

У Д К 004.7-047.58:656.2

Пахомова В. М.

доцент кафедри «Електронні обчислювальні машини»,
Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені
академіка В. Лазаряна, ел. пошта viknik.p1988@mail.ru

ДОСЛІДЖЕННЯ НА ІМІТАЦІЙНИХ МОДЕЛЯХ МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ АТМ В ІНФОРМАЦІЙНО- ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІЙ СИСТЕМІ ПРИДНІПРОВСЬКОЇ ЗАЛІЗНИЦІ

Мета. Оцінити інтеграцію технології АТМ тільки у деяку частину ІТС Придніпровської залізниці. **Методика.** Розробити імітаційні моделі, для оцінки адекватності яких використати реальні дані мережного трафіку в ІТС Придніпровської залізниці. На розроблених імітаційних моделях провести експериментальні дослідження часу доставки повідомлення від ступеню завантаженості мережі, розміру повідомлення, а також при збільшенні кількості звертань до мережі. **Результати.** Із зростанням ступеня завантаженості мережі від 266 до 366 станцій мережі, при збільшенні розміру повідомлення від 2000 до 10000 байт та при збільшенні кількості звертань до мережі (зменшення часу між транзакціями від 0,008 до 0,004 с) найменший середній час доставки повідомлення досягається на імітаційних моделях АТМ Fast-DK і GigaFast-DK. Середній час доставки повідомлення приблизно однаковий на імітаційних моделях АТМ Fast-DK і GigaFast-DK, але на імітаційній моделі GigaFast-DK найбільша кількість напрямків відмовлення (144 із 550) при збільшенні кількості звертань до мережі (час між транзакціями 0,002 с). **Висновок.** У ІТС Придніпровської залізниці доцільно використання технології АТМ, в зрівнянні з технологією Gigabit Ethernet, але лише на ділянці Дніпропетровськ-Київ.

Ключові слова: Придніпровська залізниця, АТМ, імітаційна модель, мережний трафік, час доставки повідомлення.

Постановка проблеми

Існуючі технології в інформаційно-телекомунікаційній системі (ІТС) Придніпровської залізниці (IP, Ethernet, Fast Ethernet та інші) не в змозі

забезпечити необхідну якість обслуговування QoS (Quality of Service), саме технологія АТМ може бути використана за основу. Незважаючи на те, що технологія АТМ має ряд переваг над Fast Ethernet, повномасштабна реалізація високо коштовної технології навряд чи виправдана, тому доречно провести ряд додаткових експериментальних досліджень. Для цього розглянутий один із основних фрагментів ІТС Придніпровської залізниці.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Технологія асинхронного режиму передачі (Asynchronous Transfer Mode, АТМ) – це технологія, яка має вбудовані можливості управління QoS та характеризується широким набором наступних властивостей [3]: висока пропускна здатність; можливість організації високошвидкісних з'єднань; надання гарантованої смуги пропускання; універсальна сумісність. Підхід, реалізований в технології АТМ, полягає у передачі будь-якого виду трафіку (комп'ютерного, телефонного або відео) пакетами фіксованої і дуже маленької довжини в 53 байти (комірками) [8-10]. Специфікація LANE описує окремо емульовані локальні мережі (наприклад, Ethernet і Token Ring), але вона не визначає явно, як організувати зв'язок безпосередньо між двома типами емульованих локальних мереж; зв'язати їх можна за допомогою маршрутизатора або комутатора АТМ, причому він повинен бути клієнтом кожної з емульованих локальних мереж [5]. Про необхідність узгодження технології АТМ з технологіями локальних мереж в інформаційних системах на залізничному транспорті говорилось в [7]. Для дослідження характеристик мережі АТМ доцільно використати метод імітаційного моделювання. В програмі Netcracker розроблена імітаційна модель мережі кафедри «Електронні системи» в Запоріжській державній інженерній академії за технологією АТМ; в [1] виконані етапи синтезу, аналізу та оптимізації мережі. У [6] представлена в програмі CLASS 6.20f імітаційна модель міської транспортної мережі на основі АТМ; проведені дослідження ймовірності втрат комірок та середньої затримки в мережі. Дослідження в [6] показали, що неприпустимі втрати починають виникати лише при 4-х кратному збільшенні навантаження від номінального.

Поява самоподібних властивостей, що відбуваються в мультисервісній телекомунікаційній мережі, і затримок, неузгоджених з вимогами провайдера при передачі трафіку, є основним питанням, яке потребує вирішення в [4]; для аналізу класу розподілів процесів надходження інтервалів часу між пакетами і тривалості пакетів використана програма Easyfi Professional. У [2] представлена в програмі Netcracker імітаційна модель мережі Московського державного технічного університету імені Баумана на базі АТМ, моделювання якої дозволить перевірити ефективність роботи мережі із різним типом трафіку та визначити стабільність мережі із різним навантаженням.

Формулювання цілей

Оцінити інтеграцію технології АТМ тільки у деяку частину ІТС Придніпровської залізниці. Розробити в програмі Netcracker імітаційні моделі, на яких визначити слабкі сторони існуючої мережі та проаналізувати здатність мережі до модернізації на основі технології АТМ.

Основний матеріал

Імітаційне моделювання. У програмі Netcracker розроблені імітаційні моделі: АТМ Fast-DK, АТМ -DK, GigaFast-DK. Імітаційна модель АТМ Fast-DK відображає впровадження технології АТМ лише на ділянці Дніпропетровськ-Київ, в будівлях залишається Fast Ethernet. У моделі використовується мультипротокольний комутатор Catalyst 5000 (з доданими модулями WS-X 5162, WS-X 5530-E2), вибір якого аргументований тим, що він забезпечує повну підтримку Fast EtherChannel та АТМ. Окрім того, комутатор Catalyst 5000 за допомогою модуля WS-X 5162 підтримує емуляцію локальної мережі в середовищі АТМ.

Імітаційна модель АТМ -DK повністю моделює роботу фрагмента ІТС за технологією АТМ. У моделі АТМ -DK станції забезпечені адаптерами АТМ, що надають можливість їх поєднання із комутаторами АТМ за допомогою волоконнооптичного кабелю. У моделі АТМ -DK використовується комутатор IGX 8410 із модулями: IGX-FRM with BC-6254A-X21 для з'єднання міст; IGX-

U X M with B C -U A I-2-155-S M F для з'єднання з локальною мережею. Комутатор A T M з'єднується з хмарою за допомогою кабелю Local M ultiw ire Cable.

Імітаційна модель G igaFast-D K моделює роботу фрагмента існуючої ІТ С : за технологією G iga b it Ethernet (між містами) та Fast Ethernet (в будівлях). У комутаторах Catalyst 5000 використовуються модулі: W S -X 5403 для міжміського з'єднання; I G X -U X M with B C -U A I-2-155-S M F для поєднання з локальною мережею будівлі.

Аналіз одержаних результатів на імітаційних моделях. Для оцінки адекватності розроблених імітаційних моделей використовуються реальні дані мережного трафіку в ІТ С Придніпровської залізниці (Дніпропетровськ-Київ) за 01.04.2016 р. (від 14:08 до 16:07). На імітаційних моделях використовується функція Set traffic для завдання мережного трафіку, який має наступну структуру: станції мережі передають трафік на сервера першого рівня головної будівлі Дніпропетровська (категорія InterLan traffic); сервера першого рівня передають трафік на головний сервер S M P L N Pro NetServer D N (категорія File client-server); головний сервер Дніпропетровська передає трафік на аналогічний сервер головної будівлі Києва (категорія File client-server); головний сервер Києва поширює трафік по серверам першого рівня (категорія File client-server); сервера першого рівня поширюють трафік по станціям мережі Києва (категорія InterLan traffic). Середній час відповіді, отриманий на імітаційних моделях G igaFast-D K, A T M Fast-D K, A T M -D K становить 113,4 мс, 105,6 мс, 108,4 мс відповідно, що майже дорівнює реальному значенню 113,4 мс, тобто розроблені імітаційні моделі можливо використати в організації наступних досліджень.

