

УДК 004.7-047.58

В. М. ПАХОМОВА^{1*}

¹*Каф. «Електронні обчислювальні машини», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, 49010, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (056) 373 15 89, ел. пошта viknik.p1988@mail.ru

МЕТОДИКА ПОБУДОВИ РАЦІОНАЛЬНОЇ СТРУКТУРИ МЕРЕЖІ ПІДПРИЄМСТВА ЗА ДОПОМОГОЮ ІМІТАЦІЙНИХ МОДЕЛЕЙ

Мета. Пошук нових варіантів для переходу від технології Ethernet. **Методика.** Фізична структуризація мережі Fast Ethernet на основі хабів і логічне структування мережі Fast Ethernet за допомогою комутаторів. Організація VLAN на основі групування мережі портів і відповідно до стандарту IEEE 802.1Q. **Результати.** Запропоновано можливі варіанти удосконалення мережі Ethernet: згідно з технологіями Fast Ethernet і VLAN на імітаційних моделях у пакетах NetCraker і Cisco Packet Tracer відповідно. **Наукова новизна.** Запропоновано методику проектування локальної мережі за допомогою технології VLAN. **Практична значимість.** Кожний з варіантів удосконалення мережі «Дніпрозалізничпроект» має свої переваги. Перехід від технології Ethernet до технології Fast Ethernet простий і економічний, потребує одного комутатора, а при організації VLAN – не менше двох. Однак технологія VLAN має такі переваги: зменшення навантаження на мережу, ізолювання ширококомовного трафіка, зміна логічної структури мережі без зміни фізичної структури, збільшення безпеки мережі. Перехід від технології Ethernet до технології VLAN дозволяє відділити фізичну топологію від логічної, а формат кадрів за стандартом IEEE 802.1Q дає можливість спростити сам процес впровадження віртуальних мереж у підприємства.

Ключові слова: фізична та логічна структуризація мережі Fast Ethernet; віртуальна локальна мережа; групування портів; кадр стандарту IEEE 802.1Q

Вступ

У деяких випадках при проектуванні локальних мереж із збільшенням кількості вузлів та інтенсивності трафіка перехід з Ethernet на Fast Ethernet здійснюється заміною відповідного комунікаційного обладнання та мережних карт, що значно простіше. Однак слід урахувати й альтернативний варіант переходу, зокрема організацію віртуальних локальних мереж (Virtual Local Area network, VLAN). Порівняємо можливі варіанти переходу на прикладі проектування локальної мережі «Дніпрозалізничпроект» для будівлі Управління Придніпровської залізниці.

Мета

Відповідно до варіанта переходу від технології Ethernet до технології Fast Ethernet вирішити задачі фізичної та логічної структуризації мережі Fast Ethernet. Згідно з основними вимогами оцінити роботу мереж Fast Ethernet та Switched Fast Ethernet на відповідних імітаційних моделях в пакеті NetCraker. У відповідності до переходу від технології Ethernet до техноло-

гії VLAN запропонувати варіанти організації віртуальних локальних мереж: за групування портів та з використанням стандарту IEEE 802.1Q. Розглянути технологію перетворення стандартного Ethernet-кадру в кадр за стандартом IEEE 802.1Q та навпаки на розробленій імітаційній моделі VLAN в Cisco Packet Tracer.

Методика

Потреба у високошвидкісній та недорогій технології для підключення до мережі потужних робочих станцій привела до пошуку нового Ethernet. Саме такою виявилась технологія Fast Ethernet [4], котра зберегла метод доступу CSMA/CD, часові параметри в бітових інтервалах (сам бітовий інтервал зменшився в 10 раз) і формат кадру [1–3, 13–15, 17]. Однак використання загального поділюваного середовища можливо тільки для мережі невеликого розміру [9–10], тому застосування технології Switched Fast Ethernet підвищує продуктивність, надійність, гнучкість побудови мережі та керування нею [5–8, 16]. VLAN має ті ж властивості, що й фізична локальна мережа, але дозволяє кінцевим станціям групуватися разом, навіть якщо

МОДЕЛЮВАННЯ ЗАДАЧ ТРАНСПОРТУ ТА ЕКОНОМІКИ

вони не знаходяться в одній фізичній мережі [11–12]. Створення віртуальних мереж за стандартом IEEE 802.1Q передбачає введення мітки до звичайного Ethernet-кадру: двобайтове поле TPID (Tag Protocol Identifier) і двобайтове поле TCI (Tag Control Information), яке складається з полів Priority (3 біта), CFI (Canonical Format Indicator, 1 біт) і VID (VLAN ID, 12 біт).

