

УДК 621.391.8

DOI: 10.31673/2412-9070.2024.067820

С. М. БРЕЗІЦЬКИЙ, аспірант,

ORCID: 0009-0004-2562-890X

Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій, Київ

МЕТОДИ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ПЕРЕДАВАННЯ ДАНИХ У МЕРЕЖАХ ЗВ'ЯЗКУ З ПЕРЕДАЧЕЮ ПАКЕТІВ

На даний час операторами зв'язку використовуються різні методи оцінки якості роботи мереж зв'язку, побудованих за технологією комутації пакетів. При цьому методи, які використовуються, не завжди повною мірою задовольняють вимоги нормативних документів у сфері проведення оцінки якості роботи мереж через або відсутність під час використання методу контролю всіх необхідних показників якості або виконання контролю показників якості на обмеженому сегменті мережі вздовж шляху проходження пакетного трафіку. Така ситуація вимагає комплексного оцінювання якості роботи мережі з використанням набору методів, що доповнюють один одного для забезпечення "наскрізного" контролю на всіх ділянках мережі за всіма необхідними показниками якості. Досить велику проблему спричиняє невідповідність результатів контролю якості надання конкретних послуг зв'язку та результатів контролю якості роботи мережі зв'язку з передачі пакетного трафіку на користь конкретного мережевого сервісу або в мережі загалом. Подібні невідповідності досить добре можна пояснити досить "вузькими" завданнями, які вирішуються з використанням кожного конкретного методу контролю на відповідних рівнях моделі OSI. Усунення розбіжностей в отриманих результатах для різних методів контролю можливе створенням певної узагальненої методики для забезпечення одночасного контролю якості роботи мережі зв'язку з передачі пакетного трафіку та якості надання послуг зв'язку. У зв'язку з цим постає завдання створення набору методів, що дають змогу проводити оцінювання якості роботи мереж зв'язку згідно з наявними нормативними документами та забезпечення при цьому максимально повного охоплення процедурою контролю мережевих і сервісних показників якості.

Ключові слова: пакетна мережа зв'язку, показники якості, інтрузивний метод, неінтрузивний метод.

Вступ

Для забезпечення якісного надання послуг користувачам зв'язку необхідно на постійній основі проводити моніторинг якості роботи мережевої інфраструктури, що забезпечує передачу трафіку в інтересах користувача. З огляду на те, що маршрутизація пакетів у пакетній мережі зв'язку має імовірнісний характер, то для передавання пакетного трафіку в інтересах користувача необхідно проводити об'єктивну оцінку якості роботи мережі щодо передавання трафіку між точками під'єднання користувальницьких мережевих пристроїв до точок під'єднання або виходу з мережі у напрямку сервісних платформ, до яких користувач звертається для отримання необхідних йому послуг. В інтересах оператора щодо забезпечення якості роботи мережі на належному рівні здійснювати оцінку якості функціонування окремих сегментів та елементів мережі, яка передає трафік користувачів. Кореляція змін у показниках якості роботи сегментів і елементів мережі зі змінами в показниках якості, які характеризують роботу мережі, яка передає трафік користувачів, дасть змогу операторам виявити найважливіші та найбільш навантажені сегменти й елементи мережі для проведення найефективніших заходів із забезпечення підтримання якості роботи мережі на найвищому рівні. При проведенні оцінки якості роботи мережі для забезпечення узгодженості отриманих результатів операторам необхідно використовувати єдині методи та засоби для проведення такої оцінки.

