



МІНІСТЕРСТВО
ЕКОНОМІЧНОГО
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **136093** (13) **U**
(51) МПК (2019.01)
G06G 3/00

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

<p>(21) Номер заявки: u 2018 11916</p> <p>(22) Дата подання заявки: 03.12.2018</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 12.08.2019</p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 12.08.2019, Бюл.№ 15</p>	<p>(72) Винахідник(и): Лемешко Олександр Віталійович (UA), Лебеденко Тетяна Миколаївна (UA), Євдокименко Марина Олександрівна (UA), Єременко Олександра Сергіївна (UA), Куля Юлія Едуардівна (UA)</p> <p>(73) Власник(и): ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ, пр. Науки, 14, м. Харків, 61166 (UA)</p>
--	---

(54) СПОСІБ ДИНАМІЧНОГО УПРАВЛІННЯ ЧЕРГАМИ НА ІНТЕРФЕЙСАХ МАРШРУТИЗАТОРІВ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОЇ МЕРЕЖІ

(57) Реферат:

Спосіб динамічного управління чергами на інтерфейсах маршрутизаторів телекомунікаційної мережі, що включає обслуговування черг, яке відбувається шляхом їх оптимального балансування, який відрізняється тим, що здійснюють балансування з урахуванням динаміки зміни стану інтерфейсу маршрутизатора телекомунікаційної мережі у часі, що дозволяє відстежувати поточне значення середньої довжини черги на інтерфейсі маршрутизатора і прогнозувати її значення на інших часових інтервалах, що сприяє якіснішому обслуговуванню пакетів трафіку та підвищенню точності розрахунків значень показників якості обслуговування.

UA 136093 U

Корисна модель належить до технологій управління трафіком і може знайти застосування на інтерфейсах маршрутизаторів телекомунікаційної мережі (ТКМ) при розв'язанні задач управління та балансування чергами мережного вузла.

Відомі способи (див. Lu L., Du H., Liu R. P. CHOKeR: A novel AQM algorithm with proportional bandwidth allocation and TCP protection // IEEE Transactions on Industrial Informatics. - 2014. - Т. 10. - №. 1. - pp. 637-644), реалізує алгоритм управління чергами з пропорційним розподілом пропускної здатності і механізмом багатоступінчастого збільшення та одноступеневої редуції (MISD), що дозволяє отримати доступ до розподілу мережного ресурсу з різними пріоритетами, а також гарантує справедливий розподіл смуги пропускання для потоків з однаковими або подібними значеннями.

Основними недоліками даного способу є відсутність урахування динаміки зміни стану мережного вузла та ефективного балансування чергами.

Найбільш близьким до запропонованого технічного рішення є спосіб управління чергами на маршрутизаторах мультисервісної телекомунікаційної мережі (патент UA № 70088, МПК (2012.01) G06G 3/00, опубл. 25.05.2012 бюл. №10), який включає обслуговування черг, шляхом їх оптимального балансування за рахунок мінімізації верхнього порогу завантаженості множин черг з урахування пріоритетів та довжини пакетів.

Основним недоліком даного способу є відсутність врахування зміни стану телекомунікаційної мережі у часі, що може бути спричинена внаслідок нестационарної активності користувачів або типів використовуваних сервісів, а також перевантажень або повної відмови в обслуговуванні окремих елементів системи.

В основу корисної моделі поставлена задача створити спосіб управління чергами, який покращить показники якості обслуговування в ТКМ шляхом урахування динаміки зміни стану мережі в часі.

Поставлена задача вирішується тим, що у способі динамічного управління чергами на інтерфейсах маршрутизаторів телекомунікаційної мережі, що включає обслуговування черг, яке відбувається шляхом їх оптимального балансування, який відрізняється тим, що здійснюють балансування з урахуванням динаміки зміни стану інтерфейсу маршрутизатора телекомунікаційної мережі у часі, відповідно до корисної моделі, що дозволяє відстежувати поточне значення середньої довжини черги на інтерфейсі маршрутизатора і прогнозувати її значення на інших часових інтервалах, що сприяє якіснішому обслуговуванню пакетів трафіку та підвищенню точності розрахунків значень показників якості обслуговування.

Зміст заявленого способу пояснюється наступним.

Позначимо через M кількість потоків пакетів, що потрапляють на вхід інтерфейсу маршрутизатора, через N - кількість сформованих на ньому черг. Позначимо через $a_i(t)$ ($i = \overline{1, M}$) середню інтенсивність i -го потоку трафіку, що надходить на обслуговування до мережного вузла в момент часу t , через b_j ($j = \overline{1, N}$) - пропускну здатність інтерфейсу, виділену для обслуговування пакетів з j -ї черги та через $a_j^\Sigma(t)$ ($j = \overline{1, N}$) - сумарну інтенсивність потоків, спрямованих на обслуговування в j -ту чергу в момент часу t .

Пакети, що надійшли відповідно до змісту актуальної таблиці маршрутизації на інтерфейс маршрутизатора ТКМ, повинні розподілитися між N чергами при розрахунку безлічі змінних першого типу $x_{i,j}(t)$ ($i = \overline{1, M}$, $j = \overline{1, N}$), кожна з яких визначає частку i -го потоку трафіку, спрямованого на обслуговування в j -ту чергу в момент часу t . Згідно з фізичним змістом $x_{i,j}(t)$ мають місце наступні умови:

$$x_{i,j}(t) \in \{0,1\}, \quad (i = \overline{1, M}, j = \overline{1, N}). \quad (1)$$

$$\sum_{j=1}^N x_{i,j}(t) = 1, \quad (i = \overline{1, M}). \quad (2)$$

$$a_j^\Sigma(t) = \sum_{i=1}^M a_i(t)x_{i,j}(t), \quad (i = \overline{1, M}, j = \overline{1, N}). \quad (3)$$

Виконання умови (1) гарантує забезпечення приблизно рівної якості обслуговування пакетів одного і того ж потоку. Умова збереження потоку (2) гарантує недопущення втрат пакетів на інтерфейсі маршрутизатора, а умова (3) гарантує забезпечення керованості процесом запобігання перевантаження.

У ході вирішення задачі управління чергами необхідно також виконання умови відсутності перевантаження та коректного розподілу пропускної здатності інтерфейсу маршрутизатора:

$$\sum_{j=1}^N b_j \leq b, 0 < b_j, (j = \overline{1, N}), (4)$$

де b - загальна пропускна здатність інтерфейсу маршрутизатора, на якому організуються черги.

Тоді, з урахуванням (3)-(4) умова забезпечення керованості процесом запобігання перевантаження набуде вигляду:

$$a_j^{\Sigma}(t) < b_j, (j = \overline{1, N}). (5)$$

Задовлення умови (5) гарантує, що сумарна інтенсивність потоків, спрямованих на обслуговування в j -ту чергу в момент часу t , не перевищить пропускну здатність інтерфейсу, виділену даній черзі.

З метою запобігання перевантаження черги по її довжині (в пакетах) доповнимо умови (1) - (5) нелінійним обмеженням вигляду:

$$\bar{n}_j(t) \leq n_j^{\max}, (j = \overline{1, N}), (6)$$

де n_j^{\max} - максимальна довжина j -ї черги,

$\bar{n}_j(t)$ - значення середньої довжини j -ї черги в момент часу t , що залежить від характеристик потоків, які формують дану чергу, від підтримуваної дисципліни обслуговування, від виділеної даній черзі пропускної здатності інтерфейсу і від моменту часу t .

Для формулювання шуканих умов необхідно задатися моделлю трафіку та моделлю обслуговування пакетів у рамках окремо взятої черги, за яку на практиці реалізується схема FIFO (First In-First Out).

Для опису динаміки зміни стану інтерфейсу в часі використовують різні типи математичних апроксимацій. Найбільш адекватними і наочними з яких є моделі, що засновані на використанні

$$\dot{x}(t) = \frac{dx(t)}{dt}$$

системи нелінійних диференціальних рівнянь стану мережі розуміють значення середньої довжини черги в момент часу t , отриманої у ході стаціонарної точкової апроксимації нестационарного потоку (The Pointwise Stationary Fluid Flow Approximation, PSFFA). Так, за умови моделювання роботи інтерфейсу, наприклад, одноканальною системою масового обслуговування з нестационарним пуассонівським потоком і нестационарним експоненціальним часом обслуговування ($M(t)/M(t)/1$), вираз для оцінки середньої довжини черги (6) набуде вигляду:

$$\bar{n}_j(t) = -(a_j^{\Sigma}(t) + b_j \cdot W(0, -\exp(-(a_j^{\Sigma}(t) + (a_j^{\Sigma}(t) - b_j)^2) \cdot (t - (b_j \cdot (\ln(\exp(-(a_j^{\Sigma}(t) + n_j^0 \cdot (a_j^{\Sigma}(t) - b_j)) / b_j) \cdot (a_j^{\Sigma}(t) + n_j^0 \cdot (a_j^{\Sigma}(t) - b_j))) + a_j^{\Sigma}(t) / b_j)) / (a_j^{\Sigma}(t) - b_j)^2) / b_j) / (b_j)) / (a_j^{\Sigma}(t) - b_j), (7)$$

де W - функція Ламберта;

\exp - експоненціальна функція.

Використання апроксимації PSFFA дозволяє відстежувати як поточне значення середньої довжини черги на інтерфейсі маршрутизатора, так і прогнозувати її значення на інших часових інтервалах.

Для відповідності отриманих рішень принципам концепції Traffic Engineering Queues, що стосуються забезпечення збалансованого завантаження створюваних на інтерфейсі маршрутизатора черг вводиться наступна умова

$$k_j^0 \bar{n}_j(t) \leq \beta n_j^{\max}, (j = \overline{1, N}), (8)$$

де k_j^0 - значення класу кожної j -ї черги,

β - верхній динамічний керований поріг завантаженості черг по їх довжині.

Згідно з сформульованими умовами і обмеженнями, розрахунок шуканих змінних здійснено в ході вирішення оптимізаційної задачі:

$$\min_{x, b, \beta} F. (9)$$

Цільову функцію F представимо лінійною формою вигляду:

$$F = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N h_{i,j}^x x_{i,j} + \sum_{j=1}^N h_j^b b_j + h^\beta \beta, \quad (10)$$

де $h_{i,j}^x$ - умовна вартість (метрика) обслуговування пакетів i -го потоку за допомогою j -ї черги;

5 h_j^b - умовна вартість (метрика) виділення одиниці пропускної здатності інтерфейсу пакетам з j -ї черги;

h^β - умовна вартість реалізації процесу балансування довжин черг на інтерфейсі маршрутизатора.

Таким чином, з точки зору фізичного змісту сформульованої задачі (10), розрахунок

10 позначених керуючих змінних $x_{i,j}$, b_j , β повинен призводити до мінімізації сумарної вартості використання мережних ресурсів, де перший доданок відповідає за порядок використання буфера черги (завдання Congestion Management), другий - пропускної здатності інтерфейсу (завдання Resource Allocation), а третє - за якість вирішення всіх поставлених завдань.

15 Новизна способу динамічного управління та балансування чергами на інтерфейсах маршрутизаторів телекомунікаційної мережі полягає в урахуванні динаміки зміни стану інтерфейсу маршрутизатора ТКМ при розподілі мережного ресурсу. Динамічні властивості описані нелінійними диференціальними рівняннями стану мережі, основаними на стаціонарній точковій апроксимації нестационарного потоку PSFFA.

20 Таким чином, використання запропонованої корисної моделі дозволяє підвищити точність розрахунку середньої довжини черги в залежності від стану інтерфейсу та поліпшити значення показників якості обслуговування. Технологічна задача обслуговування черг була зведена до оптимізаційної задачі змішаного математичного програмування, пов'язаної з мінімізацією лінійної функції (9) при наявності нелінійних обмежень (6), (8), а також булевої природи деяких розрахованих змінних (1). Для опису динаміки зміни стану інтерфейсу в часі використана стаціонарна точкова апроксимація нестационарного потоку (PSFFA). При вирішенні задачі
25 розрахунку середньої довжини черги пропонується використання нелінійної диференціальної моделі, що дозволяє поліпшити точність розрахунку середньої довжини черги в залежності від стану інтерфейсу і вибраної дисципліни обслуговування (7). За умови завершеності усіх перехідних процесів, пов'язаних зі зміною стану інтерфейсу маршрутизатора ТКМ, рекомендовано використання класичного інструментарію теорії масового обслуговування.

30

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

35 Спосіб динамічного управління чергами на інтерфейсах маршрутизаторів телекомунікаційної мережі, що включає обслуговування черг, яке відбувається шляхом їх оптимального балансування, який **відрізняється** тим, що здійснюють балансування з урахуванням динаміки зміни стану інтерфейсу маршрутизатора телекомунікаційної мережі у часі, що дозволяє відстежувати поточне значення середньої довжини черги на інтерфейсі маршрутизатора і прогнозувати її значення на інших часових інтервалах, що сприяє якіснішому обслуговуванню пакетів трафіку та підвищенню точності розрахунків значень показників якості обслуговування.

40

Комп'ютерна верстка Л. Булак

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601