

БАЗОВІ МЕТОДИ ВИМІРЮВАНЬ ПАРАМЕТРІВ ЯКОСТІ ОБСЛУГОВУВАННЯ В МЕРЕЖАХ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ

Інститут інформаційно-діагностичних систем Національного авіаційного університету

Розглянуто основні методи вимірювань параметрів якості обслуговування з використанням телекомунікаційного обладнання, зокрема на прикладі застосування обладнання, що реалізує технологію Фрейм Рілей. Показано, що шлейфова схема вимірювань найбільш придатна в процедурах оцінювання якості обслуговування в мережах передачі даних.

Передмова

Будь-які сучасні технології застосування телекомунікаційного обладнання передбачають необхідність оцінювання якості надання мережних послуг. У свою чергу, більшість процедур оцінювання якості базується на використанні певних методів вимірювання показників цієї якості. У даній роботі розглянуто базові методи вимірювань параметрів якості обслуговування в мережах передачі даних (МПД) стосовно, насамперед, обладнання, що реалізує специфікації технологій Фрейм Рілей (FR), IP та багатьох інших телекомунікаційних технологій каналного та мережного рівнів.

Постановка задачі

Звісно, що загальним способом оцінювання поточних значень параметрів якості обслуговування (*Quality of Service, QoS*) є проведення їх періодичних вимірювань через фіксовані інтервали часу. В експлуатаційній практиці доцільно здійснювати прямі вимірювання характеристик тестового трафіку. Елементарний акт вимірювання виконується відносно протокольного блоку даних (*Protocol Data Unit, PDU*), що перетинає увідну вимірювальну точку (*Ingress Measurement Point, Ingress MP*), полягає у виявленні можливої кореспондованої події у вивідній вимірювальній точці (*Egress Measurement Point, Egress MP*) і фіксації наслідків цієї

події (наприклад, втрата *PDU*, затримка та величина затримки, помилка в полі даних і т. ін.). Процес вимірювань полягає у здійсненні серії послідовних елементарних актів вимірювання. В результаті отримують дані, що використовуються як похідні в процедурах оцінювання параметрів *QoS*.

В експлуатаційній практиці з метою спрощення процедур вимірювань використовують шлейфовий метод, згідно з яким шлях проходження потоку *PDU* утворюється таким, щоб увідна та вивідна точки вимірювань (*Measurement Point, MP*) були сумісними. Це дозволяє позбавитись проблемами синхронізації точок вимірювань. У даній роботі поставлено за мету дослідити можливості та умови використання шлейфового методу вимірювань стосовно до задач оцінювання якості обслуговування в МПД.

Основна частина

У процедурах оцінювання якості обслуговування використовують шлейфову схему організації вимірювань (як через локальний, так і через віддалений шлейф) за умов, коли вивідні порти вимірювальної секції одного напрямку передавання *PDU* фізично або логічно замикаються на увідні порти цієї секції із зворотного напрямку передавання. Така схема забезпечує можливість обробки подій, що виникають на увідній та вивідній вимірювальних точках, за допомогою

єдиного локально розташованого інструментального засобу вимірювань.

Базова схема вимірювань, що придатна для оцінювання параметрів якості обслуговування між двома визначеними кінцевими вузлами транспортної мережі при з'єднаннях типу "точка – точка" або "споживач – споживач", відображена на рис. 1, де уся можлива сукупність проміжних мережних доменів та каналів передачі (*Network Section Ensemble, NSE*) на шляху просування *PDU* між цими вузлами моделюється однією вимірювальною мережною секцією (*NSO*). Слід зауважити: у загальному випадку між кожною парою кінцевих вузлів *PDU* можуть транспортуватися в режимі без встановлення фізичних або логічних з'єднань. Шляхи проходження

PDU в цьому випадку можуть бути різними.

Базова схема вимірювань для оцінювання параметрів абонентського доступу показана на рис. 2.

