

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

## РЕФЕРАТ

Спосіб передачі даних в мережі із заміщенням мережного та транспортного рівнів універсальною технологією канального рівня відноситься до техніки зв'язку, зокрема до процедур комутації кадрів та маршрутизації пакетів в комп'ютерній мережі цілком побудованій на основі технології Ethernet. Спосіб дозволяє зменшити час доставки пакетів між кінцевими вузлами мережі, зменшити об'єм службової інформації заголовків пакетів, запобігти подвійної адресації вузлів, а також підвищити раціональність використання апаратних можливостей технології Ethernet та запобігти їх дублювання у програмних засобах мережних протоколів і апаратних засобах мережних пристроїв, розширити адресний простір мережі за рахунок використання адрес нового формату Е6 на всіх рівнях еталонної моделі взаємодії відкритих систем. Практична реалізація способу полягає у використанні адрес Е6 прикладними програмами та апаратними засобами, що передають електричні сигнали, які переносять кадри Ethernet з Е6 адресами замість стандартних MAC-адрес. Крім того, зазначений спосіб передбачає використання спеціальних комутуючих маршрутизаторів КМЕ6 для доставки кадрів у мережі, які об'єднують можливості комутаторів та маршрутизаторів і дозволяють суттєво спростити алгоритми обробки пакетів за рахунок використання номеру порту КМЕ6 замість адреси інтерфейсу та аналізу тільки стандартного заголовку кадру Ethernet, який містить Е6 адреси замість MAC-адрес.

## ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

1. Спосіб передачі даних в мережі із заміщенням мережного та транспортного рівнів універсальною технологією каналного рівня, який включає використання стандартного формату заголовку кадру Ethernet з полями адрес довжиною в шість байтів, який **відрізняється** використанням на всіх рівнях еталонної моделі взаємодії відкритих систем єдиних мережних Еб-адрес довжиною в шість байтів, що надає можливість розміщення Еб-адрес замість MAC-адрес у заголовку кадру Ethernet, який **відрізняється** ієрархічною структурою Еб-адрес, яка складається з номеру мережі та номеру вузла мережі, при цьому запобігається необхідність передачі сигналів стосовно відображення адрес різних рівнів еталонної моделі, а також забезпечується можливість суттєвого скорочення адресних таблиць мережних пристроїв завдяки агрегації окремих адрес вузлів та адрес підмереж в адресу мережі наступного рівня ієрархії, що зумовлює можливість розбудови глобальних мереж з більшою кількістю підключених вузлів.

2. Спосіб за п.1, який **відрізняється** тим, що замість протоколів UDP та TCP використовуються апаратні можливості Ethernet LLC1 та LLC2 відповідно, замість протоколу IP використовується стандартний апаратний заголовок кадру Ethernet з Еб-адресами, який є незмінним у процесі доставки кадру до кінцевого вузла.

3. Спосіб за п.1, який **відрізняється** тим, що мережа розбудована із спеціальних комутуючих маршрутизаторів КМЕб, які підключені один до одного та до кінцевих вузлів мережі, що дозволяє використовувати в КМЕб адресні таблиці з агрегацією адрес для вирішення задач маршрутизації та індивідуальні адреси для вирішення задач комутації, при цьому адреса інтерфейсу КМЕб задається тільки номером його порту, крім того КМЕб використовує тільки інформацію із стандартного заголовку кадру Ethernet, що дозволяє скоротити об'єм адресних таблиць та зменшити час ретрансляції кадру за рахунок зменшення розміру шини адреси та спрощення алгоритмів обробки кадру.

Ректор ОНАЗ ім. О.С. Попова

П.П. Воробієнко

## СПОСІБ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ В МЕРЕЖІ ІЗ ЗАМІЩЕННЯМ МЕРЕЖНОГО ТА ТРАНСПОРТНОГО РІВНІВ УНІВЕРСАЛЬНОЮ ТЕХНОЛОГІЄЮ КАНАЛЬНОГО РІВНЯ

Запропонована корисна модель відноситься до техніки зв'язку, зокрема до процедур передачі даних в комп'ютерній мережі (КМ), цілком побудованій за однією технологією каналного (та фізичного) рівня. Для фізичного передавання інформації використано технологію Ethernet [1] із спеціальною додатковою інтерпретацією фізичних адрес інтерфейсів пристроїв, яка визначає спосіб передачі даних у вигляді кадрів, метод доступу до середовища передавання, спосіб кодування інформації, модуляції електричного сигналу тощо.

Відомим способом передачі даних між двома вузлами КМ є використання мережних адрес (IP-адрес) [2] довжиною в чотири байта з ієрархічною структурою, які в процесі передачі пакетів інформації відображаються на фізичні адреси (MAC-адреси) [1] пристроїв довжиною в шість байтів. При цьому використання протоколів відображення адрес впливає як на послідовність передавання електричних сигналів, що переносять службову та корисну інформацію, так і на зміст цієї інформації.

Найближчим аналогом запропонованого способу є застосування стандартної інкапсуляції IP-Ethernet [3], яка використовує спеціальні протоколи ARP/RARP для прямого та зворотного відображення мережних IP-адрес на MAC-адреси фізичних пристроїв (їх мережних адаптерів). Вузол **A** з мережною адресою **IP<sub>A</sub>** та фізичною адресою **MAC<sub>A</sub>** надсилає пакет даних вузлу **B** з мережною адресою **IP<sub>B</sub>** та фізичною адресою **MAC<sub>B</sub>** через послідовність  $k$  проміжних вузлів (маршрутизаторів) **R<sub>1</sub>, ..., R<sub>k</sub>** з фізичними адресами **MAC<sub>1</sub>, ..., MAC<sub>k</sub>** у такий спосіб, що пакет інкапсулюється послідовно в Ethernet кадри між сусідніми маршрутизаторами із застосуванням пари адрес одержувача (**IP<sub>B</sub>, MAC<sub>i</sub>**), де **MAC<sub>i</sub>** – фізична адреса наступного маршрутизатора або кінцевого вузла **B**. Фізична адреса **MAC<sub>i</sub>** поточного маршрутизатора або фізична адреса **MAC<sub>B</sub>** кінцевого вузла **B** визначається початковим вузлом **A** або попереднім маршрутизатором **MAC<sub>i-1</sub>** за допомогою спеціальних таблиць відображення протоколу ARP. Сім'я протоколів TCP/IP використовує додатково транспортні протоколи TCP [4] та UDP [5], які відповідають за адресацію застосовувань (клієнтів та серверів) на кінцевих вузлах **A** і **B**. Адресу застосування подано цілим числом, яке має назву номер порту. Протокол UDP забезпечує надсилання окремих пакетів без підтверджень. Протокол TCP виконую гарантовану доставку потоків (сегментів) даних через послідовність пакетів на основі процедури ковзного вікна [4].

Такий спосіб передачі даних є повністю виправданим для використання в телекомунікаційних TCP/IP-мережах, які застосовують різні технології каналного та фізичного рівнів, однак є занадто надлишковим для

використання у мережах цілком побудованих на основі однієї універсальної технології каналного (та фізичного) рівнів, наприклад Ethernet. Серед недоліків використання такого способу передачі даних у мережах, фізичні та каналні інтерфейси яких організовано тільки з використанням однієї технології (Ethernet), можна відзначити такі:

- необхідність подвійної адресації вузлів за допомогою мережних IP-адрес та фізичних MAC-адрес;
- необхідність використання додаткових протоколів відображення адрес, таких як ARP/RARP та відповідного додаткового програмного забезпечення або пристроїв;
- використання повільних процедур ковзного вікна протоколу TCP з великими таймаутами замість швидких процедур ковзного вікна технології каналного рівня (LLC2 для Ethernet);
- надлишкові заголовки TCP та IP, які складають мінімально 40 байтів для кожного пакета даних, що особливо критично при передачі даних телефонії;
- використання складних пристроїв для маршрутизації пакетів у мережі, які забезпечують подвійну адресацію та відображення адрес, що знижує їх продуктивність;
- обмежена кількість мережних адрес ( $2^{32}$ ), яких боргує у глобальних мережах, що вимагає застосування складних методів трансляції адрес.

Зазначені недоліки призводять до погіршення показників якості обслуговування (збільшення часу доставки пакету) та зниження продуктивності мереж, а іноді унеможлиблює надання деяких послуг, наприклад послуг телефонії, які вимагають обмежений гарантований час доставки порівняльно невеликих пакетів (100 байтів), для яких додаткові заголовки TCP, IP є занадто надлишковими, крім того існує обмеження кількості мережних адрес перешкоджає розвитку глобальних мереж.

