

УДК 621.391

Козловський В.В.,
orcid.org/0000-0002-8301-5501,
Туровський О.Л.,
orcid.org/0000-0002-4961-0876,
Кулінський В.Д.,

ФОРМАЛІЗАЦІЯ ВИМОГ ДО СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИМИ МЕРЕЖАМИ

Національний авіаційний університет

s19641011@ukr.net

Вступ

З 2000-х років спостерігається стрімке зростання обсягу трафіку даних і значне зростання потреб у розмірах інформаційних потоків в процесі надання нових видів послуг. Це призвело до того, що існуючі телекомунікаційні мережі виявились неспроможними або підійшли до межі своїх можливостей по обслуговуванню абонентів з заданими показниками якості обслуговування. Телекомунікаційні оператори змушені приймати рішення щодо вдосконалення мережної архітектури таких мереж та підвищення якості їх функціонування на основі використання сучасних методів та принципів. Для ефективного обслуговування абонентів, з урахуванням генеруемого ними трафіку, необхідно мати запас пропускнуої здатності на транспортному рівні. Сьогодні потреба в широкій смузі пропускання виникає на найнижчих рівнях телекомунікаційних мереж, і насамперед це стосується організації виділеного каналу для доступу в Інтернет. У зв'язку з цим, останнім часом питання побудови мережі з найбільш раціональною ієрархією стало одним з найбільш актуальних. В свою чергу процес розбудови системи управління вимагає аналізу її роботи \ в сучасних умовах та визначення і формалізації вимог до неї.

Опис системи та постановка завдання

Система управління (СУ) телекомунікаційною мережею є складною системою, до якої висуваються найрізноманітніші і багатопланові вимоги. Це вимоги до

функціональних можливостей, показників якості, надійності і ефективності системи поряд з вимогами до економічних показників [1,2].

Готових рішень щодо формалізації вимог до СУ в даний час немає, навіть з урахуванням розроблених для них стандартів, таких як загальний протокол управління інформацією SNMP (Common Management Information Protocol) і простий протокол мережевого управління SNMP (Simple Network Management Protocol), не можна дати гарантії, що конкретна система управління буде повністю відповідати формалізованим до неї вимогам [2,3]. Саме тому в даний час на перший план виходять завдання оптимізації систем управління телекомунікаціями, вирішувати які слід, починаючи з формального опису вимог до неї, вибору критерію оптимізації, визначення структури і сукупності параметрів системи управління [1,4].

Необхідність проектування оптимальних систем управління телекомунікаційними мережами викликала гостру потребу у виборі формального математичного апарату, що адекватно відображає особливості телекомунікаційних мереж і характер їх поведінки в часі. У багатьох раніше розроблених СУ в підсистемах ідентифікації стану керованого об'єкта і вироблення керуючих впливів використовувалися детерміновані математичні моделі. Таким чином, СУ є системами параметричного управління, тобто системами, які керують не станами об'єкта, а його параметрами [1,2,5]. У зв'язку з цим для аналізу систем

управління мережами широке застосування знаходять деякі додатки теорії інформації.

Однією з найважливіших проблем при проектуванні системи управління телекомунікаційними мережами є вибір оптимальної швидкості передачі інформації управління [2,3]. З одного боку, завищення необхідної пропускної здатності веде до непродуктивних витрат коштів. З іншого, якщо канал не зможе забезпечити необхідні швидкість і якість, то затримка інформації управління в мережі може бути неприпустимо великою. Таким чином, визначення оптимальних значень пропускної здатності мережі управління і часу затримки інформації в СУ є завданням, що має велике практичне значення та потребує розробки відповідної методики оцінки які повинні враховувати вимоги до системи управління в сучасних умовах передачі даних.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Питанням формалізації вимог до СУ телекомунікаційної мережею та оцінці її параметрів на показники якості функціонування вказаної мережі присвячено ряд робіт.

