

Оцінювання ефективності впровадження телекомунікаційних технологій зменшення протокольної надлишковості

*Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова,
Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАНУ*

Показано неефективність використання технології IPoverEthernet в замкнених однорангових мережах, що забезпечують роботу ядра низки сучасних інфокомунікаційних послуг. Розроблено методику оцінювання ефективності впровадження телекомунікаційних технологій, що передбачають зменшення протокольної надлишковості, яка базується на оцінюванні заощадження вичерпних ресурсів і збільшення обсягів комерціалізації продуктів роботи телекомунікаційної мережі. Наведено приклад розрахунків із використанням розробленої методики для інфокомунікаційної послуги резервного копіювання інформації в датацентрі.

Ключові слова: оцінювання ефективності, зменшення протокольної надлишковості, змінний розмір мережної адреси, Ethernet.

Сьогодні основною технологією поєднання мереж, побудованих за різними технологіями канального рівня (Ethernet, WiFi, SDH, ATM, FrameRelay тощо), є використання протоколу IP [1]. Можливості, які відкрилися перед людством із запровадженням цієї технології, дозволили зробити великий крок вперед та були покладені в основу появи цілому ряду принципово нових технологій – IP-телефонія, IP-телебачення тощо. Однак необхідність передавати інформацію між вузлами, які знаходяться в мережах, побудованих за різними технологіями канального рівня, привели до необхідності розробити цілу низку допоміжних механізмів і протоколів. Сукупності таких механізмів та протоколів одержали назви, в яких відображено їхню основну сутність – передавання IP-пакетів «поверх» кадрів канального рівня тієї чи іншої технології (IP over Ethernet, IP over WiFi, IP over SDH тощо).

Очевидна зручність використання однієї технології на всіх сегментах мережі призвела до моделі передавання даних, при якій велику кількість разів повторюються одні й ті самі кроки, пов'язані із інкапсуляцією та деінкапсуляцією службової інформації, навіть якщо на всьому тракті передавання (в межах різних сегментів) використовується одна технологія канального рівня. Слід зазначити, що кожен з таких кроків вносить додаткову (часто досить суттєву) затримку в процес передавання інформації, що особливо гостро позначається на передаванні мультимедійної інформації. Крім того, для подолання проблеми узгодження різнорідних технологій між собою, виникає необхідність транспортування одночасно із корисною інформацією великої кількості службового навантаження. Так, наприклад, для транспортування 20 байт корисної інформації при використанні IP-телефонії необхідно додати до них щонайменш 40 байт службової інформації (із заголовками протоколів IP, UDP та RTP) при транспортуванні через всю мережу, а також ще 10-20 байт додатково на кожному сегменті канального рівня. Це, в свою чергу, призводить до зменшення ефективності використання пропускної спроможності каналів зв'язку в декілька разів.

Останнім часом беззаперечним лідером мережних технологій залишається технологія інкапсуляції IP-пакетів в кадри Ethernet (IPoverEthernet). Необхідно зазначити, що це технологія є цілком виправданим рішенням для використання в гетерогенних мережах. Однак постає питання раціональності використання

технології IPoverEthernet в однорідних мережах, що використовуються для забезпечення обміну інформацією в ядрі тієї чи іншої інформаційної системи (наприклад, для резервного копіювання інформації або для організації розподілених обчислень). В умовах однорідної мережі головним недоліком IPoverEthernet стає надлишковість в адресних полях. В IP-пакеті під адресу призначення (Destination IP Address) виділено 32 біти, в кадрі Ethernet (MAC-адреса) – 48 біт, загалом 80 біт, зафіксованих для ідентифікації одного мережного вузла. Очевидно, що навіть для великої корпоративної мережі такого розміру адресної інформації забагато, а зайва надлишковість, як було зазначено раніше, збільшує час обробки та передавання пакетів та, як наслідок, сукупний час транспортування корисного навантаження між вузлами мережі.

Протягом декількох останніх років вчені активно працюють над подоланням проблеми надлишковості службової інформації в сучасних IP-мережах, пропонуючи або зменшити розмір адресної інформації у пакетах, що передаються по мережі [2], або застосовувати методи компресії заголовків [3], або навіть використовувати адреси змінного розміру [4]. Однак, пропонуючи нові технічні рішення, винахідники, як правило, приділяють мало уваги питанню економічного оцінювання доцільності впровадження своїх телекомунікаційних механізмів, обмежуючись при цьому лише поверхневим аналізом залежності обсягів передавання службової інформації від обсягів переданої корисної інформації [5]. Як наслідок, більшість таких винаходів, незважаючи на свою очевидну корисність, залишаються невикористаними в реальних телекомунікаційних мережах, а власники телекомунікаційних мереж продовжують марно витратити ресурси, не маючи відповідного інструменту для оцінювання інвестиційної привабливості використання цих винаходів.