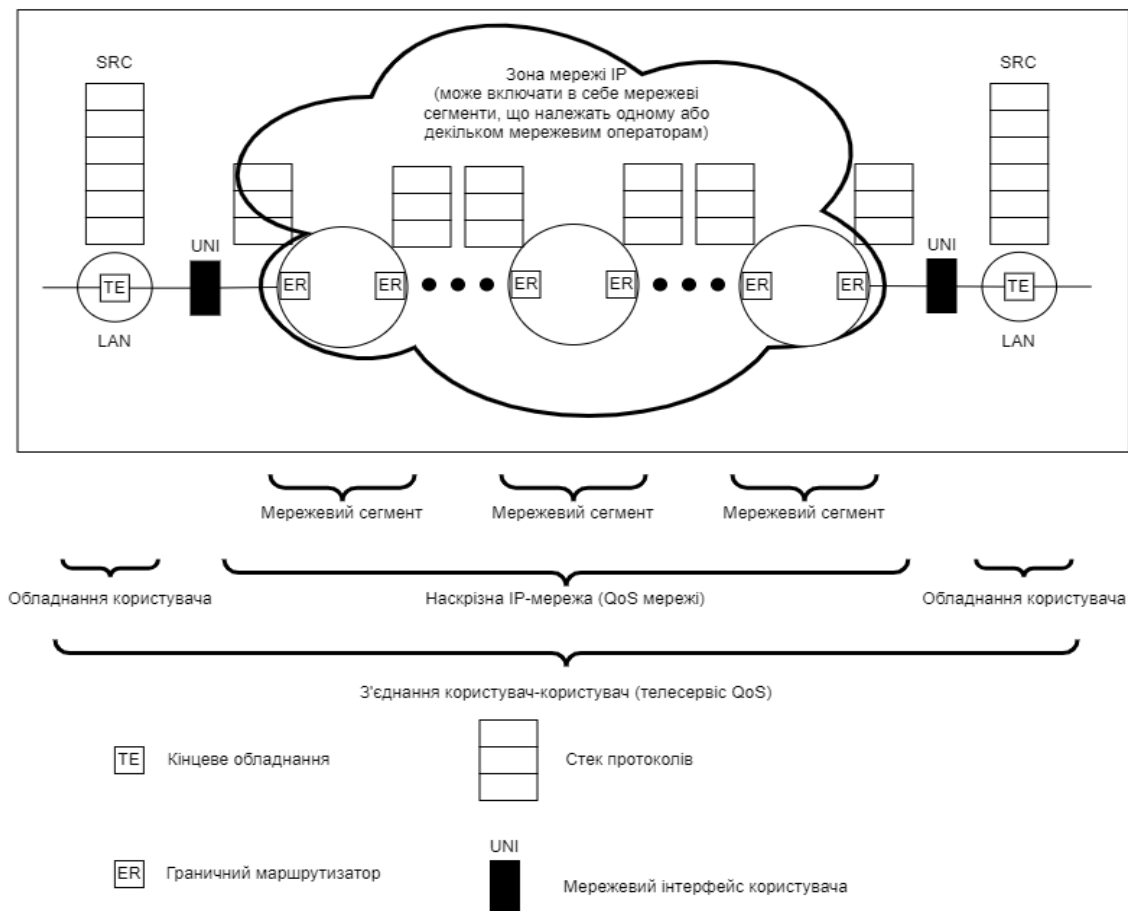
© С. М. Брезіцький, 2024

Аналіз дослідження. На даний час в якості показників роботи мереж на основі технології комутації пакетів використовуються показники, сформовані стосовно передавання IP-пакетів в мережі зв'язку. До основних показників якості, визначених у рекомендаціях МСЕ-Т [1], [2], [3], відносять:

- Коефіцієнт готовності (percent IP service availability - PIA),
- Затримка передачі пакета IP (IP packet transfer delay - IPTD),
- Варіація затримки (джиттер) передачі пакетів IP (IP packet delay variation - IPDV),
- Коефіцієнт помилок під час передачі пакетів IP (IP packet error ratio - IPER),
- Коефіцієнт втрати пакетів IP (IP packet loss ratio - IPLR),
- Порушення порядку проходження пакетів IP (IP packet reordering ratio - IPRR),
- Дублювання пакетів IP (IP packet duplicate ratio - IPDR),
- Оцінка часу життя пакета (Time to live - TTL).

Найбільш "знаменитою" з перерахованих рекомендацій є рекомендація МСЕ-Т Y.1541. У цій рекомендації вказуються значення мережеских показників якості для кожного з параметрів робочих характеристик, визначених в Y.1540, на рівні інтерфейсів UNI-UNI у разі використання для передачі даних протоколу IP. Структуру каналу передавання даних UNI-UNI для вимог до показників якості представлено на рис. 1.

При цьому потоком пакетів є трафік, пов'язаний із заданим потоком, що має з'єднання, або без логічного з'єднання, який має однакове хост-джерело, хост-одержувач, клас обслуговування та ідентифікатор сеансу. Також вказується, що протоколи нижнього рівня, включно з рівнем IP (від рівня 1 до рівня 3 моделі OSI) можуть також вважатися частиною мережі IP, а мережескі сегменти [1] є рівнозначними доменам операторів та можуть включати мережескі архітектури доступу протоколу IP [4], [5].



ПРИМІТКА. Обладнання для встановлення клієнтом (сіра область) наведено лише для ілюстрації.

Рис. 1. Канал передачі даних UNI-UNI для вимог до мережеского QoS

Мета дослідження. Метою дослідження є формування методу об'єктивної оцінки якості передавання даних у мережах зв'язку, побудованих за технологією передачі пакетів.