Результат

Варіант 1: перехід з Ethernet на Fast Ethernet. На першому етапі вирішена задача

фізичної структуризації мережі на основі двох концентраторів II класу з портами TX/FX, як фізичне середовище передачі даних – UTP категорії 5. Відповідну структуру мережі Fast Ethernet відображено на рис. 1, вказано довжини кожного кабелю та номер кімнати, до якої відноситься та чи інша робоча станція. Оцінка конфігурації мережі проводиться за моделлю, що базується на обчисленні сумарного подвійного часу проходження сигналу мережею (PDV), який склав 340,72 *bt*; отже конфігурація мережі Fast Ethernet коректна.

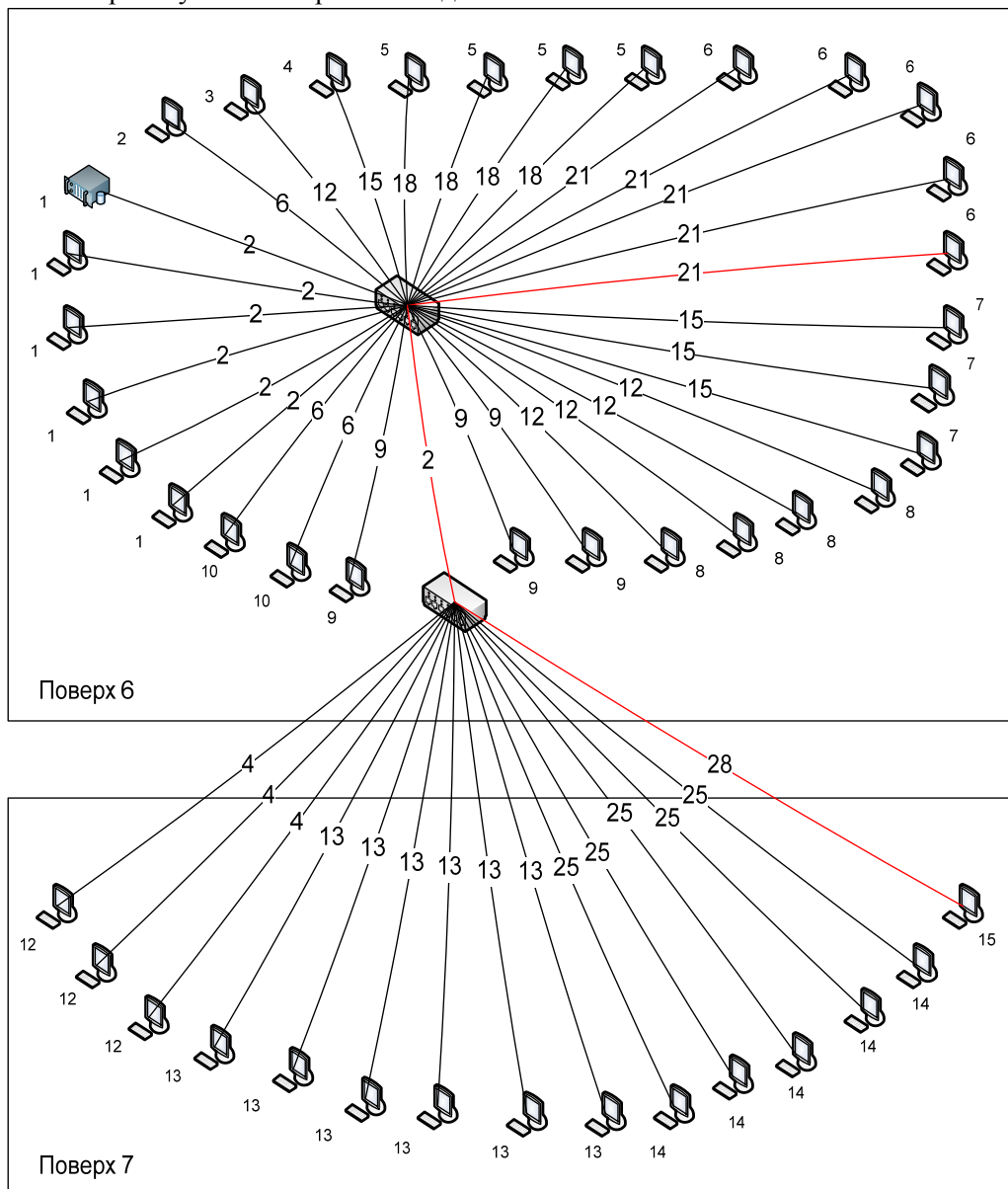


Рис. 1. Фізична структуризація мережі Fast Ethernet

МОДЕЛЮВАННЯ ЗАДАЧ ТРАНСПОРТУ ТА ЕКОНОМІКИ

На імітаційній моделі мережі Fast Ethernet (пакет NetCraker) знайдений поріг її працездатності: 45 робочих станцій. Завантаження одного з концентраторів (FastHub316T) у цій мережі склало 76,7 %, тому на другому етапі вирішена задача логічної структуризації мережі Fast Ethernet для локалізації мережного трафіку заміною двох концентраторів на один комутатор. Відповідну структуру мережі Fast Ethernet відображено на рис. 2, навантаження на комутатор складає лише 5,8 %.

Варіант 2: організація VLAN. У зв'язку з структурою об'єкта в розгляд введені п'ять віртуальних мереж: VLAN1 – мережа архітектур-

но-будівельного відділу, до якої входить головний інженер та відділ досліджень (один сервер, 15 комп'ютерів); VLAN2 – мережа бухгалтерії (один сервер, 3 комп'ютери); VLAN3 – відділ управління залізниці та електрифікації (один сервер, 8 комп'ютерів); VLAN4 – мережа загального призначення (5 комп'ютерів); VLAN5 – відділ кадрів (3 комп'ютери). Основною перевагою технології віртуальних локальних мереж є створення повністю ізольованих сегментів мережі шляхом логічного конфігурування комутаторів, не вдаючись до зміни фізичної структури.

