

УДК 621.391

Лісковський І.О., к.т.н.; Подрушняк В. В., аспірант

## ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ ОЦІНКИ ЯКОСТІ НАДАННЯ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ ПОСЛУГ НА БАЗІ ЯДРА SDN

**Liskovsky I.O., Podrushnyak V.V. The investigation of a system for assessing the quality of telecommunications services based on the SDN core.**

Today in Ukraine there are already more than 57 million subscribers of different mobile operators. The penetration level of mobile communication is about 130%. For 14 years, since 2003, the number of mobile subscribers has increased almost 9 times (6.5 million subscribers in 2003 and 57 million as of the end of 2017). Just as the number of subscribers, the concept of mobile phone and mobile communications is rapidly changing. We are no longer just enough phone calls or sms, the mobile phone has become the main means of communication, an integral part of our life.

The notion "multiservice network" appeared, the range of services, which is expanding every day. Users expand their requirements for the quantity and quality of services. Therefore, before the mobile operators in conditions of high competition and user education is the task of ensuring the declared level of quality of service.

Based on these conditions, there is a question of monitoring the quality of services provided by the operator. Thus, the quality management of services will ensure that the telecommunications operator maintains a system with a guaranteed level of quality.

The problem with implementing in providers networks QoS monitoring system is the inability to point to an operator / provider that distorts the service when monitoring the service that is performed between two endpoints. That is, in other words, without the introduction of a third party monitoring the service, it is impossible to determine which of the providers or operators and how much the quality of the service.

On the other hand, it is very difficult to implement a third party that could assess the quality of the current session, which passes through an environment consisting of many providers. Since there is no way to track routing and this particular session because of the complexity of installing interception nodes on the network of operators / providers.

These limitations made it impossible to build an integrated system for monitoring the quality of services on existing equipment. But everything changed with the advent of the SDN concept into telecommunications networks.

**Keywords:** provider, QoS, multiservice network, SDN, RTP, jitter

**Лісковський І.А., Подрушняк В.В. Дослідження системи оцінки якості надання телекомунікаційних послуг на базі ядра SDN.**

Суть побудови системи оцінки якості сервісу полягає в наступному:

Необхідно, використовуючи статистичні методи забезпечення якості, запропоновані в рекомендаціях, побудувати систему, що дозволяє як здійснювати оцінку якості надання послуг, так і дозволяти підтримувати гарантовану якість послуг в безперервному режимі функціонування системи.

Проблемою в реалізації такої системи є неможливість вказати на оператора / провайдера, який спотворює сервіс при контролі за сервісом, який здійснюється між двома кінцевими точками. З іншого боку, дуже складно реалізувати третю сторону, яка б змогла оцінити якість поточної сесії, яка проходить через середовище, що складається з багатьох провайдерів.

Дані обмеження унеможлилювали побудову комплексної системи контролю за якістю сервісів на існуючому обладнанні. Але все змінилося з приходом концепції SDN в телекомунікаційній мережі.

**Ключові слова:** провайдер, QoS, мультисервісна мережа, SDN, RTP, джитер

**Лисковский И.А., Подрушняк В.В.. Исследование системы оценки качества предоставления телекоммуникационных услуг на базе ядра SDN.**

Суть построения системы оценки качества сервиса заключается в следующем:

Необходимо, используя статистические методы обеспечения качества, предложенные в рекомендациях, построить систему, позволяющую как производить оценку качества предоставления услуг, так и позволять поддерживать гарантированное качество услуг в непрерывном режиме функционирования системы.

Проблемой в реализации такой системы является невозможность указать на оператора/провайдера, который искажает сервис при контроле за сервисом, который осуществляется между двумя конечными точками. С другой стороны, очень сложно реализовать третью сторону, которая бы смогла оценить качество текущей сессии, которая проходит через среду, состоящую из многих провайдеров.

Данные ограничения делали невозможным построение комплексной системы контроля за качеством сервисов на существующем оборудовании. Но все изменилось с приходом концепции SDN в телекоммуникационные сети.