Метою статті є розробка методики економічного оцінювання ефективності впровадження телекомунікаційних технологій, що передбачають зменшення протокольної надлишковості.

Очевидно, що процес мінімізації передавання службової інформації в сучасних телекомунікаційних мережах дозволяє збільшити швидкість передавання корисної інформації та, як наслідок, зменшити час її передавання.

В основі функціонування будь-якої телекомунікаційної мережі присутня безпосередня залежність між часом (або швидкістю) передавання корисної інформації та вичерпними ресурсами, до яких може застосовуватись економічне оцінювання. Чим швидше мережа виконає свою функцію (забезпечить передавання корисної інформації в необхідному обсязі), тим менше вичерпних ресурсів буде спожито. Найбільш яскравим прикладом такого ресурсу є електроенергія, яку споживає мережне обладнання, та вузли, задіяні в процесі передавання інформації. Зменшення часу експлуатації мережного обладнання та вузлів в активному режимі (режимі передавання інформації) часто дозволяє зменшити споживання електроенергії.

У більшості мереж, що експлуатуються з комерційною метою, також присутня залежність між часом (або швидкістю) передавання корисної інформації та обсягом продукту, який може бути комерціалізовано. Чим ефективніше буде використовуватись мережа для передавання корисної інформації, тим більше вільних ресурсів (наприклад, додаткові волокна в ВОЛЗ, частка пропускної спроможності тощо) можуть бути комерціалізовані у вигляді продукту. Слід, однак, зазначити, що в певних випадках такими залежностями можна знехтувати внаслідок наявності вільних ресурсів і слабкої ефективності використання існуючих

телекомунікаційних мереж за умов їх будівництва із необґрунтованим запасом.

На рис. 1 наведено узагальнений алгоритм методики оцінювання ефективності переведення існуючих телекомунікаційних мереж побудованих із використанням технології Ethernet на каналному рівні, що працюють на базі стеку TCP/IP, на використання альтернативного телекомунікаційного механізму, що передбачає застосування зменшеного (порівнянно із існуючим) розміру службових заголовків (насамперед за рахунок мінімізації мережної адреси).



Рис. 1. Узагальнений алгоритм методики

Вихідними даними для роботи алгоритму (рис. 1) є:

- характеристики інформаційної системи що функціонує в телекомунікаційній мережі (інтенсивність запитів створення сесії з передавання інформації в межах інформаційної системи від одного вузла; середній обсяг корисної інформації, що передається в межах однієї сесії від одного вузла; кількість вузлів, що можуть виступати джерелом запитів на передавання інформації в інформаційній системі; кількість вузлів, що виступають одержувачами інформації, із розрахунку на одне джерело тощо);
- загальна кількість вузлів в мережі, для якої проводиться оцінювання та характеристики технології каналного рівня, на базі якої вона побудована (номінальна швидкість передавання інформації; максимальний розмір кадру каналного рівня; розмір службової інформації в кадрі каналного рівня; розмір технологічної паузи між кадрами каналного рівня тощо);
- характеристики протоколів мережного та транспортного рівнів, що використовуються для забезпечення роботи мережі на момент оцінювання, а

також протоколів альтернативного телекомунікаційного механізму, що планується застосовувати для роботи інформаційної системи (насамперед у вигляді розмірів додаткових заголовків на один кадр каналного рівня);

– інформація про обсяг вичерпних ресурсів, що використовуються для забезпечення роботи інформаційної системи та мережі (обсяг електроенергії, що споживається одним вузлом під час прийому/передавання інформації та в період між сесіями; обсяг електроенергії, що споживається активним мережним обладнанням під час прийому/передавання інформації та в період між сесіями; вартість одиниці споживання електроживлення тощо);

– інформація про можливі продукти комерціалізації вільних ресурсів телекомунікаційної мережі та/або інформаційної системи (ринкова вартість однієї години роботи телекомунікаційної мережі та/або інформаційної системи з розрахунку на один вузол; коефіцієнт попиту на послуги інформаційної системи тощо);

– інформація про вартість переходу до альтернативного телекомунікаційного механізму (обсяг капітальних витрат, пов'язаних із придбанням апаратного та/або програмного забезпечення; обсяг капітальних витрат, пов'язаних із впровадженням альтернативного механізму із розрахунку на один вузол мережі; орієнтовний час впровадження альтернативного механізму із розрахунку на один вузол мережі).