Результати дослідження. З урахуванням того, що в рекомендації МСЕ-Т Y.1541 задано показники якості та їхні значення на рівні інтерфейсів UNI-UNI, постає питання про забезпечення контролю показників якості на рівнях UNI-NNI і NNI-NNI, особливо на стику доменів операторів зв'язку. У цій ситуації на допомогу приходить рекомендація МСЕ-Т M.2301, яка визначає перелік показників якості та діапазони їх допустимих значень для:

- Одиного домену оператора на рівні UNI- UNI
- Лінії/каналу зв'язку між операторськими доменами на рівні NNI-NNI,
- Лінії/каналу зв'язку для доступу в мережу (підключення користувачів мережі зв'язку) на рівні UNI-NNI,
- Лінії зв'язку між двома сусідніми маршрутизаторами в мережі зв'язку на рівні NNI-NNI,
- Віртуальної приватної мережі (VPN) у межах мережі зв'язку одного оператора на рівні UNI-UNI.

Особливою заслугою розробників рекомендації МСЕ-Т M.2301 є виокремлення на окремий розгляд ліній/каналів зв'язку між операторами, між маршрутизаторами та на доступі до мережі зв'язку. Це дає змогу здійснювати контроль якості роботи не тільки мережі в цілому, а й на рівні окремих мережевих елементів. Окремий контроль показників якості лінії/каналу для доступу користувача до мережі зв'язку або підключення до мережі сервісних платформ дає змогу виключити "зазор" в області контролю показників якості для тих випадків, коли оператори здійснюють контроль якості функціонування лише тієї інфраструктури, яку вони відносять до мережі зв'язку, а не контролюють інфраструктуру, що віднесена до "лінії доступу" до самої мережі.

При цьому слід мати на увазі, що для контролю показників якості лінії/каналу доступу необхідно мати на "віддаленому кінці" лінії/каналу спеціальне обладнання, яке може належати як оператору, так і користувачеві. Особливо слід виокремити ситуацію, коли користувач приєднує до лінії/каналу доступу своє обладнання напряму. У такій ситуації необхідно або мати можливість налаштувати спеціальним чином обладнання користувача, або встановити на обладнання користувача спеціальне програмне забезпечення (ПЗ) для контролю показників якості. З огляду на те, що наразі відсутнє таке стандартизоване спеціальне ПЗ, то його розробка є досить серйозним і перспективним питанням у плані забезпечення контролю якості роботи мереж зв'язку і, як наслідок, послуг зв'язку загалом. Для контролю якості послуг зв'язку перспективним питанням виглядає розробка стандартизованих спеціальних програмних бібліотек, які розробники ПЗ, що використовується на устаткуванні користувача для отримання послуг зв'язку, будуть впроваджувати у своє ПЗ.

Рекомендацією МСЕ-Т M.2301 визначено перелік показників і можливе використання для вимірювання їх значень інтрузивних і неінтрузивних методів. Перелік показників і можливі методи вимірювання їхніх значень подано у таблиці.

Показники якості роботи IP-мереж та методи зміни їх значень

| Вимірюваний показник якості | Можливість інтрузивних вимірювань | Можливість неінтрузивних вимірювань |
|-----------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|
| IPDT | Так | |
| IPDV | Так | |
| IPEP | Так | Так |
| IPLR | Так | Так |
| IPDisR | | Так |

Під час проведення неінтрузивних вимірювань рекомендовано використання статистичних даних з рівнів 1-2 (статистика інтерфейсу по бітам/байтам та кадрам) і 3 (статистика за IP-пакетами) моделі OSI. Рівні моделі OSI, починаючи з 4 рівня, відносяться до рівня кінцевих (користувальницьких або сервісних) пристроїв, що підключаються до мережі зв'язку як клієнти. Такий розподіл рівнів моделі OSI представлено на рис. 2. Для отримання статистичних даних під час неінтрузивних вимірювань визнано використання лічильників протоколу SNMP як засобу проведення вимірювань [3]. При цьому задається загальне правило використання SNMP-лічильників для розрахунку відповідних значень показників якості. Об'єкти, на підставі значень параметрів яких розраховуються значення показників якості, подано на рис. 3 [3].

| | | | |
|---|----------------------|----------|---------------------------|
| 7 | Рівень додатків | Дані | Рівні хост-машини |
| 6 | Рівень представлення | Дані | |
| 5 | Сеансовий рівень | Дані | |
| 4 | Транспортний рівень | Сегменти | |
| 3 | Мережевий рівень | Пакети | Рівні середовища передачі |
| 2 | Канальний рівень | Кадри | |
| 1 | Фізичний рівень | Біти | |

