АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ЗВ'ЯЗКУ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ

УДК 621.391 **DOI: https://doi.org/10.18664/1994-7852.141.2013.93161**

АНАЛІЗ ПРОЦЕСІВ ПЕРЕДАВАННЯ ПАКЕТІВ У IP МЕРЕЖІ

Канд. техн. наук О.С. Жученко, А.В. Макарова, А.О. Залеський, О.В. Підгорний

АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕДАЧИ ПАКЕТОВ В IP СЕТЯХ

Канд. техн. наук А.С. Жученко, А.В. Макарова, А.А. Залеский А.В. Подгорный

ANALYSIS OF THE PROCESSES PACKETS IN IP NETWORKS

Cand. of techn. sciences O.S. Zhuchenko, A.V. Makarova, A.O. Zaleskiy A.V. Podgorniy

В теперішній час вважається перспективним використання мережі передачі даних залізничного транспорту не тільки для передачі даних, а й відео- та мовної інформації з метою організації загальнотехнологічного чи/або оперативно-технологічного зв'язку на основі технології IP телефонії. Проведений аналіз процесів передавання пакетів у IP мережі показав, що в реальній мережі затримка та інтервали часу між пакетами є випадковою величиною, що необхідно враховувати при проектуванні цих мереж.

Ключові слова: *IP мережа, комутація пакетів, швидкість, пропускна спроможність, затримка, пакет.*

В настоящее время считается перспективным использование сети передачи данных железнодорожного транспорта не только для передачи данных, а и видео, и речевой информации с целью организации общетехнологической и/или оперативно-технологической связи на основе технологии IP телефонии. Проведенный анализ процессов передачи пакетов IP сети показал, что в реальной сети задержка и интервалы времени между пакетами являются случайной величиной, что необходимо учитывать при проектировании этих сетей.

Ключевые слова: *IP сеть, коммутация пакетов, скорость, пропускная способность, задержка, пакет.*

It is now considered promising use of the data train for the transport of not only data but also video and voice data to obschetehnologicheskoy organization and / or operative connection processing technology based IP telephony. The analysis process IP packets to the network showed that the actual network delay and the time intervals between packets is a random variable that must be considered when designing these networks.

Keywords: *IP network, packet switching, speed, throughput, delay, packet.*

Постановка проблеми та аналіз літератури. Збільшення ефективності застосування розроблених та перспективних інформаційних систем на залізничному транспорті стримується великою кількістю аналогового обладнання комутації та передачі, яке ще використовується на залізничному транспорті, значно

обмежуючи швидкість передачі інформації та можливість створення відмовостійких мережних топологій. Крім того, в теперішній час вважається перспективним використання мережі передачі даних залізничного транспорту не тільки для передачі даних, а й відео та мовної інформації з метою організації загально-технологічного чи/або оперативно-технологічного зв'язку на основі технології IP телефонії [1]. А це накладає додаткові обмеження на характеристики продуктивності IP мережі − мінімальну гарантовану швидкість та затримку передачі пакетних даних в мережі [2]. Цю мережу вже можна визначити як мультисервісну телекомунікаційну мережу, тобто таку, що може забезпечити надання необмеженої кількості послуг на основі інтегрованої передачі даних, мови та відео [3, 4]. Таким чином, при проектуванні та модернізації телекомунікаційних мереж на основі протоколу IP необхідно враховувати особливості передавання пакетів у IP мережі.

Мета статті – проведення аналізу процесів передавання пакетів у IP мережі.

Основна частина. Найбільш важливими довготривалими характеристиками продуктивності мережних пристроїв є пропускна спроможність каналів, продуктивність комутаторів і маршрутизаторів. Однак користувача цікавлять і інші характеристики продуктивності, які дозволять йому кількісно оцінити, наскільки швидко і якісно мережа передає його трафік. Для того щоб визначити ці характеристики, скористаємося моделлю ідеальної мережі [5].