Відповідно до рис. 1 першим кроком пропонованої методики є визначення середньої швидкості передавання корисної інформації ($v_{корис}$) з урахуванням службового навантаження транспортного, мережного та каналного рівнів моделі OSI. Для протоколів локальних мереж, які використовують технологію Ethernet, таку швидкість можна визначити за формулою [6]

$$v_{корис} = \lambda_{макс} \cdot (L_{даних} - L_{сис}), \quad (1)$$

де $\lambda_{макс}$ – максимально припустима інтенсивність передавання Ethernet кадрів, кадрів/с [7];

$L_{даних}$ – обсяг поля даних (при форматі кадру IEEE 802.3 може становити від 368 до 12 000 біт), біт;

$L_{сис}$ – обсяг додаткової службової інформації, що передається разом з корисними даними, біт. При цьому $L_{сис} \leq L_{даних}$.

Максимально припустима інтенсивність передавання Ethernet-кадрів заданого обсягу $L_{кадру}$ може бути визначена за формулою

$$\lambda_{макс} = \frac{v_{макс}}{L_{кадру} + v_{макс} \cdot t_p}, \quad (2)$$

де $v_{макс}$ – номінальна швидкість передавання інформації в мережі, біт/с;

t_p – розмір технологічної паузи між кадрами Ethernet, с (для стандартів 10Base-T та 100Base-TX цей розмір становить 9,6 мкс і 0,96 мкс відповідно).

Як видно з формули (1), чим менше співвідношення $\frac{L_{сис}}{L_{даних}}$, тим більше швидкість передавання корисного навантаження. Відомо, що кадр Ethernet складається із службової інформації (має стандартний обсяг 208 біт або 26 байт)

та поля даних розміром $L_{даних}$. Таким чином, запровадивши параметр $L_{сис_загал} = L_{кадру} - L_{даних} + L_{сис}$, формули (1) та (2) можна зобразити у вигляді

$$V_{корис} = V_{факт} - V_{сис} = \frac{V_{макс} \cdot L_{кадру}}{L_{кадру} + V_{макс} \cdot t_p} - \frac{V_{макс} \cdot L_{сис_загал}}{L_{кадру} + V_{макс} \cdot t_p}, \quad (3)$$

де $V_{факт}$ – фактична максимально припустима швидкість передавання інформації в мережі Ethernet, біт/с;

$V_{сис}$ – швидкість передавання службової інформації, біт/с.

Виходячи з формули (3) можна зробити висновок, що швидкість передавання корисного навантаження крім стандартизованих для технології параметрів (номінальна швидкість передавання інформації, розмір технологічної паузи між кадрами, розмір службових заголовків Ethernet кадру) залежить від розміру кадру Ethernet, що використовується для обміну інформацією, а також від розміру додаткової службової інформації, що додається до кадру при використанні того чи іншого стека протоколів.

Неважко визначити, що обсяг додаткової службової інформації впливає також на час передавання інформації та на загальну кількість інформації (в бітах або в кадрах), що фактично передається мережею при використанні додаткових стеків протоколів.

Для визначення загального обсягу інформації $L_{загал}$, що передається мережею, при використанні будь-якого механізму обміну інформацією одержимо таку формулу:

$$L_{загал} = \frac{L_{інформ} \cdot L_{кадру}}{(L_{кадру} - L_{сис_общ})}, \quad (4)$$

де $L_{інформ}$ – обсяг корисної інформації, яку необхідно передавати мережею, що побудована із використанням технології Ethernet, біт.

Використовуючи замість розміру додаткових заголовків мережного та транспортного рівнів моделі OSI значення розміру додаткових заголовків стека протоколів альтернативного мережного механізму, отримаємо вираз для визначення швидкості передавання корисного навантаження ($V_{корис_ex}$) при впровадженні такого механізму:

$$V_{корис_ex} = \frac{V_{макс} \cdot (L_{даних} - L_{загол_ex})}{L_{кадру} + V_{макс} \cdot t_p}, \quad (5)$$

де $L_{загол_ex}$ – розмір додаткових заголовків стека протоколів альтернативного мережного механізму, біт.

При цьому подальші вирази мають сенс лише при виконанні умови $L_{загол_ex} \leq L_{сис_общ} < L_{даних}$.