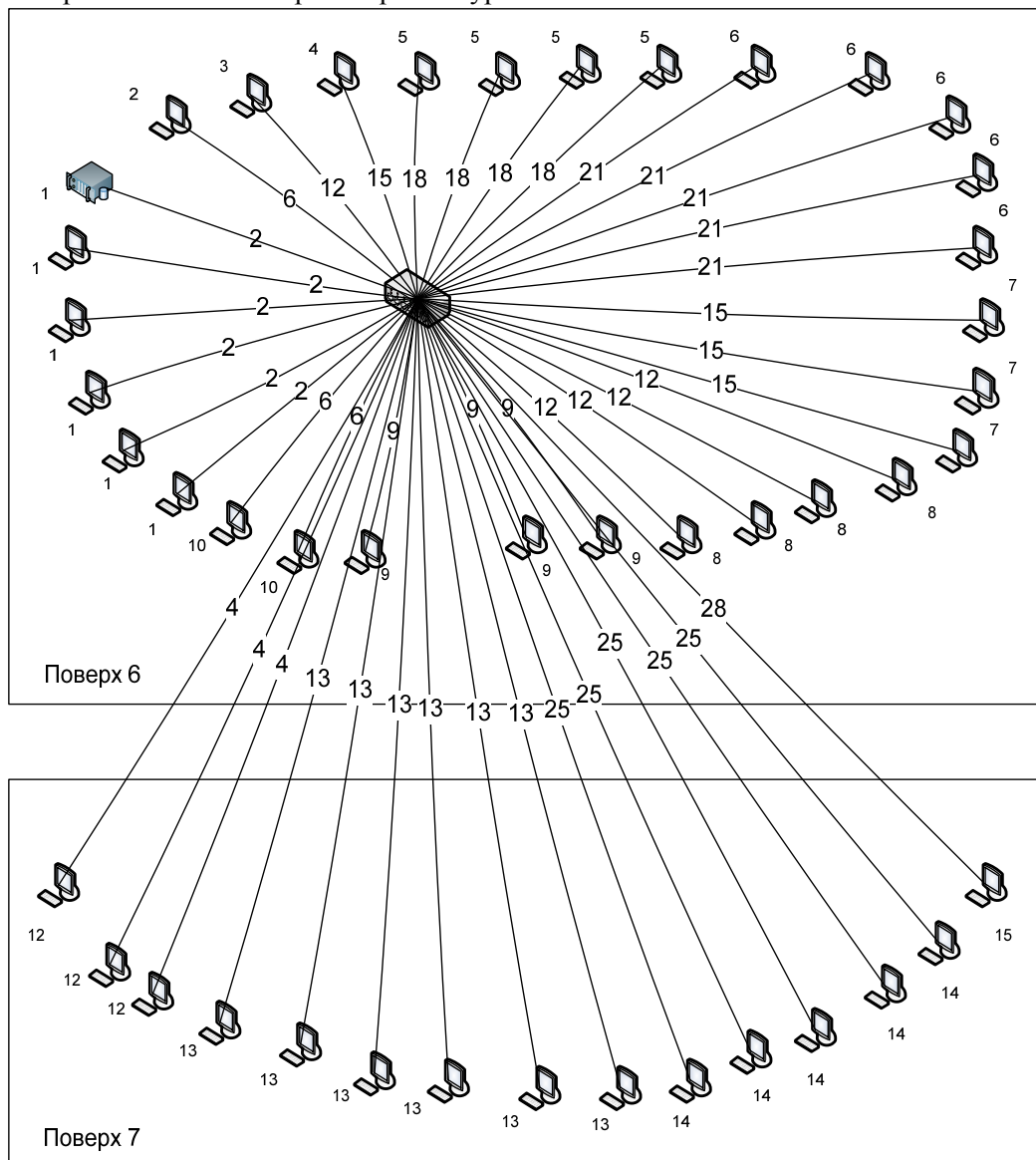


Рис. 2. Логічна структуризація мережі Fast Ethernet

МОДЕЛЮВАННЯ ЗАДАЧ ТРАНСПОРТУ ТА ЕКОНОМІКИ

Розробка імітаційних моделей VLAN «Дніпрозалізничпроект» велась у Cisco Packet Tracer, який дозволяє найбільш широко і детально представити структуру локальних мереж, у тому числі й віртуальних, з можливістю тонкого налаштування моделей реального мережного обладнання Cisco.

На третьому етапі, згідно з механізмом групування портів, на об'єкті встановлено два комутатори Cisco2950-24, до одного з яких підключено всі п'ять віртуальних локальних мереж, до другого – три (VLAN1, VLAN3, VLAN5). Оскільки механізм групування портів

передбачає з'єднання комутаторів за принципом «одна підмережа – одне з'єднання», то між комутаторами встановлено три зв'язки для кожної VLAN1-VLAN3 (рис. 3).

На четвертому етапі розглянута організація VLAN «Дніпрозалізничпроект» за стандартом IEEE 802.1Q. На відміну від попереднього механізму, використання цього стандарту скорочує час налаштування мережі, а також полегшує її адміністрування, але потребує наявності обладнання підтримуючого формат кадру за даним стандартом/

