

АНАЛІЗ МЕТОДУ УПРАВЛІННЯ ЧЕРГАМИ З УРАХУВАННЯМ ПРІОРИТЕТІВ НА ОСНОВІ TRAFFIC ENGINEERING

Лемешко О.В., Єременко О.С., Персіков А.В.

Кафедра «Інфокомунікаційної інженерії ім. В.В. Поповського»,
Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна

E-mail: oleksandr.lemeshko.ua@ieee.org,
oleksandra.yeremenko.ua@ieee.org,
white.seal.new@gmail.com

Abstract

The improved queue management priority-based Traffic Engineering method has been analyzed. The method is based on the interaction prediction principle to coordinate decisions at various levels. The lower level of calculations is responsible for the distribution and aggregation of packet flows between the macro queues and sub-queues organized on the router interface and for the balanced distribution of interface bandwidth among sub-queues, weighted relative to their priorities. The numerical research results of the two-level queue management priority-based Traffic Engineering method confirmed its effectiveness in ensuring high scalability, balanced priority-based distribution of packet flows and interface bandwidth between the macro queues and sub-queues.

Сучасні телекомунікаційні мережі будуються як багаторівневі мультисервісні платформи, основною задачею яких було й залишається забезпечення заданого рівня якості обслуговування (QoS) користувачів. Зі зростанням територіальної розподіленості мережних пристроїв (комутаторів, маршрутизаторів, контролерів управління тощо), зі збільшенням об'єму навантаження на мережу та різноманітності трафіка, який в ній циркулює, проблема забезпечення якості обслуговування (Quality of Service, QoS) тільки загострюється. Кожен потік пакетів, який генерується тим чи іншим мережним застосунком, вимагає диференційованого обслуговування та є по-різному чутливим до різних QoS-показників. Наприклад, трафік даних традиційно критично чутливий до втрат пакетів, а мультимедійний трафік переважно чутливий до затримок і джитеру пакетів. Мережний трафік будь-якого типу вимагає певної пропускну здатності. Тому в IP та MPLS мережах основною архітектурною моделлю забезпечення QoS є DiffServ [1-3], яка заснована на пріоритетній обробці пакетів на маршрутизаторах.

Як показав проведений аналіз [3-5] основними технологічними засобами забезпечення диференційованої якості обслуговування є механізми управління перевантаженням (Congestion Management), засновані на класах, до яких зазвичай відносять FIFO, PQ, CQ, FQ/WFQ, CBQ, LLQ та їхні чисельні модифікації та комбінації. На даний момент ідеального механізму не існує, кожен з них має свої переваги, недоліки та рекомендовану область застосування на різноманітних інтерфейсах комутаторів і маршрутизаторів. З метою підвищення масштабованості рішень щодо управління чергами на інтерфейсах маршрутизаторів на практиці все частіше використовуються ієрархічні черги (Hierarchical QoS (HQoS)) [1, 2, 6-8]. З іншого боку, для підвищення продуктивності маршрутизатора, який має у реальному часі обслуговувати гігабітні та, подекуди, терабітні потоки, ці пристрої все частіше будуються за багатопроекторною (багатоядерною) архітектурою. Тому важливо, щоб рішення щодо управління чергами враховували можливість розподілених (паралельних) обчислень, що також можна ефективно реалізувати на підставі використання ієрархічних черг.

Тому у роботі запропоновано дворівневий метод управління чергами з урахуванням пріоритетів на основі Traffic Engineering [9]. В основу методу покладено принцип прогнозування взаємодій для координації рішень, які отримуються на його різних рівнях. Нижній рівень розрахунків, де розв'язується відповідна оптимізаційна задача, відповідає, по-перше, за розподіл та агрегування

потоків пакетів між макрочергами та підчергами, які організуються на інтерфейсі маршрутизатора (*задача запобігання перевантаження*), а по-друге, за збалансований розподіл пропускної здатності інтерфейсу між підчергами, зважений відносно їх пріоритетів (*задача розподілу ресурсів*). Задача збалансованого розподілу пропускної здатності інтерфейсу маршрутизатора між підчергами з пріоритетами вирішується відповідно до вимог Traffic Engineering Queues. Функції нижнього рівня методу доцільно покласти на множину процесорів (ядер), які відповідають за обслуговування пакетів окремих макрочерг. Верхній рівень розрахунків методу відповідає за розподіл пропускної здатності інтерфейсу між макрочергами шляхом виконання ітераційної процедури. Функції верхнього рівня розрахунків може виконувати процесор-координатор.