Дослідження залежності часу доставки повідомлення від ступеню завантаженості мережі. У кожному дослідженні проводиться по три експерименти на кожній імітаційній моделі: A T M Fast-D K, A T M -D K, G igaFast-D K. Тривалість роботи моделей складає: 1 хвилину в експериментах № 1-2, 10 хвилин в експерименті № 3. Результатами роботи імітаційних моделей є швидкість потоку трафіку на ділянках мережі (їх 7) та час доставки повідомлень в мережі. Загальна кількість станцій мережі, що передають

повідомлення, дорівнює: 266 в експерименті № 1; 316 в експерименті № 2; 366 в експерименті № 3. Так наприклад, в експерименті № 1 середня швидкість потоку трафіка в мережі на моделі АТМ Fast-DK складає 9,25 Кбіт/с, на моделях АТМ -DK і GigaFast-DK - 9,3 Кбіт/с. На основі отриманих даних побудовані графіки залежності часу доставки повідомлення від ступеню завантаженості мережі на різних імітаційних моделях та представлені на рис. 1.

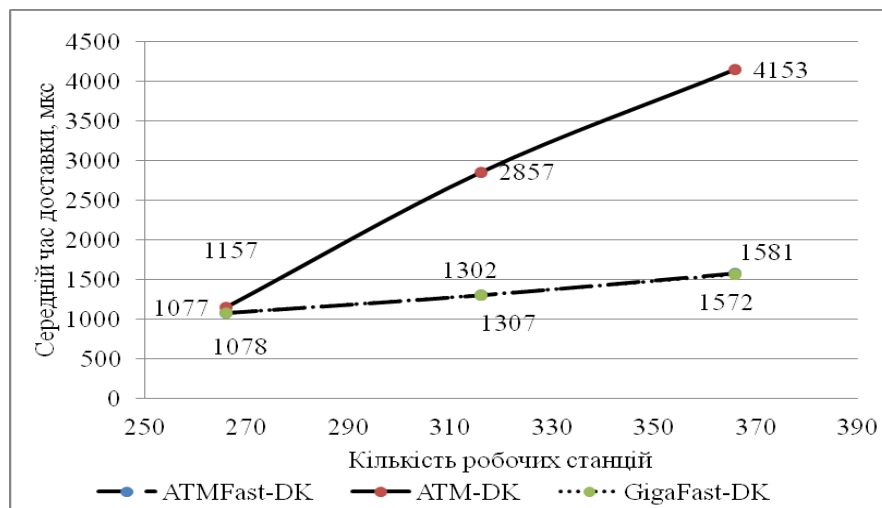


Рисунок 1 – Залежність часу доставки повідомлення від ступеню завантаженості мережі

Із рисунку видно, що значення середнього часу доставки повідомлення в мережі збільшується на всіх імітаційних моделях, але на імітаційних моделях АТМ Fast-DK і GigaFast-DK середній час доставки повідомлення збільшується приблизно у 1,5 рази, тоді як на імітаційній моделі АТМ -DK - у 3,6 рази, тобто повна інтеграція технології АТМ недоцільна.

Дослідження залежності часу доставки повідомлень від розміру повідомлення. При моделюванні час між транзакціями складав 0,008 с. На підставі отриманих даних побудовані графіки залежності часу доставки повідомлення від його розміру та представлені на рис. 2. Із рисунку видно, що збільшення середнього часу доставки повідомлення від його розміру: у 2,4 рази на моделі АТМ -DK; у 3,9 рази на моделі АТМ Fast-DK; у 4 рази на моделі GigaFast-DK. Проте порівнявши отримані значення на всіх імітаційних моделях спостерігається, що середній час доставки повідомлення на моделі АТМ -DK приблизно у 1,9 рази вищий, ніж на моделях АТМ Fast-DK та GigaFast-DK. Із

вище сказаного слідує, що доцільна інтеграція АТМ тільки у деяку частину комп'ютерної мережі ІТС Придніпровської залізниці: ділянку Дніпропетровськ-Київ.