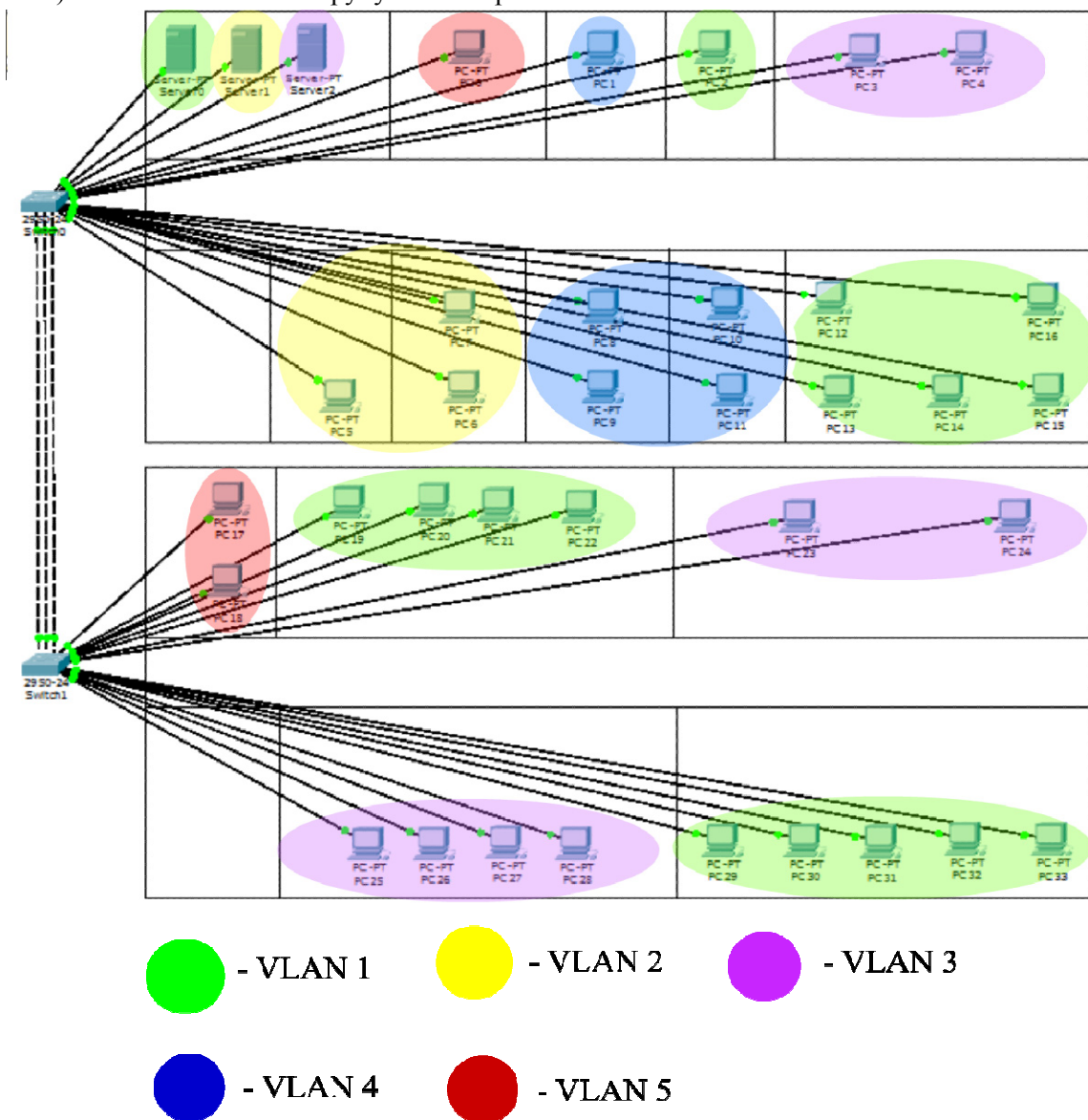


Рис. 3. Організація VLAN за механізмом групування портів

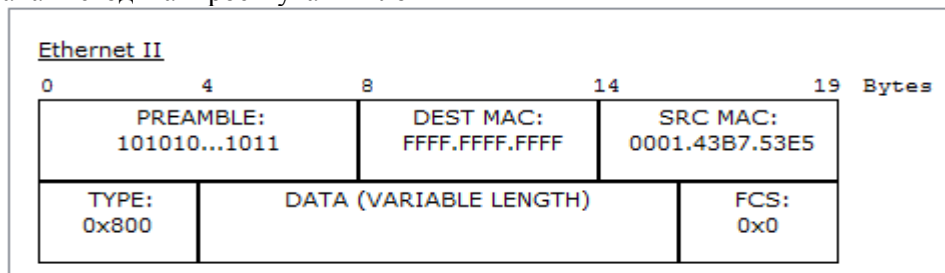
МОДЕЛЮВАННЯ ЗАДАЧ ТРАНСПОРТУ ТА ЕКОНОМІКИ

Робоча станція генерує стандартний Ethernet-кадр (рис. 4 *a*), при надходженні до комутатора кадр перетворюється в кадр формату IEEE 802.1Q (рис. 4 *b*) і посиляється на інші комутатори. На інших комутаторах цей кадр розбирається, знову перетворюється в оригінальний Ethernet-кадр та посиляється тим станціям, які належать до тієї ж VLAN, що й відправник. Даний механізм дозволяє зменшити кількість ліній між комутаторами з трьох до однієї, тому що спостерігається відповідність MAC-адреси станції-приймальника з VLAN, а не номера порту з VLAN.