Поставлена задача полягає в розробці способу (моделі) передачі даних із використанням єдиної адресації мережних вузлів тільки за допомогою модифікованих MAC-адрес інтерфейсів технології Ethernet, що дозволяє позбавитися надлишкових протоколів TCP, UDP, IP і подвійної адресації вузлів мережі та забезпечує передачу даних за менший час та з використанням меншої кількості дій.

В запропонованому способі це досягається шляхом впровадження ієрархії MAC-адрес на основі їх розподілення на підмережі та програмного призначення адрес відповідним апаратним інтерфейсам.

Технічно задача вирішується шляхом впровадження нової єдиної адреси пристрою, яку названо E6-адресою, у форматі шості байтів існуючої MAC-адреси інтерфейсу Ethernet. Відповідно до існуючих стандартів [1] MAC-адреса Ethernet (Фіг. 1) не інтерпретується кінцевими та проміжними (комутатор, маршрутизатор) пристроями, а використовується як натуральне число (до  $2^{48}$ ), що визначає унікальний номер пристрою (за винятком групових та ширококомовних адрес зазначених двома першими бітами). Існує розподілення MAC-адрес на код виробника (перші 3 байта) та номер

пристрою (останні 3 байта) не використовується при передачі даних. Крім того, сучасні адаптери Ethernet, комутатори і маршрутизатори дозволяють встановити програмним шляхом нову довільну MAC-адресу. Запропоновано встановити на всіх Ethernet інтерфейсах E6-адреси замість стандартних MAC-адрес. Адреса E6 (Фіг. 2) складається із адреси мережі та адреси вузла (хоста). Для додаткового застосування в комунікаційних пристроях використана кількість бітів адреси мережі, що традиційно назвемо маскою. Пропонується запис E6-адреси побайтно через крапку з поданням маски через риску, наприклад 42.53.64.25.172.48/44. Можливе застосування спеціальних адрес: E6-адреса з усіма бітами адреси вузла рівними нулю є спеціальною адресою усієї підмережі; E6-адреса з усіма бітами адреси вузла рівними одиниці є спеціальною широкомовною адресою, що адресує усі вузли підмережі. Визначена структура E6-адреси дозволяє агрегувати окремі адреси або адреси підмереж під спільною маскою мережі, що надає можливість уникнути розростання кількості індивідуальних адрес пристроїв у адресних таблицях та організувати глобальну мережу з простором адрес, який перевищує простір IP-адрес в  $2^{16}$  разів.

Для реалізації запропонованого способу передачі даних необхідне використання спеціальних комутуючих маршрутизаторів (КМЕ6) з інтерфейсами всіх портів за стандартам Ethernet, робоча процедура (**ПроцКМЕ6**) яких може бути подана у такий спосіб:

- прийняти кадр на певний порт КМЕ6 із застосуванням стандартних способів кодування сигналів Ethernet відповідними інтерфейсами;
- вилучити E6-адресу одержувача з поля першої MAC-адреси кадру;
- знайти запис в адресній таблиці з маскою найбільшої довжини, що задовольняє E6-адресі одержувача кадру, та найменшою метрикою;
- визначити номер порту призначення КМЕ6 з запису адресної таблиці;
- передати кадр з визначеного порту призначення КМЕ6 із застосуванням стандартних способів кодування сигналів Ethernet відповідними інтерфейсами.

Запис адресною таблиці складається з E6-адреси, маски, номеру порту, метрики та додаткової інформації. Для ефективності роботи всі термінальні пристрої підключені до КМЕ6 мають E6-адреси під однією спільною маскою E6 мережі. Для визначення цієї мережі можливе застосування першого запису адресної таблиці з недійсним номером порту, наприклад 0 та метрикою 0. Можливе застосування запису 0.0.0.0.0.0/0 для адресації всіх невідомих E6-адрес.