Рис 2. Розподіл рівнів моделі OSI за мережевими і хост функціями

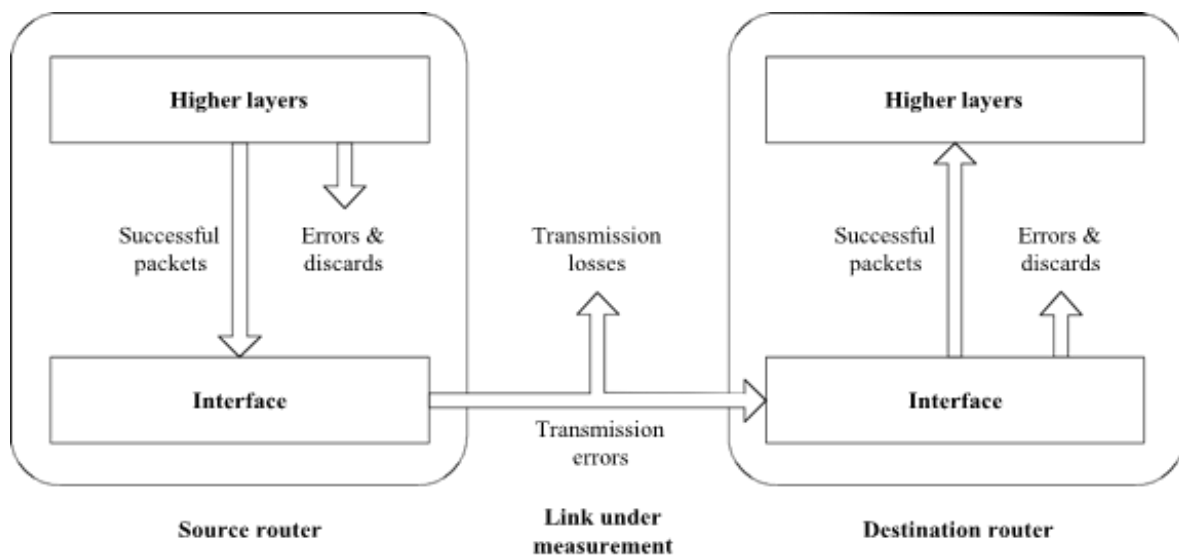


Рис 3. Об'єкти для отримання параметрів для розрахунку показників якості

До переваг використання SNMP-лічильників для моніторингу якості роботи мережі можна віднести той факт, що для моніторингу використовується переданий мережею трафік і мережа не навантажується додатковим трафіком для цілей проведення моніторингу. При цьому моніторинг здійснюється на всіх (1-3) рівнях моделі OSI, що використовуються в мережі зв'язку [6], [7]. Недоліком використання для моніторингу показників якості SNMP-лічильників є відсутність можливості контролю значень часових показників. Для інтрузивних вимірювань існує доволі великий набір методик і відповідних їм мережевих протоколів, що дають змогу провести вимірювання для отримання значень показників якості мережі зв'язку. До них можна віднести використання: ICMP-echo запитів, IP SLA трекери, TWAMP. Напевно, найбільш "класичним" методом контролю якісного стану мережі є використання утиліти "Ping" [8], яка дає змогу контролювати якість роботи мережі зв'язку на мережевому рівні моделі OSI шляхом надсилання echo-запитів на цільову IP-адресу та отримувати діагностичні дані за фактом проходження діагностичних пакетів до адреси призначення і назад. Набір показників якості, значення яких можна отримати за даними утиліти, обмежений набором: PIA, IPLR, оцінка TTL. Показник тимчасової затримки оцінюють як затримку під час передавання IP-пакетів у прямому і зворотному напрямках (IP round trip delay - IPRTD) і IPTD точно не дорівнює половині значення IPRTD. Тимчасові значення показників, вимірянні з допомогою утиліти "Ping", не можуть бути розглянуті як об'єктивні дані цих вимірювань [9]. Використання утиліти "Ping" не дає

змоги в повній мірі здійснити оцінку всіх показників якості, що встановлені нормативними документами [2] та здійснюється за принципом "з кінця в кінець" між мережевими інтерфейсами на 3 рівні моделі OSI. Мережеві інтерфейси при цьому можуть бути UNI та NNI типів, можливе проведення оцінювання показників якості в MPLS-мережі.