**Ключевые слова:** провайдер, QoS, мультисервисная сеть, SDN, RTP, джиттер

**Вступ**

*Постановка задачі.* Мобільний телефонний зв'язок сьогодні - це одна з найуспішніших і дуже динамічних областей радіозв'язку.

Сьогодні в Україні налічується вже більше 57 млн абонентів різних мобільних операторів. Рівень проникнення мобільного зв'язку становить близько 130%. За 14 років, починаючи з 2003 року, кількість абонентів мобільного зв'язку збільшилася майже в 9 разів (6,5 млн. Абонентів в 2003 році і 57 млн. Станом на кінець 2017 року). Так само, як і кількість абонентів, стрімко змінюється і саме поняття мобільного телефону і мобільного зв'язку. Нам вже недостатньо просто телефонних дзвінків або смс, мобільний телефон став основним засобом комунікації, невід'ємною складовою нашого життя.

З'явилося поняття «мультисервісна мережа», спектр послуг, який розширюється з кожним -днем. Користувачі розширюють свої вимоги до кількості та якості сервісів. Тому перед операторами мобільного зв'язку в умовах високої конкуренції та користувальницької освіченості стоїть завдання забезпечення заявленого рівня якості обслуговування.

Виходячи з цих умов, виникає питання контролю за якістю послуг, що надаються оператором. Таким чином, управління якістю послуг забезпечить оператору телекомунікацій підтримувати систему з гарантованим рівнем якості.

Складність побудови системи управління якістю полягає в наступних основних факторах:

1. Безліч абонентів;
2. Безліч параметрів, які вимагають контролю якості;
3. Велика кількість сервісів, для яких потрібно розробити систему управління;
4. Розміщення обладнання для збору інформації;
5. План здійснення збору інформації;
6. Вибір типу перевірки: суцільна або вибіркова.

Таким чином, створення системи управління якістю послуг є актуальним завданням, що стоїть перед операторами телекомунікацій при розвитку мережі в сторону мультисервісності цієї мережі.

На основі загального поняття якості стандарту ISO 8402 були визначені основні терміни в області якості послуг зв'язку (Quality of Service, QoS), вперше наведені в Рекомендації МСЕ-Т E.800. В рекомендації МСЕ-Т E.800 дано таке визначення QoS: «сукупний показник експлуатаційних характеристик послуги, який визначає ступінь задоволеності користувача послугою».

Таким чином, QoS не тільки задається або визначається показниками, які можуть бути виражені технічними показниками, але також визначається суб'єктивним показником, який визначає очікуване і сприймаєму користувачем якість.

Таким чином, виходячи з аналізу нормативної документації була сформована задача побудови системи оцінки якості сервісу.

Суть якої полягає в наступному:

Необхідно, використовуючи статистичні методи забезпечення якості, запропоновані в рекомендаціях, побудувати систему, що дозволяє як здійснювати оцінку якості надання послуг, так і підтримувати гарантовану якість послуг в безперервному режимі функціонування системи.

Проблемою в реалізації такої системи є неможливість вказати на оператора / провайдера, який спотворює сервіс при контролі за сервісом, який здійснюється між двома кінцевими точками. Тобто, іншими словами, без введення третьої сторони, що здійснює контроль за сервісом, неможливо визначити, який з провайдерів та операторів і на скільки погіршує якість сервісу (рис. 1).

