

Література

1. Stephanie Baghdassarian. Market Trends: 5G Opportunities in IoT for Communications Service Providers – 13 September 2019.
2. Strelkovskaya I.V. Spline-Extrapolation Method in Traffic Forecasting in 5G Networks/ I. Strelkovskaya, I. Solovskaya, A. Makoganiuk // Journal of Telecommunications and Information Technology. – 2019, Vol. 3, pp. 8-16. <https://doi.org/10.26636/jtit.2019.134719>.
3. Strelkovskaya I.V. Using spline-extrapolation in the research of self-similar traffic characteristics / I. Strelkovskaya, I. Solovskaya // Journal of Electrical Engineering. Vol. 70 (2019), Is. 4, pp. 310-316. <https://doi.org/10.2478/jee-2019-0061>.
4. PRTG Network Monitor.
5. Завьялов, Ю.С. Методы сплайн-функций / Ю.С. Завьялов, Б.И. Квасов, В.Л. Мирошниченко. – М.:Наука, 1980, - 352 с.
6. ETSI TS 122 261 V15.6.0 (2018-10). 5G. Service requirements for next generation new services and markets (3GPP TS 22.261 version 15.6.0 Release 15). https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/122200_122299/122261/15.06.00_60/ts_122261v150600p.pdf

УДК 621.391

Стрелковська І.В., Золотухін Р.В., Макоганюк А.О.
ОНАЗ ім. О.С. Попова
zolutukhinrv@gmail.com

ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ТРАФІКУ ПРОТОКОЛУ JDSS СТАНДАРТУ STANAG 4677

Анотація. В роботі проведено дослідження характеристик трафіку протоколу JDSS стандарту STANAG 4677, отримано дані по середньому бітрейту, довжині пакетів, проміжку часу між пакетами, визначено закон розподілу проміжку часу між вимогами на обслуговування та знайдено щільність цього розподілу.

Сучасне створення цифрових автоматизованих систем управління (АСУ) військами відбувається відповідно до стандартів НАТО та на основі низькошвидкісних каналів зв'язку, зокрема на базі ультракороткохвильових (УКХ) радіостанцій [1]. В [1] було досліджено показники QoS для мереж зв'язку, побудованих на базі сучасних УКХ радіостанцій. Але при плануванні, побудові та експлуатації систем зв'язку насамперед необхідно знати які сервіси та послуги будуть доступні для користувачів. У роботі [2] було створено спеціальне програмне забезпечення, яке в залежності від кількості базових станцій та користувачів, імітувало та розраховувало доступність сервісів в мережі. Кожний тип послуги мав свій закон розподілу проміжку часу між вимогами, наприклад, для розмовного трафіку – це експоненціальний, для відеоконференцій – розподіл Парето, а для високошвидкісної передачі даних – логнормальний закон. Вибір значення тривалості обслуговування та необхідної швидкості передавання відбувалось випадково із діапазону заданих значень швидкості для обраної послуги за рівномірним законом. Таким чином, для розмовного трафіку, відеоконференцій і високошвидкісної передачі даних відомі вихідні дані для визначення доступності послуг. Але цих даних для визначення доступності сервісів недостатньо, адже основним типом трафіку і найбільш пріоритетним в АСУ військами є дані, що передаються за протоколами, які описані в стандартах НАТО. Одним з базових стандартів НАТО, який використовується для передачі даних - STANAG 4677 [3], який створений для обміну інформацією в низькошвидкісних мережах зв'язку в тактичній ланці управління військами. Мета цієї роботи – дослідження параметрів трафіку протоколу JDSS [3], що описаний в STANAG 4677, а саме – середня довжина пакетів, середній проміжок часу між вимогами на обслуговування, середня полоса пропускання

для цього трафіку та визначення закону розподілу проміжків часу між вимогами на обслуговування, що дозволить визначити навантаження на мережі зв'язку в АСУ військами.

Для проведення дослідження будується схема (рис. 1), яка є базовою для протоколу JDSS та відповідає стандарту STANAG 4677.