Використання трекерів IP SLA дозволяє здійснити більш детальну оцінку якості пакетної мережі шляхом проведення вимірювань значень показників якості для певного набору мережевих сервісів і мережевих протоколів. Однак, контроль показників якості, так само, як і під час використання утиліти "Ping", здійснюється за принципом "з кінця в кінець" на 3 і 7 рівнях моделі OSI. Слід мати на увазі, що деякі із показники якості у разі інтрузивних вимірювань можуть не відстежуватися зовсім або ж відстежуватися в неповному обсязі. Такий показник, як коефіцієнт скидання пакетів IP на мережевих пристроях (IP packet discard ratio - IPDisR), не відслідковується під час контролю "з кінця в кінець". IPER не враховує втрати пакетів, пов'язаних з втратою мережевих кадрів. При цьому не виникають проблеми, пов'язані з скиданням пакетів на мережевих пристроях, які можуть бути причиною помилок під час передачі мережевих кадрів і помилок під час передачі пакетів, які є основними складовими показника IPLR. Рівні та можливості IP SLA за контролем якості роботи мережі зв'язку представлено на рис. 4.

Можливості IP SLA у плані контролю якості роботи мережі зв'язку, з врахуванням технологій і протоколів, що використовуються по забезпеченню передачі трафіку, представлено у таблиці [7]. Варто особливо виділити наявність можливості контролю якості роботи певних мережевих і користувальницьких сервісів, які можуть відрізнятися на обладнанні різних виробників або версіях програмного забезпечення. До недоліків можна віднести досить обмежений функціонал тестового набору.

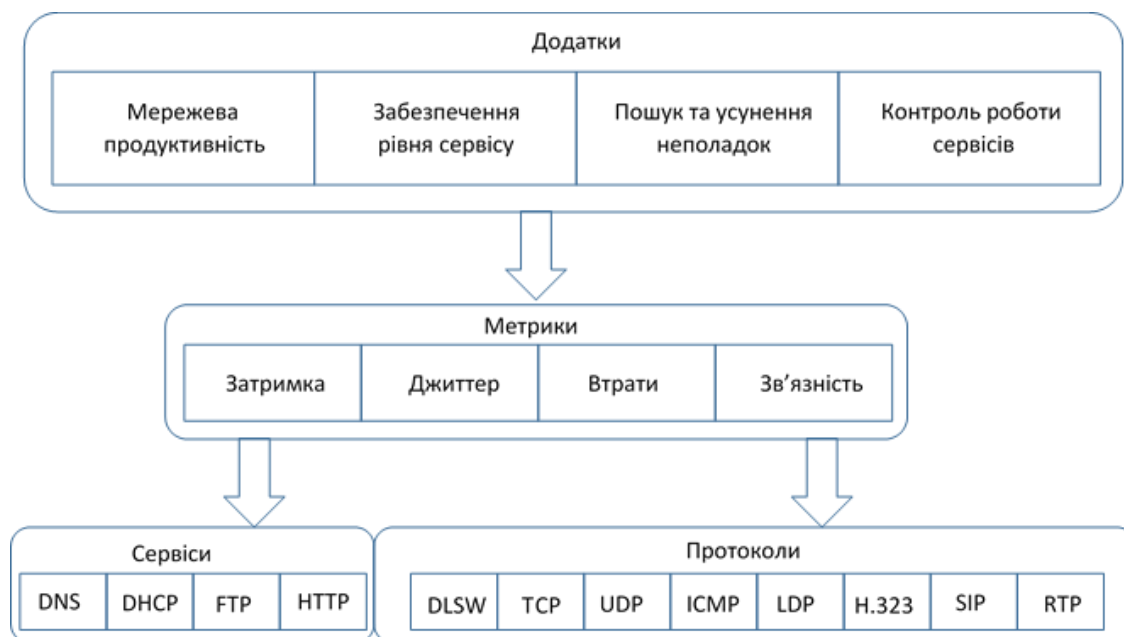


Рис. 4. Рівні та можливості IP SLA по контролю якості роботи мережі зв'язку

При цьому слід врахувати, що використання IP SLA дозволяє керувати маршрутами передавання трафіку залежності від результатів моніторингу каналів зв'язку на відповідність заздалегідь встановленим вимогам безпосередньо на обладнанні передачі трафіку.

Можливості IP SLA за контролем якості роботи мережі зв'язку

| Сервіси, технології, протоколи | Контрольовані параметри через IP SLA |
|--------------------------------|--|
| TCP/IP | UDP jitter UDP echo UDP path echo TCP connect |

| | |
|-----------------|--|
| | ICMP echo ICMP path echo ICMP jitter |
| VoIP | UDP jitter (+VoIP g711, g729) VoIP RTP (DSP required) VoIP H.323 and SIP call setup delay VoIP H.323 and SIP gatekeeper delay |
| Network Service | HTTP DNS DHCP FTP |
| MPLS | LSP ping LSP trace LSP auto-discovery and auto-schedule (ECMP tree trace) |
| Video | Video operation |
| Cloud & DC | Cloud service level monitor IPSLA queries VSM for VEMs it manages |
| Metro-Ethernet | Ethernet Echo(802.1ag) Ethernet Jitter |