У роботі [6] представлена модель функціонування мережі MPLS (multiprotocol label switching) в режимі тунелювання. З метою оцінки роботи вказаної мережі запропоновані аналітичні вирази, які дозволяють описати процес взаємного впливу при обслуговуванні заявок різних напрямків зв'язку на одних і тих же елементах мережі, визначити показники якості обслуговування і пропускної спроможності напрямків зв'язку мережі MPLS, порівняти їх з нормованими значеннями і оцінити відповідність заданим нормам. Формалізація вимог до такої мережі в роботі не проводилась.

Робота [7] присвячена розгляду питання, пов'язаного із здійсненням оцінки необхідної пропускної спроможності каналів управління для контролю обстановки та управління режимами роботи корпоративної мережі супутникового зв'язку з

регульованими параметрами в умовах впливу перешкод. Відзначено, що миттєва швидкість передачі зворотного каналу повинна вибиратися з вимогою за часом реакції на вплив. Наведено розрахунки такої пропускної здатності в залежності від кількості земних станцій, швидкості можливих змін параметрів перешкоди і числа можливих її станів. В роботі не визначено в повному обсязі вимоги до такого виду СУ та відсутня оцінка пропускної здатності мережі з врахуванням пріоритетності.

Питання синтезу системи управління інформаційно-комунікаційними мережами передачі даних розглянуто в роботі [8]. В роботі показано, що застосування принципу подачі даних на основі теорії потоку даних є одним із ефективних способів збільшити використання мережевих ресурсів в надзвичайних ситуаціях. В з метою забезпечення динамічного розподілу потоку в системі управління мережі передачі інформації, пропонується використовувати динамічну систему управління розподілом потоків. Показано, що динамічна маршрутизація є такою ефективною лише при середньому використанні каналу. Питання оцінки впливу пропускної здатності на ефективність роботи розглянутої інформаційно-комунікаційної мережі в роботі не розглядалися.

Робота [9] присвячена особливості синтезу управління мережею зв'язку типу TMN (Telecommunication Management Network) другого рівня з комбінованим принципом управління. В роботі детально розглянуто інтелектуальне управління з врахуванням збурення та відхилення. Питання оцінки пропускної здатності для вказаної мережі в роботі не розглядалися.

У роботі [10] розглянуто питання по вивченню архітектури інтелектуальної мережі управління, проведена розробка методів для обчислення основних параметрів вказаної мережі, взаємозв'язки між ними та синтез векторних мереж. У той же час не показано, які методи вектору синтез доречно використовувати при оптимізації мережі та розрахунку пропускної здатності мережі і її впливу на ефективність

функціонування розглянутої мережі управління.

Оптимальний алгоритм прийому з використанням послідовного методу, який доцільно використовувати в управлінні каналами інфокомунікаційних мереж запропоновано у роботі [11]. В роботі детально розглянуто питання поліпшення якості управління при прийомі та обробці сигналу. З метою компенсації впливу різних шумів та збурень на якість та достовірність вхідного сигналу в даній роботі запропонований алгоритм, що дозволяє компенсувати його втрати. Питання оцінки пропускної здатності в даній роботі не розглядаються.

Робота [12] присвячена розробці алгоритмів роботи системи управління мережею в процесі регулювання швидкості та оперування пріоритетністю пакетів вхідних даних. Запропонований алгоритм роботи системи управління дозволяє методом регулювання швидкості прийомі пакетів даних підтримувати високу динаміку роботи всієї мережі. Також в роботі представлена схема оцінки швидкості обробки пакетів вхідних даних та алгоритм оцінки доступності смуги пропускання мережі. Безпосередньо питання оцінки пропускної здатності в даній роботі не розглядалися.

У роботі [13] розглянуті питання всебічного огляду методів оцінки пропускної здатності з метою її підвищення для мережі передачі поточкових даних. В роботі запропоновано декілька методів оцінки пропускної здатності для сучасних бездротових мереж. Запропоновані в роботі методи мають загальний характер, алгоритми безпосереднього розрахунку пропускної здатності для в даній роботі відсутні. Також не розглянуті вимоги до системи управління мережею.