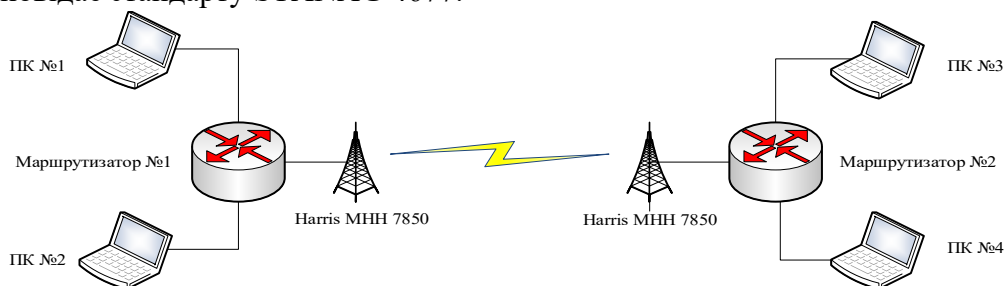


Рисунок 1 – Схема мережі зв'язку для вимірювання

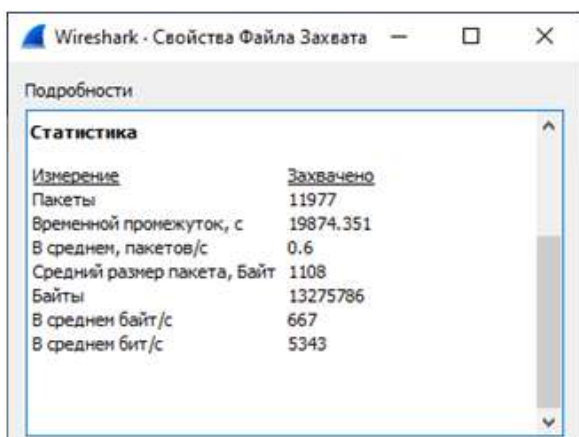


Рисунок 2 – Статистика трафіку щодо стандарту STANAG 4677

допомогою програмного забезпечення Wireshark, яке було встановлено на ПК №1. Після закінчення імітації отримуємо дамп пакетів. За допомогою Wireshark маємо статистику прийнятого трафіку, який зображено на рис. 2.

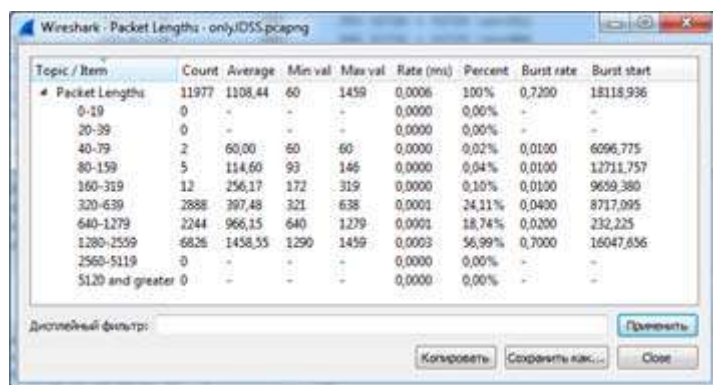


Рисунок 3 – Статистика довжин пакетів отриманого трафіку

пакети довжиною 320-639 байт – 24,11%, а 640-1279 байт – 18,74%. Середня довжина пакету складає 1108 байт.

Знаходимо кількість пакетів в залежності від проміжку часу між моментами надходження пакетів (табл. 1).

На персональних комп'ютерах (ПК) встановлено спеціальне програмне забезпечення «DSS Telecard» ТОВ «Телекарт-Прилад». УКХ радіостанції Harris 7850 МНН встановлено в режим M-TNW. В якості маршрутизаторів використовуються маршрутизатори Mikrotik RouterBoard RB2011UIAS-2HND-IN. «DSS Telecard», відповідно до [3], налаштовано на одну мультикастну UDP групу та використовується стиснення даних GZIP, що відповідає стандарту STANAG 4677. Для проведення вимірювань було виконано імітування проведення бойових дій протягом п'яти годин на «DSS Telecard». Вимірювання трафіку проводилось за

Таким чином, загалом було прийнято 12,6 Мбайт даних, середня довжина пакету було 1108 байт, пакети поступали на обслуговування в середньому через кожні 0,6 с, а середня полоса пропускання, яка була зайнята трафіком – 5,5 Кбіт/с. Наступним кроком було проаналізовано довжини пакетів, які передавались у мережі (результати показано на рис. 3).

