

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОТОКОЛІВ ПОБУДОВИ МАРШРУТІВ В МЕРЕЖАХ METRO
ETHERNET

Розглянуто тему протоколів покриваючих дерев, що визначають побудову маршрутів та розроблено механізм вибору маршрутів в мережах, заснований на управлінні трафіком та від задачу вибору шляхів.

У наш час, коли технології швидко розвиваються, тема Metro Ethernet, набуває великої актуальності у зв'язку з бурхливим розвитком мереж Ethernet міського масштабу, що обумовлена пропозицією все більшого набору сервісів (включаючи телефонію, телебачення, відео на запитом та мережеві ігри). Інтелектуальні ethernet-технології мають потужну інфраструктуру надання послуг і максимальну гнучкість мережевої архітектури. Використання Metro Ethernet дозволяє забезпечити прозоре підключення користувачів, оптимізувати використання смуги пропускання, прискорити впровадження нових сервісів. Ethernet допомагає понизити експлуатаційні витрати, ефективніше здійснювати капітальні витрати, а також впровадити прибуткові послуги. Витрати на надання нових ethernet-послуг відносно невеликі, оскільки технологія з легкістю вбудовується в наявну інфраструктуру передачі даних.

Останніми роками в мережах класу Metro і територіально розподілених мережах отримала визнання технологія Ethernet. В той же час в класичних мережах Ethernet питання, пов'язані із забезпеченням якості обслуговування (QOS) практично не розглядалися. Дослідження, що зараз проводяться, можуть вирішити декілька актуальних проблем впровадження таких мереж на базі концепції Metro Ethernet. Однією з таких проблем сьогодні є - дослідження *синтезу протоколів побудови маршрутів в міських мережах*. Нашим завданням буде вирішення групи проблем, пов'язаних з побудовою маршрутів в мережах Metro Ethernet.

Слід визначити декілька можливих завдань:

- аналіз недоліків класичних протоколів покриваючих дерев;
 - розробка нового механізму вибору маршруту, заснованого на управлінні трафіком;
- Вирішення цих завдань, дозволить розраховувати навантаження для мультисервісного трафіку на етапі проектування мереж Metro Ethernet.

Мережі Metro Ethernet можуть будуватися на базі різних транспортних технологій, для яких розроблені методи інкапсуляції Ethernet або ip-пакетів в транспортні пакети, властиві даній технології. Класична структура мережі Metro Ethernet передбачає три рівні, а саме: доступ, агрегація, ядро. Рівень доступу по завданнях, аналогічний сегменту доступу кабельних мереж. Рівень агрегації збирає трафік, що генерується в сегментах доступу, і передає його пристроям рівня ядра (опорній мережі), а також роздає трафік, отриманий з опорної мережі, в сегменти доступу. Основними практичними результатами є здобуття оцінок для розрахунку витрат і затримок в мережах Metro Ethernet при використанні коефіцієнта справедливості, і розробки методу синтезу протоколів, побудови маршрутів в міських мережах Metro Ethernet. Використання результатів роботи дозволить:

- розраховувати навантаження для мультисервісного трафіку на етапі проектування мереж Metro Ethernet.
- можуть бути використані при експлуатації мереж для мереж Metro Ethernet на етапі створення устаткування комутаторів Ethernet.

Розглянемо метод вибору маршрутів, заснований на управлінні трафіком, який дозволяє усунути недоліки протоколів покриваючих дерев. Запропонований метод забезпечує відмовостійкість мережі по критерію часу відновлення, після одичної відмови і вирішує задачу балансування навантаження. Для побудови активних дерев метод використовує вже існуючий протокол MSTP, забезпечуючи при цьому відмовостійкість і балансування навантаження.

Основні властивості методу можна сформулювати в наступному вигляді:

1. Для відмовостійкої мережі необхідно мати, як мінімум, два шляхи для кожної пари вузлів в різних покриваючих деревах, які не мають загальних ребер (ланок) або вузлів. Один з таких шляхів використовується як основний, інший – як резервний. Це дозволяє скоротити час збіжності мережі, за рахунок того, що не витрачається час на реконфігурацію покриваючого дерева, а відбувається перемикання на вже заздалегідь побудоване дерево.

