

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ВДОСКОНАЛЕНОЇ МОДЕЛІ БАЛАНСУВАННЯ НАВАНТАЖЕННЯ В ІНФОКОМУНІКАЦІЙНІЙ МЕРЕЖІ

Круглова А.О., Журавльова А.С.

Кафедра «Інфокомунікаційної інженерії
ім. В.В. Поповського», ХНУРЕ, Україна

E-mail: anastasiia.kruhlova@nure.ua

E-mail: anna.zhuravlova@nure.ua

Abstract

The purpose of the work is to increase the level of service quality in the infocommunication network. Research methods - formalization and comparison, mathematical programming, practical experiment. In the bachelor's qualification work an improved mathematical model of load balancing in the infocommunication network was proposed and investigated. This model is based on the conditions of implementation of single or multi-path routing; load balancing at the access level; maintaining the flow at the level of access and the network itself; prevention of congestion of communication channels, which actually act as conditions for load balancing in ICN. The study confirmed the effectiveness of the proposed model. Supporting load balancing at both access and ICN levels has increased network performance by 25.45% compared to a solution that is based on multi-path routing, but without access balancing, and 2.76 times compared to the model, in which load balancing in the ICN was absent.

У сучасному світі, ставляться високі вимоги до показників якості обслуговування (Quality of Service, QoS), таких як пропускна здатність, ймовірність втрат пакетів, середня затримка, джитер. В свою чергу ці параметри залежать від рівня завантаженості каналів зв'язку та маршрутів. Через це, при вирішенні мережних задач доцільно використовувати положення концепції Traffic Engineering (TE), яка націлена на забезпечення збалансованого використання мережного ресурсу – каналів зв'язку та буферу черг. В свою чергу, забезпечити ефективне балансування навантаження у мережі засобами маршрутизації можна шляхом удосконалення відповідних математичних моделей і методів.

У цій роботі пропонується розвинути підхід щодо організації маршрутизації із захистом шлюзу за замовчуванням, коли для підвищення надійності, мережі доступу комутуються не до одного, а одночасно до декількох приграничних маршрутизаторів. Також, протоколи захисту шлюзу за замовчуванням, наприклад, VRRP, GLBP і CARP, підтримують балансування навантаженнями між інтерфейсами декількох приграничних маршрутизаторів, які створюють так званий віртуальний шлюз за замовчуванням. Тому, забезпечення балансування навантаження на рівні доступу, має покращити збалансованість завантаженості ІКМ загалом.

В ході дослідження було запропоновано вдосконалену математичну модель балансування навантаження в інфокомунікаційній мережі що відповідає принципам концепції Traffic Engineering. Модель математично формалізує варіант побудови ІКМ, коли кожна мережа доступу комутується одночасно не до одного, а до декількох приграничних маршрутизаторів. Через це, пропонується покращити рівень балансування навантаження в ІКМ шляхом забезпечення розподілу трафіка на рівні доступу між декількома приграничними маршрутизаторами, які створюють віртуальний шлюз за замовчуванням.

Вдосконалена математична модель ґрунтується на умовах реалізації одно або багатошляхової маршрутизації; умов балансування навантаження на рівні доступу; умов збереження потоку на рівні доступу та самої мережі; умов запобігання перевантаження каналів зв'язку, які фактично виступають умовами балансування навантаження в ІКМ. В межах запропонованої моделі задача балансування навантаження в ІКМ сформульована як оптимізаційна задача змішаного

цілочисельного лінійного програмування з критерієм оптимальності та обмеженнями, які накладаються на керуючі змінні.

Оптимізаційну задачу було сформульовано через клас лінійного програмування. Для розв'язання отриманої задачі балансування навантаження було використано середовище MatLab, а саме пакет Optimization Toolbox. Для рішення задачі лінійного програмування була використана програма «linprog», а для задачі змішаного цілочисельного лінійного програмування було використано програму «intlinprog».

В ході дослідження були отримані наступні результати. У випадку коли балансування навантаження не підтримувалося ні на рівні доступу ні на рівні ІКМ весь потік пакетів передавався лише одним маршрутом.

При балансуванні навантаження лише на рівні ІКМ, мережа була здатна обслужити потік пакетів з максимальною інтенсивністю в 2,2 рази більше у порівнянні з моделлю без балансування на рівні доступу і на рівні ІКМ. Весь трафік передавався за чотирма маршрутами.

За умови балансування навантаження на транспортному рівні та на рівні ІКМ мережа здатна обслужити потік пакетів з максимальною інтенсивністю на 25,45% більше у порівнянні з моделлю де балансуванні навантаження підтримувалося лише на рівні ІКМ, та в 2,76 разів більше у порівнянні з моделлю коли балансування навантаження не підтримувалося ні на рівні доступу ні на рівні ІКМ.

Завдяки отриманим результатам можна зробити висновок, що запропонований метод дозволяє забезпечити погоджене балансування навантаження і на рівні доступу і на рівні ІКМ, що в свою чергу може підвищити продуктивність мережі на 25,45% у порівнянні з моделлю без балансування навантаження на рівні ІКМ, та у 2,76 разів у порівнянні з рішенням у якому балансування навантаження не підтримувалося ні на рівні доступу ні на рівні ІКМ. Враховуючи доступне для кожної моделі навантаження, впровадження запропонованого рішення дозволило знизити верхній поріг використання каналів зв'язку мережі у середньому на 63,77% у порівнянні з моделлю без балансування навантаження на рівні доступу та на рівні ІКМ, та на 20,29% у порівнянні з моделлю де балансування навантаження підтримувалося лише на рівні ІКМ. Завдяки зниженню верхнього порогу використання каналів зв'язку можна покращити основні показники якості обслуговування такі як середня міжкінцева затримка, ймовірність втрат пакетів, джитер.

Література

1. Лемешко О. В. Потоківі моделі та методи маршрутизації в інфокомунікаційних мережах: відмовостійкість, безпека, масштабованість / О. В. Лемешко, О. С. Єременко, О. С. Невзорова. – Харків, 2020. – 307 с.
2. Global Information Infrastructure - Global Information Society (GIIGIS). // OECD Publishing. – 1997. – №25.
3. Вегешна Ш. Качество обслуживания в сетях IP: пер. с англ. – М.: Издат. дом «Вильямс», 2003. – 386 с.
4. Телекомунікаційні системи та мережі. Структура та основні функції / В.В. Поповський та ін. Вид. 2-ге, випр. та допов. Харків: СМІТ. 2018. Т. 1. URL: <http://www.znanius.com/3534.html>.
5. ITU-T Rec. Y.1540. Internet protocol data communication service – IP packet transfer and availability performance parameters. July 2016. 57 p. URL: <https://www.itu.int/rec/T-REC-Y.1540-201607-I/en>.
6. Круглова А. О. Потоківі модель балансування навантаження в інфокомунікаційній мережі / А. О. Круглова, А. С. Журавльова // Міжнародна науково-технічна конференція студентів та аспірантів «Перспективи розвитку інформаційно-телекомунікаційних технологій та систем» ПРІТС 2021: Збірник тез конференції. К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського / А. О. Круглова, А. С. Журавльова. 2021. – 402 с.
7. Yeremenko O., Lemeshko O. QoS Ensuring over Probability of Timely Delivery in Multipath Routing. In: Hu Z., Petoukhov S., Dychka I., He M. (eds) Advances in Computer Science for Engineering and Education. ICCSEEA 2018. Advances in Intelligent Systems and Computing, Springer, Cham. 2018. Vol. 754. P. 244-254. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-91008-6_25.