Two-Way Active Measurement Protocol (TWAMP) [10] використовується для контролю QoS на 3 рівні моделі OSI і дозволяє проводити оцінку якості роботи мережі з формуванням значень наступних показників якості: PIA, IPTD, IPDV, IPLR, IPRR, IPDR, оцінка TTL. Існує версія TWAMP від компанії Ericsson при використанні якої можливе проведення оцінки швидкості передачі даних і рівнів завантаження лінії/каналу зв'язку (IP-layer utilization - IPLU). При цьому варто мати на увазі, що рівень завантаження каналу як такий не оцінюється. Оцінці підлягає швидкість передачі даних і рівень завантаження каналу трафіком при такій швидкості передачі даних. При використанні TWAMP можливо здійснювати контроль якості IP-мереж з урахуванням значень DSCP, заданих для тестових пакетів, що дозволяє виявити різні значення одного показника для різних значень DSCP.

Ряд показників продуктивності не можуть бути оцінені з використанням TWAMP у зв'язку з тим, що з використанням TWAMP оцінювання показників якості виконується за принципом "з кінця в кінець" і мережа зв'язку між відправником і отримувачем трафіку розглядається як «чорна скринька». До таких показників якості належать IPDisR і IPER. Дані показники вкладають свій внесок в значення IPLR, отримане за допомогою TWAMP, проте показники IPTD, IPDV, IPLR, IPER нормовані під час проведення оцінювання продуктивності пакетної мережі зв'язку [2] і, відповідно, є обов'язковими при оцінці якості роботи мережі зв'язку.

З огляду на те, що значення показників IPDisR та IPER являють собою значення «накопичувального» типу і здійснюють вплив на значення IPLR як основної складової, тому оцінювання значень показників IPDisR і IPER на мережевих пристроях уздовж шляху проходження трафіку (або наборі пристроїв, через які може передаватися трафік з найбільшою вірогідністю у зв'язку з тим, що маршрути передачі трафіку в пакетній мережі не завжди є стабільними) є дуже необхідним і дає змогу превентивно виявляти наявність ліній/каналів зв'язку між мережевими пристроями, які не забезпечують довготривалої якості під час передавання через них користувальницького трафіку та мережевими пристроями, перевантаженими обробкою пакетного трафіку. Позитивною стороною інтрузивних методів є можливість порогової оцінки часових показників якості, оскільки перевищення порогового часового значення призводить до скидання пакетів трафіку реального часу на приймальному боці, тому що вони вважаються вже застарілими та не придатними для надання послуг зв'язку. Зображення даного алгоритму скидання пакетів трафіку реального часу наведено на рис. 5.

До недоліків використання інтрузивних методів можна віднести завантаження лінії/каналу зв'язку тестовим трафіком. Наприклад, при використанні TWAMP мінімальна довжина data-сегмента TWAMP-Test пакета в unauthenticated-mode становить 41 байт і 104 байт в authenticated-mode і encrypted-mode [10]. У найпростішому випадку, під час передавання тестового пакета з використанням тільки Ethernet-кадру (кадр + преамбула + міжкадровий інтервал) довжина тестового "пакету" становитиме 107 байт або 856 біт у unauthenticated-mode і 170 байт або 1360 біт в authenticated-mode і encrypted-mode. З урахуванням того, що контроль бажано виконувати для трьох основних типів трафіку, то величини "тестових" наборів становитимуть уже 2568 біт і 4080 біт відповідно.

