювання

Використовуючи параметр тунелювання, організації створюють оверлейну мережу, яка тунелює один протокол за іншим, інкапсулюючи пакети IPv6 в пакети IPv4 і пакети IPv4 в пакетах IPv6 (рис. 7). Перевага такого підходу полягає в тому, що новий протокол може працювати без порушення старого протоколу, забезпечуючи тим самим можливість підключення між користувачами нового протоколу.

IPv4 Only Network

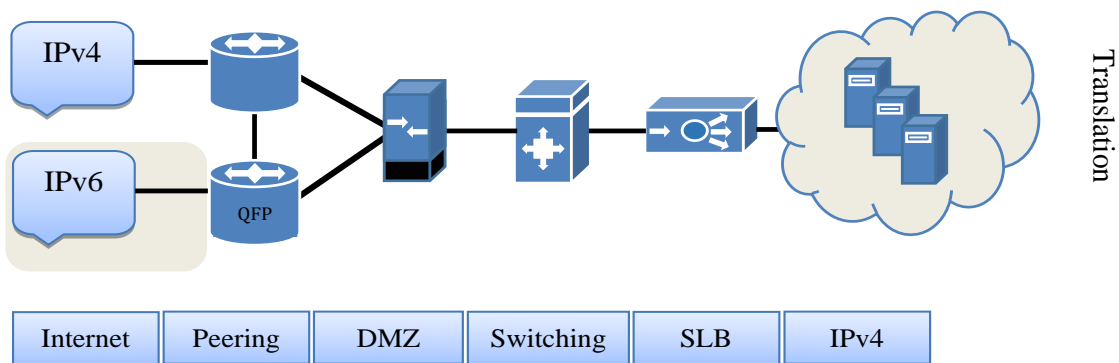


Рис. 7. Метод переходу «тунелювання»

Тунелювання має два недоліки, як описано в RFC 6144 [6]:

- користувачі нової архітектури не можуть використовувати служби базової інфраструктури;
- тунелювання не дозволяє користувачам нового протоколу взаємодіяти з користувачами старого протоколу без хостів з двома стеками, що заперечує сумісність.

Трансляція

AFT (Address Family Translation) або просто переклад, полегшує обмін даними між хостами і мережами тільки для IPv6 і тільки для IPv4 (таких як транзит, доступ або прикордонна мережа) шляхом виконання IP-заголовка і перетворення адрес між двома типами адрес.

AFT не є довгостроковою стратегією підтримки; це стратегія середньострокового співіснування, яка може бути використана для сприяння довгостроковій програмі переходу IPv6 як на підприємствах, так і у інтернет-провайдерів.

Основні переваги, як описано в RFC 6144 [6]:

- трансляція забезпечує поступову міграцію на IPv6 шляхом забезпечення безперешкодного доступу до Інтернету для користувачів, що працюють з зеленим IPv6, до інтернет-послуг IPv4;
- існуючі постачальники контенту і контент-провайдери можуть прозоро надавати послуги інтернет-користувачам IPv6, використовуючи технологію перекладу, практично без змін в наявній мережевій інфраструктурі, тим самим зберігаючи безперервність бізнесу IPv4.