2. Для ефективного балансування навантаження, процес вибору шляху повинен максимально використовувати найменш навантажені ланки і мінімізувати використання найбільш навантажених ланок. Крім того, для збільшення загальної кількості активних ланок покриваючі дерева повинні забезпечувати мінімальне взаємне перекриття.

Цей механізм включає наступні етапи:

- вивчення топології мережі;
- збір статистики по навантаженню в мережі;
- забезпечення відмовостійкості;
- контроль трафіку, що складається з підзадач:
 - вибір маршрутів (шляхів),
 - об'єднання шляхів,
 - побудова покриваючих дерев.

Розглянемо детально завдання контролю трафіку. Підзадача вибору шляхів полягає у визначенні шляхів між парами вузлів. Потім вирішується підзадача об'єднання шляхів для того, щоб сформувати відповідні покриваючі дерева (підзадача побудови покриваючих дерев), які можуть бути зіставлені різним VLAN. Метою алгоритму вибору шляхів є максимізація використання ресурсів мережі Metro Ethernet. Основна ідея алгоритму – знайти шляхи, які забезпечать балансування навантаження між різними частинами мережі і дозволять уникати тих ланок в мережі, які переносять підвищене навантаження (так звані - критичні ланки). Розглянемо алгоритм. Алгоритм вибору шляхів визначає основна дорога X і резервна дорога Y , які можуть забезпечити вимоги до очікуваної пропускної спроможності $B(s,d)$ між заданим джерелом s і одержувачем d . Алгоритм розраховує величину $\Psi(G)$, що визначає міру навантаження ресурсів в мережі G по наступній формулі:

$$\Psi(G) = \sum_{l \in G} \left(\psi(l) - \frac{\phi_l}{C_l} \right)^2$$

де C_l – загальна пропускна спроможність, R_l – доступна (що залишилася) та пропускна спроможність ланки l , $\psi(l)$ – параметр ланки l , який виражається через формулу $\psi(l) = \phi_l / R_l$

Величина ϕ_l визначає очікуване навантаження:

$$\phi_l = \sum_{(s,d)} [\phi_l(s,d) B(s,d)]$$

де $B(s,d)$ – необхідна пропускна спроможність між s і d , $\phi_l(s,d) = y/z$ де z – загальна кількість шляхів в мережі між джерелом s і одержувачем d , y – число шляхів, що проходять через ланку l . В результаті виконання даного алгоритму вибору доріг визначається основна дорога $X(s,d)$ і резервна дорога $Y(s,d)$ між парою вузлів s і d .