Наукова новизна та практична значимість

Запропонована методика проектування ло-

a



b

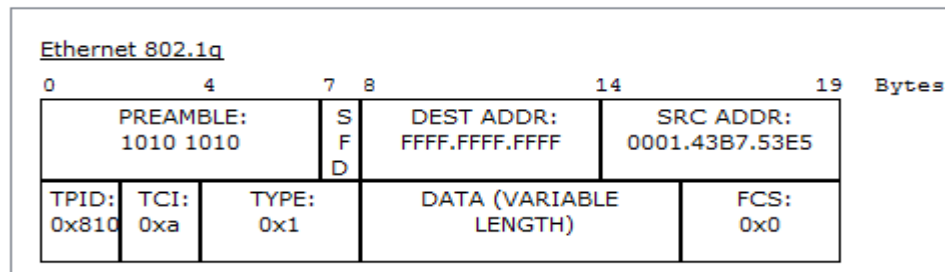


Рис. 4. Формат кадру: *a* – стандартного Ethernet; *b* – стандарту IEEE 802.1Q

Висновки

1. При переході з технології Ethernet на технологію Fast Ethernet в мережі «Дніпрозалізничпроект» недостатньо вирішення задачі її фізичної структуризації (конфігурація мережі визначена коректною, знайдений поріг мережі), необхідно також виконати рішення задачі її логічної структуризації (заміна двох концентраторів на один комутатор). Моделювання на відповідних імітаційних моделях Fast Ethernet та Switched Fast Ethernet, які розроблені в пакеті NetCraker, відповідає основним вимогам.