Згідно отриманих даних, найбільша кількість пакетів була довжиною 1290-1459 байт – 56,99%,

Таблиця 1 – Кількість пакетів, що надходять на обслуговування в систему

Проміжок часу, с	Кількість пакетів	Відсоток від сумарної кількості пакетів
[0,1)	9786	81,7 %
[1,2)	913	7,63 %
[2,3)	509	4,25 %
[3,4)	369	3,08 %
[4,5)	185	1,54 %
[5,6)	95	0,79 %
[6,7)	70	0,59 %
[7,8]	50	0,42 %
[0,8]	11977	100%

Графічне зображення кількості пакетів в залежності від проміжку часу між моментами надходження пакетів у систему зображено на рис. 4.

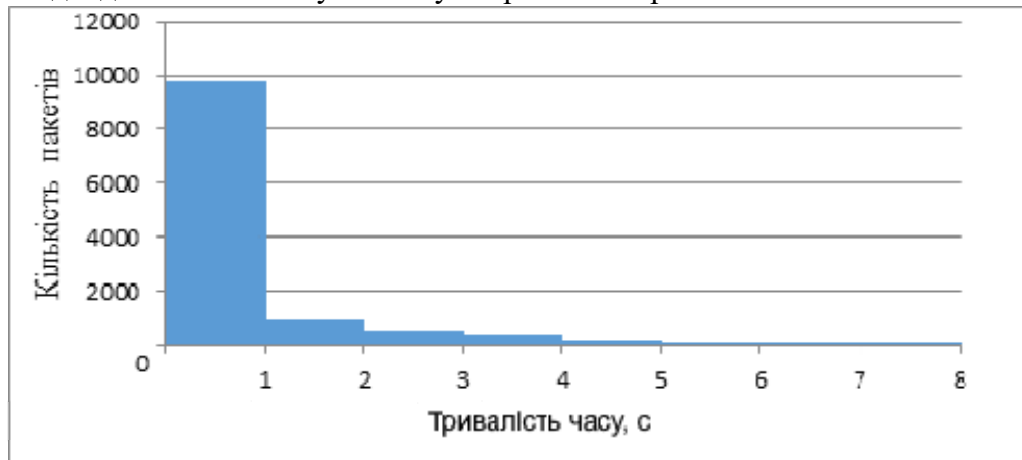


Рисунок 4 – Гістограма залежності кількості пакетів від тривалості часу між моментами надходження пакетів на обслуговування

Неважко бачити, що розподіл проміжку часу між моментами надходження пакетів на обслуговування підпорядковується експоненціальному закону (рис. 5), щільність якого описується формулою [4]:

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t}, \lambda > 0, t \geq 0. \quad (1)$$

де λ – інтенсивність потоку надходження вимог на обслуговування,
 t – проміжок часу між вимогами на обслуговування.

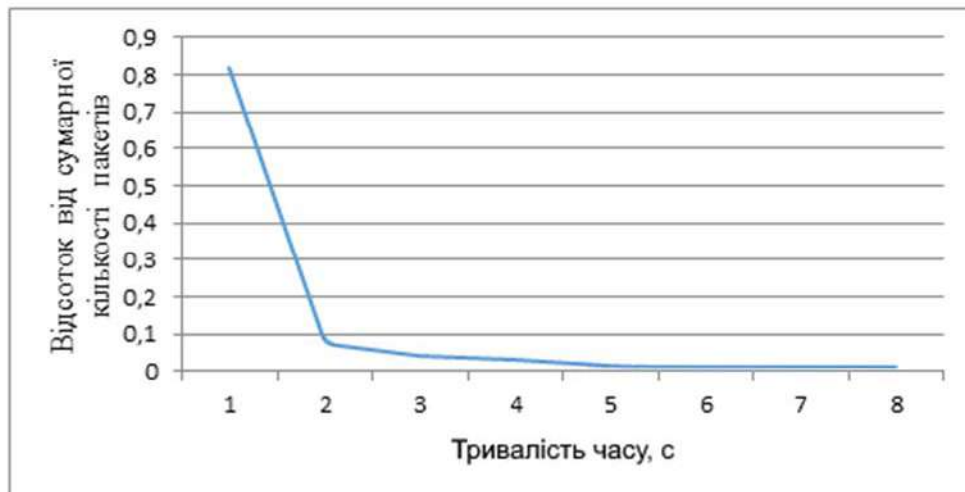


Рисунок 5 – Графік залежності довжини проміжків часу між моментами надходження пакетів на обслуговування