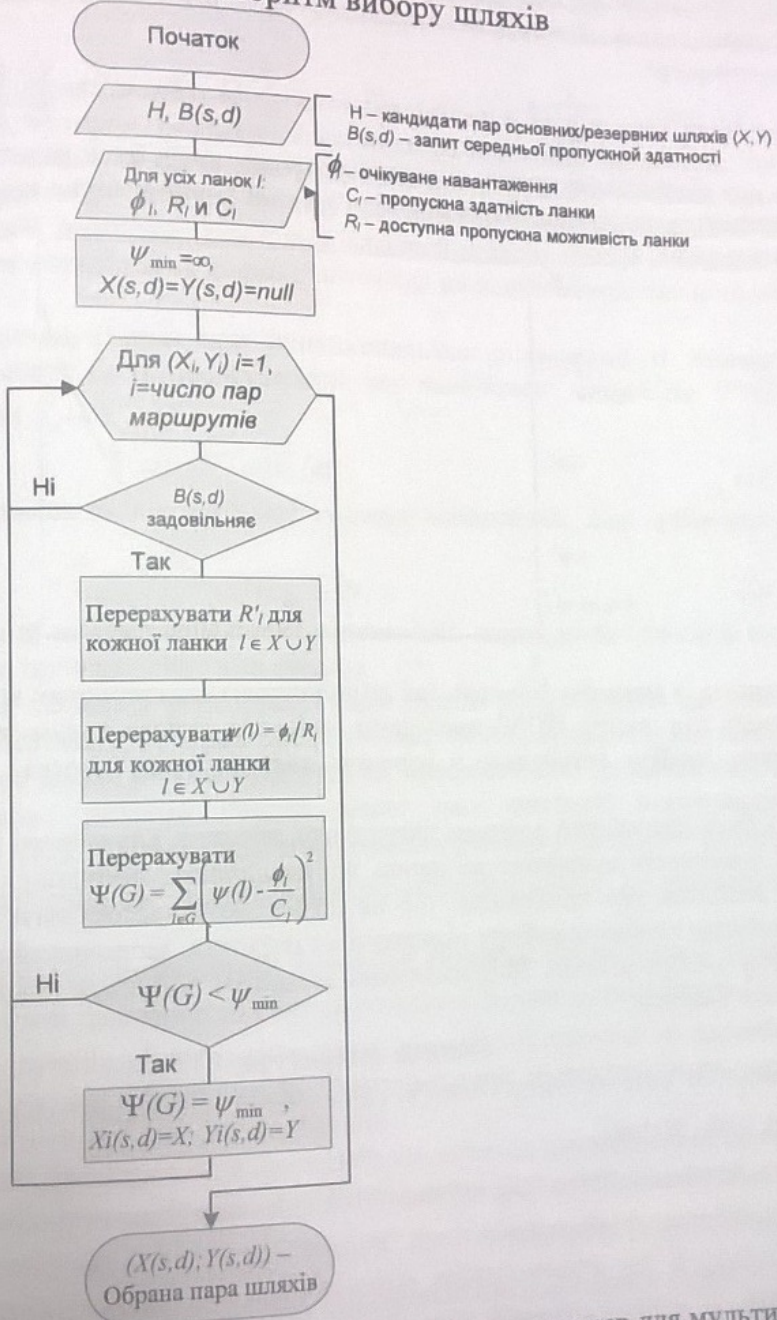
Основні і резервні шляхи мають бути згруповані, для того, щоб сформувати покриваючі дерева. Кожне окреме покриваюче дерево відповідає окремому VLAN. Оскільки кількість VLAN це обмежений ресурс, важливо об'єднати шляхи так, щоб зменшити число покриваючих дерев, що будуються. Для досягнення даної мети пропонується евристичний алгоритм. Оскільки загальна кількість необхідних покриваючих дерев обернено пропорційно до кількості шляхів, згрупованих разом, кількість покриваючих дерев може бути зменшене за допомогою об'єднання великої кількості шляхів разом.

Для збільшення кількості шляхів на одне покриваюче дерево пропонується об'єднувати шляхи з загальними властивостями. У запропонованому алгоритмі слід об'єднати шляхи із загальними властивостями сусідніх вузлів. В результаті виконання даного алгоритму набір S матиме сукупність покриваючих

яких дерев, які можуть бути використані для створення незалежних VLAN.
 Після отримання набору S покриваючих дерев, дані дерева, будуються згідно із стандартом протоколом MSTP. Запропонований метод вибору маршрутів в мережі Metro Ethernet забезпечує:

- нормований час збіжності мережі (50 мс) за рахунок перемикання на резервні шляхи;
- ефективний вибір різних конфігурацій шляхів;
- балансування навантаження на етапі вибору шляху для VLAN, що стійкий до різних типів трафіку.

Алгоритм вибору шляхів



Наступне завдання присвячене побудові покриваючих дерев для мультикастового трафіку (додатки ір-телебачення (IPTV), відео за замовленням (VOD) і ін.). У роботі показано, що в разі мультикастового трафіку корінь мультикастового дерева повинен збігатися з коренем активного дерева MSTP. Як приклад розглянемо два варіанти: у першому варіанті джерело мультикастового трафіку збігається з коренем покриваючого дерева, в другому випадку

ку, джерело мультикастового трафіку не збігається з коренем і знаходиться у вузлі В на глибині дерева b.