2. При організації VLAN «Дніпрозалізничпроект» використання стандарту IEEE 802.1Q,

кальних мереж за технологією VLAN, яка має вагомими перевагами. Перехід від технології Ethernet до технології VLAN дозволяє відділити фізичну топологію від логічної, а формат кадрів за стандартом IEEE 802.1Q дає можливість спростити сам процес впровадження віртуальних мереж в організації. Мережа «Дніпрозалізничпроект» будівлі Управління Придніпровської залізниці, що побудована за технологією Ethernet, може бути удосконалена як за технологією Fast Ethernet, так і за технологією VLAN. При цьому активне обладнання мережі має бути завантажено не більш ніж на 50 % для подальшого розвитку мережі; основні вимоги до трафіку: розмір транзакції сягає від 800 до 1400 байт, час між транзакціями від 0,05 до 1 с.

на відміну від механізму групування портів: скорочує час налаштування мережі, полегшує її адміністрування, дозволяє зменшити кількість ліній між комутаторами з трьох до однієї, але вимагає наявності обладнання підтримуючого формату кадру за даним стандартом. Крім того, віртуальні мережі можуть перехрещуватися, що дозволяє створювати поділювані мережні ресурси. Організація VLAN за різними механізмами представлена на відповідних імітаційних моделях в Cisco Packet Tracer.

3. Кожен з варіантів удосконалення мережі «Дніпрозалізничпроект» має свої переваги. Так перехід з технології Ethernet на технологію Fast Ethernet простий та найбільш економічний, по-

МОДЕЛЮВАННЯ ЗАДАЧ ТРАНСПОРТУ ТА ЕКОНОМІКИ

требує одного комутатора для забезпечення основних вимог (при організації VLAN не менше двох комутаторів). Але технологія VLAN дає такі переваги: групування вузлів в окремі віртуальні мережі з можливістю створення правил для цих груп, зниження навантаження на мережу, ізолювання ширококомовного трафіку, зміна логічної структури мережі, не вдаючись до зміни фізичної структури, а також підвищення безпеки мережі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Андерсон, К. Локальные сети. Полное руководство / К. Андерсон, М. Минаси. – СПб. : КОРОНА принт, 1999. – 626 с.
- Берри, Н. Компьютерные сети / Н. Берри. – М. : БИНОМ, 1996. – 400 с.
- Бутаев, М. М. Моделирование сетей ЭВМ / М. М. Бутаев, Н. Н. Коннов. – Пенза : Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2007. – 56 с.
- Куил, Л. Fast Ethernet Компьютерные сети / Л. Куил, Р. Рассел. – К. : ВНУ, 1998. – 448 с.
- Кулаков, Ю. А. Компьютерные сети / Ю. А. Кулаков, С. В. Омелянский. – К. : Юниор, 1999. – 544 с.
- Марк, А. Высокопроизводительные сети. Энциклопедия пользователя / А. Марк. – К. : ДиаСофт, 1998. – 432 с.
- Новиков, Ю. В. Локальные сети: архитектура, алгоритмы, проектирование / Ю. В. Новиков, С. В. Кондратенко. – М. : ЭКОМ, 2000. – 312 с.
- Олифер, В. Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы / В. Г. Олифер, Н. А. Олифер. – СПб. : Питер, 2001. – 672 с.
- Пахомова, В. Н. Анализ локальных вычислительных сетей сортировочных станций на основе имитационной модели TOKEN RING / В. Н. Пахомова, А. А. Прудко // Зб. наук. пр. Дніпропетр. держ. техн. ун-ту заліз. трансп. «Транспорт». – Д., 2002. – Вип. 12. – С. 131–136.
- Пахомова, В. М. Возможность использования технологий 100VG-AnyLAN в информационных системах залізничного транспорту / В. М. Пахомова, Т. І. Скабалланович, Д. А. Ляхов // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д., 2012. – Вип. 41. – С. 199–204.
- Пахомова, В. М. Демонстрація організації віртуальних локальних мереж на програмній моделі / В. М. Пахомова, В. В. Заханевич // Зб. наук. пр. Донецького ін-ту заліз. трансп. – Донецьк, 2012. – Вип. 31. – С. 85–94.
- Пахомов, С. Возможности современных коммутаторов по организации виртуальных сетей [Электронный ресурс] / С. Пахомов // М. : КомпьютерПресс. – 2005. – № 4. – Режим доступа: <http://www.compress.ru/article.aspx?id=10522&iid=430>. – Загл. с экрана.
- Семенов, А. Б. Проектирование и расчет структурированных кабельных систем и их компонентов / А. Б. Семенов. – М. : ДМК Пресс, 2003. – 416 с.
- Таненбаум, Э. Компьютерные сети / Э. Таненбаум. – СПб. : Питер, 2007. – 992 с.
- Metcalfе, R. M. Ethernet: Distributed Packet Switching for Local Computer Networks / R. M. Metcalfe, D. R. Boggs // Communications of the ACM. – 1976. – Vol. 19. – P. 395–404.
- Nagle, J. On Packet Switches with Infinite Storage / J. Nagle // IEEE Transactions on Communications. – 1987. – Vol. COM-35. – P. 435–438.
- Sari, H. Extending the Capacity of Multiple Access Channels / H. Sari, F. Vanhaverbeke, M. Moeneclaey. – IEEE Communications Magazine. – 2000. – Vol. 38. – P. 74–82.