Для оцінювання різниці у часі роботи інформаційної системи та мережного середовища в активному режимі (прийому/передавання) при переході до альтернативного мережного механізму при транспортуванні навантаження (ΔTex) скористаємось виразом, який впливає з (3) та (5):

$$\Delta Tex = \frac{L_{даних} \cdot (V_{корис_ex} - V_{корис})}{V_{корис_ex} \cdot V_{корис}} \quad (6)$$

Наступним кроком запропонованої методики (див. рис. 1) є оцінювання обсягів заощадження вичерпних ресурсів внаслідок зменшення часу роботи інформаційної системи та мережного середовища в активному режимі (прийому/передавання). Як було зазначено раніше, основним з таких ресурсів є електроенергія. В загальному вигляді обсяг заощадженої за одну сесію передавання даних електроенергії (ΔE) можна визначити за формулою

$$\Delta E = \Delta Tex \cdot (N \cdot (E_{акт} - E_{пас}) + (E_{мереж_акт} - E_{мереж_пас})), \quad (7)$$

де N – кількість вузлів, що задіяні протягом однієї сесії передавання корисної інформації в інформаційній системі та в простішому випадку можуть бути визначені, як мінімальне з двох значень: $N_{джерел} \cdot (1 + N_{одерж})$ або $N_{вузлів}$;

$N_{джерел}$ – кількість вузлів, що можуть виступати джерелом інформації в інформаційній системі;

$N_{одерж}$ – кількість вузлів, що виступають одержувачами інформації, із розрахунку на одне джерело;

$N_{вузлів}$ – загальна кількість вузлів в мережі;

$E_{акт}$ – обсяг електроенергії, що споживається одним вузлом під час прийому/передавання інформації, кВт*год;

$E_{пас}$ – обсяг електроенергії, що споживається одним вузлом у період між сесіями, кВт*год;

$E_{мереж_акт}$ – обсяг електроенергії, що споживається всім активним мережним обладнанням під час прийому/передавання інформації, кВт*год;

$E_{мереж_пас}$ – обсяг електроенергії, що споживається всім активним мережним обладнанням у період між сесіями, кВт*год.

Для визначення річного обсягу заощадження електроенергії скористаємося формулою

$$\Delta E_{річний} = \Delta E \cdot Y_{запит} \cdot C_{секунд} \quad (8)$$

де $Y_{запит}$ – інтенсивність запитів на створення сесії з передавання інформації в межах інформаційної системи від одного джерела, запитів/с;

$C_{секунд}$ – кількість секунд у календарному році (31536000 секунд для року в якому 365 календарних днів), с.

При цьому загальний обсяг коштів, що заощаджується внаслідок переходу до альтернативного мережного механізму при транспортуванні навантаження протягом одного року (за рахунок більш економного споживання електроенергії), може бути визначений як $S_{заощад} = \Delta E_{річний} \cdot S_{електро}$, де $S_{електро}$ - вартість одиниці споживання електроенергії, грн.

Слід зазначити, що вирази (7) та (8) наведено для простішого випадку, коли сегменти інформаційної системи (сукупність вузлів з одного джерела та певної кількості одержувачів інформації) не пересікаються та працюють незалежно (наприклад, в межах окремих віртуальних мереж). Розширення наведених виразів

для більш загального випадку можливе за рахунок введення коефіцієнта кількості одночасних сесій, що оброблюється одним вузлом мережі.

Також очевидно, що наведені вище положення є справедливими лише у разі дотримання співвідношення $\frac{Y_{запит} L_{даних}}{V_{корис}} < 1$. Це пояснюється тим, що

заощадження буде досягатися лише за умов неперекриття запитів між собою (тобто тривалість передавання інформації через мережу має бути меншою, ніж період виникнення нових запитів).

Для оцінювання обсягів комерціалізації ресурсів, що вивільняться внаслідок зменшення часу роботи інформаційної системи та мережного середовища при переході до альтернативного мережного механізму при транспортуванні навантаження протягом року ($S_{ком}$), скористаємося формулою

$$S_{ком} = \frac{N_{джерел} \cdot \Delta Tex \cdot Y_{запит} \cdot C_{секунд} \cdot S_{варт} \cdot K_{попиту}}{C_{год}}, \quad (9)$$

де $S_{варт}$ – ринкова вартість однієї години роботи інформаційної системи з розрахунку на один вузол, грн;

$K_{попиту}$ – коефіцієнт попиту на послуги інформаційної системи (від 0 до 1);

$C_{год}$ – кількість секунд у годині (3600 с).

Оцінювання розмірів капітальних витрат (див. рис. 1), необхідних для переходу до альтернативного мережного механізму при транспортуванні навантаження ($S_{кап}$), враховує обсяг капітальних витрат, пов'язаних із придбанням програмного забезпечення та/або апаратної платформи, обсяг капітальних витрат, пов'язаних із інсталяцією нової технології на всі вузли мережі, а також обсяг витрат, пов'язаних із недоотриманням доходів від комерціалізації ресурсів мережі:

$$S_{кап} = S_{придб} + N_{вузлів} \cdot \left(S_{інст} + \frac{S_{варт} \cdot K_{попиту} \cdot T_{інст}}{C_{год}} \right), \quad (10)$$

де $S_{придб}$ – обсяг капітальних витрат, пов'язаних із придбанням програмного забезпечення та/або апаратної платформи, грн. Цей показник безпосередньо залежить від загальної вартості розробки (включно із попередніми науковими дослідженнями), а також від комерційного попиту на розробку (кількості копій, що можуть бути продані власникам мереж та інформаційних систем);

$S_{інст}$ – обсяг капітальних витрат, пов'язаних із інсталяцією нової технології на один вузол інформаційної системи, грн.; цей показник, насамперед, включає оплату праці фахівців, що здійснюють переведення мережі на альтернативний телекомунікаційний механізм;

$T_{інст}$ – орієнтовний час інсталяції програмного забезпечення з розрахунку на один вузол мережі, с.