Мета та задачі дослідження

Метою роботи є формалізація вимог до системи управління телекомунікаційними мережами в сучасних умовах швидкісної передачі великих пакетів даних.

Для досягнення цієї мети необхідно вирішити наступні завдання:

- провести аналіз критерію пропускної здатності системи управління телекомунікаційними мережами;
- сформулювати в загальному вигляді вимоги до системи управління телекомунікаційними мережами;
- подати формальний опис визначених вимог до системи управління телекомунікаційними мережами.

Виклад основного матеріалу

Як відомо, максимально можлива швидкість передачі інформації по каналу, називається пропускною спроможністю каналу, і визначається наступним чином [1,4]:

$$C = R_{MAX} = \max \left[\lim_{T \rightarrow \infty} \frac{H(a)}{T} \right]$$

де $H(a)$ – ентропія повідомлення a ;

R – швидкість передачі інформації;

T – тривалість повідомлення.

Необхідно зауважити, що пропускну здатність як критерій оптимальної роботи системи управління можна розглядати з двох сторін [1,3-4]:

1. Пропускна здатність каналів СУ між сервером СУ і клієнтом (робочою станцією) системи управління.

2. Пропускна здатність каналів СУ між операційною системою OS (сервером СУ) і керованим мережевим елементом.

Очевидно та визначено в попередніх дослідженнях, що другий вид пропускної здатності має першорядне значення при плануванні мережі, тому що забезпечує взаємодію з багатьма мережевими елементами [6].

Вимоги, що пред'являються до пропускної здатності мережі управління, залежать від трафіку мережі, що генерується найбільш типовими і важливими операціями системи управління.

При аналізі вимог, що пред'являються до пропускної здатності каналів СУ між сервером і клієнтом СУ, необхідно врахувати, що обсяг даних, переданих між сервером і клієнтом СУ, приблизно такий же, як між сервером і мережевими елементами, за винятком того, що в момент запуску клієнтської програми передається великий обсяг даних, особливо, в разі

створення віддаленого клієнта, що вимагає додаткового резерву пропускної здатності.

Розглянемо докладніше вимоги, що пред'являються до пропускної спроможності каналів системи управління між сервером СУ і керованим мережевим елементом.

При цьому скористаємось загально прийнятими теоретичними підходами та визначеними вимога до систем управління в галузі передачі інформації [2,4,8]:

Потік даних, що генерується при взаємодії між цими об'єктами визначається:

- потоком даних, отриманим в результаті періодичного опитування стану каналів (link) – залежить від періоду опитування і кількості керованих мережевих елементів;

- потоком даних, отриманим в результаті операцій управління конфігурацією мережі і мережевих елементів – частота і величина цього трафіку величина випадкова, але як показує практика досить невелика;

- потоком даних, отриманим в результаті періодичного збору статистичних даних, – досить значним за величиною, але прогнозованим і залежить від періоду опитування і кількості керованих мережевих елементів;

- потоком даних, отриманим в результаті операцій управління при пошкодженнях і аваріях в мережі – частота і величина цього трафіку величина випадкова, непередбачувана, може бути дуже значною і призвести до перевантаження мережі.

Таким чином, можна визначити пропускну спроможність C , необхідну для надання послуг управління з гарантованою якістю (QoS) [4,8]:

$$C = \frac{H(E) \sum_{i=1}^n N_i k_i}{k_C T}$$

де N – кількість інформаційних потоків з однаковим пріоритетом;

$H(E)$ – ентропія або середня кількість інформації, якою мережевий елемент обмінюється з операційною системою

управління, тобто кількість інформації, необхідна для управління одним мережевим елементом;

k_C – коефіцієнт, що характеризує фактичне споживання пропускної здатності, цей коефіцієнт визначається емпірично і залежить від ширини смуги пропускання каналу;

k_i – нормований коефіцієнт, що залежить від пріоритету мережевого елементу;

T – середній час виконання транзакції управління.