В. Н. ПАХОМОВА^{1*}

^{1*}Каф. «Электронные вычислительные машины», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, 49010, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (056) 373 15 89, эл. почта viknik.p1988@mail.ru

МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ РАЦИОНАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ СЕТИ ПРЕДПРИЯТИЯ С ПОМОЩЬЮ ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ

Цель. Поиск новых вариантов перехода от технологии Ethernet. **Методика.** Физическая структуризация сети Fast Ethernet на основе хабов и логическая структуризация сети Fast Ethernet с использованием коммутаторов. Организация VLAN на основе группировки сети портов и в соответствии со стандартом IEEE 802.1Q. **Результаты.** Предложены возможные варианты усовершенствования сети Ethernet: в соответствии с технологиями Fast Ethernet и VLAN на имитационных моделях в пакетах NetCraker и Cisco Packet Tracer соответственно. **Научная новизна.** Предложена методика проектирования локальной сети с использованием

МОДЕЛЮВАННЯ ЗАДАЧ ТРАНСПОРТУ ТА ЕКОНОМІКИ

технологии VLAN. **Практическая значимость.** Каждый из вариантов усовершенствования сети «Днепро-железнодорожный проект» имеет свои преимущества. Переход от технологии Ethernet на технологию Fast Ethernet простой и экономный, требует одного коммутатора, а при организации VLAN – не менее двух. Однако технология VLAN обладает следующими преимуществами: снижение нагрузки на сеть, изолирование широковещательного трафика, изменение логической структуры сети без изменения физической структуры, повышение безопасности сети. Переход от технологии Ethernet к технологии VLAN позволяет отделить физическую топологию от логической, а формат кадров стандарта IEEE 802.1Q дает возможность упростить сам процесс внедрения виртуальных сетей в предприятия.

Ключевые слова: физическая и логическая структуризация сети Fast Ethernet; виртуальная локальная сеть; группировка портов; кадр стандарта IEEE 802.1Q

V. N. PAKHOMOVA^{1*}

^{1*}Dep. «Electronic computers», Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan Str. 2, 49010, Dnipropetrovsk, Ukraine, tel. +38 (056) 373 15 89, e-mail viknik.p1988@mail.ru

METHOD OF CONSTRUCTION OF RATIONAL CORPORATE NETWORK USING THE SIMULATION MODEL

Purpose. Search for new options of the transition from Ethernet technology. **Methodology.** Physical structuring of the Fast Ethernet network based on hubs and logical structuring of Fast Ethernet network using commutators. Organization of VLAN based on ports grouping and in accordance with the standard IEEE 802.1Q. **Findings.** The options for improving of the Ethernet network are proposed. According to the Fast Ethernet and VLAN technologies on the simulation models in packages NetCraker and Cisco Packet Tracer respectively. **Originality.** The technique of designing of local area network using the VLAN technology is proposed. **Practical value.** Each of the options of "Dniprozaliznychproekt" network improving has its advantages. Transition from the Ethernet to Fast Ethernet technology is simple and economical, it requires only one commutator, when the VLAN organization requires at least two. VLAN technology, however, has the following advantages: reducing the load on the network, isolation of the broadcast traffic, change of the logical network structure without changing its physical structure, improving the network security. The transition from Ethernet to the VLAN technology allows you to separate the physical topology from the logical one, and the format of the IEEE 802.1Q standard frames allows you to simplify the process of virtual networks implementation to enterprises.