В основу результуючої оцінки економічної доцільності переходу до альтернативного механізму при транспортуванні навантаження інформаційної системи було покладено принцип порівняння обсягу капітальних витрат і сум і термінів повернення інвестованого капіталу на основі показника "чистого

грошового потоку", який формується за рахунок чистого прибутку та заощадження вичерпних ресурсів під час експлуатації телекомунікаційної мережі (рис. 2).

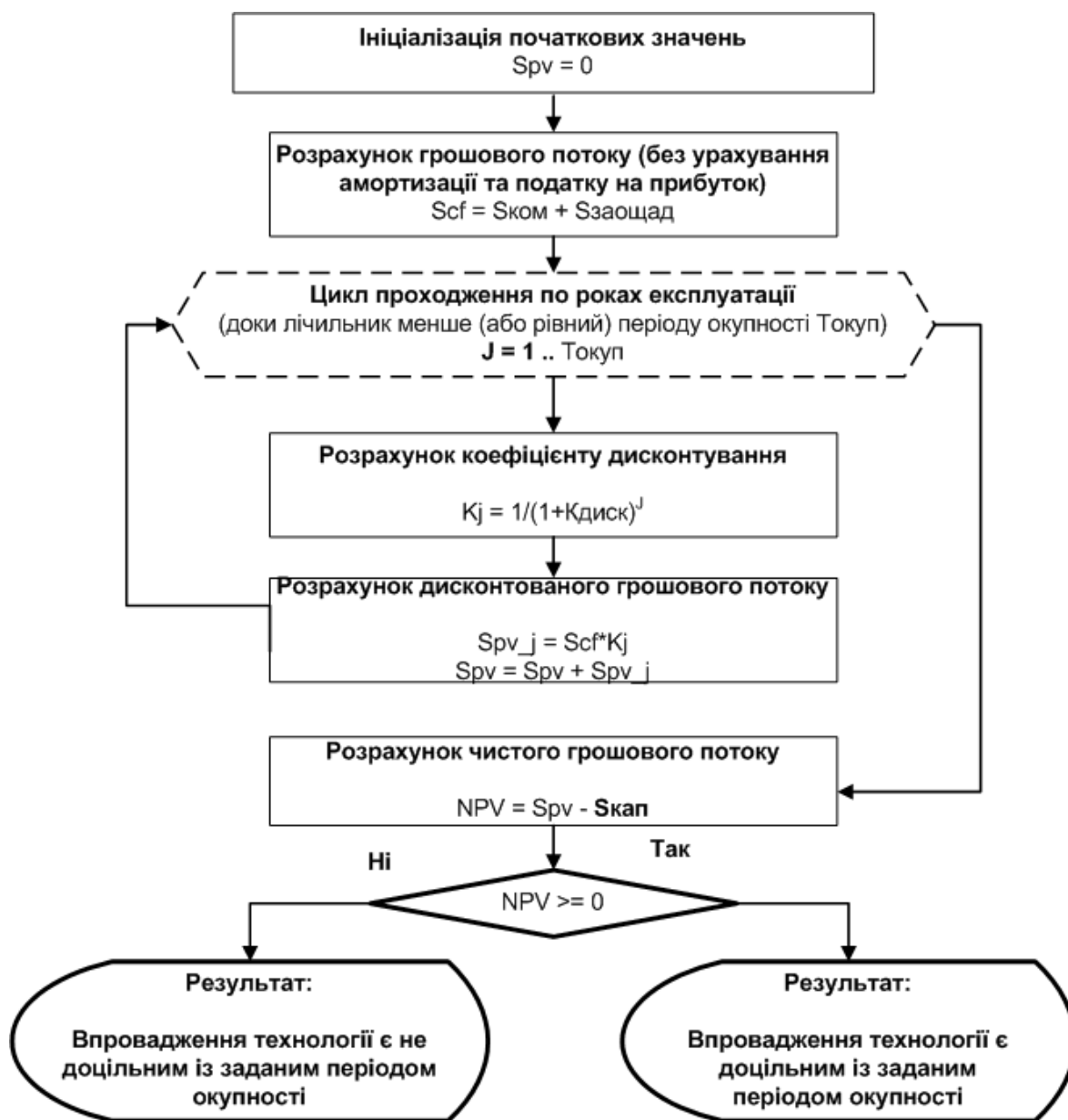


Рис. 2. Алгоритм оцінювання економічної доцільності переходу до альтернативного мережного механізму