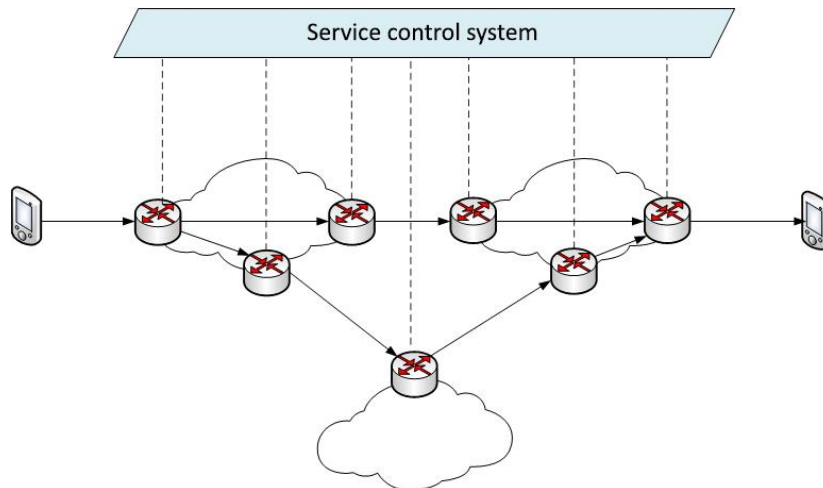


Рис. 1. Система контролю сервісів

З іншого боку, дуже складно реалізувати третю сторону, яка б змогла оцінити якість поточної сесії, яка проходить через середовище, що складається з багатьох провайдерів. Так як немає можливості відстежити маршрутизацію і саме цю сесію через складність установки вузлів перехоплення на мережі операторів / провайдерів (рис. 2).

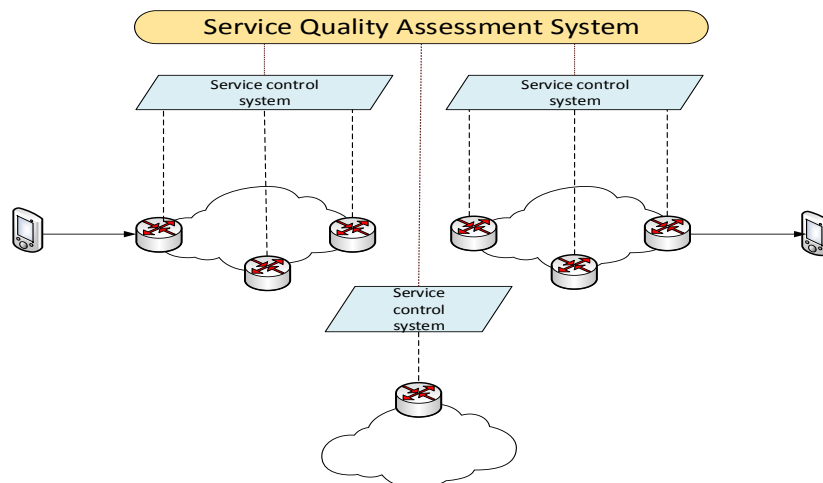


Рис. 2. Система оцінки якості сервісів

Дані обмеження унеможлиблює побудову комплексної системи контролю за якістю сервісів на існуючому обладнанні. Але все змінилося з приходом концепції SDN в телекомунікаційні мережі.

Основою концепції SDN є поділ площині передачі даних від площини управління. Таким чином з'являється можливість управляти з єдиного центру в режимі реального часу площиною передачі даних.

Таким чином побудова системи моніторингу може бути здійснено за рахунок побудови серверного кластера, який приєднаний до площини управління кожного з провайдерів. Для вирішення даного завдання залишається визначити параметри, вимір яких і керування якими дозволить як оцінити якість надання послуги так і заново відрегулювати якість надання послуг.

Розглянемо реалізацію сервісу передачі відеотрафіка через 4G мережу мобільного оператора на базі протоколу RTP (рис. 3).