У мережі з комутацією пакетів затримка обумовлена такими складовими:

−передачею даних в канал;

−розповсюдженням сигналу в середовищі передавання;

−очікуванням пакета в черзі;

−комутацією пакета.

Перші дві складові затримки визначаються властивостями каналів передачі даних (бітовою швидкістю і швидкістю розповсюдження сигналу в середовищі передавання) і є фіксованими для пакета фіксованої довжини. Дві інших складових залежать від характеристик мережі комутації пакетів і в загальному випадку є змінними.

Будемо вважати, що мережа з комутацією пакетів працює ідеально, якщо вона передає кожен біт інформації з постійною швидкістю. Іншими словами, ідеальна мережа з комутацією пакетів не вносить жодних додаткових затримок в передачу даних крім тих, які вносяться каналами зв'язку (і працює щодо часових характеристик передачі даних так, якщо б вона була мережею з комутацією каналів).

Результат передачі пакетів такою ідеальною мережею ілюструє рис. 1. На верхній осі показані значення часу надходження пакетів у мережу від вузла відправника, а на нижній – значення часу надходження пакетів у вузол призначення. Іншими словами, можна сказати, що верхня вісь показує запропоноване навантаження мережі, а нижня – результат передачі цього навантаження через мережу.

Нехай затримка передачі пакета визначається, як інтервал часу між моментом відправлення першого біта пакета в канал зв'язку вузлом відправлення і моментом надходження першого біта пакета у вузол призначення відповідно (на рисунку затримки пакетів 1, 2, 3 позначені як d_1, d_2 та d_3 відповідно).

Як видно з рис. 1, ідеальна мережа доставляє всі пакети вузлу призначення:

−не втративши жодного з них (і не спотворивши інформацію в жодному з них);

−в тому порядку, в якому вони були відправлені;

−з однією і тією ж затримкою ($d_1 = d_2$ і т. д.).

Важливо, що всі інтервали між сусідніми пакетами мережа зберігає в незмінному вигляді. Наприклад, якщо інтервал між першим і другим пакетами становить при відправленні τ_1 секунд, а між другим і третім – τ_2, то такими ж інтервали залишаться у вузлі призначення.

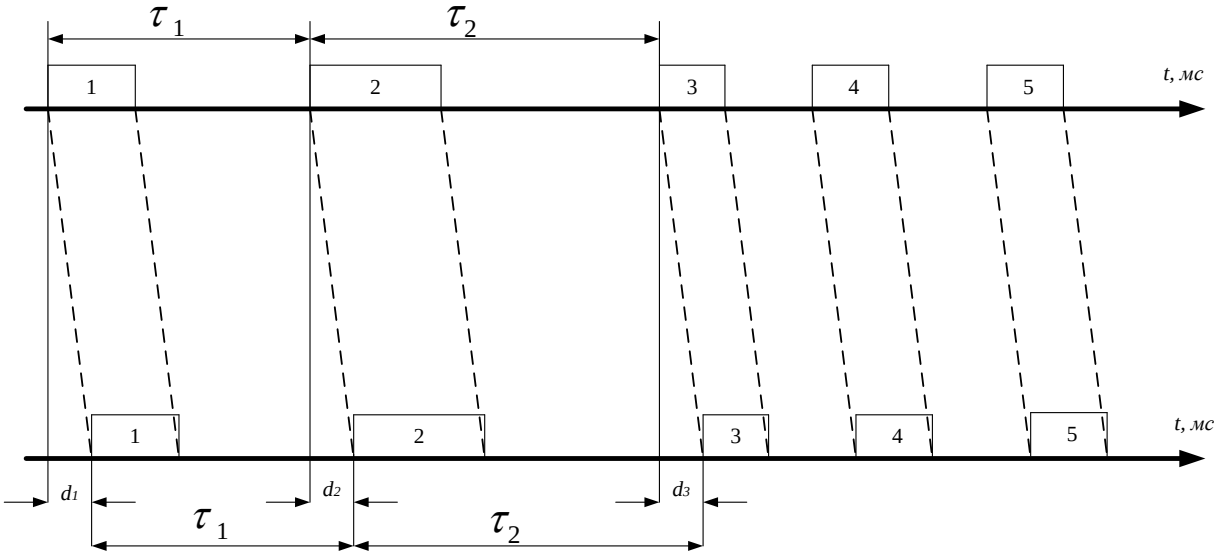

Рис. 1. Передача пакетів ідеальною мережею

Надійна доставка всіх пакетів з мінімально можливою затримкою і збереженням часових інтервалів між ними задовольнить будь-якого користувача мережі незалежно від того, трафік якого додатка він передає по мережі – веб-сервісу або IP телефонії.

Існують і інші визначення часу затримки пакета. Наприклад, цю величину можна визначити, як час між моментом відправлення першого біта пакета в канал зв'язку вузлом відправлення і моментом надходження останнього біта пакета у вузол призначення відповідно. Неважко бачити, що в цьому визначенні в затримку пакета включено час передавання даних в канал, крім того, зрозуміло, що обидва визначення не суперечать один одному і величина затримки, отримана відповідно до одного визначення, легко перетворюється у величину затримки, отриманої відповідно до іншого. Ми вибрали перше визначення для ілюстрації ідеальної поведінки мережі з комутацією пакетів тому, що в цьому випадку затримка не залежить від розміру пакета, що зручніше використовувати, описуючи «ідеальність» обслуговування пакетів.

Тепер подивимося, які відхилення від ідеалу можуть зустрічатися в реальній мережі і якими характеристиками можна ці відхилення описувати (рис. 2).

Пакети доставляються мережею вузлу призначення з різними затримками − це невід'ємна властивість мереж з комутацією пакетів.

Випадковий характер процесу утворення черг приводить до випадкових затримок, при цьому затримки окремих пакетів можуть бути значними, в десятки разів перевершуючи середню величину затримок ($d_1 \neq d_2 \neq d_3 \neq d_4$ і т.д.). Нерівномірність затримок приводить до нерівномірних інтервалів між сусідніми пакетами. Тобто змінюється характер часових співвідношень між сусідніми пакетами, а це може катастрофічно позначитися на якості роботи деяких додатків. Наприклад, при передаванні мови нерівномірність інтервалів між пакетами, що несуть виміри голосу, призводить до суттєвих перекручень мови. Пакети можуть доставлятися вузлу призначення не в тому порядку, в якому вони були відправлені, наприклад, на рис. 2 пакет 4 надійшов у вузол призначення раніше, ніж пакет 3. Такі ситуації зустрічаються в дейтаграмних мережах, коли різні пакети одного потоку можуть передаватися через мережу різними

маршрутами, отже, очікують обслуговування в різних чергах з різним рівнем затримок. Очевидно, що пакет 3 проходив через перевантажений вузол або вузли, так що його сумарна затримка виявилася настільки великою, що пакет 4 прибув раніше за нього.

