ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ПОТОКОВИХ І ГРАФОВИХ МОДЕЛЕЙ МАРШРУТИЗАЦІЇ В ІНФОКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖАХ

Лемешко В.О., Персіков М.А.

Кафедра інфокомунікаційної інженерії ім. В.В. Поповського,
Харківський національний університет радіоелектроніки,
Україна

E-mail: valentyn.lemeshko@nure.ua,
mykhailo.persikov@nure.ua

Abstract

The paper presents a comparative analysis of graph and flow-based routing models in infocommunication networks. The advantages and disadvantages of these two types of models are noted, and their common and distinctive features are indicated. It is emphasized that flow-based models are more effective in describing routing processes in modern infocommunication networks. It is the flow-based models that more fully take into account the network state - its topology and flow characteristics in order to implement both single path and multipath routing strategies based on the use of complex routing metrics.

Процеси маршрутизації відіграють провідну роль при вирішення проблем забезпечення якості обслуговування, надійності та мережної безпеки в інфокомунікаційних мережах (ІКМ). Саме від налаштування протоколів маршрутизації багато в чому залежить ефективність використання канального та буферного ресурсу ІКМ. Правильний вибір протоколу маршрутизації, налаштування його параметрів (таймерів, метрик, схем балансування) – є важливою складовою забезпечення ефективного функціонування мережі [1 – 3]. Зі свого боку, ефективність будь-якого мережного протоколу напряму залежить від типу математичної моделі та обчислювального алгоритму, на яких він базується. Це особливо важливо для протоколів маршрутизації. Ще з початку 80-х років минулого століття протоколи маршрутизації, наприклад RIP та IGRP, гуртуються на використанні графових моделей та комбінаторних алгоритмах пошуку найкоротших шляхів. Це дозволяє забезпечити пошук оптимальних маршрутів, які є найкращими в межах обраних у мережі маршрутних метрик. До таких рішень відносять, перш за все, алгоритми Дейкстри та Беллмана-Форда. Алгоритм Дейкстри є основою більшості протоколів стану каналів (OSPF, IS-IS, PNNI), а алгоритм – протоколів дистанційно-векторної маршрутизації (RIP, IGRP) [4]. Використання моделей ІКМ, представлених у вигляді зваженого графа, та алгоритмів пошуку найкоротшого шляху було обумовлено їх невисокою та прогнозованою обчислювальною складністю, що для маршрутизаторів того часу було визначальним фактором. До недоліків подібного типу рішень варто віднести наступне:

- орієнтація на пошук єдиного оптимального шляху, що ускладнює реалізацію багатошляхової стратегії маршрутизації;
- використання лише скалярних метрик (ваги дуги у графі);
- відсутність врахування характеристик трафіка, завантаженості каналів, маршрутів та мережі взагалі потоками пакетів.

Вихід щодо використання скалярних метрик був знайдений лише на рівні зваженої згортки багатьох показників в один інтегральний, за яким і здійснюється пошук найкоротшого маршруту. Однак це досить складна наукова задача, так як підбір вагових коефіцієнтів (а у протоколі EIGRP їх аж п’ять) залежить також від типу потоків пакетів. Відсутність врахування характеристик трафіка може призвести до того, що навіть оптимальний маршрут може бути перевантажений потоками пакетів, які за ним направляються, що призведе до різкого зниження рівня якості обслуговування (QoS). Тому вирішення проблеми боротьби з перевантаженням у такому випадку перекладають на наступний рівень моделі OSI – на транспортний рівень, наприклад, на протокол TCP.

Гідною альтернативою графовим моделям є використання потокових моделей маршрутизації [5-15]. Потокові моделі, як і графові, адекватно враховують зміни у стані мережі та забезпечують пошук саме оптимального рішення. Проте при розв'язанні задач маршрутизації потокові моделі враховують характеристики потоків пакетів, які передаються в ІКМ. Крім того, за необхідності в межах потокових моделей є можливість максимізувати або мінімізувати один з показників якості обслуговування або мережної безпеки, а всі інші врахувати на рівні обмежень. В залежності від типу критерію оптимальності та форми обмежень пошук маршрутних змінних може здійснюватися у процесі розв'язання задач математичного (лінійного, нелінійного або змішаного) програмування [5-12] або оптимального управлінні [13-15], якщо ІКМ описується динамічними потоковими моделями її стану. У випадку використання нелінійних критеріїв оптимальності та/або обмежень, які накладаються на маршрутні змінні, пошук оптимальних маршрутних рішень може бути значно ускладнений, що вимагатиме більш високої обчислювальної потужності маршрутизаторів ІКМ або контролерів SDN. Цей аспект у порівнянні з графокомбінаторним підходом є певним недоліком, який варто враховувати на практиці.