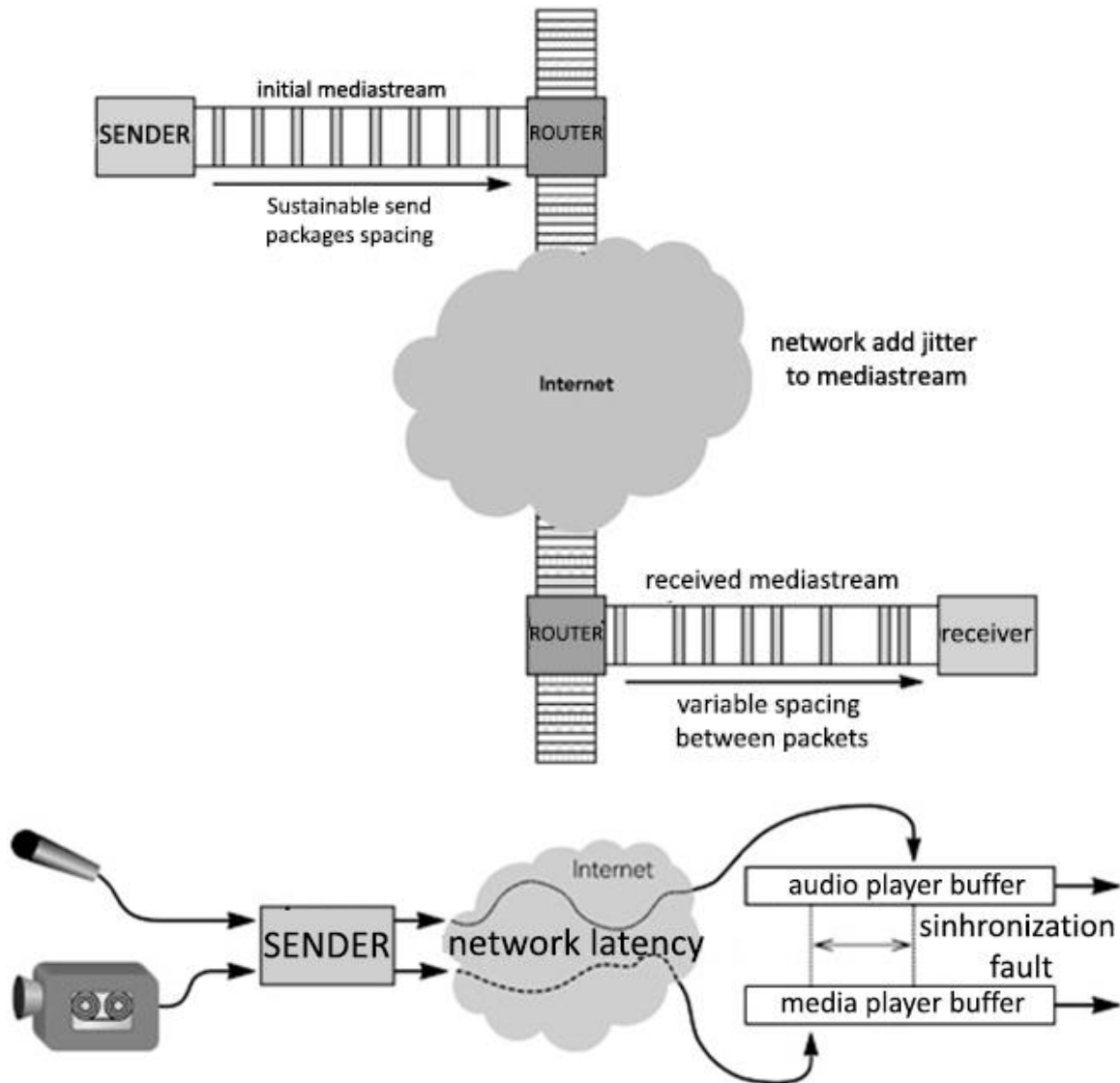


Рис. 3. Впровадження протоколу RTP

До особливостей даного протоколу слід віднести той факт, що відеозображення та аудіо можуть мати різні маршрути проходження через мережу.

Нівелювання затримки, яка утворюється в даному випадку забезпечується за рахунок механізмів роботи протоколу, наведених на слайді.

Виходячи з цієї особливості програвача медіатрафіка доводиться справлятися з усіма перетвореннями і пошкодженнями, які виникають в потоці даних при проходженні через мережу. Ключовою проблемою в даному випадку є проблема компенсації джитера пакетів.

Розглянемо механізм утворення джитера на внутрішній системі черг маршрутизатора з дисципліною обробки пакетів MDRR (рис. 4). Нагадаю, що джитером називається варіація часу затримки приходу пакетів [1].