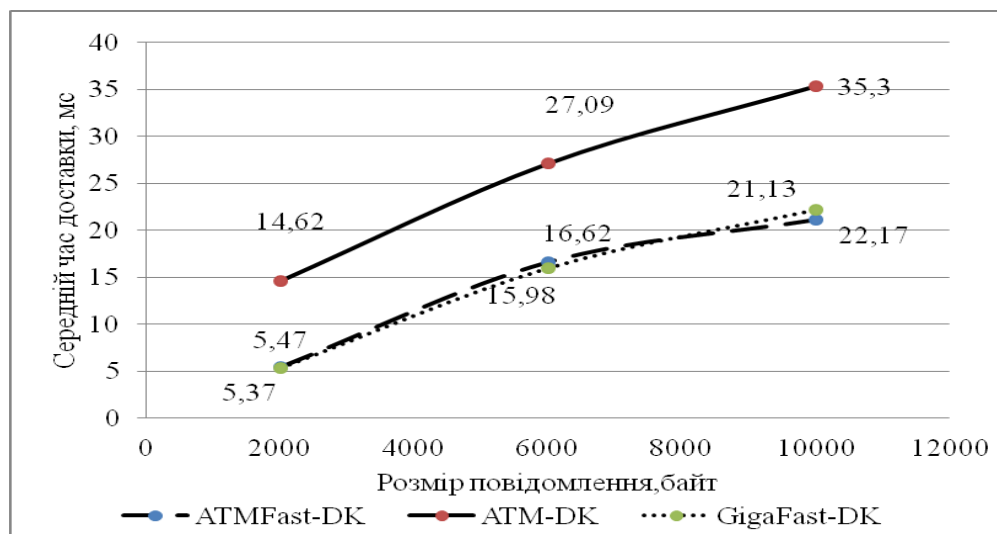


Рисунок 2 – Залежність часу доставки повідомлення від його розміру

Дослідження залежності часу доставки повідомлень при збільшенні кількості звертань до мережі. У дослідженні розмір повідомлення складає 10000 байт. У експериментах № 1-3 зменшується час між транзакціями та дорівнює 0,008; 0,004; 0,002 с відповідно. На підставі отриманих даних побудовані графіки залежності часу доставки повідомлення при збільшенні кількості звертань до мережі та представлені на рис. 3.

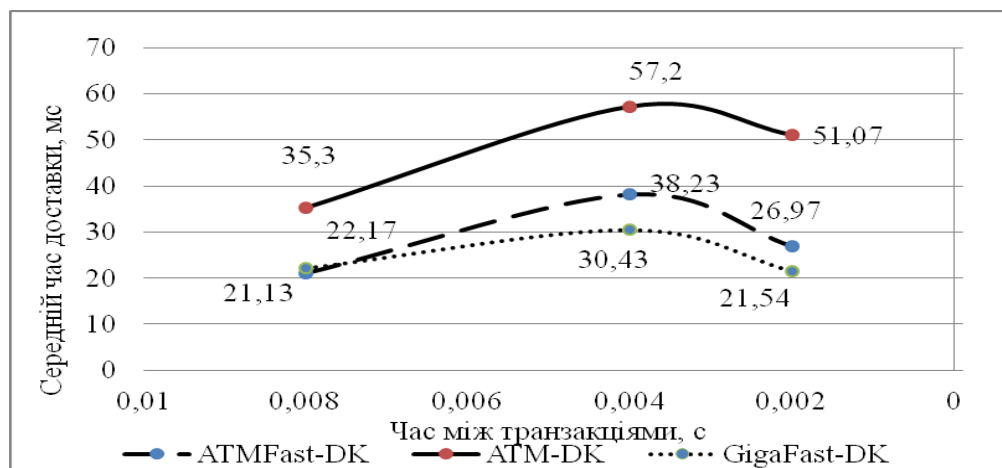


Рисунок 3 – Залежність часу доставки повідомлення при збільшенні кількості звертань до мережі

Із рисунку видно, що у експериментах № 1-2 імітаційні моделі працюють якісно та безперебійно, але у експерименті № 3 моделі починають не

справлятися із навантаженням. Пониження середнього часу доставки свідчить, що на імітаційних моделях передаються не всі повідомлення. Так зокрема, із 550 напрямків передачі повідомлень на моделі АТМ-DК відмовило 78 напрямків, на моделі АТМ Fast-DК – 119, на моделі GigaFast-DК – 144.