З цією метою скористаємося методом зведеної вартості (чиста поточна вартість від англ. Net Present Value – NPV) [8]. Загальна формула розрахунку має такий вигляд:

$$NPV = \left(\sum_{i=0}^{t_{ok}} PV_i \right) - S_{кан}, \quad (11)$$

де t_{ok} – бажаний (граничний) період окупності, роки;

PV – поточна вартість, грн (дисконтований чистий грошовий потік, спричинений інвестиціями, який може бути визначений як $PV_i = CF_i \times Kd_i$);

\overline{CF} – середньорічна сума чистого грошового потоку за період експлуатації проекту, що визначається як різниця між доходом та експлуатаційними витратами, грн., слід зазначити, що для випадку оцінювання ефективності переходу до альтернативної мережної технології це значення буде дорівнювати сумі комерціалізованих і заощаджених за визначений період ресурсів;

$$Kd_i - \text{коефіцієнт дисконтування, що визначається як } Kd_i = \frac{1}{(1+t_x)^i}, \text{ де } t_x$$

– ставка дисконтування, що може бути прийнята за індекс інфляції; i – індекс періоду (року).

Результат роботи алгоритму, зображеного на рис. 2, дозволяє провести комплексне оцінювання ефективності впровадження технології та надати відповідь на питання доцільності її застосування для тієї чи іншої телекомунікаційної мережі в умовах функціонування на її базі тієї чи іншої інформаційної системи.

Для кращого розуміння принципів роботи методики скористаємося прикладом розрахунку, наведеним в табл. 1. З цією метою розглянемо приклад переведення типового дата-центру, який нараховує 1000 вузлів і періодично (кожні 6 годин) виконує функцію резервного копіювання інформації обсягом близько 2 Тб у межах груп по 10 вузлів в кожній, на використання альтернативного механізму, що передбачає застосування для адресації вузлів безпосередньо MAC-адреси мережних адаптерів, а для адресації процесів – додаткові заголовки розміром 4 байти (за аналогією із розміром відповідних заголовків протоколу TCP). Для спрощення будемо вважати, що групи вузлів відокремлено між собою на каналному рівні за допомогою технології VLAN, а в період між процесами передавання інформації вузли переходять в режим заощадження електроенергії за рахунок зменшення обчислювальної активності. Розмір необхідних капітальних витрат для придбання програмного забезпечення для оновлення операційних систем вузлів дата центру було обрано рівним 48 тис. грн., що дозволяє при очікуваних обсягах продажу на рівні 100 ліцензій за 3 роки інвестувати для створення комерційних зразків близько 500 тис. доларів США.

Як видно з таблиці у разі переведення такого датацентру на альтернативний мережний механізм тривалість кожної з сесій передавання даних буде скорочено приблизно на 1 годину, що, в свою чергу, приведе як до заощадження електроенергії, так і до появи вільних ресурсів, що можуть бути комерціалізовані.

За результатами розрахунків (див. таблицю) було зроблено висновок про безумовну економічну доцільність переведення розглянутого датацентру на альтернативний механізм адресації, що передбачає скорочення протокольної надлишковості до 4 байт на один кадр каналного рівня (замість 40 при використанні існуючого механізму). Слід, однак, зазначити, що такий ефект пояснюється значними обсягами передавання інформації при низькій номінальній швидкості та не відображає реальних умов роботи більшості датацентрів, що зроблено з метою більш наглядної демонстрації базових принципів методики. Очевидним є те, що при таких самих обсягах інформаційного обміну в мережі, що побудована, наприклад, на технології, що передбачає номінальну швидкість передавання на рівні 1 Гбіт/с, результати розрахунків будуть менш оптимістичними.