Мережа передачі даних складається з підключених один до одного КМЕ6, та термінальних пристроїв, підключених до вільних портів КМЕ6. Процедура передачі даних від певного застосування **ТА** вузла **A** з адресою **E6A** та номером порту **PA** певному застосуванню **PB** вузла **B** з адресою **E6B** та номером порту **PB** подається у такий спосіб:

- використати E6-адреси замість IP- та MAC-адрес;

- на вузлі **A** обрати LLC1 Ethernet при визові UDP, обрати LLC2 Ethernet при визові TCP;
- сформувати кадр (кадри) Ethernet з **E6B** замість MAC-адреси одержувача та **E6A** замість MAC-адреси відправника та додатковим заголовком HP2 (Фіг. 3), який містить пару номерів **PB, PA** портів застосувань;
- передати кадр до підключеного КМЕ6 із застосуванням стандартних способів кодування сигналів Ethernet відповідними інтерфейсами;
- виконати доставку кадру через послідовність проміжних КМЕ6 згідно до **ПроцКМЕ6** поданою раніше;
- прийняти кадр в кінцевому вузлі **B** із застосуванням стандартних способів кодування сигналів Ethernet відповідними інтерфейсами;
- вилучити номери портів **PB, PA** із додаткового заголовка HP2;
- при використанні LLC1 Ethernet передати дані кадру програмам застосування **TB**, які чекають на порту **PB** пакет UDP, при використанні LLC2 Ethernet передати дані кадру програмам застосування **TB**, які чекають на порту **PB** сегмент TCP.

Одним з можливих варіантів застосування запропонованого способу передачі даних у глобальних мережах є розробка додаткових протоколів доменних імен DNS-E6, динамічної маршрутизації RIP-E6, OSPF-E6, BGP-E6, автоматичного призначення E6-адрес вузлів DHCP-E6 аналогічних до відповідних стандартних протоколів сім'ї TCP/IP для забезпечення використання імен замість E6-адрес, динамічної розбудови адресних таблиць КМЕ6, автоматичного призначення E6-адрес підмережам та вузлам відповідно. При використанні застосуваннями прикладного рівня стандартних доменних імен запропонований спосіб передачі даних на основі E6-адрес буде прозорим для кінцевого користувача мереж. Крім того, запропонований спосіб вимагає лише незначних змін у програмах прикладного рівня пов'язаних з розширенням адрес з 4 до 6 байтів.

Переваги запропонованого способу передачі даних полягають в:

- застосуванні єдиної системи E6-адрес у всій мережі, що дозволяє уникнути подвійної адресації та процедур відображення адрес при інкапсуляції пакетів в кадри Ethernet на телекомунікаційних пристроях;
- можливості уникнути застосування іншої інформації окрім заголовку кадрів Ethernet (який залишається незмінним) при маршрутизації пакетів на телекомунікаційних пристроях (КМЕ6);
- спрощенні алгоритмів роботи телекомунікаційних пристроїв (КМЕ6) завдяки використанню лише номера фізичного порту як єдиного ідентифікатора інтерфейсу;
- скороченні об'єму службової інформації заголовків пакетів мінімально на 40 байтів завдяки фактичному анулюванню протоколів TCP, UDP, IP;
- зменшенні кількості операцій обробки пакета в процесі його доставки та відповідно зменшенні часу передачі пакету через мережу між кінцевими

вузлами, що зумовлює підвищення ефективності обміну інформацією в мережі;

– уникнути використання повільних процедур ковзного вікна протоколу TCP завдяки безпосередньому використанню аналогічних швидких процедур канального рівня LLC2 Ethernet і у такий спосіб прискорити передачу потоків даних;

– розширити простір адрес мережі в  $2^{16}$  рази порівняльно з IP-адресами.

Перелік фігур креслення:

Фіг. 1 – Формат стандартного кадру Ethernet.

Фіг. 2 – Формат єдиної мережної адреси E6.

Фіг. 3 – Формат додаткового заголовку HP2.

Умовні позначення: (Фіг. 1)

- 1 преамбула
- 2 обмежник початку кадру
- 3 адреса одержувача кадру
- 4 адреса відправника кадру
- 5 довжина або тип
- 6 додаткові заголовки та дані кадру
- 7 заповнювач
- 8 контрольна послідовність кадру
- 9 розширення кадру

Умовні позначення: (Фіг. 2)

- 1 номер (адреса) мережі (підмережі)
- 2 номер (адреса) вузла в мережі
- 3 маска – кількість бітів адреси мережі

Умовні позначення: (Фіг. 3)

- 1 номер порту застосування одержувача
- 2 номер порту застосування відправника

Джерела інформації:

1. IEEE Standard for Information technology—Telecommunications and information exchange between systems—Local and metropolitan area networks—Specific requirements. Part 3: Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) Access Method and Physical Layer Specifications.—LAN/MAN Standards Committee of the IEEE Computer Society, Approved 9 June 2005, IEEE-SA Standards Board IP, 417 p.

2. J. Postel Internet Protocol.— RFC 791, September 1981, 45 p.

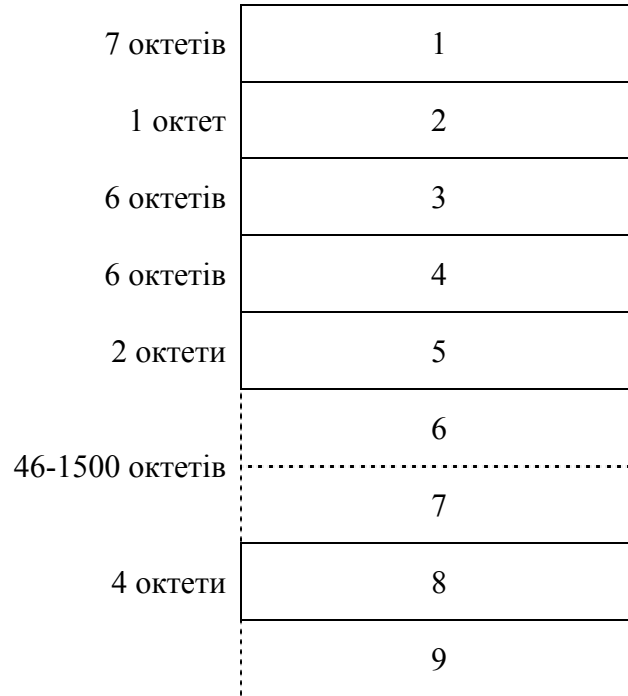
3. C. Hornig A Standard for the Transmission of IP Datagrams over Ethernet Networks.— RFC 894, April 1984, 3 p.

4. J. Postel Transmission Control Protocol.— FRC 793, September 1981, 85 p.

5. J. Postel User Datagram Protocol.— FRC 768, August 1980, 3 p.



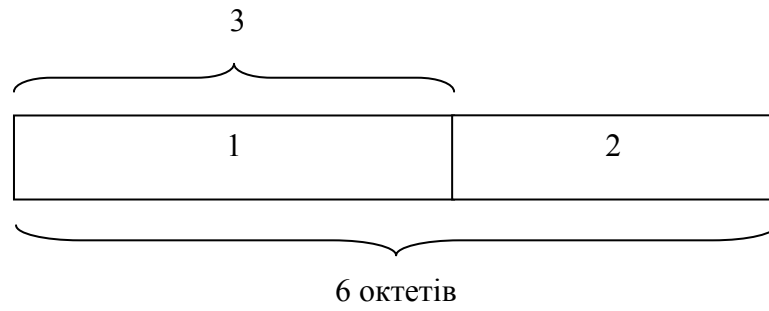
Спосіб передачі даних в мережі  
із заміщенням мережного та транспортного рівнів  
універсальною технологією канального рівня



Фіг. 1

Автори: Воробієнко П.П.,  
Зайцев Д.А.,  
Гуляєв К.Д.

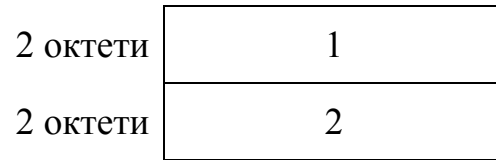
Спосіб передачі даних в мережі  
із заміщенням мережного та транспортного рівнів  
універсальною технологією канального рівня



Фіг. 2

Автори: Воробієнко П.П.,  
Зайцев Д.А.,  
Гуляєв К.Д.

Спосіб передачі даних в мережі  
із заміщенням мережного та транспортного рівнів  
універсальною технологією канального рівня



Фіг. 3

Автори: Воробієнко П.П.,  
Зайцев Д.А.,  
Гуляєв К.Д.