

МОДЕЛЮВАННЯ ЗАТРИМОК ПАКЕТІВ ТОЧНОГО ЧАСУ

Бірюков М.Л., Тріска Н.Р.

*Інститут телекомунікаційних систем КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна
E-mail: nlbir2@ukr.net*

The modeling of precise time packet delays

The precise time protocol (PTP) packet delays distribution depending on the conditions of data transmission in packet network has been analyzed. The statistical modeling of packet collisions between PTP and traffic packets for ITU-T defined traffic models was performed.

В сучасних телекомунікаційних мережах, що базуються на асинхронному, пакетному способі передавання, впроваджуються нові засоби забезпечення мережевої частотної та фазової/часової синхронізації. Це протокол обміну повідомленнями точного часу PTP (Precise Time Protocol – IEEE 1588 v.2) та його комбінація з технологією синхронного Ethernet (SyncE + PTP) [1, 2]. Алгоритм роботи буферної пам'яті елементів пакетної мережі (ЕМ) має суттєві відмінності від роботи проміжних пристроїв мережі з синхронним способом передавання в реальному часі. Тому практичний інтерес представляє оцінювання якості передавання пакетів з повідомленнями точного часу PTP (зокрема, величини затримки пакетів) в різних умовах роботи мережі.

Дослідження параметрів затримок пакетів провадилось експериментальними засобами [1, 2] та моделюванням. Вимірювання на мережах та в лабораторіях [3, 4] показали, що середня затримка та дисперсія пакетів зростає пропорційно навантаженню, наприклад, в мережі з 10 ЕМ затримка зростала майже в 4 рази від 180 до 650 мкс при збільшенні завантаження від 20 % до 80 %, відповідно. Середня затримка на ЕМ також зростає від 18 до 65 мкс. Точність передавання частоти пакетами PTP, оцінювана за максимальним відхилом часового інтервалу (МВЧІ), при зростанні навантаження в 1,9 рази може погіршуватись майже в 10 разів [4]. Взагалі при зростанні навантаження розподіл затримок може змінюватись досить довільно. Моделювання впливу трафіку виконувалось за наявності випадкової складової в часі обслуговування ЕМ пакетів PTP [5]. Зокрема, показано, що при випадковій складовій з експоненціально-розподіленим часом обслуговування, розподіл випадкової складової часу затримки двохстороннього обміну пакетами PTP відповідає розподілу Ерланга.

Рекомендації МСЕ-Т G.8261 (08/13) та G.8261.1 (02/12) [6, 7] визначають декілька моделей завантаження, які мають забезпечити прийнятну якість частотної синхронізації пакетами PTP. З практичної точки зору, при проектуванні та оцінюванні відповідності пакетних мереж існує зацікавленість

в можливості використати аналітичні співвідношення для оцінювання впливу рівня завантаження на якість передавання точної частоти та часу. Для зменшення помилки частоти та часу необхідно, щоб пакети RTP мали точний період проходження тракту. З огляду на це, в даній роботі наведено результати статистичного моделювання з метою оцінювання ймовірності виникнення колізій, тобто таких ситуацій, коли мить зчитування пакету RTP припадає на той час, коли зчитування пакету загального трафіку ще не завершено, що призводить до вимушеного очікування.

При моделюванні розглядалась передача пакетів на інтервалі 1/16 секунди (62,5 мсек), що відповідає нижній швидкості обміну за протоколом RTP – 16 пакетів в секунду. Для обрахунків було обрано один варіант завантаження згідно Рекомендації МСЕ-T G.8261/Y.1361 (Додаток VI) [6] – Модель 1 (80 % трафіку становлять пакети по 64 байти, 5 % – пакети по 576 байт, 15 % – пакети довжиною 518 байт (див. табл. 1). Швидкість слідування пакетів становила 10^7 одиничних інтервалів в секунду. Модель буферної пам'яті елементу пакетної мережі (ЕМ) з трьома джерелами навантаження показана на рис. 1. На початковому етапі припускалася однорідна структура навантаження з довільним, випадковим вибором.

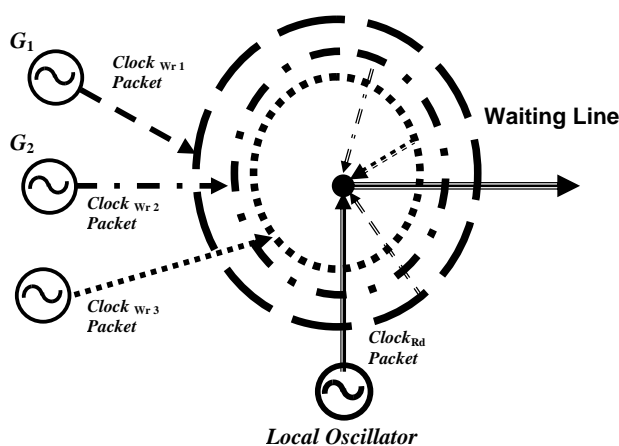


Рис. 1. Модель пам'яті елементу пакетної мережі.