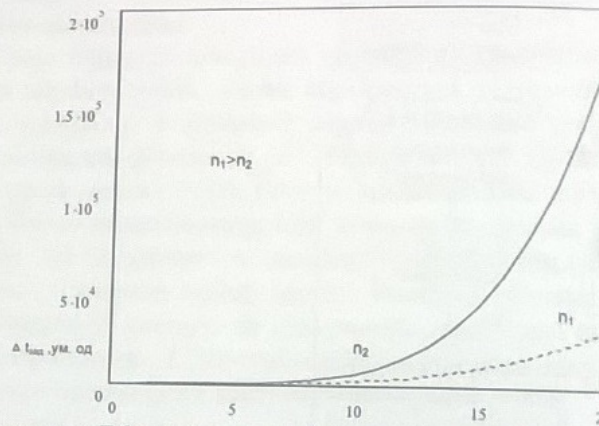
Як міра порівняння, двох варіантів, вибирається затримка передачі протокольних блоків. У першому випадку сумарна вартість шляху до кожного вузла від вершини дерева рівна:

$$\sum_{k=0}^d k \cdot n_k^{(0)} + \dots + \sum_{k=i}^d k \cdot n_k^{(i)} + \dots + \sum_{k=b}^d k \cdot n_k^{(b)} = \sum_{i=0}^b \sum_{k=i}^d k \cdot n_k^{(i)}$$

де $n_k^{(i)}$ – число вузлів на глибині k, що належать піддереву з коренем на глибині i, d – загальна глибина дерева. А в другому випадку сумарна вартість дороги до кожного вузла від вершини дерева рівна:

$$\sum_{k=0}^d (k+b) \cdot n_k^{(0)} + \dots + \sum_{k=i}^d (k+b-2i) \cdot n_k^{(i)} + \dots + \sum_{k=b}^d (k-b) \cdot n_k^{(b)} = \sum_{i=0}^b \sum_{k=i}^d (k+b-2i) \cdot n_k^{(i)}$$

Ми бачимо, що різниця між виразами двох варіантів завжди буде позитивною. На малюнку показано залежність та різницю затримок від глибини розташування кореня при різній кількості вузлів у мережі.



Таким чином, в мережах Ethernet для поліпшення характеристик мультикастового трафіку (наприклад, для послуг IPTV) необхідно будувати дерева таким чином, щоб джерело мультикастового трафіку співпадало з коренем покриваючого дерева, де передається цей трафік.

В роботі було розглянуто декілька актуальних аспектів для мережі Metro Ethernet. Досліджено тему протоколів покриваючих дерев, що визначають побудову маршрутів та визначено основні недоліки цих протоколів, що не дозволяють застосувати їх в мережах Metro Ethernet. Розроблено механізм вибору маршрутів в мережах, заснований на управлінні трафіком та підзадачу вибору шляхів. Запропоновано механізм побудови покриваючих дерев для мультикастового трафіку.

Список літератури

1. Alexandros S.M. Core and Metro Networks (Wiley Series on Communications Networking & Distributed Systems), 2005, 32-140с.
2. Metro Ethernet Forum. Metro Ethernet Network Architecture Framework - Part 1: Generic Framework. - Metro Ethernet Forum, 2004, 26с.
3. Dongmei Wang, D. Lynch. Local and Metropolitan Area Networks (LANMAN). - NJ, IEEE LANMAN 2010.
4. Остерлох Хизер. Маршрутизация в IP-сетях. Принципы, протоколы, настройка. - К. Диасофт, 2004. - 512с.
5. Galkin A.M., Simonina O.A., Yanovsky G.G. Analysis of IP-oriented multiservice networks characteristics with consideration of traffic's self-similarity properties // IEEE Russia Northwest section proceedings. St-Petersburg, 2005.