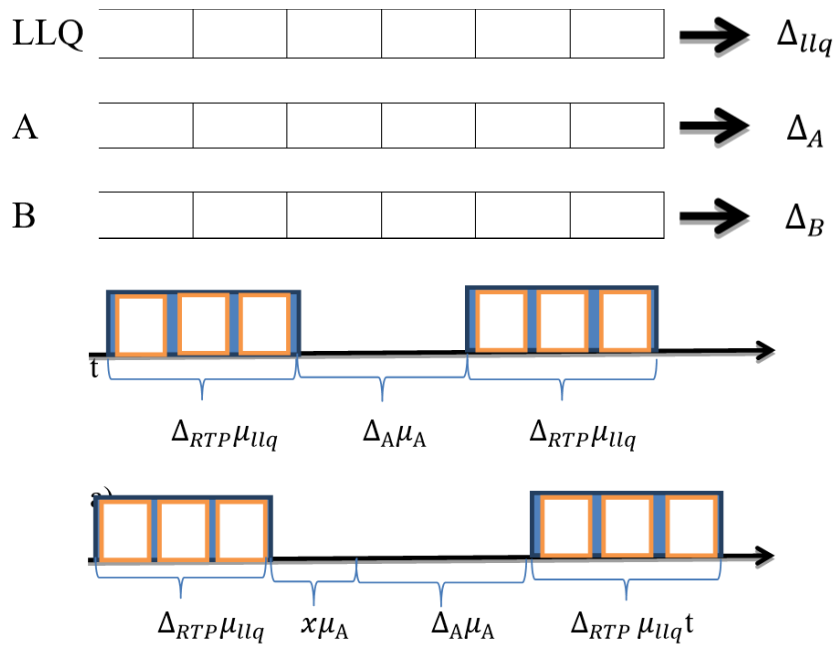


Рис. 4. Механізм утворення джитера

$$t_3 = \Delta_A \cdot \mu_A + \Delta_{RTP} \cdot \mu_{llq} + x \mu_A ,$$

при  $\Delta_A = k \cdot R_A$ ,

де  $\Delta_A$  – ваговий коефіцієнт А-тої черги,  $\mu_A$  – продуктивність А- тої черги,  $\Delta_{RTP}$  – ваговий коефіцієнт LLQ- черги,  $\mu_{llq}$  – продуктивність LLQ- черги,  $x$  – значення лічильника дефіциту,  $R_A$  – розмір RTP-пакета,  $x \mu_A$  – з'являється коли  $\Delta_A \neq k \cdot R_A$ . Отже, інтервал обробки пакетів LLQ-черги дорівнює  $\Delta_A \cdot \mu_A$  при  $\Delta_A = k \cdot R_A$  (Рис.4, б) і  $(\Delta_A \cdot \mu_A + x \mu_A)$  при  $\Delta_A \neq k \cdot R_A$  (Рис.4, а).

Мережевий трафік має певний закон розподілу ймовірностей розміру пакетів,  $p(R_A)$ , тому дані ймовірності слід враховувати при розрахунку затримки. Середнє значення затримки можна розрахувати, як математичне очікування часу затримки пакету:

$$t_{cp} = \sum_{i=R_{min}}^{R_{max}} t_{R_i} \cdot p(R_i)$$

Мінімальна затримка буде спостерігатися при  $t_{3min} = \Delta_A \mu_A$ , а максимальна при  $t_{3max} = \Delta_A \mu_A + x \mu_A$ . При цьому ймовірність появи мінімальної затримки буде дорівнює ймовірності того, що  $x = 0$ :

$$p(t_{3min}) = p(x = 0),$$

а ймовірність появи максимальної затримки дорівнює ймовірності того, що  $x = R_{max}$ :

$$p(t_{3max}) = p(x = R_{max}).$$

Таким чином необхідно визначити ймовірність того, що сума довжини пакетів  $R_A$  буде більше ніж  $k \Delta_A$ , а також ймовірність появи кожного значення даної різниці [2].