В процесі оцінювання розглядається потік *PDU*, що проходить через визначену пару вимірювальних точок – увідну та вивідну, які вибираються на границях *NS* та каналів передавання даних на портах того обладнання, що є об'єктом розгляду у даній процедурі вимірювань. У точках вимірювань здійснюються спостереження за подіями і вимірюються певні характеристики цих подій, що пов'язані із проходженням *PDU* через ці точки. Таких *MP* на кожній базовій схемі – чотири.

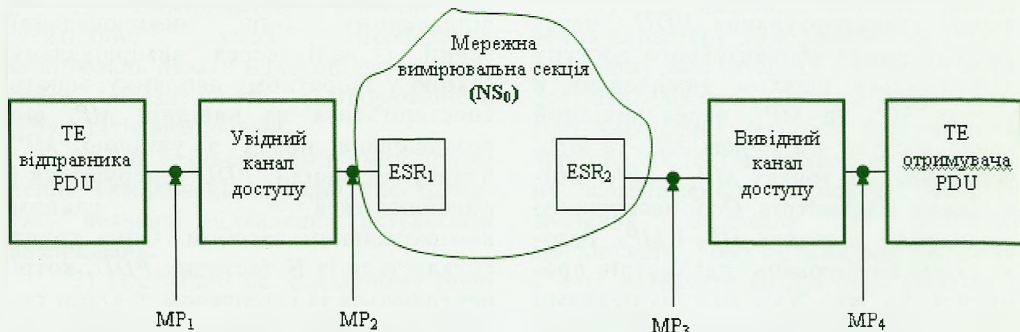


Рис. 1. Базова вимірювальна схема для оцінювання параметрів наскрізного з'єднання типу "точка - точка"

Позначки:

- MP_i - *i*-та точка вимірювань;
- ESR_1 - увідний крайовий комутатор/маршрутизатор;
- ESR_2 - вивідний крайовий комутатор/маршрутизатор;
- TE - термінальне обладнання.

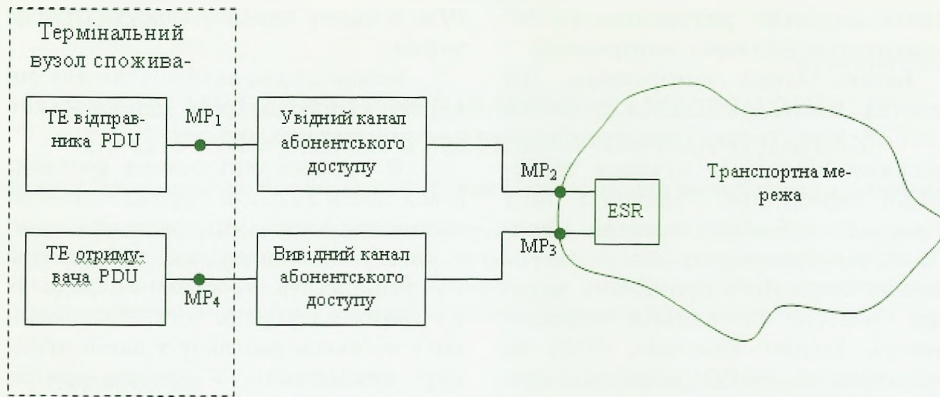


Рис. 2. Базова схема вимірювань для оцінювання параметрів абонентського доступу
Позначки:

ESR - крайовий комутатор/маршрутизатор;

MP_i - i -та точка вимірювань.

Згідно з рисунком 1 оцінювання якості транспортування *PDU* через увідний канал абонентського доступу здійснюється шляхом вимірювань в точках MP_1 та MP_2 , через вивідний канал доступу - в точках MP_3 та MP_4 , через NS_0 - в точках MP_2 і MP_3 . Оцінювання параметрів *QoS* наскрізного з'єднання - в точках MP_1 і MP_4 . Базова схема вимірювань параметрів проміжної *NS* або *NSE* між будь-якими двома точками принципово не відрізняється від схеми вимірювань параметрів наскрізних з'єднань.