Вимоги до пропускної здатності каналу, що відноситься до одного мережевого елементу визначаються кількістю інформації, якою мережевий елемент обмінюється з операційною системою управління і допустимим часом затримки транзакції управління.

Вони включають:

- затримку при передачі пакета (packet delay);

- затримку серіалізації (serialization delay);

- затримку поширення (propagation delay);

- затримку комутації (switching delay)

Необхідно врахувати, що затримка при передачі пакета (packet delay), або латентність (latency) складається з затримки серіалізації, затримки поширення і затримки комутації [14,15].

Подамо формальний опис визначених вимог.

Затримка серіалізації (serialization delay) – час, який потрібен пристрою на передачу пакета при заданій ширині смуги пропускання (пропускної спроможності). Затримка серіалізації залежить як від ширини смуги пропускання каналу передачі інформації, так і від розміру переданого пакета.

Затримка поширення (propagation delay) – час, який потрібен переданому біту інформації для досягнення приймаючого пристрою на іншому кінці каналу. Ця величина досить істотна, оскільки в кращому випадку швидкість передачі

інформації порівняннн зі швидкістю світла. Затримка поширення залежить від відстані і використовуваного середовища передачі інформації, а не від смуги пропускання. Для ліній зв'язку глобальних мереж затримка поширення вимірюється в мілісекундах.

Затримка комутації (switching delay) – час, який потрібен пристрою, що отримав пакет, для початку його передачі наступному пристрою. Зазвичай кожен з пакетів, що належить одному і тому ж потоку трафіку, передається з різним значенням затримки. Затримка при передачі пакетів змінюється в залежності від стану проміжних мереж.

Якщо мережа не відчуває переважання, то пакети не ставляться в чергу в маршрутизаторах, а загальний час затримки при передачі пакета складається з суми затримки серіалізації і затримки поширення на кожному проміжному переході. В цьому випадку можна говорити про мінімально можливу затримку при передачі пакетів через задану мережу. Якщо ж мережа переважана, затримки при організації черг в маршрутизаторах починають впливати на загальну затримку при передачі пакетів, і призводять до виникнення різниці в затримці при передачі різних пакетів одного і того ж потоку.

Слід зазначити, що надійність і ефективність функціонування системи управління телекомунікаційною мережею залежить від якості та достовірності прийому дискретних вхідних сигналів, на які чинять вплив як зовнішні так і внутрішні чинники. Цілісність та достовірність пакету дискретних даних безпосередньо пов'язана з оцінкою стійкості опорних сигналів системою їх прийому, яка входить до складу телекомунікаційної мережі. Сама оцінка залежить від параметрів несучої частоти вхідних сигналів. Вирішення проблем щодо оцінки несучої частоти цих сигналів передбачає вибір параметра оцінки та методології їх визначення. Як такий прийом у роботі для оцінки несучої частоти сигналів, що передаються в режимі пакетної передачі, пропонується

використовувати правило максимальної правдоподібності із використанням швидкого ковзного перетворення Фур'є. [18]. У цьому випадку саму систему синхронізації опорного сигналу можна вдосконалити методом синтезу розімкнутого зв'язку, який досить детально описаний у [19].

В якості критерію кількісної характеристики мінімально граничної дисперсії оцінки несучої частоти пакету вхідних сигналів телекомунікаційної мережі доцільно використати нижній кордон Крамера-Рао (Cramer-Rao lower bound), розрахунок якого для телекомунікаційної мережі подано в роботі [20]. Забезпечити надійність та достовірність пакету вхідних даних в високошвидкісних системах управління телекомунікаційними мережами можна методом удосконалення системи синхронізації вхідного пристрою телекомунікаційної мережі, що висвітлено в роботі [21].

Висновки

В роботі проаналізовані, узагальнені та формалізовані вимоги, що пред'являються до системи управління телекомунікаційною мережею в сучасних умовах.