Приклад розрахунку

№ з/п	Етапи і процедури
ВИХІДНІ ДАНІ	
1.1	Характеристики інформаційної системи Yзапит = 0,000046 запитів/с (орієнтовно 4 запити на добу) Lінформ = 2000000000000 байт (орієнтовно 2 Тб) Нджерел = 100 вузлів (за кількістю груп) Нодерж = 10 вузлів
1.2	Характеристики чинного та альтернативного мережного механізму Lзагол-ех = 4 байт (крім адреси канального рівня (для адресації вузлів), залишається ще по 2 байти для адресації процесів у рамках цих вузлів) Lзагол-транс = 40 байт (типово для використання протоколу TCP на транспортному та IP на мережному рівні, наприклад, у разі застосування протоколу FTP для резервного копіювання інформації між вузлами в мережі)
1.3	Інформація про вичерпні ресурси Еакт = 0,0001 кВт*год за 1 секунду (що відповідає споживанню блока живлення із номінальною потужністю на рівні 400 Вт за умов 100% навантаження) Епасив = 0,00005 кВт*год за 1 секунду (що відповідає споживанню блока живлення із номінальною потужністю на рівні 400 Вт за умов 50% навантаження) Емереж_акт = 0,0004 кВт*год за 1 секунду (що відповідає споживанню 40 активних мережних пристроїв по 40 Вт потужності кожний за умов 100% навантаження) Емереж_пасив = 0,0001 кВт*год за 1 секунду (що відповідає споживанню 40 активних мережних пристроїв по 40 Вт потужності кожний за умов 25% навантаження) Селектро = 1,00272 грн (відповідно до Постанови Національної комісії регулювання електроенергетики України № 1355 від 21.07.2011)
1.4	Характеристика мережного середовища (для Ethernet 100Base-TX) Nвузлів = 1000 вузлів; Vном = 100 Мбіт/с; Lкадра_макс = 1526 байт; Lслужб = 26 байт; tпаузи = 0,96 мкс
1.5	Інформація про вартість переходу на альтернативний механізм Sпридб = 48 000 грн (орієнтовно 6000 доларів США) Sінст = 80 грн (орієнтовно 10 доларів США на один вузол) Tінст = 3600 с (орієнтовно 1 година на вузол з врахуванням тестування)
1.6	Інформація про можливі продукти комерціалізації вільних ресурсів Sварт = 1,1 грн за 1 годину (що відповідає вартості оренди виділеного сервера на рівні 100 доларів США за місяць) Kпопиту = 0,3 (що відповідає 30 % попиту на ресурси)
ВИЗНАЧЕННЯ ОБСЯГІВ ЗАОЩАДЖЕННЯ ЧАСУ	
2.1	Відповідно до формул (1-5) $\lambda_{макс}$ для заданих вище даних буде становити 8127 кадри/с. $v_{корис}$ буде становити 94928478 біт/с або 94,9 Мбіт/с $v_{корис_ех}$ буде становити 97269180 біт/с або 97,2 Мбіт/с

Закінчення таблиці

2.2	Відповідно до формули (6) для заданих вище даних різниця у часі роботи інформаційної системи та мережного середовища в активному режимі (прийому/передавання) при переході до альтернативного механізму при транспортуванні навантаження (ΔT_{ex}) буде становити 4056 секунд за одну сесію
ОЦІНЮВАННЯ ОБСЯГІВ ЗАОЩАДЖЕННЯ КОШТІВ, КОМЕРЦІАЛІЗАЦІЇ РЕСУРСІВ ТА КАПІТАЛЬНИХ ВИТРАТ	
3.1	Відповідно до формули (7) з урахуванням заданих вище даних обсяг заощадженої за одну сесію передавання даних електроенергії (ΔE) буде становити 204 кВт*год. Відповідно до формули (8) річний обсяг заощадження електроенергії ($\Delta E_{річний}$) становитиме 295955 кВт*год, що відповідає щорічним витратам у обсязі 296 760 грн. (приблизно 37 тис. доларів)
3.2	Відповідно до формули (9) було визначено, що обсяг потенційної щорічної комерціалізації ресурсів ($S_{ком}$) становить 53 935 грн (приблизно 7 тис. доларів США)
3.3	Відповідно до формули (10) було визначено, що загальний обсяг інвестицій в перехід до альтернативного механізму ($S_{кан}$) становитиме 128 330 грн.
ОЦІНЮВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ДОЦІЛЬНОСТІ ПЕРЕХОДУ	
4.1	Відповідно до одержаних на попередніх кроках даних отримаємо значення розміру чистого прибутку на рівні 280 556 грн щороку (з врахуванням ставки податку на прибуток на рівні 20%) та значення дисконтованого грошового потоку протягом трьох років для коефіцієнта дисконтування на рівні 1,11, який становить 685 600 грн.
4.2	Відповідно до алгоритму зображеного на рис. 2 отримаємо значення NPV на рівні 557 270 грн за 3 роки експлуатації, що дозволяє стверджувати про економічну доцільність переходу на альтернативний механізм для наведеного прикладу

Зрозуміло, що наведена в таблиці оцінка не дозволяє зробити однозначний висновок про доцільність або недоцільність застосування телекомунікаційних механізмів, що передбачають зменшення протокольної надлишковості. Це пояснюється тим, що в кожному випадку має місце різний набір вихідних даних щодо кількості вузлів у мережі, обсягів споживання електроживлення, обсягів та інтенсивності передавання інформації тощо. Зважаючи на це, подальші дослідження мають бути спрямовані на автоматизацію процесу розрахунку із використанням пропонованої методики з подальшим визначенням граничних значень вихідних даних, при яких застосування альтернативних мережних механізмів є економічно виправданим.