Вимірювання виконуються в режимі тестування. Структура тестового потоку *PDU* відображена на рисунку 3.

Як видно із рисунка 3, процес вимірювань полягає у надсиланні на увідну *MP* певним чином визначеної сукупності (групи) тестових *PDU*, котрі, проходячи через вимірювальну секцію в одному напрямку, вибрані

точки перемикання напрямків на віддаленому кінці вимірювальної секції і далі через вимірювальну секцію у зворотному напрямку, мають спостерігатися на вивідній *MP*, що розташована поряд з увідною *MP*. Увідні та вивідні *PDU* генеруються і оброблюються єдиним вимірювальним засобом. Одна група складається із N тестових *PDU*, котрі передаються із інтервалом τ . Один сеанс вимірювань триває L одиниць часу, де $L = N \times \tau$. Групи *PDU* генеруються з періодом T . Розмір (довжина) *PDU* в процесі вимірювань не змінюється і дорівнює ν байт. Кількість груп *PDU*, що враховується в процедурах оцінювання параметрів *QoS* (тобто, одна серія сеансів вимірювань) N_0 , обчислюється виходячи з того, що задається, як правило, інтервал часу оцінювання параметру T_0 : $N_0 = T_0 \setminus T$.

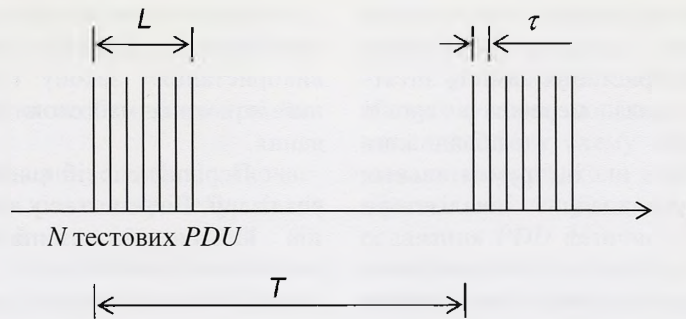


Рис. 3. Ілюстрація структури тестового потоку *PDU* для вимірювання похідних даних, що використовуються в процедурах оцінювання параметрів *QoS*

Значення ν , τ , N , T та T_0 нормуються у розрізі кожної телекомунікаційної технології, що мають застосування на МПД.

В процесі оцінювання параметрів *QoS* необхідно дотримуватись таких вимог:

1) Вимірювання повинні за ідентичних умов проведення вимірювань давати однакові результати, тобто забезпечувати відтворюваність результатів вимірювань.

2) Для незначних змін умов проведення вимірювань повинні спостерігатись незначні відхилення результатів вимірювань.

3) Необхідно на кількісному рівні оцінювати можливі похибки вимірювань. На основі аналізу похибок мають бути сформульовані вимоги до інструментальних засобів та умов проведення вимірювань, дотримання яких дозволить знизити похибки або тримати їх у припустимих межах.

4) Якщо розмір тестових *PDU* не регламентується, то з метою зменшення часу їхньої обробки розмір цих *PDU* має бути якнайменшим.

5) Час $L = N \cdot \tau$ передавання групи тестових *PDU* повинен бути таким, щоб імовірність зміни маршруту їхнього проходження між відправником та одержувачем була достатньо малою.

6) Якщо інтервал τ між тестовими *PDU* занадто малий, то вони будуть надсилатись у мережу занадто швидко, що

може викликати їх буферизацію у вихідних чергах портів мережного обладнання. Для уникнення буферизації необхідно визначити мінімально припустиме значення часу τ , при якому тестові *PDU* не впливають один на одного.