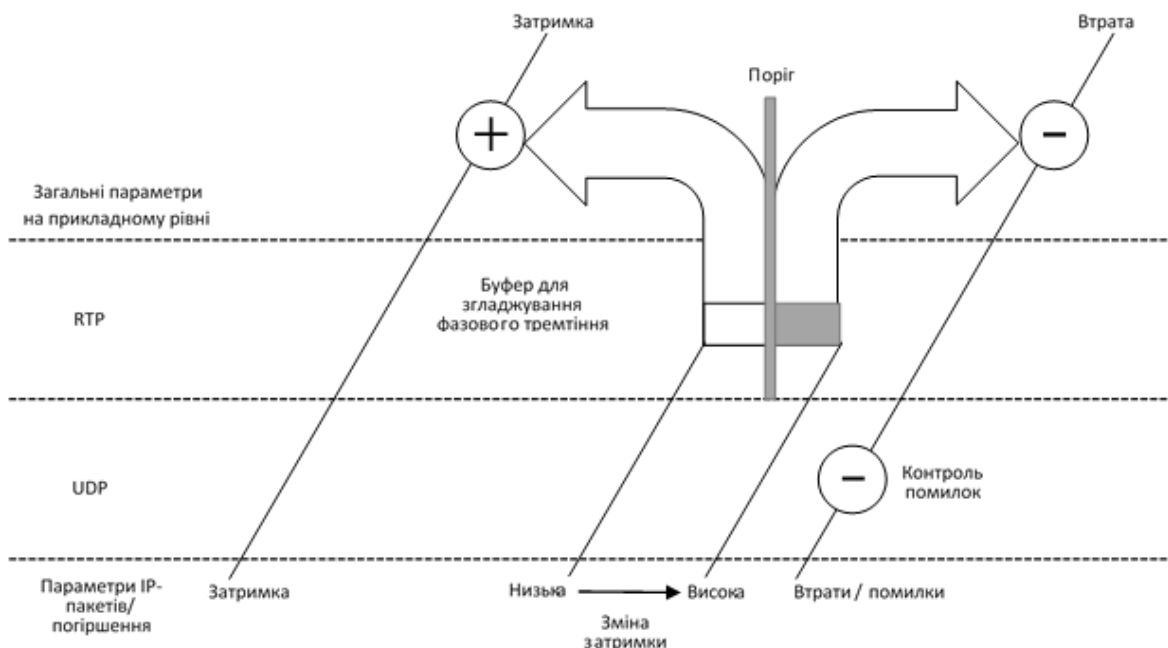


Рис. 5. Зображення робочих характеристик IP-пакетів на прикладному рівні

Період опитування для контролю часових показників якості [5] має становити 10 "тестових наборів" за секунду. У підсумку, для контролю значень показників якості у відношенні, наприклад, одного мережевого пристрою або користувальницького устаткування з використанням TWAMP потрібна смуга лінія/канал зв'язку 25,68 кбіт/с або 40,8 кбіт/с відповідно, що співставне зі смугою каналів для передавання трафіку одного голосового з'єднання. Проте, зі зростанням кількості мережевих пристроїв, що контролюються з питань якості передавання пакетного трафіку і зростанням інтенсивності тестів, тестовий трафік може помітно завантажити пакетні черги невеликого розміру, наприклад, ті, що використовуються для передачі голосового трафіку. Ще одним недоліком інтрузивних методів є складність їх використання в мережі з високою інтенсивністю змін у маршрутизації трафіку, особливо на високошвидкісних інтерфейсах (зі швидкостями 10 Гбіт/с і більше). У таких мережах на інтервалах часу між відправленням тестових пакетів може відбуватися вимірювання маршрутів передачі трафіку. У результаті маршрути тестових пакетів і пакетів користувальницького трафіку можуть досить сильно відрізнитися. Це може бути причиною недостовірності значень показників якості стосовно реального користувальницького пакетного трафіку.

При цьому основним методом отримання даних зі значень лічильників TWAMP, IP SLA, тощо під час проведення інтрузивних вимірювань є використання для цієї мети протоколу SNMP. Зростання кількості SNMP-запитів на обладнання у зв'язку із зростанням кількості тестів різного типу може призвести до зайвого додаткового навантаження на центральний процесор, у гіршому випадку - до блокування "перевантажувальних" SNMP-запитів. У такій ситуації доцільно налаштувати відправлення сповіщень на системи моніторингу в разі перевищення значеннями контрольованих параметрів порогових значень із подальшим переходом на постійний періодичний контроль значень параметрів до зменшення їхніх значень нижче від

порогового значення, тобто створення моніторингу за подією. Порівняльний аналіз деяких методів проведення інтрузивної та неінтрузивної оцінки показників якості наведено у таблиці.

Порівняльний аналіз використання різних методів контролю показників якості

| Показники якості | TWAMP | ICMP-echo (Ping) | IP SLA | SNMP-counters |
|--|----------------|---------------------------------------|--------|---------------|
| PIA | Так | Так | Так | Так |
| IPTD | Так | Так (за відсутності обмежень по ICMP) | Так | Ні |
| IPDV | Так | Ні | Так | Ні |
| IPLR | Так | Так (за відсутності обмежень по ICMP) | Так | Так |
| IPRR | Так | Ні | Ні | Ні |
| IPDR | Так | Ні | Ні | Ні |
| Оцінка TTL | Так | Так | Ні | Ні |
| Швидкість передачі даних / рівень завантаження каналу – IPLU | Так (RFC-6802) | Ні | Так | Так |
| IPDR | Ні | Ні | Ні | Так |
| IPEP | Ні | Ні | Ні | Так |

З урахуванням наявних обмежень для ICMP-echo основними варіантами для інтрузивного моніторингу з оцінкою часових показників якості в даному випадку є TWAMP і IP SLA.