IPv4 Only Network

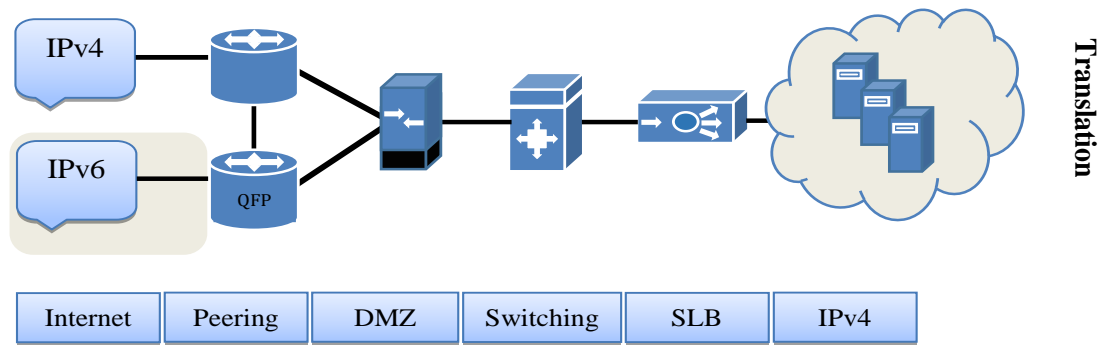
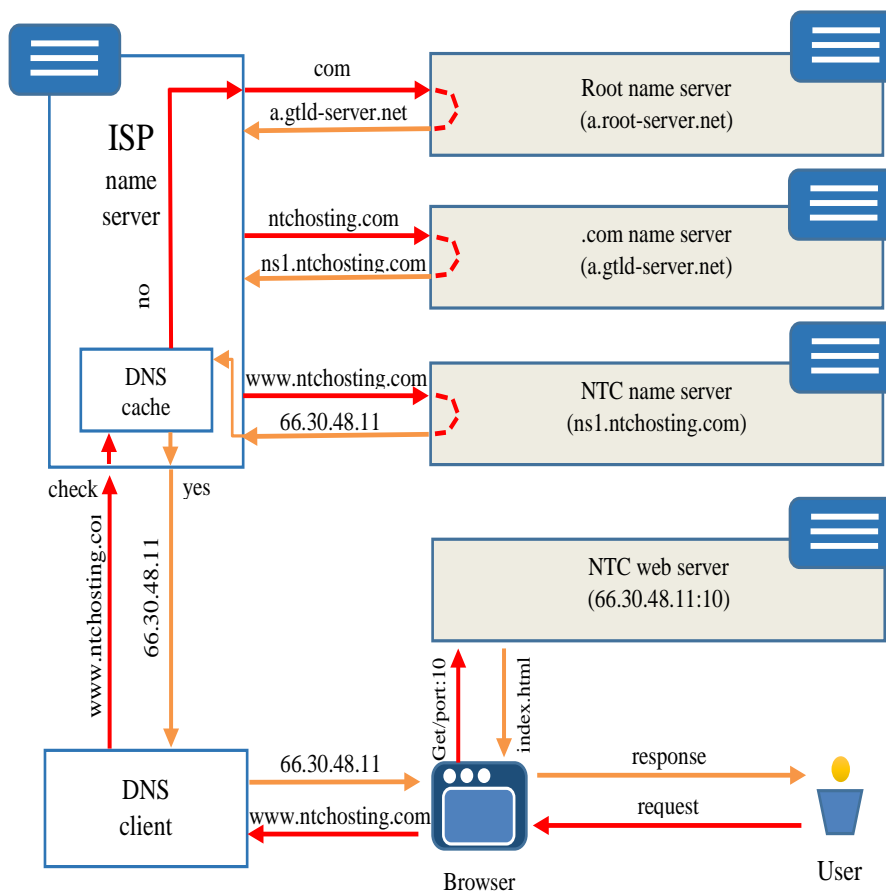


Рис. 8. Метод переходу «транслявання»

Конкретні протоколи, такі як протокол передачі файлів (FTP) і протокол ініціації сеансу (SIP), які вставляють інформацію про IP-адреси в корисне навантаження, вимагають підтримки шлюзу прикладного рівня (ALG) для перекладу.

Зіставлення доменних імен і IP-адрес протокол DNS (Domain Name System)

Протокол виконується зіставленням доменних імен (таких як google.com, facebook.com, vntu.edu.ua), з IP-адресами, це зручніше і швидше ніж запам'ятовувати IP адресу [10]—[13]. Тому для того, щоб користувачам було зручніше використовувати Інтернет, і використовуються доменні мережеві імена. Звертання відбувається таким чином: браузер звертається до DNS-сервера деякого провайдера, DNS-сервер здійснює перетворення, спочатку перетворює доменну



зону верхнього рівня (наприклад в google.com це буде просто com), потім звертається до DNS-сервера, відповідального за цю зону, для перетворення доменного імені Google. Після того як сервер провайдера виконав таке перетворення, його відповідь записується в кеш провайдера для того, щоб скоротити час очікування відповіді для інших користувачів, і сама відповідь повертається безпосередньо до запитувача [11], [5].

DNS-сервери можуть повертати IP-адресу (IPv4, IPv6), відповідний сертифікат з доменної зони, повертати адресу поштового сервера, DNS-сервера для конкретної зони та інші параметри. Принцип функціонування DNS показано на рис. 9 [11], [2].

Рис. 9. Зіставлення доменних імен, DNS

Висновки

Проведено порівняння протоколів IPv4 і IPv6 за великої інтенсивності трафіку і за низької. Дослідження показали, що протокол IPv4 працює краще за малого потоку трафіку, що можна реалізувати в ізольованих мережах Wi-Fi (стандарти IEEE802.11), однак за великої інтенсивності, IPv6 показав себе краще, ніж протокол IPv4. Тому можливий варіант паралельного застосування різних версій протоколу для різних за масштабом інфокомунікаційних мереж.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] П. О. Кравченко, *Блокчейн и децентрализованные системы. Online-курс по Blockchain*. Харків, Україна, 2018.
- [2] *Сравнение протоколов IPv4 и IPv6 IBM Knowledge Center* [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/ru/ssw_ibm_i_73/rzai2/rzai2compipv4ip6.htm.
- [3] *Технология NAT64: соединение сетей IPv6 и IPv4* [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/ios-nx-os-software/enterprise-ipv6-solution/white_paper_c11-676278.html.
- [4] *Стандарт беспроводной локальной сети (WLAN) IEEE802.11* [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.ntt-review.jp/archive/ntttechnical.php?contents=ntr201207fa1.html>.
- [5] *International Journal of Engineering, Applied and Management Sciences Paradigms*, vol. 23, issue 01, Publishing Month: April 2015 An Indexed and Referred Journal ISSN (Online): 2320-6608 www.ijeam.com Mohamed Karamalla Hashim Fadelseed1 and Dr. Amin Babiker A/Nabi Mustafa.
- [6] Sebastian Ziegler, et al., "IoT6 – Moving to an IPv6-Based Future IoT IPv6." Future online build, 2013.
- [7] В. Белов, та Д. Ильчук, «Аналіз застосування методів графічної та радіочастотної ідентифікації в мережах IEEE802.11.» *НПВНТУ*, № 4, бер. 2018. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/524>.
- [8] В. С. Белов, та А. С. Белов, «Аналіз спектру в діапазоні НВЧ на основі квадратурної обробки елементарних складових.» *Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах*, № 1, с. 83-87, 2014.
- [9] В. С. Белов, та А. С. Белов, «Декодер складових комплексного каналу з ортогональним частотним розділенням несучих.» *Східно-європейський журнал передових технологій: фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- і мікроелектроніки*, т. 6, № 12 (66), с. 11-14, 2013. ISSN: 1729-4061.
- [10] В. С. Белов, та А. С. Белов, «Реалізація апаратного декодера мультимплексованих сигналів з ортогональним частотним поділенням.» *Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах*, № 3, с. 129-133, 2012.
- [11] *The DNS Protocol* [Electronic resource]. Accessed: <http://www.firewall.cx/networking-topics/protocols/domain-name-system-dns/158-protocols-dns.html>.
- [12] *The American Registry for Internet Numbers (ARIN): IPv4 and IPv6* [Electronic resource]. Accessed: https://www.arin.net/knowledge/ipv4_ipv6.pdf.
- [13] *IP Addressing Guide Cisco* [Electronic resource]. Accessed: https://www.cisco.com/c/dam/en/us/solutions/collateral/enterprise/design-zone-smart-business-architecture/sba_ipAddr_dg.pdf.
- [14] W. Stallings. "IPv6: the new Internet protocol," *IEEE Communications Magazine*, vol. 34, issue 7, pp. 96-108, Jul 1996.
- [15] *What is WiFi: IEEE 802.11* [Electronic resource]. Accessed: <https://www.electronics-notes.com/articles/connectivity/wifi-ieee-802-11/what-is-wifi.php>.
- [16] Karl A. Siil, *IPv6 Mandates: Choosing a Transition Strategy, Preparing Transition Plans, and Executing the Migration of a Network to IPv6*. Wiley, first edition, March. 2008.

Рекомендована кафедрою телекомунікаційних систем та телебачення ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 20.12.2018

Левкін Артем В'ячеславович — студент факультету інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, e-mail: artm.levksn@ukr.net ;

Белов Володимир Сергійович — асистент кафедри телекомунікаційних систем та телебачення, e-mail: belov@vntu.edu.ua .

Вінницький національно технічний університет, Вінниця

A. V. Levkin¹
V. S. Bielov¹

Estimation Channel Bandwidth Rating IEEE802.11 by Using IPv4 and IPv6 Protocols

¹Vinnytsia National Technical University

Transmission of data through wireless communication channels is carried out by the TCP / IP protocol stack. This stack of protocols should be hardware-independent, that is, applied regardless of which operating systems it operates, which communication channels are used. It provides universality to data transfer systems, however, it can negatively affect the operation of transmission channels, in particular wireless networks that have a limited data rate. Increasing redundancy in the formation of data packets may reduce the bandwidth of the channel and, accordingly, the speed of the channel. For

wireless communication channels, IEEE802.11 standards achieve high speeds through the use of MIMO spatial multiplexing technology and channel bandwidth expansion through the use of 2.4 GHz and 5 GHz bands, which also use packet data and various types of IP addressing. Systems with different types of IP addressing can use Dynamic Host Configuration (DHCP) protocols, which allow to automatically receiving the required parameters for network operation. According to protocol specification, IP addressing will affect the dimension of packets and the order of its formation.

Estimating the performance of using protocols of various versions is possible with the help of maximum and average values of delta, maximum and average jitter (as variation of delay), packet delays, and bandwidth.

The analysis of possible options for improving network parameters, when applying a certain network architecture, including a two-stacked network, is a transition technology in which IPv4 and IPv6 work in tandem with a general or dedicated link; tunneling to create an overlay network that tunnels one protocol by another, encapsulating IPv6 packets in IPv4 packets and IPv4 packets in IPv6 packets; Broadcasts that facilitate the exchange of data between hosts and networks only for IPv6 and only for IPv4 by executing an IP header and converting addresses between two groups of addresses, domain name mapping, and IP addresses of the DNS protocol.

The purpose of this article is to study changes in the characteristics of the information parameter of the wireless communication channel IEEE802.11 standards when using IPv4 and IPv6 protocols of different types.

Keywords: stack, protocol, TCP, IP, network, packet transfer, IEEE802.11, wireless network.

Levkin Artem V. — Student of the Department of Infocommunications, Radioelectronics and Nanosystems, e-mail: artm.levksn@ukr.net ;

Bielov Volodymyr S. — Assistant of the Chair of Telecommunication Systems and Television, e-mail: belov@vntu.edu.ua

А. В. Левкин¹
В. С. Белов¹

Оценка пропускной способности беспроводного канала стандартов IEEE802.11 при использовании протоколов IPv4 и IPv6

¹Вінницький національний технічний університет

Передача данных по беспроводным каналам связи осуществляется стеком протоколов TCP/IP. Этот стек протоколов должен быть аппаратно независимым, то есть применимым в независимости от того, какие операционные системы на нем работают, какие используются каналы связи. Это делает универсальной систему передачи данных, однако может негативно отразиться на работе каналов передачи, в частности беспроводных каналов, имеют ограниченную скорость передачи данных. Увеличение избыточности при формировании пакетов передачи данных может снизить пропускную способность канала и соответственно скорость канала. Для беспроводных каналов связи, стандарты IEEE802.11 достигают высоких скоростей благодаря использованию технологии пространственного мультиплексирования MIMO и расширению полосы пропускания канала за счет использования диапазонов 2,4 ГГц и 5 ГГц, которые также используют пакетную передачу данных и различные типы IP адресации. Системы с различными типами IP адресации могут применять протоколы динамической конфигурации хоста (DHCP), что позволяет автоматически получать необходимые параметры для работы в сети. Согласно спецификациям протоколов IP-адресация влияет на размерность пакетов и на порядок ее формирования.

Оценка продуктивности использования протоколов различных версий возможна с помощью максимальных и средних значений дельта, максимальным и средним джитером (как вариацией задержки), задержкой пакетов и пропускной способностью.

Проведен анализ возможных вариантов улучшения параметров сети, при применении определенной сетевой архитектуры, в частности сети с двумя стеками, технологии перехода, в которой IPv4 и IPv6 работают в тандеме с общим или выделенным направлением; туннелирования для создания оверлейной сети, туннелирует один протокол за другим, инкапсулирующий пакеты IPv6 в пакеты IPv4 и пакеты IPv4 в пакеты IPv6; трансляции, что облегчает обмен данными между хостами и сетями только для IPv6 и только для IPv4 путем выполнения IP-заголовков и преобразования адресов между двумя группами адресов, сопоставление доменных имен и IP-адресов протокола DNS.

Целью статьи является исследование изменения характеристик информационного параметра беспроводного канала связи стандартов IEEE802.11 при использовании различного типа IP адресации протоколов IPv4 и IPv6.

Ключевые слова: стек, протокол, TCP, IP, сеть, передача пакетов, IEEE802.11, беспроводная сеть.

Левкин Артем Вячеславович — студент факультета инфокоммуникаций, радиоэлектроники и наносистем, e-mail: artm.levksn@ukr.net ;

Белов Владимир Сергеевич — ассистент кафедры телекоммуникационных систем и телевидения, e-mail: belov@vntu.edu.ua