Для визначення даних ймовірностей використовуємо метод характеристичних функцій з огляду на інформацію про теоретичному розподілі довжин пакетів для даного протоколу, представленого у вигляді логнормального закону розподілу, що підпадає під клас розподілів з важкими хвостами, які як відомо присутні в мережі (рис. 5).

n	інтервал	P(n)	n	інтервал	P(n)
2	131-139	0,002	65	235-243	0,065
2	139-147	0,002	33	243-251	0,033
18	147-155	0,018	20	251-259	0,02
28	155-163	0,028	18	259-267	0,018
57	163-171	0,057	6	267-275	0,006
84	171-179	0,084	9	275-283	0,009
109	179-187	0,109	2	283-291	0,002
118	187-195	0,118	4	291-299	0,004
116	203-211	0,116	1	299-307	0,001
112	211-219	0,112	1	307-315	0,001
114	219-227	0,114	1	315-323	0,001
79	227-235	0,079	1	323-331	0,001

Histogram distribution length packets for the log-normal law

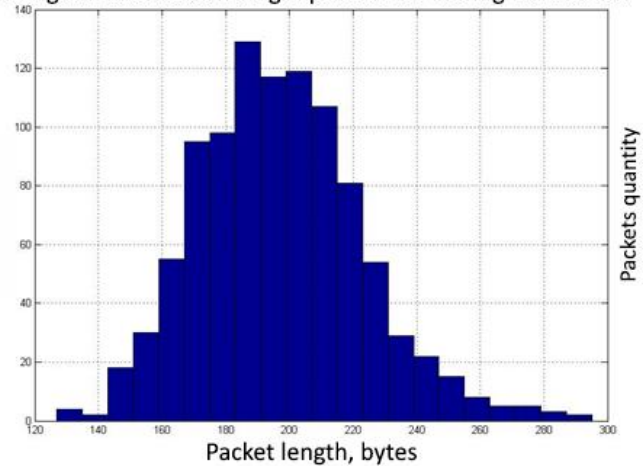


Рис. 5. Визначення імовірнісних характеристик джитера

Розрахунок характеристичної функції випадкової величини, що характеризує довжину пакета був проведений за формулою:

$$g(t) = \sum_{k=1}^n e^{itx_k} p_k,$$

де  $x_k$  – довжина пакета,  $p_k$  – ймовірність приходу пакету з довжиною  $p_k$ .

Після того, як нами була отримана характеристична функція, визначимо щільність розподілу суми довжин випадкових пакетів використовуючи зворотне перетворення Фур'є,

$$f_3(z) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} e^{-itz} g_z(t) dt.$$

У нашому випадку використано дискретне перетворення Фур'є, яке має вигляд:

$$f_i = \sum_{k=0}^{n-1} \left( A_k \cos \frac{2\pi}{N} ki - B_k \sin \frac{2\pi}{N} ki \right), (i = 0, 1, 2 \dots N - 1),$$

де

$$A_k = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} f_i \cos \frac{2\pi}{N} ki ;$$

$$B_k = -\frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} f_i \sin \frac{2\pi}{N} ki, (k = 0, 1, 2, \dots, N - 1).$$

Провівши обчислення використовуючи програмне середовище MatLab отримаємо такі графіки розподілу щільності ймовірності від кількості пакетів в сумі (рис. 6) [3].

Провівши аналіз даних графіків можна зробити висновок, що розмір джитера буде коливатися в залежності від вибору вагового коефіцієнта на черзі А,

Таким чином змінюючи значення вагового коефіцієнта в межах довжини пакетів можна отримати значення ймовірності появи джитера і його середню довжину для кожного значення ваги черги. Що призводить до мінімізації джитера в черзі LLQ і надалі, підвищення якості передачі даних за допомогою RTP-протоколу.