Висновки

Використання інтрузивних методів вимірювання показників якості за допомогою TWAMP і IP SLA виправдане у випадках, коли: необхідний контроль значень показників якості, які вимагають проведення тимчасових вимірювань; необхідно контролювати якість роботи мережі зв'язку, яка адміністративно перебуває під управлінням іншої організації і, відповідно, немає можливості отримати значення SNMP-лічильників з обладнання мережі.

З причини генерації трафіку аналогічного типу сервісного трафіку всередині тих самих ліній/каналів, де безпосередньо передається сервісний трафік користувачів послуг мережі зв'язку, TWAMP і IP SLA рекомендується використовувати для періодичного або тимчасового контролю значень показників якості. Під час використання інтрузивних методів вимірювання рекомендується здійснювати контроль стабільності маршрутної інформації для протоколів маршрутизації, які використовуються у мережі. Використання неінтрузивних методів на основі SNMP-лічильників на обладнанні рекомендується для забезпечення контролю якісних показників роботи внутрішньої мережевої інфраструктури. З урахуванням того факту, що інтрузивні та неінтрузивні методи контролю показників якості мають окремо не повні набори нормованих показників якості і проводять оцінювання мережі з різних боків, то для цілей моніторингу показників якості мережі зв'язку, побудованої за технологією комутації пакетів, рекомендується використовувати обидва типи методів, обираючи найоптимальніше їхнє поєднання.

Список літератури

1. Recommendation ITU-T Y.1540, "Internet protocol data communication service - IP packet transfer and availability performance parameters", 07/2016.
2. Recommendation ITU-T Y.1541, "Network performance objectives for IP-based services", 12/2011.
3. Recommendation ITU-T M.2301, "Performance objectives and procedures for provisioning and maintenance of IP-based networks", 07/2002.
4. Recommendation ITU-T E.651, "Reference connections for traffic engineering of IP access networks", 03/2000.
5. Recommendation ITU-T Y.1231, "IP access network architecture", 11/2000.
6. Mauro D., Schmidt K. (2012). *Basics of SNMP*. 2nd edition, trans. from English, St. Petersburg: Symbol-Plus. 520 p.
7. Clemm A. (2007). *Network Management Fundamentals*. Indianapolis, USA: Cisco Press. 510 p.
8. RFC 792, "Internet Control Message Protocol DARPA Internet Program Protocol Specification", September 1981.
9. Recommendation ITU-T O.211, "Test and measurement equipment to perform tests at the IP layer:", 01/2006.
10. RFC-5357, "A Two-Way Active Measurement Protocol (TWAMP)", October 2008.

S. Brezitskyi

METHODS FOR ASSESSING THE QUALITY OF DATA TRANSMISSION IN PACKET-BASED COMMUNICATION NETWORKS

Nowadays, various quality assessment methods are employed by telecommunications operators to evaluate the performance of packet-switched communication networks. However, the methods currently in use do not always fully meet the requirements set forth in regulatory documents for network performance evaluation. This may be due to the fact that some methods fail to measure all the necessary quality indicators or because the quality control is applied only to a limited segment of the network, typically along specific paths where packet traffic flows. Such limitations hinder the ability to achieve a comprehensive assessment of network performance. To address these shortcomings, it is crucial to implement a more integrated approach to evaluating network quality. This can be done by utilizing a combination of methods that complement each other, ensuring "end-to-end" monitoring across all segments of the network and covering all necessary quality indicators. One of the significant challenges lies in the discrepancy between the quality control results for individual communication services and the overall quality control of packet-switched network performance. These discrepancies arise because the tasks addressed by specific control methods tend to be quite "narrow," focusing on particular layers of the OSI model, which limits the scope of the evaluation. Resolving these discrepancies requires developing a unified methodology that allows for simultaneous monitoring of both network performance and service quality. This will enable operators to measure the quality of packet traffic transmission as well as the quality of service delivery in an integrated manner. Such an approach will provide a more accurate representation of network performance and help eliminate the mismatches that occur when different evaluation methods are used in isolation. In this context, the task is to create a comprehensive set of methods that would enable the assessment of communication network performance in accordance with existing regulatory requirements. At the same time, this set of methods should ensure maximum coverage of both network and service-related quality indicators. The development of such a methodology is essential for providing a holistic view of network operation and service quality, ultimately leading to improved customer satisfaction and more effective network management.

Keywords: packet communication network, quality indicators, intrusive method, non-intrusive method.