При оцінюванні значень експериментів № 1-2 середній час доставки повідомлення при збільшенні кількості звертань до мережі збільшився: у 1,8 рази на моделі АТМ Fast-DК; у 1,6 рази на моделі АТМ-DК; у 1,3 рази на моделі GigaFast-DК. Проте порівнявши отримані значення в експериментах № 1-2 на всіх імітаційних моделях спостерігається, що середній час доставки повідомлення при збільшенні кількості звертань до мережі на моделі АТМ-DК у 1,6 рази вищий ніж на моделі АТМ Fast-DК та у 1,75 рази вищий ніж на моделі GigaFast-DК. Оскільки, середній час доставки повідомлення приблизно однаковий на моделях АТМ Fast-DК і GigaFast-DК, але на моделі GigaFast-DК найбільша кількість напрямків відмовлення при збільшенні кількості звертань до мережі, то доречно використання технології АТМ лише на ділянці Дніпропетровськ-Київ.

Висновки і перспективи подальших досліджень

1. АТМ являється технологією, що дозволяє передавати інтегральний трафік (голос, відео, дані), одночасно задовольняючи несумісним вимогам до умов передачі та жорстким умовам в плані завантаженості каналів зв'язку.

2. Для дослідження ІТС Придніпровської залізниці розроблені в Netcracker імітаційні моделі: АТМ Fast-DК, АТМ-DК, GigaFast-DК. Середній час відповіді на моделі АТМ Fast-DК становить 105,6 мс, що відрізняється на 7 % від реального значення. Середній час відповіді на моделі АТМ-DК становить 108,4 мс, що відрізняється на 4 % від реального значення. Середній час відповіді на моделі GigaFast-DК становить 113,4 мс, що відповідає реальному значенню.

3. Оскільки, середній час доставки повідомлення приблизно однаковий на моделях АТМ Fast-DК і GigaFast-DК, але на моделі GigaFast-DК найбільша кількість напрямків відмовлення при збільшенні кількості звертань до мережі,

то в ІТС Придніпровської залізниці доцільно використання технології АТМ в зрівнянні з технологією Gigabit Ethernet, але лише на ділянці Дніпропетровськ-Київ. Окрім того, Gigabit Ethernet покладається на алгоритм остовного дерева для ліквідування циклів та відключення збиткових з'єднань, у той час як АТМ надає механізм, що дозволяє не тільки використовувати збиткові канали, але і балансувати завантаження між ними. У подальшому на імітаційній моделі необхідно перевірити ефективність роботи мережі із різним типом трафіку.

Література

1. *Василенко, О.В.* Моделювання електронних систем [Текст] / О.В. Василенко. – Запоріжжя: ЗДІА, 2013. – 130 с.
2. *Галкин, В.А.* Подходы к построению имитационных моделей сети хранения данных [Электронный ресурс] / В.А. Галкин, Н.А. Миляев // Инженерный вестник. – 2013. – № 8. – С. 527–536. – Режим доступа: <http://engbul.bmstu.ru/doc/638235.html>.
3. *Дикер-Пилдуш, Г.* Сети АТМ корпорации Cisco: пер. с англ. [Текст] / Г. Дикер-Пилдуш. – Москва: Издательский дом «Вильямс», 2004. – 880 с.
4. *Киреева, Н.В.* Частный случай исследования параметров трафика сети для определения законов распределения времени передачи пакетов [Электронный ресурс] / Н.В. Киреева, Л.Р. Чупахина // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 5-3. – Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/chastnyy-sluchay-issledovaniya-parametrov-trafika-seti-dlya-opredeleniya-zakonov-raspredeleniya-vremeni-peredachi-paketov>.
5. *Князева, Г.В.* Исследование проблем объединения технологий Ethernet и АТМ при построении локальных вычислительных сетей [Электронный ресурс] / Г.В. Князева // Вестник ВУиТ. – 2011. – № 17. – Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-problem-obedineniya-tehnologiy-ethernet-i-atm-pri-postroenii-lokalnyh-vychislitelnyh-setey>.
6. *Коломієць, В.Ф.* Міжнародні інформаційні системи [Текст] / В.Ф. Коломієць; за ред. В.П. Гондюла. – Київ: Київський університет, 2001. – 458 с.