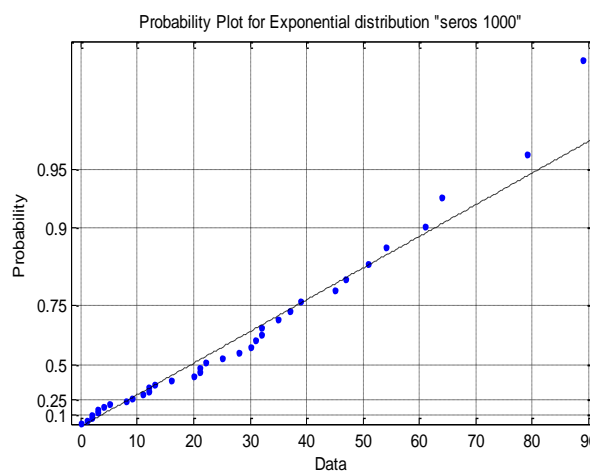


Рис. 2. Розподіл часових інтервалів між колізіями.

З рис. 2 можна бачити, що часові інтервали між колізіями добре апроксимуються експоненціальним розподілом. Середньоквадратичний відхил експоненціального наближення до статистичних даних становить 0,93...0,95.

Розподіл кількості колізій пакетів RTP при 100-відсотковому завантаженні за результатами моделювання показано на рис. 3. Розподіл відповідає біноміальному розподілу та/або розподілу Пуассона та може бути обрахований пропорційно завантаженню відповідно до інтенсивності пакетів корисного трафіку. Інтенсивність колізій пакетів також можна апроксимувати розподілом Пуассона, як видно з рис. 4, де представлено розподіл часу між колізіями в

одиночних інтервалах при 100-відсотковому завантаженні усіх бітів між пакетами РТР, які розділені 1/16 секундним інтервалом.

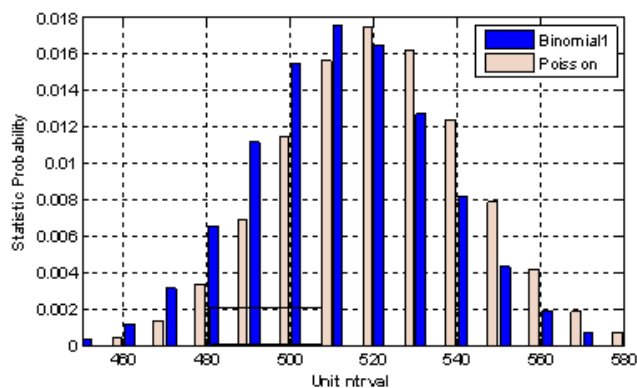


Рис. 3. Розподіл кількості колізій перекриття пакетів РТР при 100 % завантаженні 1/16 секундного інтервалу.

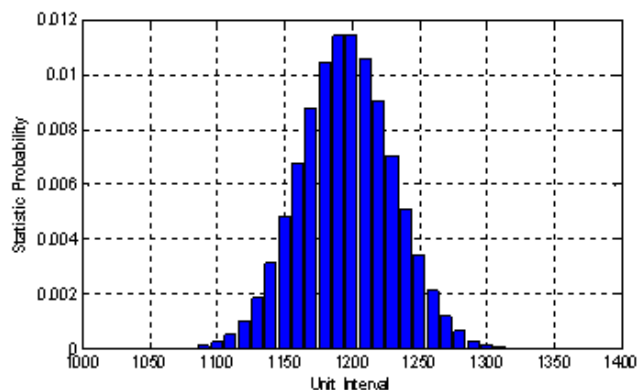


Рис. 4. Розподіл часу між колізіями пакетів РТР в одиночних інтервалах при 100% завантаженні 1/16 секундного інтервалу.

При заданих припущеннях та вихідних даних, отримані результати мають свідомо завищені середні очікувані показники, але характер отриманих розподілів залишається незмінним зі зменшенням інтенсивності навантаження завдяки граничним властивостям розподілу Пуассона [8]. На наступному етапі планується дослідження тривалості очікування в залежності від розміру пакетів загального використання та їх впливу на фазові спотворення пакетів РТР. Для уточнення отриманих даних плануються натурні випробовування. Проведення досліджень в даному напрямку сприятиме пошуку оптимальних умов передавання сигналів точної частоти та часу в пакетних мережах.

Література

1. S. Ruffini et al. A novel SDN-based architecture to provide synchronization as a service in 5G scenarios. – IEEE Communications Magazine, March 2017. – pp. 210-215.
2. Бирюков Н.Л., Триска Н.Р. Синхронный Ethernet как основа частотно-временного обеспечения современных и будущих сетей связи. – Электросвязь, 2013, № 2. – С. 8-12.
3. www.symmetricom.com/products/ieee-1588-ptp-solutions
4. Бирюков Н.Л., Макурин Н.А., Триска Н.Р. Анализ использования двухстороннего протокола для подстройки сигналов тактовой синхронизации по сигналам времени. – “Наукові записки УНДІЗ”, № 4 (16), 2010. – С. 39-44.
5. N. Biriukov, N.Triska, M. Khudyntsev Evaluation of the two-way time stamps exchange in packet network. - 2017 4th International Scientific-Practical Conference “Problems of Infocommunications. Science and Technology (PIC S&T-2017), October 10-13, 2017 Kharkiv, Ukraine (IEEE Conference Record № 42018). Conference Proceedings. – Kharkiv, 2017. – p.342-345.
6. ITU-T Recommendation G.8261 (08/13) Timing and synchronization aspects in Packet Networks.
7. ITU-T Recommendation G.8261.1 (02/12) Packet delay variation network limits applicable to packet-based methods (Frequency synchronization)
8. Тихонов В.И. Статистическая радиотехника.–2-е изд., переработанное и доп. – М.: Радио и связь, 1982.–624 с.