7) Для найбільш повного визначення характеру змін параметрів *QoS* у реальному часі інтервал T повинен бути достатньо малим. З іншого боку, з метою зменшення похибок вимірювання через вплив тестового трафіку на поточну завантаженість мережних ресурсів значення інтервалу T доцільно збільшувати. Тому оптимальне значення T слід визначати емпіричним шляхом з урахуванням конкретних цілей та умов проведення вимірювань.

8) Часто оцінки параметрів *QoS* залежать не тільки від розмірів, але і від типу *PDU*, які були використані в процесі вимірювань. Тому, визначаючи певний параметр *QoS* або вказуючи його конкретне значення, завжди слід зазначати, *PDU* якого типу використовувались у процесі вимірювань.

9) Апаратні засоби та програмне забезпечення (ПЗ) вузлів мережі, які задіяні у процесі вимірювань, можуть впливати на результати вимірювань. Особливо це стосується випадків, коли реєстрація часу настання мережних подій здійснюється засобами прикладного ПЗ вузла мережі, а не засобами операційної системи. Тому у випадку, коли необхідно вимірювати параметри

затримок *PDU* у каналах зв'язку між вузлами мережі, доцільно розглянути можливість використання замість штатних засобів вузла мережі в якості вимірювального обладнання спеціалізованих інструментальних засобів, наприклад, аналізатора протоколів.

Під час вимірювань із застосуванням аналізатора протоколів має використовуватися спосіб визначення показників *QoS*, згідно з яким вимірювання проводяться не через фіксовані інтервали часу *T*, а з фіксованою імовірністю *p*. Аналізатор протоколів має рєструвати всі *PDU* у каналі зв'язку, але до траси протоколів повинен записувати інформацію щодо *PDU* лише у випадку, якщо деяке випадкове число із рівномірним законом розподілу на інтервалі від 0 до 1 є більшим, ніж *p*. Такий спосіб вимірювань має усі переваги способу вимірювань із використанням закону Пуассона. Документом *RFC 2330* рекомендоване використання саме розподілу Пуассона для проведення вимірювань, які пов'язані із визначенням показників *QoS* та *NP*.

Згідно з цим способом вимірювань, перш за все, слід визначити параметр розподілу Пуассона - коефіцієнт λ (наприклад, якщо $T = 30$ с, то $\lambda = 1/30$). Потім слід згенерувати послідовність (псевдо) випадкових чисел U_1, U_2, \dots, U_n , які рівномірно розподілені на інтервалі від 0 до 1. (Більшість комп'ютерних систем мають штатні засоби генерації таких чисел). Далі отримують набір експоненціально розподілених (псевдо) випадкових чисел E_1, E_2, \dots, E_n за формулою

$$E_i = -\frac{\log(U_i)}{\lambda},$$

де $\log(U_i)$ - натуральний логарифм U_i .

Перше вимірювання проводиться через інтервал часу E_1 , друге - через інтервал E_1+E_2 і т. д.

Існують, як мінімум, три способи виконання послідовності вимірювань із використанням закону Пуассона, кожний із котрих має свою сферу застосування.

Перший спосіб є найпростішим у реалізації. Він полягає у наступному:

- 1) Згенерувати випадкове число E_1 і чекати на протязі E_1 с.
- 2) Виконати процедуру вимірювання.
- 3) Згенерувати випадкове число E_2 і чекати на протязі E_2 с.
- 4) Виконати процедуру вимірювання.
- 5) Згенерувати випадкове число E_3 і чекати на протязі E_3 с.
- 6) Виконати процедуру вимірювання...

Однак процедура вимірювання триває деякий час M_i . Тому вимірювання відбуваються не у моменти часу E_1, E_1+E_2, \dots , а у інтервали $E_1, E_1+M_1+E_2, \dots$. Якщо час M_i малий у порівнянні з $1/\lambda$, то похибка, яка пов'язана із даним способом, є також відносно малою. У іншому випадку методичною похибкою нехтувати не можна.