Таким чином, запропонований метод продемонстрував досить швидку збіжність, яка в межах розрахункового прикладу склала три ітерації. Крім того, децентралізація розрахунків на нижньому рівні (на рівні макрочерг) на підставі проведення координації верхнім рівнем дозволила отримати рішення, які повністю відповідали результатам централізованих розрахунків. При цьому каналний ресурс між макрочергами та підчергами розподілявся збалансовано, але з урахуванням їх пріоритетів. Тобто, чим вищим був пріоритет підчерги, тим менше був її коефіцієнт використання, що на пряму впливало на рівень якості обслуговування пакетів у цій черзі.

Результати дослідження запропонованого методу управління чергами з урахуванням пріоритетів на основі Traffic Engineering підтвердили його ефективність з погляду забезпечення високої масштабності, збалансованого, заснованого на пріоритетах розподілу потоків пакетів та пропускної здатності інтерфейсу між організованими на ньому макрочергами та підчергами. Метод забезпечує функціональну декомпозицію розрахункових задач нижнього рівня між процесорами (ядрами) маршрутизатора, дозволяючи їх розв'язувати одночасно, покращуючи час розв'язання задач щодо управління чергами. В межах розглянутого розрахункового прикладу метод продемонстрував високу збіжність координаційної процедури та фінальну якість централізованих розрахунків.

Література

1. Fejes F., Nádas S., Gombos G., Laki S. DeepQoS: Core-Stateless Hierarchical QoS in Programmable Switches. IEEE Transactions on Network and Service Management. 2022. vol. 19, no. 2. P. 1842-1861. DOI: <https://doi.org/10.1109/TNSM.2022.3152017>
2. You C., Zhao Y., Feng G., Quek T. Q. S., Li L. Hierarchical Multi-resource Fair Queueing for Packet Processing. IEEE Transactions on Network and Service Management. 2022. P. 1-15. DOI: <https://doi.org/10.1109/TNSM.2022.3197747>
3. Лемешко О.В., Єременко О.С., Невзорова О.С. Потоків моделі та методи маршрутизації в інфокомунікаційних мережах: відмовостійкість, безпека, масштабованість. Харків: ХНУРЕ. 2020. 308 с. DOI: <https://doi.org/10.30837/978-966-659-282-1>
4. Medhi D., Ramasamy K. Network routing: algorithms, protocols, and architectures, Morgan Kaufmann. 2017. 1018 p.
5. QoS: Congestion Management Configuration Guide, Cisco IOS XE Everest 16.5, Cisco Systems, Inc. 2019. URL: https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/ios-xml/ios/qos_conmgt/configuration/xs-3s/qos-conmgt-xe-3s-book.pdf
6. Rahouti M., Xiong K., Xin Y., Ghani N. A Priority-Based Queueing Mechanism in Software-Defined Networking Environments. 2021 IEEE 18th Annual Consumer Communications & Networking Conference (CCNC). 2021. P. 1-2. DOI: <https://doi.org/10.1109/CCNC49032.2021.9369614>
7. Lemeshko O., Lebedenko T., Nevzorova O., Snihurov A., Mersni A., Al-Dulaimi A. Development of the Balanced Queue Management Scheme with Optimal Aggregation of Flows and Bandwidth Allocation. 2019 IEEE 15th International Conference on the Experience of Designing and Application of CAD Systems (CADSM). 2019. P. 1-4. DOI: <https://doi.org/10.1109/CADSM.2019.8779246>
8. Lemeshko O., Lebedenko T., Mersni A., Hailan A.M. Mathematical Optimization Model of Congestion Management, Resource Allocation and Congestion Avoidance on Network Routers. 2019 International Conference on Information and Telecommunication Technologies and Radio Electronics (UkrMiCo). 2019. P. 1-5. DOI: <https://doi.org/10.1109/UkrMiCo47782.2019.9165445>
9. Lemeshko O., Yeremenko O., Persikov A., Mersni A., Yevdokymenko M., Harkusha S. Queue Management Priority-based Traffic Engineering Method. 2022 IEEE 9th International Conference on Problems of Infocommunications, Science and Technology (PIC S&T), 2022, pp. 1-5.