Вказані вимоги включають групи, що відносяться до:

- вимог до пропускної спроможності каналів системи управління між сервером СУ і керованим мережевим елементом;
- вимоги до пропускної здатності каналу, що відноситься до одного мережевого елементу

Вимоги, що пред'являються до пропускної спроможності каналів системи управління між сервером СУ і керованим мережевим елементом визначаються властивостями потоків даних між вказаними елементами в різних умовах функціонування мережі.

Вимоги до пропускної здатності каналу, що відноситься до одного мережевого елементу визначаються кількістю інформації, якою мережевий елемент обмінюється з операційною системою управління і допустимим часом затримки транзакції управління.

Подані в роботі вимоги та їх формалізація може стати основою для визначення загального підходу, обґрунтування застосування математичного апарату та розробки математичних залежностей, що описують процес моделювання пропускнуої здатності каналу мережі управління телекомунікаційної мережі.

Література

1. *Стеглов В.К.* Сучасні системи управління в телекомунікаціях / Стеглов В.К., Костик Б.Й., Беркман, Л.Н. // К.: Техніка, 2005. – С. 400.
2. *Kirk Donald* Optimal control theory: An introduction / Mineola; New York: Dover, 2004. – P. 452.
3. *Толубко В.Б.* Методи оптимізації / Толубко В.Б., Беркман Л.Н. // Київ: ДУТ, 2016. – С. 442.
4. *Романов, А.І.* Телекомунікаційні мережі та управління / К.: ВПЦ “Київський університет”, 2003. – С. 247.
5. *Kulin M.* Data-Driven Design of Intelligent Wireless Networks: An Overview and Tutorial / Kulin M., Fortuna C., De Poorter E., Deschrijver D., Moerman I. // Sensors, 2016. – № 16(6). – P.790-796.
6. *Mankivsky V.B.* Analytical model for estimating the capacity of the MPLS network in the tunneling mode / Collection of scientific works of VITI NTUU "KPI", 2013. – № 2. – P 48-57.
7. *Артюшенко В.М.* Оцінка необхідної пропускнуої здатності каналів управління в корпоративній мережі супутникового зв'язку з регульованими параметрами / Артюшенко В.М., Кучеров Б.А. // Бюлетень інформаційних технологій, 2014. – № 2. – С.22-28.
8. *Berkman L.* The intelligent control system for infocommunication networks / Berkman L., Barabash O., Tkachenko O., Laptiev O., Salanda I. // International Journal of Emerging Trends in Engineering Research, 2020. – № 8(5). – P. 1920-1925.
9. *Aaron D. A.* Radio Wave Propagation: Simulation of Free Space Propagation Path Loss / Aaron D. A., Lourdes R. B., Del Rosario E., Matthew Z. M., Navarro I. // International Journal of Emerging Trends in Engineering Research (IJETER), 2020. – № 8. – P. 281-287.
10. *Kibria M. G.* Big Data Analytics, Machine Learning, and Artificial Intelligence in Next-Generation Wireless Networks / IEEE Access, 2018. – № 6. –P. 1284-1291.
11. *Venkata Narayana V.* Estimation of Quality and Intelligibility of a Speech Signal with varying forms of Additive Noise / Venkata Narayana, V., Sk Hasane Ahammad, Vinay B., Chandu G., Rupesh G., Abishek Naidu, Pavan Gopal G. // International Journal of Emerging Trends in Engineering Research (IJETER), 2019. – № 7. – P. 430-433.
12. *Paul A. K.* An Enhanced Available Bandwidth Estimation Technique for an End-to-End Network Path / Paul A. K., Tachibana A., Hasegawa T. // IEEE Transactions on Network and Service Management, 2016. – № 13(4). – P. 768-781.
13. *Chaudhari S.S.* Survey of Bandwidth Estimation Techniques in Communication Networks / Chaudhari S.S., Biradar R.C. // Wireless Pers Commun, 2015. – № 83. – P. 1425-1476.
14. *Ложковський А.Г.* Теорія черг у телекомунікаціях / Одеса: ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2010. – С. 112.
15. *Ивченко Г.И.* Теория массового обслуживания Эд. 2, ред. и доп. / Ивченко Г.И., Каштанов В.А., Коваленко И.Н. / М.: Либроком, 2012. – С. 304.
16. *Тихоненко О. М.* Модели массового обслуживания в информационных системах / Минск: «Технопринт», 2003. – С. 326.
17. *Raj Jain* The Art of Computer Systems Performance Analysis: Techniques for Experimental Design, Measurement, Simulation, and Modeling / New York: “Wiley-Interscience”, 1991. – P. 720.
18. *Turovsky O.* Estimates of the carrier frequency of the signal received by the satellite communication system in package mode / Turovsky O., Drobyk O., Makarenko A., Khakhlyuk O. // International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering, 2020. – № 9(3). – P. 3223-3228.
19. *Turovsky O.* Combined system of phase synchronization with increased order of