Література

1. Rak J. Resilient Routing in Communication Networks (Computer Communications and Networks), 1st edition. Springer, 2015. 181 p.
2. Лемешко О.В., Єременко О.С., Євдокименко М.О., Шаповалова А.С., Слейман Б. Моделювання та оптимізація процесів безпечної та відмовостійкої маршрутизації в телекомунікаційних мережах: Монографія. – Харків: ХНУРЕ, 2022. – 198 с.
3. Лемешко О.В., Єременко О.С., Невзорова О.С. Потокові моделі та методи маршрутизації в інфокомунікаційних мережах: відмовостійкість, безпека, масштабованість: Монографія. Харків: ХНУРЕ. 2020. 308 с.
4. Medhi D., Ramasamy K. Network Routing (Algorithms, Protocols, and Architectures), 2nd edition, Elsevier Inc, 2018. 1018 p.
5. Lemeshko O.V., Arous K.M., Yeremenko O.S. Fault-Tolerant Unicast, Multicast and Broadcast Routing Flow-Based Models. Scholars Journal of Engineering and Technology, 2015, 3(4A). P. 343-350.
6. Lemeshko O.V., Yeremenko O.S. Dynamics Analysis of Multipath QoS-Routing Tensor Model with Support of Different Flows Classes. 2016 International Conference on Smart Systems and Technologies (SST). 12-14 Oct. 2016, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Croatia. P. 225-230.
7. Seok Y., Lee Y., Kim C., Choi Y. Dynamic Constrained Multipath Routing for MPLS Networks. IEEE International Conference on Computer Communications and Networks. 2001. №3. P. 348–353.
8. Lemeshko O.V., Arous K. M. The flow-based model of multicast routing, 23rd International Crimean Conference "Microwave & Telecommunication Technology", Sevastopol, Ukraine, 2013, P. 523-524.
9. Yeremenko O.S., Lemeshko O.V., Nevzorova O.S., Ahmad M. Hailan. Method of Hierarchical QoS Routing Based on the Network Resource Reservation, 2017 IEEE First Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON), 2017. P. 971-976.
10. Lemeshko O., Yevdokymenko M., Yeremenko O., Kunicina N., Ziravecka, A. Investigation of the Flow-Based Fast Reroute Model with Implementation of a Multimedia Quality Protection Scheme. Latvian Journal of Physics and Technical Sciences, 2021, Vol. 58, No.6. P.46-60.
11. Lemeshko O., Yeremenko O., Yevdokymenko M., Hailan A.M. (2021) Tensor Multiflow Routing Model to Ensure the Guaranteed Quality of Service Based on Load Balancing in Network. In: Advances in Computer Science for Engineering and Education III. ICCSEEA 2020. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 1247. Springer, Cham. P. 120-131.
12. Lemeshko O., Yeremenko O., Yevdokymenko M., Radivilova T. Research of the QoE Fast ReRouting Processes with Differentiated R-Factor Maximization for VoIP-Flows Using the Tensor Model of the Corporate Telecommunication Network. Current Trends in Communication and Information Technologies. IPF 2020. Lecture Notes in Networks and Systems, Springer, 2021. Vol. 212. P. 95-110.
13. Поповский В.В., Лемешко А.В., Мельникова Л.И., Андрушко Д.В. Обзор и сравнительный анализ основных моделей и алгоритмов многопутевой маршрутизации в мультисервисных телекоммуникационных сетях. Прикладная радиоэлектроника, 2005. Том.4. Вып. № 4. С. 372-382.
14. Поповский В.В., Лемешко А.В., Евсеева О.Ю. Динамическое управление ресурсами ТКС: математические модели в пространстве состояний. Наукові записки УНДІЗ, 2009. №1(9). С. 3-26.
15. Поповский В.В., Лемешко А.В., Евсеева О.Ю. Математические модели телекоммуникационных систем. Часть 1. Математические модели функциональных свойств телекоммуникационных систем. Проблеми телекомунікацій, 2011. № 2 (4). С. 3 – 41.