УДК 621.391

АНАЛІЗ СПОСОБІВ ВЗАЄМОДІЇ ЕХ-МЕРЕЖ З МЕРЕЖАМИ ПЕРЕДАВАННЯ ДАНИХ ЗАГАЛЬНОГО КОРИСТУВАННЯ

Гуляєв К.Д.

Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України,
03186, Україна, м. Київ, 186, вул. Чоколівський бульвар, 13.
kirill@gulyayev.com.ua

АНАЛИЗ СПОСОБОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЕХ-СЕТЕЙ С СЕТЯМИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

Гуляев К.Д.

Институт телекоммуникаций и глобального информационного пространства НАН Украины,
03186, Украина, м. Киев, 186, ул. Чоколовский бульвар, 13.
kirill@gulyayev.com.ua

ANALYSIS OF EX-NETWORKS AND PUBLIC DATA NETWORKS INTERACTION

Gulyayev K.D.

Institute of Telecommunications and Global Information Space of NAS Ukraine,
13 Chokolovsky Blvd., Kyiv, Ukraine, .03186
kirill@gulyayev.com.ua

Анотація. Проведено аналіз основних способів забезпечення спільної роботи телекомунікаційної технології ЕХ з мережами передавання даних загального користування. Розглянуто принципи використання механізму трансляції протоколів стека ЕХ в IPv4 і IPv6 та навпаки, місце транслятора ЕХ-IP у мережі, загальний алгоритм, правила та методи перетворення ЕХ-фрейма в IP-пакет та IP-пакета в ЕХ-фрейм, процес аналізу ЕХ-фрейма та формування IP-пакета четвертої та шостої версій. Надано та розглянуто приклади архітектурних моделей механізму перетворення адрес, ключові особливості їх використання в мережі. Визначено доцільність застосування тієї або іншої архітектурної моделі на основі моделювання процесів трансляції мережних адрес. Подано часову діаграму роботи централізованої та децентралізованої схем трансляції мережних адрес.

Ключові слова*:* технологія ЕХ, глобальна інформаційна інфраструктура, трансляція протоколів, архітектурна модель, службові заголовки, TCP/IP.

Аннотация. Проведён анализ основных способов обеспечения совместной работы телекоммуникационной технологии ЕХ с сетями передачи данных общего пользования. Рассмотрены принципы использования механизма трансляции протоколов стека ЕХ в IPv4 и IPv6 и на оборот, место транслятора ЕХ-IP в сети, общий алгоритм, правила и методы преобразования ЕХ-фрейма в IP-пакет и IP-пакета в ЕХ-фрейм, процесс анализа ЕХ-фрейма и формирования IP-пакета четвертой и шестой версий. Приведены и рассмотрены примеры архитектурных моделей механизма преобразования адресов, ключевые особенности их использования в сети. Определена целесообразность применения той или другой архитектурной модели на основе моделирования процессов трансляции сетевых адресов. Представлены временная диаграмма работы централизованной и децентрализованной схем трансляции сетевых адресов.

Ключевые слова*:* технология ЕХ, глобальная информационная инфраструктура, трансляция протоколов, архитектурная модель, служебные заголовки, TCP/IP.

Abstract. The main groups of possible technologies for collaborative communications technology EX and public data networks technologies was analyzed. The principles of using the mechanism of EX protocol translation into IPv4 and IPv6 and vice versa, place of EX-IP translator in the network, the general algorithm, rules and methods of translation EX-frames into IP-packets and IP-packets into EX-frames, process of analysis of the EX-frames and the formation of IP-packets fourth and sixth versions are considered. Presented and discussed examples of architectural models of the addresses transformation mechanism, the key features of their use into the network. Determine the appropriateness of using of a

particular architectural model based on NAT modeling process. Timing diagram of centralized and decentralized NAT schemes are reviewed.

Key words: EX technology, the global information infrastructure, protocols translation, architectural model, service headers, TCP/IP.

Завдяки багаторічному розвитку телекомунікаційних технологій сучасна інформаційна інфраструктура базується, насамперед, на використанні мережі Інтернет, яка являє собою сукупність різнорідних мереж поєднаних маршрутизаторами. Важливим недоліком існуючої світової телекомунікаційної інфраструктури є необхідність транспортування одночасно із корисною інформацією значної кількості службового трафіка, який використовується, передусім, саме для подолання проблеми узгодження різнорідних технологій між собою.

Останнім часом беззаперечним лідером мережних технологій стала технологія інкапсуляції IP-пакетів у фрейми Ethernet (IPoverEthernet). Необхідно відзначити, що дана технологія є цілком виправданим рішенням для використання в гетерогенних мережах. Проте деякі дослідники відзначають її неефективність при використанні в однорідних мережах, насамперед, через невиправдану надлишковість при передаванні службової інформації та невирішеність проблем адресації вузлів у мережах різного масштабу [1…3]. З метою подолання зазначених недоліків вченими розробляються нові телекомунікаційні технології, однією з яких стала технологія EX, в основу якої покладено принцип використання службових заголовків змінного розміру, в яких для адресації вузлів відведено змінну кількість байт.

На попередніх етапах дослідження [4…7] було сформовано базові принципи практичної реалізації цієї технології, розроблено методику оцінки ефективності її застосування для різних випадків, розроблено специфікацію алгоритмів її роботи та характеристики протоколів зв’язку, а також створено перші дослідні зразки програмного забезпечення, що реалізують основу для подальшого розвитку технології. Проведені дослідження показали доцільність використання цієї технології відразу в декількох сегментах ринку: від сховищ даних типового датацентру до комутаційного ядра мережі крупного оператора.

Очевидно, що комерційне впровадження пропонованого інноваційного продукту можливе лише при створенні сприятливих умов його функціонування в межах існуючої глобальної інформаційної інфраструктури. Найбільш важливим елементом цих умов є забезпечення спільної роботи мереж, що побудовані із використанням інноваційної технології, та мереж передавання даних, що складають сьогодні основу мереж загального користування.

Метою статті є визначення концептуальних принципів спільної роботи мереж, що використовують EX-адресацію із мережами IPv4 та IPv6, а також правил та методів трансляції та перетворення мережних адрес в обох напрямках (EX до IP та навпаки).