astatism in frequency monitoring mode / Turovsky O., Khlaponin Y., Muhi-Aldin H. M. // CEUR Workshop Proceedings, 2020. – № 2616(1). – P. 53-62.

20. Turovsky O. Determination of the lower border of Cramer-Rao for evaluation of the carrier frequency of the radio technical communication channel signal / Turovsky O., Berkman L., Drobyk O., Zakharzhevskiy A., Khakhlyuk O. // International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering, 2020. – № 9(4). – P. 5838-5845.

21. Turovsky O. Consideration of limitations, which are formed by the input signal, on the phase error minimization process during carrier frequency tracking system of synchronization of radio technical device of communication / Turovsky O., Kozlovskiy V., Balanyuk Y., Boiko Y., Lishchynovska N. // International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering, 2020. – № 9(5). – P. 8922-8928.

Козловський В.В., Туровський О.Л., Кулінський В.Д.

ФОРМАЛІЗАЦІЯ ВИМОГ ДО СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИМИ МЕРЕЖАМИ

Стрімке зростання обсягу трафіку даних і значне зростання потреб у розмірах інформаційних потоків в процесі надання нових видів телекомунікаційних послуг призвело до того, що існуючі телекомунікаційні мережі виявились неспроможними або підійшли до межі своїх можливостей по обслуговуванню абонентів з заданими показниками якості обслуговування. Виникла та потребує постійного вирішення проблема вдосконалення обрис архітектури таких мереж та підвищення якості їх функціонування на основі використання сучасних методів та принципів. Першочерговим підходом до вирішення такого завдання є визначенні вимог до системи управління телекомунікаційними мережами з врахуванням її структури. В даній роботі проведено аналіз критерію пропускну здатності системи управління телекомунікаційною мережею, визначені вимоги, що пред'являються до пропускну спроможності каналів системи управління телекомунікаційною мережею в сучасних умовах та подано їх формалізований опис.

Ключові слова: пакет, трафік, вимоги, затримка, пропускна здатність.

Kozlovsky V.V., Turovsky O.L., Kulinsky V.D.

FORMALIZATION OF REQUIREMENTS FOR THE TELECOMMUNICATIONS NETWORK MANAGEMENT SYSTEM

The rapid growth of data traffic and a significant increase in the need for information flows in the process of providing new types of telecommunications services has led to the fact that existing telecommunications networks have failed or approached the limit of their ability to serve subscribers with specified quality of service. The problem of improving the architecture of such networks and improving the quality of their operation based on the use of modern methods and principles has arisen and needs constant solution. The primary approach to solving this problem is to determine the requirements for the management system of telecommunications networks, taking into account its structure. In this paper the analysis of the criterion of the bandwidth of the telecommunication network management system is carried out, the requirements to the bandwidth of the channels of the telecommunication network management system in modern conditions are determined and their formalized description is given.

Keywords: packet, traffic, requirements, delay, bandwidth.