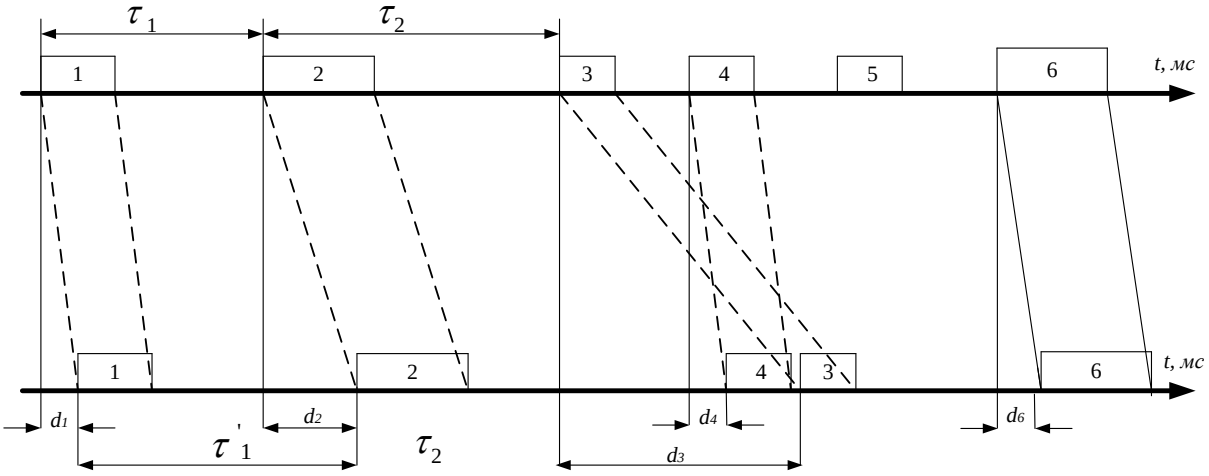

Рис. 2. Передача пакетів реальною мережею

Пакети можуть губитися в мережі або ж приходити у вузол призначення з перекрученими даними, що рівносильно втраті пакета, так як більшість протоколів не здатні відновлювати перекручені дані, а лише визначають цей факт за значенням контрольної послідовності кадру (Frame Check Sequence, FCS). Пакети також можуть дублюватися з різних причин, наприклад через помилкові повторні передачі протоколів, що забезпечують надійний обмін даними.

В реальній мережі середня швидкість інформаційного потоку на вході вузла призначення може відрізнятися від середньої швидкості потоку, спрямованого в мережу вузлом-відправником. Виною цьому є не затримки пакетів, а їх втрати. Так, в прикладі, показаному на рис. 2, середня швидкість вихідного потоку знижується через втрату пакета 5. Чим більше втрат і спотворень пакетів відбувається в мережі, тим нижче швидкість інформаційного потоку.

Висновки. Проведений аналіз процесів передавання пакетів у IP мережі показав, що в реальній мережі затримка та інтервали часу між пакетами є випадковою величиною, що необхідно враховувати при проектуванні цих мереж.

Список використаних джерел

1. Методичні вказівки до курсового, дипломного проектування та практичних занять з дисципліни «Телекомунікаційні та інформаційні мережі» на тему «Проектування регіональної територіально-розподіленої телекомунікаційної мережі» [Текст] / Упоряд.: С.І. Приходько, О.С. Жученко, В.П. Лисечко, Г.С. Безверха. – Харків: УкрДАЗТ, 2010. – 165 с.

2. ITU-T Y.1541. Network Performance objectives for IP-based services, Amendment 3, 2008.

3. Филимонов, А.Ю. Построение мультисервисных сетей Ethernet [Текст] / А.Ю. Филимонов. – СПб.: БХВ – Петербург, 2007. – 592 с.

4. Семенов, Ю.В. Проектирование сетей связи следующего поколения [Текст] / Ю.В. Семенов. – СПб.: Наука и техника, 2005. – 240 с.

5. Олифер, В.Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы [Текст]: учеб. для вузов / В.Г. Олифер, Н.А. Олифер. – 3-е изд. – СПб.: Питер, 2006. – 958 с.

Рецензент д-р техн. наук, професор С.І. Приходько

Жученко Олександр Сергійович, канд. техн. наук, доцент кафедри транспортного зв'язку
Макарова Анна Вікторівна, слухач НН ІППК
Залеський Андрій Олексійович, студент групи 6-V-ТСМ
Підгорний Олександр Валентинович, студент групи 6-V-ТСМ.
Zhuchenko O.S. cand. of techn. sciences; Makarova A.V., Zaleskiy A.O., Podgorniy A.V.