Концептуальні принципи спільної роботи мереж, що використовують EX-адресацію із мережами IPv4 та IPv6. Основною складністю організації взаємодії мереж, які працюють за різними стеками протоколів, є наявність у кожного мережного протоколу власного формату адреси. Крім відмінностей у системі адресації, в кожному мережному протоколі є багато інших специфічних особливостей, які можуть втілюватись у розходженні як кількісних параметрів (наприклад, для різних протоколів можуть бути визначені різні величини тайм-аутів, максимальних розмірів блоків даних тощо), так і у структурі блоків даних. Протоколи можуть відрізнятися і функційними можливостями, наприклад, одні з них реалізовані з установленням з'єднань, а інші – без установлення з'єднань, в одних – передбачена можливість фрагментації, в інших – ні. Всі ці специфічні особливості роблять завдання забезпечення спільної роботи телекомунікаційних мереж нетривіальним.

Аналітичний огляд можливих технологій забезпечення спільної роботи телекомунікаційних мереж [8…12], побудованих з використанням різних стеків протоколів, дозволяє виділити три основні групи: подвійний стек, механізми тунелювання та інкапсуляції, трансляція протоколів.

Очевидно, що вибір конкретного методу забезпечення взаємодії мереж напряму залежить від способу їх об'єднання. Загалом (для EX-мереж) можна виділити три базових варіанти об'єднання мереж: «EX---IP», «EX---IP---EX», «IP---EX---IP». Тоді, за необхідності забезпечення простої взаємодії вузлів мережі EX з IP-мережею, можна використати як метод подвійного стека, так і механізм трансляції протоколів. Для організації зв'язку між EX-мережами через мережу IP (або навпаки) доцільним є вибір технології тунелювання або трансляції протоколів. У табл. 1 надано передбачувані методи забезпечення спільної роботи мереж у залежності від варіантів їх поєднання.

Таблиця 1 – Методи забезпечення спільної роботи EX та IP-мереж

Спосіб об'єднання мереж	**Рекомендована технологія взаємодії**
EX---IP	Подвійний стек, трансляція протоколів
EX---IP---EX	Тунелювання, трансляція протоколів
IP---EX---IP	Тунелювання, трансляція протоколів

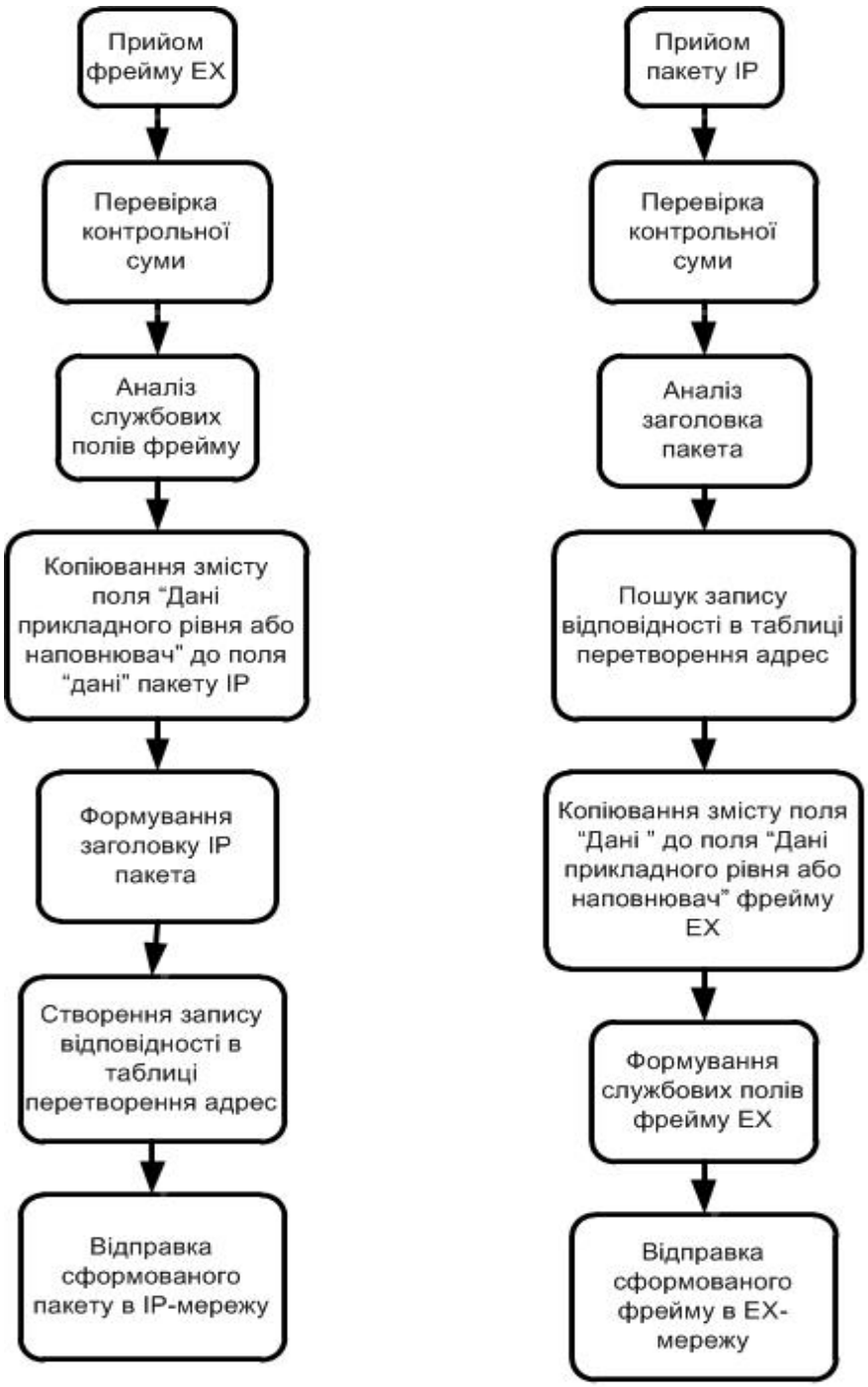
Розглянемо принципи використання механізму трансляції протоколів як спільної технології взаємодії мереж незалежно від способу об'єднання, що використовується для забезпечення сумісності між адресами різних форматів.