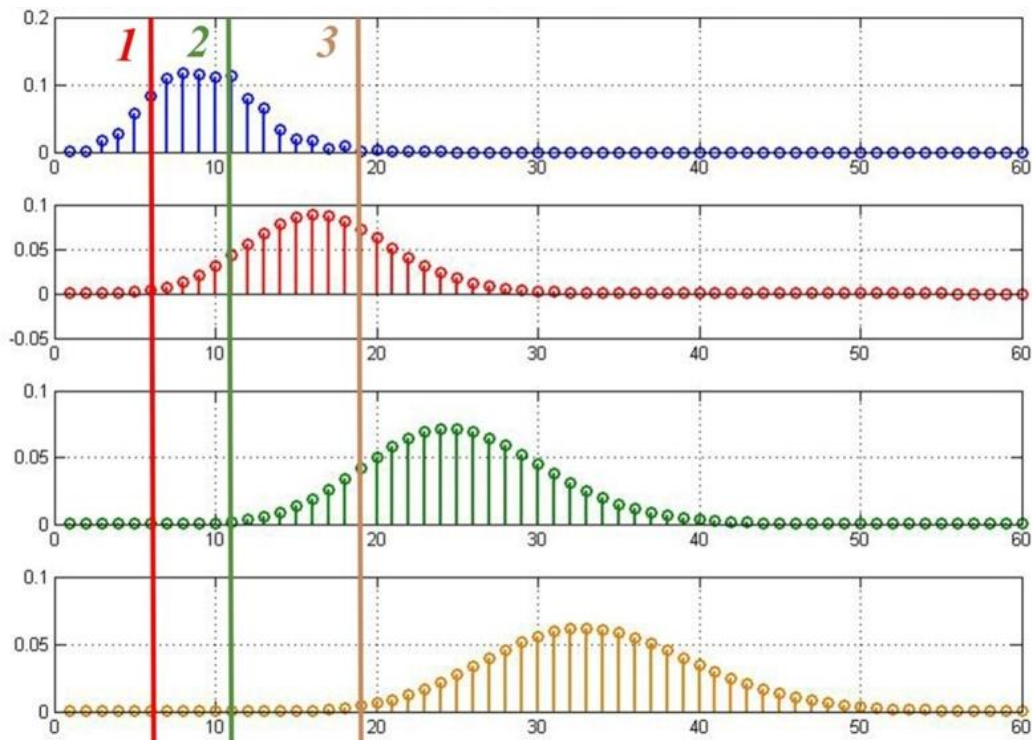


Рис. 6. Розподіл щільності ймовірності від кількості пакетів у черзі

### Висновки

Використання технології SDN в мережах 4G / 5G дозволить ефективно і гнучко реалізовувати алгоритми по вимірюванню та оцінці параметрів якості переданих сервісів, які використовуються національними регуляторами для моніторингу якості послуг, що надаються. А також дозволяє створити систему управління якістю, яка реалізується всередині оператора / провайдера, що забезпечує гарантовану якість надання сервісу.

### Список використаної літератури

1. Internet protocol data communication service IP packet transfer and availability performance parameters // ITU:T Recommendation Y. 1540. - 2016.
2. Царев Д.С. Алгоритм управления сетевым трафиком, учитывающий требования по качеству предоставляемых услуг / Д.С. Царев // Информационные технологии моделирования и управления. - 2009. - 4(56). - С. 571-575.
3. Боровков А.А. Математическая статистика / А.А. Боровков. - М.: Наука. Физматлит, 1984. - 144 с.

### Автори статті

**Лісковський Ігор Олегович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри фізики, Державний університет телекомунікацій, Київ, Україна.

**Подрушняк Володимир Володимирович** – аспірант, асистент кафедри фізики, Державний університет телекомунікацій, Київ, Україна.

### Authors of the article

**Liskovsky Ihor Olehovych** – candidate of science (technic), associate professor, associate professor of department of the Telecommunication systems and networks, State University of Telecommunications, Kyiv, Ukraine.

**Podrushnyak Volodymyr Volodymyrovych** – post graduate student, assistant of Department of Physics, State University of Telecommunications, Kyiv, Ukraine.