Інтенсивність потоку надходження пакетів розраховується за формулою [4]:

$$\lambda = \frac{1}{\bar{z}}, \quad (2)$$

де \bar{z} – середнє значення проміжку часу між вимогами на обслуговування.

Згідно отриманої статистики надходження пакетів середня тривалість надходження пакетів складає 0,6 с. Тоді, використовуючи формулу (2):

$$\lambda = \frac{1}{0,6} = \frac{5}{3}.$$

Таким чином, щільність розподілу проміжків часу між моментами надходження пакетів на обслуговування для трафіку стандарту STANAG 4677 дорівнює:

$$f(t) = \frac{5}{3} e^{-\frac{5}{3}t}, t \geq 0.$$

графік якої зображено на рис. 6.

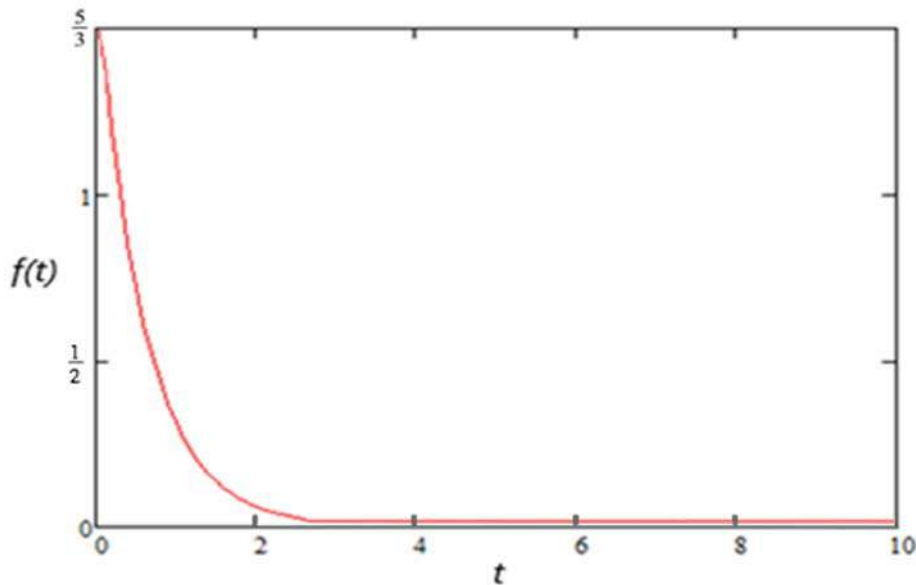


Рисунок 6 – Щільність розподілу проміжку часу між моментами надходження пакетів на обслуговування

Висновки

1. Проведене дослідження характеристик трафіку щодо стандарту STANAG 4677 є складовою частиною роботи по створенню цифрової АСУ військами, яка ведеться на ТОВ «Телекарт-Прилад».

2. Отримано показники трафіку щодо стандарту STANAG 4677: середня довжина пакетів складає – 1108 байт, середнє значення проміжку часу між вимогами на обслуговування – 0,6 с, середня полоса пропускання, яка була зайнята трафіком – 5,5 Кбіт/с.

3. Визначено, що щільність розподілу проміжку часу між моментами надходження пакетів на обслуговування відповідає експоненціальному закону.

4. На основі отриманих характеристик трафіку стандарту STANAG 4677 можливо визначення доступності сервісів в низькошвидкісних мережах зв'язку, що дозволить підвищити ефективність розрахунків навантаження на канали зв'язку та зменшити ймовірність відмов на обслуговування ще на етапі планування та проектування системи зв'язку.