Розроблюваний для потреб забезпечення взаємодії EX-мереж з мережами IP механізм трансляції (назвемо його транслятор EX-IP) працює на мережному рівні семирівневої моделі OSI та виконує перетворення заголовків блоків даних EX і IP (через спеціальний транслятор), не змінюючи при цьому заголовки протоколів вищих рівнів. Механізм протокольної трансляції передбачає, що транслятор знаходиться на межі двох мереж, і весь трафік, що підлягає трансляції, проходить крізь нього. Транслятор має кілька інтерфейсів EX та один інтерфейс IP (версії 4 або 6), на якому може бути налаштовано кілька адрес (так званий «пул адрес»). При відправці EX-вузлом блока даних (EX-фрейма) транслятор перетворює отриманий фрейм у блок даних формату IP (IP-пакет) відповідної версії, змінює адресу одержувача на одну з доступних у пулі адрес та пересилає сформований пакет у зовнішню мережу. Загальні алгоритми перетворення EX-фрейма в IP-пакет і навпаки показано на рис. 1.

При прийманні транслятором фрейма EX від вузла А ним здійснюється перевірка контрольної суми, у разі невідповідності суми фрейм відкидається, в іншому випадку транслятор переходить до аналізу службових заголовків фрейма. Аналіз службових заголовків включає установлення довжини адреси одержувача, установлення наявності та значень таких заголовків, як установлена якість обслуговування фрейма, ідентифікатор (ID) протоколу вищого рівня, номерів портів відправника/одержувача, час життя фрейма. Наступним кроком алгоритму є копіювання змісту поля «Дані прикладного рівня або заповнювач» до поля «Дані» IP-пакета. Далі, згідно з алгоритмом, транслятор формує заголовок IP-пакета. Останнім кроком перед відправкою сформованого пакета в мережу є пошук в таблиці перетворення адрес запису відповідності по EX-адресі відправника прийнятого фрейма. У разі наявності такого запису він поновлюється шляхом зміни значення таймера, у разі відсутності запису, створюється новий, після чого сформований IP- пакет відправляється через інтерфейс в IP мережу.

При прийманні транслятором IP-пакета від вузла Б ним здійснюється процедура зворотного перетворення. Як і в попередньому випадку, першим кроком алгоритму є перевірка контрольної суми, у разі невідповідності якої пакет ігнорується, в іншому випадку транслятор переходить до аналізу заголовка пакета.

Наступним кроком алгоритму (рис. 1) є пошук запису відповідності в таблиці перетворення адрес за адресою одержувача, у разі відсутності такого запису пакет ігнорується, в іншому випадку транслятор переходить до формування EX-фрейма, першим етапом якого є копіювання змісту поля «Дані» IP-пакета до поля «Дані прикладного рівня або заповнювач» EX-фрейма. Далі, згідно з алгоритмом, транслятор формує службові заголовки EX-фрейма, після чого сформований фрейм відправляється через відповідний інтерфейс в EX мережу.



а) *б*)

Рисунок 1 – Алгоритм перетворення EX-фрейма в IP-пакет (*а*) та IP-пакета в EX-фрейм (*б*)

Правила і методи трансляції та перетворення мережних адрес в обох напрямках (EX до IP і навпаки). Перетворення мережних адрес EX до IP і навпаки відбуваються за аналогічними правилами та методами трансляції і перетворення та багато в чому схожі, тому в межах даної статті розглядаються правила одностороннього перетворення адрес – EX до IP.

При ініціюванні сеансу зв'язку між вузлами двох мереж передбачається, що вузол-ініціатор отримує інформацію щодо адреси віддаленого вузла за допомогою DNS-сервісу. Зважаючи на формат EX-фрейма (змінна довжина полів відправника та одержувача) стає можливим в поле одержувача відразу вставити IP-адресу без додаткових маніпуляцій з нею. Таким чином, сформований до відправки EX-фрейм матиме у полі адреси відправника власну EX-адресу (довільного розміру), а у полі одержувача – IP-адресу віддаленого вузла. До основних задач транслятора при передавані блока даних з вузла-відправника до вузла-одержувача відносяться наступні: прийом EX-фрейма з вузла-відправника, аналіз службових полів фрейма, створення запису відповідності EX-адреси відправника прийнятого фрейма до IP-адреси (аналог перетворення «сірої» внутрішньої IP-адреси до глобальної IP-адреси, що може бути використана у мережі Internet за допомогою стандартного механізму NAT), формування IP-пакета з отриманими адресами, прийнятими номерами портів транспортного рівня та даними прикладного рівня, розрахунок контрольних сум, відправлення сформованого пакета у IP-мережу.

Аналіз службових полів EX-фрейма відбувається за наступним алгоритмом (рис. 2). Першим кроком алгоритму є аналіз поля «Розмір адреси та прапорці», в процесі якого визначаються розміри адрес одержувача та відправника за правилами визначеними в [13]. Наступним кроком здійснюється ініціалізація значення лічильника $i = 0$, і здійснюється аналіз поля «Ідентифікатор наявності заголовків», значення бітів якого вказують на наявність полів QoS, номерів портів одержувача та відправника, TTL та їх місце в полі «Службові заголовки». Так, якщо перший біт поля «Ідентифікатор наявності заголовків» дорівнює одиниці, то лічильник збільшується на одиницю, а *i*-й байт поля «Службові заголовки» (в даному випадку перший байт) містить значення QoS EX-фрейма, яке, як і наступні значення змінних, копіюється в буфер з метою подальшого використання при формуванні IP-пакета. В іншому випадку QoS не встановлений та приймається рівним 0. Наступним кроком лічильник *i* збільшується на 1, а *i*-й байт поля "Службові заголовки" містить значення ID протоколу вищого рівня. Наступний біт поля "Ідентифікатор наявності заголовків" містить інформацію про наявність в полі «Службові заголовки» номерів портів TCP/UDP. Якщо даний біт дорівнює 1, то байти з i+1-го по i+2-й поля «Службові заголовки» містять номер порту відправника, а байти з i+3-го по i+4-й – номер порту одержувача, значення яких копіюються в тимчасовий буфер транслятора, а лічильник *i* збільшується на 4, інакше номери портів відсутні. Останній біт поля «Ідентифікатор наявності заголовків» визначає наявність поля TTL: якщо він дорівнює одиниці, то лічильник *i* збільшується на 1, а *i*-й байт поля «Службові заголовки» містить значення TTL, в іншому випадку поле TTL відсутнє.

Формування IPv4-пакета. На основі аналізу прийнятого EX-фрейма (рис. 2) формується стандартний фрагмент відповідного транспортного протоколу, який додається до даних прикладного рівня, після чого сформовані дані копіюються в поле даних пакета IPv4, а його заголовок формується наступним чином: поле Version – 4, Internet Header Length – 5 (відповідає відсутності в пакеті IPv4 додаткових опцій), Type of Service and Precedence – вставляється значення QoS, Total Length – повна довжина IP-пакета разом з даними та заголовком, Identification – 0, Flags – DF дорівнює 1, MF – 0, Fragment Offset – 0, Time to Live – копіюється значення TTL прийнятого EX-фрейма, Protocol – копіюється значення ID протоколу прийнятого EX-фрейма, Header Checksum – розраховується стандартним чином після наповнення всіх полів, Source Address – трансльована IP-адреса вузла A, Destination Address – копіюється з поля одержувача EX-фрейма.

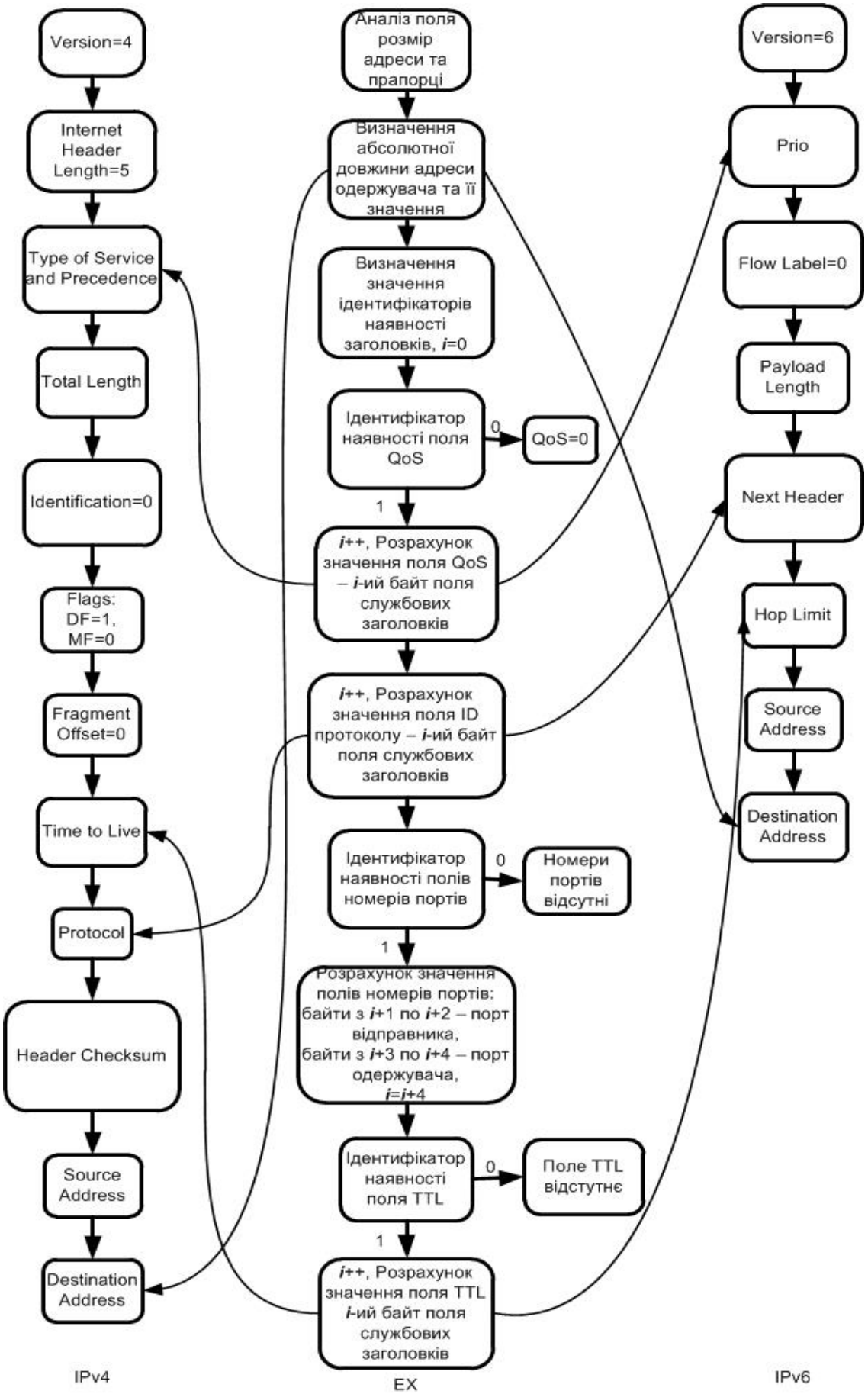


Рисунок 2 – Процес аналізу EX-фрейма та формування IP-пакета

Формування IPv6-пакета. На основі аналізу прийнятого EX-фрейма (рис. 2) формується стандартний фрагмент відповідного транспортного протоколу, який додається до даних прикладного рівня, після чого сформовані дані копіюються в поле даних пакета IPv6, а його заголовок формується наступним чином: поле Version – 6, Prio – вставляється значення QoS, Flow Label – 0 (значення за замовчуванням), Payload Length – повна довжина даних без врахування заголовка, Next Header – поле наступного заголовка (за замовчуванням приймається як аналог поля Protocol IPv4-пакета) – копіюється значення ID протоколу прийнятого EX-фрейма, Hop Limit – аналог поля Time to Live IPv4-пакета – копіюється значення TTL прийнятого EX-фрейма, Source Address – трансльована IP адреса вузла A, Destination Address – розраховується на основі адресних полів одержувача з EX-фрейма наступним чином: перші (старші) 6 байт IP-адреси копіюються з поля адреси одержувача, наступні (молодші) 10 байт – з поля доповнення адреси одержувача. Слід зазначити, що через специфіку EX-адресації (змінна довжина адреси складає від 1 до 13 байт) зазначена операція передавання 16-байтної IP-адреси стає можливою лише при використанні зарезервованої раніше комбінації «тип адреси одержувача + відносний розмір адреси одержувача» поля «Розмір адреси та прапорці» EX-фрейма, яка дорівнює «0000».

З *архітектурної точки зору* механізм перетворення адрес може функціонувати за двома схемами – централізованою та децентралізованою. Централізована схема передбачає функціонування в мережі EX єдиного (центрального) транслятора, відповідального за процес коректного двостороннього перетворення адрес при зв'язку пристроїв мережі EX із вузлами IP-мереж. Транслятор при цьому повинен знаходитись на межі об'єднання мереж. Децентралізована схема передбачає функціонування в мережі EX вузлів IP, на кожному з яких функціонує окремий транслятор з власною таблицею перетворення адрес за рахунок чого дані вузли взаємодіють з іншими вузлами мережі.

Ключовим елементом *централізованої системи перетворення адрес* є транслятор мережних адрес. У найпростішому випадку транслятор функціонує у складі комутуючого маршрутизатора EX (КМЕ), який додатково підтримує систему адресації IP четвертої та/або шостої версій, та знаходиться на межі вказаних мереж. Метою трансляції адрес є забезпечення зв'язку між вузлами мереж із заданою функціональністю. Трансляції підлягають мережні адреси та ідентифікатори транспортного рівня (номери портів TCP та UDP). У цьому випадку вузли мережі EX можуть отримати одночасний доступ до вузлів IP-мереж з використанням однієї (або більше) IP-адреси та динамічного відображення пар «EX-адреса – локальний номер порту» у пари «IP-адреса – призначений номер порту». Для забезпечення доступу до вузлів EX мережі із зовні використовується статичне відображення вузла EX на кожен номер порту для використовуваної зовнішньої адреси.

До основних переваг централізованої системи перетворення адрес необхідно віднести можливість забезпечення значної кількості одночасних сесій на одну зовнішню адресу транслятора (поле номера порту займає 2 байти, що дозволяє вести до 65536 одночасних унікальних сесій), відносну легкість адміністрування таблиці перетворення адрес при веденні статичних записів відповідності, цілком прозоре транспортування навантаження тощо. Проте вказані переваги супроводжуються і низкою недоліків: обладнання, на якому установлений транслятор, повинне мати достатню обчислювальну потужність, КМЕ з установленим на ньому транслятором повинен підтримувати системи IPv4- та IPv6-адресацій, у разі виходу КМЕ із ладу зв'язок EX-мережі із IP-мережами унеможливлюється.

Ключовою особливістю *децентралізованої системи перетворення адрес* є наявність в мережі EX декількох вузлів IP, у складі кожного з яких працює транслятор. Транслятор має внутрішню IP-адресу, зовнішню EX-адресу та власну таблицю перетворення адрес. Процес перетворення адреси транслятором у децентралізованій системі перетворення адрес простіший та більш швидкий ніж процес перетворення адреси транслятором у централізованій системі перетворення адрес за рахунок того, що немає необхідності у

відображенні номерів портів транспортного рівня. Відповідно, процедура роботи транслятора змінюється: з неї виключаються кроки, пов'язані з трансляцією номерів портів. Відмінності децентралізованої системи від централізованої полягають у кількості трансляторів у мережі (на кожному IP-вузлі встановлюється транслятор), розмірі таблиць перетворення адрес, часі пошуку запису відповідності у таблиці перетворення адрес кожним з трансляторів, складності керування, моніторингу та поновлення програмного забезпечення на трансляторах тощо.

Перевагами децентралізованої системи перетворення адрес є зменшення часу оброблення блоків даних транслятором, зменшення розміру таблиць перетворення адрес (що веде до ще більшого збільшення швидкості оброблення пакетів), спрощення процедури трансляції, прозоре транспортування навантаження. Проте вказані переваги супроводжуються і низкою недоліків: на кожному IP-вузлі необхідно установити транслятор, кожний транслятор необхідно конфігурувати окремо, що призводить до збільшення складності в адмініструванні, подорожчання системи загалом та збільшення складності інсталяції й обслуговування мережі.

Поверхневий аналіз переваг і недоліків обох зазначених систем перетворення адрес не дозволяє зробити одностайний висновок про доцільність застосування тієї або іншої моделі.

На рис. 3 показано часову діаграму роботи централізованої (*а*) та децентралізованої (*б*) архітектури. Будемо вважати, що в обох випадках трансляція здійснюється за однаковими принципами та підходами. Як видно з часової діаграми у випадку централізованої архітектури час оброблення блоків даних на вузлах мережі (перетворення адрес, комутація тощо) визначається єдиною складовою – часом комутації блока даних на комутуючому маршрутизаторі ($t_{\text{центр}}$), а у випадку децентралізованої архітектури цей час складається з двох елементів: часу трансляції мережної адреси безпосередньо на вузлі А ($t^1{}_{децентр}$) та часу комутації на комутуючому маршрутизаторі без урахування процесу трансляції мережної адреси ($t^2{}_{\text{децентр}}$). Для спрощення будемо вважати, що всі інші складові часу проходження блоків даних між вузлом А та вузлом Б є ідентичними для обох варіантів і можуть не враховуватись для їх порівняння.

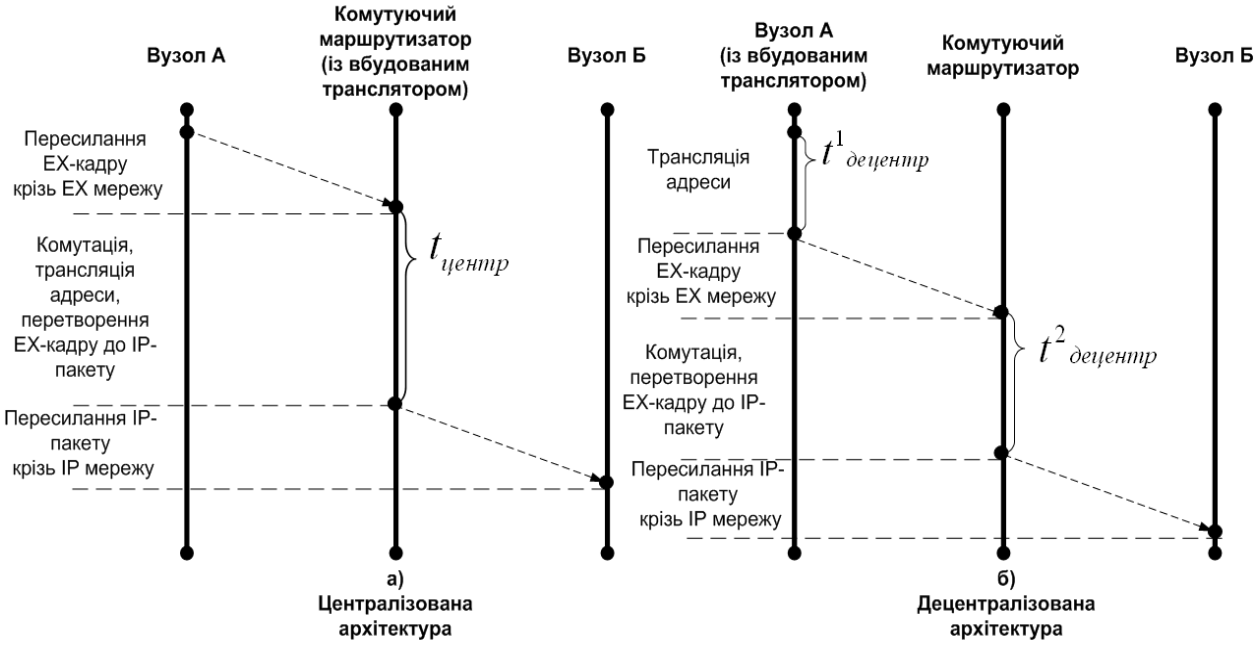


Рисунок 3 – Часова діаграма роботи централізованої та децентралізованої трансляції мережних адрес

Очевидно, що основною умовою, за якої використання централізованої архітектури є більш доцільною ніж децентралізованої (з точки зору мінімізації часу доставляння блоків даних) є виконання наступного виразу: $t_{\text{центр}} < t^1_{\text{децентр}} + t^2_{\text{децентр}}$, де $t_{\text{центр}}$ (за інших однакових умов) складається з часу комутації та перетворення блока даних (який в обох випадках дорівнює $t^2_{\text{децентр}}$) та часу трансляції адреси ($t_{\text{транс}}$). Таким чином умова доцільності використання централізованої архітектури вироджується в $t_{\text{транс}} < t^1_{\text{децентр}}$. Якщо подати процес трансляції мережної адреси через процес оброблення заявок у СМО типу *M*/*M*/1:*X* (за класифікацією Кендала [14], де *X* – загальна кількість місць обслуговування та очікування у системі), зазначену умову можна подати у вигляді $\frac{\overline{N}_{\text{д}}}{\lambda} > \frac{\overline{N}_{\text{ц}}}{M\lambda}$, де $\overline{N}_{\text{д}}$ – середня кількість блоків даних, що проходять процедуру трансляції мережної адреси на вузлі *A* (при децентралізованій архітектурі); $\overline{N}_{\text{ц}}$ – середня кількість блоків даних, що проходять процедуру трансляції мережної адреси на комутуючому маршрутизаторі (при централізованій архітектурі); λ – інтенсивність надходження блоків даних від одного вузла (інтенсивність запитів на трансляцію адреси), *M* – кількість вузлів у мережі, що користуються послугами трансляції при централізованій архітектурі.

Відповідно до [14, 15] середню кількість блоків даних, що проходять процедуру трансляції мережної адреси (за умов однакової кількість місць обслуговування та очікування у системі на кінцевих вузлах та централізованому трансляторі), можна визначити, як:

$$\overline{N}_{\text{д}} = \frac{\rho_{\text{д}}}{1-\rho_{\text{д}}} - \frac{(X+1)\rho_{\text{д}}^{X+1}}{1-\rho_{\text{д}}^{X+1}};\ \overline{N}_{\text{ц}} = \frac{\rho_{\text{ц}}}{1-\rho_{\text{ц}}} - \frac{(X+1)\rho_{\text{ц}}^{X+1}}{1-\rho_{\text{ц}}^{X+1}}, \tag{1}$$

де $\rho_{\text{д}}$ та $\rho_{\text{ц}}$ – коефіцієнти завантаженості системи для децентралізованої та централізованої архітектури відповідно. При цьому коефіцієнти завантаженості напряму пов’язані із середнім часом трансляції мережної адреси для обох зазначених випадків через вирази:

$$\rho_{\text{д}} = \frac{\lambda}{\mu_{\text{д}}};\ \mu_{\text{д}} = \frac{1}{T_{\text{д}}};\ \rho_{\text{ц}} = \frac{M\lambda}{\mu_{\text{ц}}};\ \mu_{\text{ц}} = \frac{1}{T_{\text{ц}}}, \tag{2}$$

де $T_{\text{д}}$ – середній час трансляції однієї мережної адреси на вузлі при децентралізованій архітектурі; $T_{\text{ц}}$ – середній час трансляції однієї мережної адреси на комутуючому маршрутизаторі в централізованій архітектурі. Зважаючи на попередні міркування, а також на те, що телекомунікаційна мережа, звичайно, нараховує більш ніж один вузол, будемо вважати, що $T_{\text{ц}} < T_{\text{д}}$.

Використовуючи вирази (1) та (2) можна визначити рівень доцільності застосування централізованої архітектури системи трансляції мережних адрес (рис. 4).

На рис. 4 наведено графік залежності різниці між значенням часу трансляції адреси на вузлі (при децентралізованій архітектурі) та значенням часу трансляції адреси на комутуючому маршрутизаторі (при централізованій архітектурі) від інтенсивності надходження блоків даних. При розрахунках кількість місць у черзі (як для комутуючого маршрутизатора, так і для вузла мережі) було прийнято рівним 50, а значення трансляції однієї адреси на вузлі та комутуючому маршрутизаторі становили 1 мкс та 0,1 мкс відповідно.

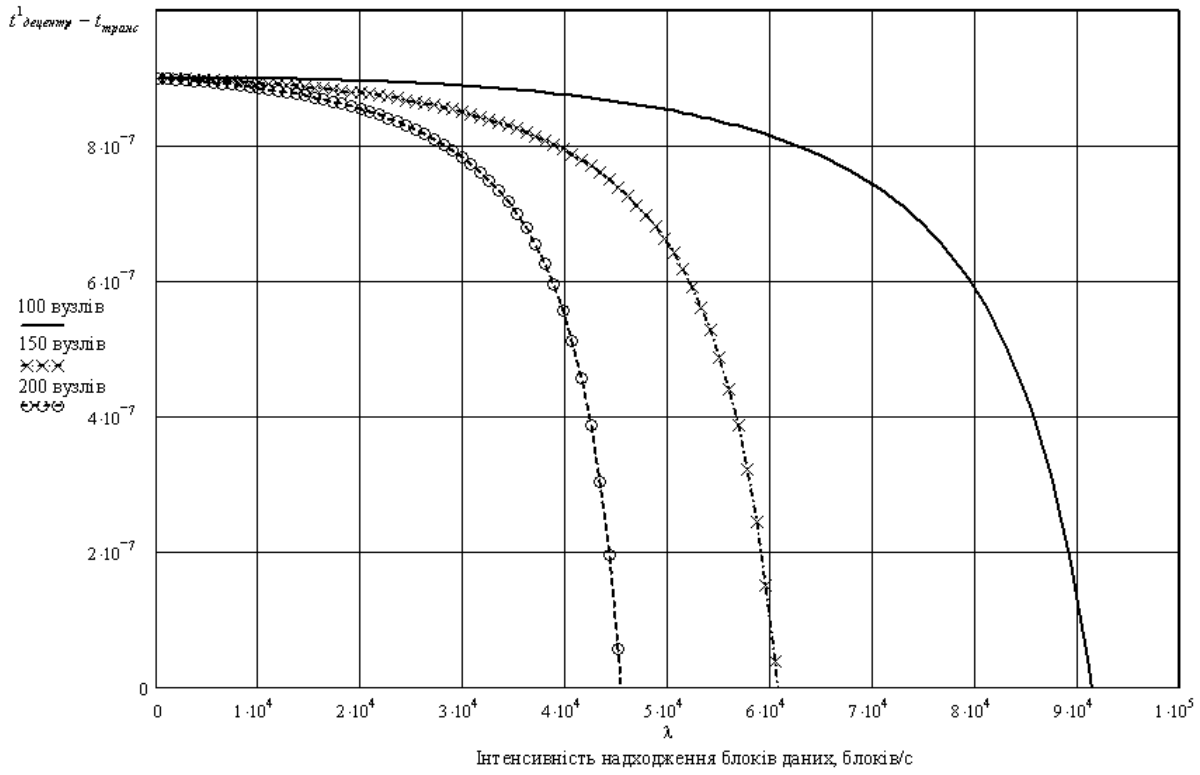


Рисунок 4 – Рівень доцільності застосування централізованої системи трансляції мережних адрес

Як видно з графіка (рис. 4) умова доцільності продовжує виконуватись до певного граничного значення інтенсивності надходження блоків даних. При цьому чим більша кількість вузлів мережі, тим менше граничне значення інтенсивності. Так, наприклад, для мережі, що нараховує 200 вузлів (за зазначених вище умов), використання централізованої системи трансляції адрес є доцільним лише у випадку, якщо інтенсивність надходження блоків даних від одного вузла не перевищує 40 тис. блоків за секунду. При цьому зі зменшенням цієї інтенсивності виграш в обробленні блока даних, а отже і зменшення сукупної затримки, є більш очевидним.

Висновки та результати:

1. Одним з найбільш важливих елементів умов розвитку розроблюваної технології EX в межах існуючої глобальної інформаційної інфраструктури є забезпечення спільної роботи мереж, що побудовані із використанням інноваційної технології, та мереж передавання даних, що складають сьогодні основу мереж загального користування.

2. Аналітичний огляд можливих технологій забезпечення спільної роботи телекомунікаційних мереж, побудованих з використанням різних стеків протоколів, дозволив виділити три основні групи: подвійний стек, механізми тунелювання та інкапсуляції, а також трансляцію протоколів.

3. У статті наведені базові принципи спільної роботи мереж, що використовують EX-адресацію із мережами IP. Розроблений набір правил спільної роботи мереж, що використовують EX-адресацію із мережами IP може бути покладений в основу програмної реалізації відповідних міжмережних шлюзів.

4. Механізм трансляції «EX-IP» працює на мережному рівні семирівневої моделі OSI та виконує перетворення заголовків EX- і IP-пакетів, не змінюючи при цьому заголовки

протоколів вищих рівнів. З архітектурної точки зору цей механізм може функціонувати за двома схемами – централізованою та децентралізованою.