7. Пахомова, В.М. М о ж л и в о с т і р о з в и т к у к о м п ' ю т е р н и х м е р е ж у а в т о м а т и з о в а н и х с и с т е м а х з а л і з н и ч н о г о т р а н с п о р т у [Текст] / В.М. Пахомова. – Дніпропетровськ: Дніпр. нац. унів. залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2016. – 203 с.

8. Ропчан, С. В с е о А Т М [Текст] / С. Ропчан. – Системный администратор. – 2003. – № 4 (5). – С. 60–72.

9. Kyas, O. A T M N e t w o r k s [Text] / O. Kyas, G. Crawford. – Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2002.

10. A T M G l o s s a r y . A T M F o r u m s i t e , <http://www.atmforum.com>.

Пахомова В. Н.

доцент кафедры «Электронные вычислительные машины», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна,
эл. почта viknik.p1988@mail.ru

И С С Л Е Д О В А Н И Е Н А И М И Т А Ц И О Н Н Ы Х М О Д Е Л Я Х В О З М О Ж Н О С Т И И С П О Л Ь З О В А Н И Я Т Е Х Н О Л О Г И И А Т М В И Н Ф О Р М А Ц И О Н Н О - Т Е Л Е К О М М У Н И К А Ц И О Н Н О Й С И С Т Е М Е П Р И Д Н Е П Р О В С К О Й Ж Е Л Е З Н О Й Д О Р О Г И

Цель. Оценить интеграцию технологии АТМ только в некоторые части ИТС Приднепровской железной дороги. **Методика.** Разработать имитационные модели, для оценки адекватности которых использовать реальные данные сетевого трафика в ИТС Приднепровской железной дороги. На разработанных имитационных моделях провести экспериментальные исследования времени доставки сообщения от степени загруженности сети, размера сообщения, а также при увеличении количества обращений к сети. **Результаты.** С ростом степени загруженности сети от 266 до 366 станций сети, при увеличении размера сообщения от 2000 до 10000 байт и при увеличении количества обращений к сети (уменьшение времени между транзакциями от 0,008 до 0,004 с) наименьшее среднее время доставки сообщения достигается на имитационных моделях АТМ Fast-DK и GigaFast-DK. Среднее время доставки сообщения примерно одинаково на имитационных моделях АТМ Fast-DK и

GigaFast-DK, но на имитационной модели GigaFast-DK наибольшее количество направлений отказа (144 из 550) при увеличении количества обращений к сети (время между транзакциями 0,002 с). **Вывод.** В ИТС Приднепровской железной дороги целесообразно использование технологии АТМ, в сравнении с технологией Gigabit Ethernet, но только на участке Днепропетровск-Киев.

Ключевые слова: Приднепровская железная дорога, АТМ, имитационная модель, сетевой трафик, время доставки сообщения.

Pakhomova V. N.

department «Electronic Computing Machines», Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, e-mail viknik.p1988@mail.ru

RESEARCH ON SIMULATION MODELS USING TECHNOLOGY ATM IN INFORMATION-TELECOMMUNICATION SYSTEMS DNIEPER RAILWAY

Goal. Rate integration to technology АТМ only in some parts of ITS Dnieper railway. **Method.** Develop simulation models, to assess their adequacy using real data network traffic in ITS of Dnieper railway. In the developed simulation model to conduct experimental research time for the message on the degree of congestion of the network, message size, as well as the number of references to the network. **Results.** With increasing degree of congestion of the network from 266 to 366 stations network, increasing message size from 2000 to 10000 bytes and as the number of appeals to the (decrease the time between transactions from 0,008 to 0,004 c) the smallest average time for the message reached at simulation models АТМ Fast-DK and GigaFast-DK. The average delivery time for messages about the same simulation models АТМ Fast-DK and GigaFast-DK, but the simulation model GigaFast-DK largest number of failures areas (144 of 550) as the number of appeals to the (time between transactions 0.002 s). **Summary.** In ITS Dnieper railway advisable to use АТМ technology in leveling the playing field with technology Gigabit Ethernet, but only at the site of Dnipropetrovsk-Kyiv.

Keywords: Dnieper railway, АТМ, simulation model, network traffic, time message delivery.