У другому способі виконання послідовності вимірювань час M_i враховано. Цей спосіб полягає у наступному:

- 1) Згенерувати випадкове число E_1 і чекати на протязі E_1 с.
- 2) Виконати процедуру вимірювання та визначити її тривалість M_1 .
- 3) Згенерувати випадкове число E_2 і чекати на протязі E_2-M_1 с.
- 4) Виконати процедуру вимірювання...

Але цей спосіб також має недолік - його реалізація можлива лише за умови, що $E_{i+1} \geq M_i$. У іншому випадку виникає необхідність виконувати кілька вимірювань одночасно.

Третій спосіб полягає у наступному:

- 1) Згенерувати випадкові числа E_1, E_2, \dots, E_n .

2) Визначити моменти виконання вимірювань T_1, T_2, \dots, T_n , де $T_i = E_1 + \dots + E_i$.

3) Виконати необхідні вимірювання.

У випадку припустимості одночасного виконання кількох процедур вимірювання третій спосіб вільний від недоліків, які властиві першим двом способам. Якщо виконання i -тої процедури вимірювання суттєво впливає на результати інших процедур, то третій спосіб не має переваг і може виявитись навіть гіршим за два попередні.

На практиці, якщо $M_i \ll 1/\lambda$, то можливе використання будь-якого із способів виконання послідовності вимірювань із використанням закону Пуассона. Якщо $M_i \leq 1/\lambda$, слід використовувати другий спосіб. У випадку припустимості одночасного виконання кількох процедур вимірювання використовують третій спосіб виконання вимірювань.

Слід зауважити: оскільки множину параметрів функціональності транспортних послуг складають параметри швидкості передавання PDU та обсягу трафіка, що транспортується впродовж визначеного проміжку часу, то основний метод оцінювання цих параметрів базується на підрахунку кількості PDU , що перетинають вибрану MP на протязі визначеного проміжку часу. Точка та інтервал вимірювання, а також ознаки сукупності PDU , що мають бути враховані, вибираються виходячи із цілей вимірювань і визначаються окремо стосовно кожної транспортної технології, яка використовується на МПД.

Висновки

З аналізу наведеного вище матеріалу є можливим зробити наступні висновки:

- загальним способом оцінювання поточних значень параметрів якості обслуговування є проведення їх періодичних вимірювань через фіксовані інтервали часу. Зазвичай здійснюють прями

вимірювання характеристик тестового трафіку;

- у процедурах оцінювання якості обслуговування доцільно використовувати шлейфову схему організації вимірювань за умов, коли вивідні порти вимірювальної секції одного напрямку передавання PDU фізично або логічно замикаються на увідні порти цієї секції із зворотного напрямку передавання. Така схема забезпечує можливість обробки подій, що виникають на увідній та вивідній вимірювальних точках, за допомогою єдиного локально розташованого інструментального засобу вимірювань;

- вимірювання параметрів якості обслуговування найбільш доцільно здійснювати в режимі тестування. Структура тестового потоку PDU для цих випадків відображена на рисунку 3;

- під час вимірювань із застосуванням аналізатора протоколів найбільш придатним є спосіб визначення показників QoS , згідно з яким вимірювання проводяться не через фіксовані інтервали часу T , а з фіксованою імовірністю p .

В даній роботі сформульовано вимоги, яких необхідно дотримуватись в процесі оцінювання параметрів QoS .

Список літератури

1. Дедков В.К., Северцев Н.А. Основные вопросы эксплуатации сложных систем. – М.: Высшая школа, 1976. – 405 с.
2. Сычев Е.И. Оценка влияния измерительного контроля на надежность технических систем // Надежность и контроль качества. – 1979. – №10. – С. 18-26.
3. Уланский В.В., Мукан О.В. Определение показателей достоверности контроля пригодности радиоэлектронных систем // Контроль и управление техническим состоянием авиационного и радиоэлектронного оборудования: Сб. научн. тр. – К.: «КИИГА», 1986. – С. 32-90.