5. Розглянута доцільність використання централізованої архітектури порівняно з децентралізованою.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Воробиенко П.П. Алгоритм динамической адресации объектов телекоммуникационной сети / П.П. Воробиенко, В.И.Тихонов, И.В.Смирнов, У.И.Сопина // Цифрові технології. – 2010. – № 8. – С.11-18.
2. Воробиенко П.П. Всемирная сеть Ethernet? / П.П. Воробиенко, Д.А. Зайцев, О.Л. Нечипорук // Зв'язок. – 2007. – № 5. – С.14-19.
3. ПАТ № 35773. Україна. Спосіб передачі даних в мережі із заміщенням мережного та транспортного рівнів універсальною технологією канального рівня / Воробієнко П.П., Зайцев Д.А., Гуляєв К.Д. Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на винаходи 10.10.2008.
4. Каптур В.А. Базові принципи практичної реалізації систем адресації із змінним розміром мережної адреси в Ethernet мережах / В.А. Каптур, К.Д. Гуляєв, П.С. Кравченко // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2012. – № 1. – С. 51-54.
5. Каптур В.А. Оцінювання ефективності впровадження телекомунікаційних технологій зменшення протокольної надлишковості / В.А. Каптур, К.Д. Гуляєв, П.С. Кравченко, О.О. Яніна // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – 2011. – № 52. – С. 77 – 89.
6. Гуляєв К.Д.Стек протоколів системи адресації із змінним розміром мережної адреси / К.Д. Гуляєв // Наукові праці ОНАЗ ім. О.С. Попова. – 2012. – № 2. – С. 74-76.
7. Гуляєв К.Д. Адаптивний протокол передавання інформації в Ethernet мережах / К.Д. Гуляєв // Наукові праці ОНАЗ ім. О.С. Попова. – 2013. – № 1. − С. 110-113.
8. Олифер Н. А. Сетевые операционные системы. [Електронний ресурс] / Н.А. Олифер, В.Г. Олифер. – Режим доступу: http://citforum.ru/operating_systems/sos/glava_16.shtml.
9. Давлетханов М. Механизмы совместимости IPv4 и IPv6. [Електронний ресурс]. / М. Давлетханов. –Режим доступу: http://hostinfo.ru/articles/386.
10. Орлов С. Один день из жизни IPv6. [Електронний ресурс]. / С. Орлов. – Режим доступу: http://www.osp.ru/telecom/2011/06/13009351.
11. Проблемы IPv6 и пути их решения. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://info.nic.ru/st/14/out_1773.shtml
12. Робачевский А. Из жизни IP адресов. [Електронний ресурс]. / А. Робачевский. – Режим доступу: http://www.ripn.net/articles/IPv6_transition.
13. Розроблення телекомунікаційних технологій побудови мереж наступних поколінь: звіт про НДР (заключ.), том 1: Інститут телекомунікацій та глобального інформаційного простору НАН України; наук. кер. С.О. Довгий; викон.: К.Д. Гуляєв [та ін.]. – Київ, 2011-2013. – 223 с.
14. Крылов, В.В. Теория телетрафика и ее приложения / В. В. Крылов, С. С. Самохвалова. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 288 с.; іл.
15. Бочаров, П.П. Теория массового обслуживания: учебник / П.П. Бочаров, А.В. Печинкин. – М:. Изд-во РУДН, 1995. – 529 с.; іл.

REFERENCES:

1. Vorobiienko, P.P., V.I. Tikhonov, I.V. Smirnov, and U.I. Sopina. "Algorithm for Dynamic Addressing Objects Telecommunications Network." Digital Technologies №8 (2010): 11-18
2. Vorobiienko, P.P., D.A. Zaitsev, and O.L. Nechiporuk. "A Worldwide Network of Ethernet?" Zvyazok [Communication] №5 (2007): 14-19.
3. Vorobiienko, P.P., K.D. Huliaiev, and D.A. Zaitsev. Method for Data Transferring in Network with Substitution of Network and Transport Layers for Universal Technology of Data Link Layer. O.S. Popov Odessa National Academy of Telecommunications, assignee. Patent 35773. 10 Oct. 2008.
4. Kaptur, V.A., K.D. Huliaiev, and P.S. Kravchenko. "Basic Principles of Practical Realization of Atlantic-addressing with Variable Size of Network Addresses to Ethernet Networks." Radioelectronic and Computer Systems №1 (2012): 51-54.

5. Kaptur, V.A., K.D. Huliaiev, and P.S. Kravchenko. "Evaluation of Effectiveness of the Implementation of Telecommunications Technologies Reduce Redundancy Protocol." Open Information and Computer Integrated Technologies [Otkryityie Informatsionnyie I Kompyuternyie Integrirovannyie Tehnologii] №52 (2011): 77-89.
6. Huliaiev, K.D. "Protocol Stack Addressing System with Variable Sized Network Address." Proceedings of the O.S. Popov ONAT №2 (2012): 74-76.
7. Huliaiev, K.D. "The Adaptive Transmission Protocol Information in Ethernet Networks." Proceedings of the O.S. Popov ONAT №1 (2013): 110-13.
8. Olifer, N.A., and V.G. Olifer. Network Operating System. N.p.: n.p., n.d.Problems of Interaction between Operating Systems in Heterogeneous Networks. Web. 18 Feb. 2015. <http://citforum.ru/operating_systems/sos/glava_16.shtml>.
9. Davlethanov, M. "Compatibility Mechanisms IPv4 and IPv6." Compatibility Mechanisms IPv4 and IPv6. N.p., 19 Aug. 2004. Web. 18 Feb. 2015. <http://hostinfo.ru/articles/386>.
10. Orlov, S. "One Day from the Life of IPv6." One Day from the Life of IPv6. Network Solutions Magazine / Telecom [Zhurnal Setevyh Reshenij/Telekom], 2011. Web. 18 Feb. 2015. <http://www.osp.ru/telecom/2011/06/13009351>.
11. Проблемы IPv6 и пути их решения. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://info.nic.ru/st/14/out_1773.shtml
12. Robachevskij, A. "From the Life of IP Addresses." From the Life of IP Addresses. N.p., n.d. Web. 18 Feb. 2015. <http://www.ripn.net/articles/IPv6_transition/>.
13. Dovhyi, S.O., and K.D. Huliaiev. The Development of Telecommunications Technology Building Networks of Future Generations. Tech. Vol. 1. Kyiv: Institute of Telecommunications and Global Information Space of NAS of Ukraine, 2011-2013. NTIS No. 0113U003318.
14. Krylov, V. V., and S.S. Samohvalova. Teletraffic Theory and Its Applications [Teorija teletrafika i ee prilozhenija]. Saint Petersburg: BHV-Peterburg, 2005.
15. Bocharov, P.P., and A.V. Pechinkin. Queuing Theory [Teorija Massovogo Obsluzhivanija]. Moscow: RUDN [People's Friendship University], 2005.