Висновки

На завершення можна зробити такі висновки:

1. Використання надпопулярної сьогодні технології IPoverEthernet в однорідних мережах, що використовуються для забезпечення обміну інформацією

в ядрі тієї чи іншої інформаційної системи, є нераціональним з точки зору споживання вичерпних ресурсів.

2. Пропонуючи нові технічні рішення з мінімізації службової інформації, що передається каналами зв'язку, винахідники, як правило, приділяють мало уваги питанню економічної оцінки доцільності впровадження своїх телекомунікаційних механізмів.

3. Запропонована в роботі методика дозволяє провести комплексне оцінювання доцільності переведення існуючих мереж на використання альтернативного мережного механізму при транспортуванні навантаження.

4. Подальша автоматизація розробленої методики дозволить визначити граничні значення вихідних даних при яких застосування альтернативних мережних механізмів є економічно виправданим для різних випадків.

Список літератури

1. RFC 791. INTERNET PROTOCOL [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.faqs.org/rfcs/rfc793.html>. – Назва з екрана.

2. Воробієнко П.П., Зайцев Д.А., Гуляев К.Д. Спосіб передачі даних в мережі із заміщенням мережного та транспортного рівнів універсальною технологією каналного рівня. – Патент на корисну модель № 35773, Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на винаходи 10.10.2008.

3. Каптур, В.А. Метод мінімізації службової інформації при тунелюванні IP-навантаження // В.А. Каптур., Є.В. Добровольський, О.О. Яніна. – Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2009. – № 4. – С. 91 – 98.

4. Воробієнко, П.П. Алгоритм динамической адресации объектов телекоммуникационной сети // П.П. Воробієнко, В.И. Тихонов, И.В. Смирнов, У.И. Сопина. – Цифрові технології. – 2010. – № 8. – С. 11-18.

5. Моделирование процессов формирования служебной информации при передаче данных в сетях с коммутацией пакетов // П.П. Воробієнко, М.И. Струкало, И.Ю. Рожновская, С.М. Струкало // Наукові праці ОНАЗ. – 2009. – № 1. – С. 3-12.

6. Каптур, В.А. Протокол організації віртуальних пірингових каналів в локальних комп'ютерних мережах [Текст] // Наукові праці ОНАЗ ім. О.С. Попова. – 2006. – № 2. – С. 85–95

7. Олифер, Н.А. Средства анализа и оптимизации локальных сетей [Текст] / Н.А. Олифер, В.Г. Олифер. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.dlink.ru/technology/olifer.php>. – Назва з екрана.

8. Виленский, П.Л. Оценка эффективности инвестиционных проектов. Теория и практика [Текст] / П.Л. Виленский, В.Н. Лившиц, С.А. Смоляк. — М.: Дело, 2008. — 1104 с.

Рецензент: д.т.н., професор, ректор ОНАЗ ім. О.С. Попова П.П. Воробієнко
(м. Одеса)

Поступила в редакцію 10.11.11

Оценка эффективности использования телекоммуникационных технологий уменьшения протокольной избыточности

Показана низкая эффективность использования технологии IPoverEthernet в замкнутых одноранговых сетях, обеспечивающих работу ядра ряда современных инфокоммуникационных услуг. Разработана методика оценки эффективности внедрения телекоммуникационных технологий, предполагающих уменьшение протокольной избыточности, базирующаяся на оценке экономии исчерпаемых ресурсов и увеличении объёмов коммерциализации продуктов работы телекоммуникационной сети. Приведён пример расчётов с использованием разработанной методики для инфокоммуникационной услуги резервного копирования информации в датацентре.

Ключевые слова: оценка эффективности, уменьшение протокольной избыточности, переменный размер сетевого адреса, Ethernet.

Оценка эффективности использования телекоммуникационных технологий уменьшения протокольной избыточности

It is shown that the low efficiency of the use IPoverEthernet technology in closed networks that provide the core work of a number of modern information and communication services. The technique of evaluating the effectiveness of telecommunications technologies, involving reduction of protocol redundancy, based on an estimate savings of exhaustible resources and on increase of commercialization of telecommunication network products. An example of calculations with using the developed technique for backup info-communications services in a data center.

Keywords: performance evaluation, protocol reduction of redundancy, variable length of network address, Ethernet.