Keywords: physical and logical structuring of the network Fast Ethernet; virtual local area network; port grouping; IEEE 802.1Q standard frame

REFERENCES

1. Anderson K., Minasi M. *Lokalnyye seti. Polnoye rukovodstvo* [Local area networks. Complete direction]. Saint Petersburg, KORONA print Publ., 1999. 626 p.
2. Berri N. *Kompyuternyye seti* [Computer networks]. Moscow, BINOM Publ., 1996. 400 p.
3. Butayev M.M., Konnov N.N. *Modelirovaniye setey EVM* [Modeling of the electronic computer networks]. Penza, Izd-vo Penz. gos. un-ta Publ., 2007. 56 p.
4. Kuil L., Rassel R. *Fast Ethernet Kompyuternyye seti* [Fast Ethernet Computer systems]. Kyiv, BHV Publ., 1998. 448 p.
5. Kulakov Yu.A., Omelyanskiy S.V. *Kompyuternyye seti* [Computer networks]. Kyiv, Yuniur Publ., 1999. 544 p.
6. Mark A. *Vysokoproizvoditelnyye seti. Entsiklopediya polzovatelya* [High efficiency networks. User's guideline]. Kiv, DiaSoft Publ., 1998. 432 p.
7. Novikov Yu.V., Kondratenko S.V. *Lokalnyye seti: arkhitektura, algoritmy, proektirovaniye* [Local area networks: architecture, algorithms, design]. Moscow, EKOM Publ., 2000. 312 p.
8. Olifer V.G., Olifer N.A. *Kompyuternyye seti. Printsipy, tekhnologii, protokoly* [Computer networks. Principles, technologies, protocols]. Saint Petersburg, Piter Publ., 2001. 672 p.
9. Pakhomova V.N., Prudko A.A. Analiz lokalnykh vychislitelnykh setey sortirovochnykh stantsiy na osnove imitatsionnoy modeli TOKEN RING [Analysis of the local computer networks of the railway yard on the basis of simulation model TOKEN RING]. *Transport* [Transport], 2002, issue 12, pp. 131-136.

МОДЕЛЮВАННЯ ЗАДАЧ ТРАНСПОРТУ ТА ЕКОНОМІКИ

10. Pakhomova V.M., Skaballanovych T.I., Liakhov D.A. Mozhyvist vykorystannia tekhnolohii 100VG-AnyLAN v informatsiinykh systemakh zaliznychnoho transportu [The ability to use the technologies 100VG-AnyLAN in information systems of railway transport]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazariana* [Bulletin of Dnipropetrovsk National University named after Academician V. Lazaryan], 2012, issue 41. pp. 199-204.
11. Pakhomova V.M., Zakhanevych V.V. Demonstratsiia orhanizatsii virtualnykh lokalnykh merezh na prohramnii modeli [Demonstration of the virtual local area networks organization on the program model]. *Zbirnyk naukovykh prats Donetskoho instytutu zaliznychnoho transportu* [Proceedings of the Donetsk Railway Transport Institute], 2012, issue 31, pp. 85-94.
12. Pakhomov S. Vozmozhnosti sovremennykh kommutatorov po organizatsii virtualnykh setey (Possibilities of the modern commutators in modern networks organization). *KompyuterPress – ComputerPress*, 2005, no. 4. Available at: <http://www.compress.ru/article.aspx?id=10522&iid=430> (Accessed 6 June 2013).
13. Semenov A.B. *Proyektirovaniye i raschet strukturirovannykh kabelnykh sistem i ikh komponentov* [Engineering and design of structured cable systems and their components]. Moscow, DMK Press Publ., 2003. 416 p.
14. Tanenbaum E. *Kompyuternyye seti* [Computer networks]. Saint Petersburg, Piter Publ., 2007. 992 p.
15. Metcalfe R.M., Boggs D.R. Ethernet: Distributed Packet Switching for Local Computer Networks. *Communications of the ACM*, 1976, vol. 19, pp. 395-404.
16. Nagle J. On Packet Switches with Infinite Storage. *IEEE Transactions on Communications*, 1987, vol. COM-35, pp. 435-438.
17. Sari H., Vanhaverbeke F., Moeneclaey M. Extending the Capacity of Multiple Access Channels. *IEEE Communications Magazine*, 2000, vol. 38, pp. 74-82.

Стаття рекомендована до публікації д.т.н., проф. О. І. Михальовим (Україна); д.т.н., проф. І. В. Жуковицьким (Україна)

Надійшла до редколегії 08.04.2013

Прийнята до друку 21.06.2013