Література

1. Strelkovskaya I. Research of low-bandwidth radionetworks QoS parameters / I. Strelkovskaya, R. Zolotukhin // Information and Telecommunication Sciences, International Research Journal, Volume 11, Number 1(20), January-June 2020, DOI: <https://doi.org/10.20535/2411-2976.12020.77-81>.

2. Соловська І.М., Бірюков С.В., Гонсіоровський Д.М., Гуцова К.С, Золотухін Р.В., Фомичов П.А. Дослідження трафіка мережі LTE/MVNO при сумісній експлуатації декількома операторами мобільного зв'язку. Наукові праці ОНАЗ ім. О.С.Попова 2012'1 - ОНАЗ ім. О.С.Попова Одеса, 2012 – С. 167-176.

3. STANAG 4677 : 2014 Dismounted soldier systems standards and protocols for command, control, communications and computers(C4) interoperability./ NATO 2014.

4. Стрелковська І.В. Теорія ймовірностей та випадкові процеси: навч. посіб. [для фахівців у ІТ-галузі] / І.В.Стрелковська, В.М. Паскаленко. – Одеса: ОНАЗ ім. О.С.Попова, 2018. – 384 с.

УДК 621.391.8

*д. т. н., проф. Стрелковська І. В.,
аспірант Толмак В. Є.,
студ. Клименко К. Г.,
ОНАЗ ім. О.С. Попова
katyaklem@gmail.com*

ДОСЛІДЖЕННЯ СЕРЕДНЬОГО ЧАСУ ЗАТРИМКИ ПАКЕТІВ У МЕРЕЖІ 5G/NR НА БАЗІ ТЕНЗОРНОГО АНАЛІЗУ

***Анотація.** У роботі розглядається мережа мобільного зв'язку 5G/NR, яка дозволяє розширити спектр високошвидкісних послуг. Рекомендацією 3GPP TR 38.913 визначено групу послуг мережі 5G з відповідними показниками часу затримки пакетів. Запровадження таких послуг вимагає від оператора забезпечення необхідних значень характеристик якості обслуговування QoS. З метою підтримки QoS різних груп послуг в мережі 5G/NR використовують метод декомпозиції, за допомогою якого можливо створювати топологічну конфігурацію мережі для різних умов надання послуг. В роботі досліджується одна з характеристик QoS – середній час затримки пакетів за допомогою тензорного аналізу та декомпозиції.*

Базована на технології New Radio, мережа мобільного зв'язку п'ятого покоління (5G/NR), дає операторам можливість розширити спектр наданих високошвидкісних послуг. Рекомендацією 3GPP TR 38.913 визначено групи послуг мережі 5G з відповідними значеннями часу затримки пакетів, таких як eMBB, mMTC та URLLC [1-2].

Архітектура мережі 5G/NR (згідно Rel. 15) базується на програмно-конфігурованій мережі радіодоступу SDR та опорній мережі SDN. Також використовуються процедури віртуалізації мережних функцій. У мережі 5G/NR використовується технологія Network Slicing, яка забезпечує підтримку характеристик QoS для різних груп послуг [1-2], а також дозволяє створювати топологічні конфігурації мережі для різних умов надання послуг.

У роботі досліджено середній час затримки пакетів в мережі 5G/NR. Для рішення цієї задачі використовується тензорний контурний метод на основі декомпозиції.

Розглянемо декілька робіт пов'язаних з процедурою реалізації Network Slicing. Для знаходження характеристик QoS в роботі авторів [3] пропонують використовувати апарат теорії телетрафіку, в роботі [4] запропоновано методи теорії гри та нечітких множин, але ці методи не дозволяють одночасно розглянути архітектуру мережі та досліджувати її характеристики. Для того щоб досліджувати структуру та характеристики мережі одночасно, у даній роботі пропонується використати тензорний контурний метод дослідження, запропонований авторами в роботах [5-7]. Як у роботі [7], розглянемо складну архітектуру мережі 5G/NR та використаємо метод декомпозиції.

Розглянемо фрагмент мережі 5G/NR у вигляді графу $G(N, V)$, який складається з

$$N = \{ N_j, j = \overline{1,16} \} \text{ базових станцій, та } V = \{ V_i, i = \overline{1,26} \} \text{ трактів передачі.}$$

Відомо: