

УДК 621.396.4

Лисенко О. І., д.т.н., професор,
Новіков В. І., ст. викладач
Національного технічного
університету України «КПІ»

ЗАСТОСУВАННЯ АЛГОРИТМУ З НЕЧІТКОЮ ЛОГІКОЮ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ЧЕРГАМИ В МЕРЕЖАХ ТСП/IP

Досліджено вплив різних алгоритмів управління чергами і запобігання перевантаженням (RED, A-RED, PI, REM) на параметри якості в мережах ТСП/IP. Для покращення параметрів був запропонований механізм на базі регулятора з нечіткою логікою Fuzzy Logic Controller (FLC).

Исследовано влияние различных механизмов управления очередями и предотвращения перегрузок (RED, A-RED, PI, REM) на параметры качества в сетях ТСП/IP. Для улучшения параметров был предложен механизм на базе регулятора с нечеткой логикой Fuzzy Logic Controller (FLC).

In this paper investigated an influence of different queue management and congestion avoidance techniques as a RED, A-RED, PI and REM for quality parameters in TCP/IP network. Fuzzy Logic Controller (FLC) was proposed to increase quality parameters.

Вступ. Розвиток технологій широкосмугового доступу і зростання популярності різних Інтернет-сервісів приводять до постійного нарощування швидкостей каналів передачі даних і відповідно зростанню потреб до доступної смуги пропускання. В результаті нерівномірності зростання пропускних здатностей каналів виникають перевантаження на окремих ділянках мережі. Традиційні механізми управління чергами і запобігання перевантаженням (RED, A-RED, PI, REM) не справляються з управлінням трафіку зі складною динамікою, високою пачечністю і нелінійністю зміни навантаження, що приводить до виникнення перевантажень і появи глобальної синхронізації ТСП потоків. Це у свою чергу зменшує ефективну швидкість передачі даних і погіршує параметри якості, такі як, відсоток втрачених пакетів, затримки і варіації затримок.

Аналіз досліджень і публікацій. Використання класичного механізму DropTail для управління ТСП трафіком приводить до виникнення явища глобальної синхронізації, коли при переповнюванні буфера маршрутизатора одночасно скидаються всі пакети, що приходять, і все ТСП передавачі зпочатку знижують ТСП-вікно, а потім потім синхронно його збільшують, викликаючи нове перевантаження. Для протидії цьому

явищу був розроблений механізм RED що скидає пакети з вірогідністю, усередненої довжини черги, що лінійно збільшується із зростанням. Механізм RED до цих пір є найбільш поширеним в маршрутизаторах, хоча багатьма дослідниками указувалися його недоліки [2-4]. Були також розроблені модифікації RED (наприклад, Adaptive RED), для поліпшення продуктивності, але лінійний характер управління залишився в основі. Проведений аналіз існуючих механізмів управління чергами показав, що системи управління на основі лінійних залежностей важко відстежують динаміку складного нелінійного процесу, яким є навантаження що генерується сучасними додатками на основі TCP з'єднань.

Постановка завдання. Для управління чергами в мережах TCP/IP був запропонований метод управління з використанням регулятора на базі нечіткої логіки FLC (Fuzzy Logic Controller). Регулятори FLC рішення про зміну поточного значення вірогідності скидання/маркіровки пакету P_{drop} , приймаються на основі вхідних змінних: помилки поточного значення довжини черги Q_{error} і його зміні d_{error} за час вимірювання, і відповідного набору правил що використовує експертні оцінки. Для вхідних змінних обчислюється значення функції приналежності μ , тобто ступінь упевненості в тому, що вхідна змінна належить до нечіткої (лінгвістичною) змінної, наприклад «ВЕЛИКЕ», «МАЛЕ», «СЕРЕДНЄ». Функції приналежності вибираються так, що сума значень всіх функцій від вхідної змінної була рівна одиниці. Для аналізу запропонованого методу була розроблена наступна імітаційна модель та проведено імітаційне моделювання використання регулятора на базі нечіткої логіки FLC для управління чергами в мережах TCP/IP.

Імітаційне моделювання. Імітаційне моделювання проводилося з використанням програмного комплексу NS-2 [5]. Для оцінки параметрів якості при роботі різних механізмів управління чергою було проведено моделювання перевантаження в каналі між двома маршрутизаторами (швидкість в каналі 15Мбит/с, затримка 120мс), через які передавався мультисервісний трафік 3-х типів:

- тривалі TCP сесії створювалися 100 одночасними FTP додатками;
- короткі за часом TCP сесії створювалися HTTP додатками з інтенсивністю 50 нових з'єднань в секунду;
- трафік UDP з постійною швидкістю 128 Кбіт/с повний дуплекс для створення завад роботі механізму управління чергою.

Використовувалася реалізація NewReno протоколу TCP з включеною функцією явного повідомлення про перевантаження ECN (Explicit Congestion Notification) [6]. для сигналізації маршрутизатором транспортному рівню про можливе перевантаження в каналі за допомогою установки маркера CE (Congestion Experienced) в заголовку IP пакету замість скидання пакету. У разі UDP трафіку пакети скидалися у момент перевантаження. Час моделювання 100 секунд. У початковий момент часу

все 100 FTP джерел починають передачу. Для моделювання динаміки d момент часу 40 секунд 50 FTP джерел зупиняє передачу, а у момент часу 70 секунд знову відновлює передачу FTP джерела мають різний час затримки в каналі до маршрутизатора, воно рівномірно розподілене на інтервалі від 1 до 9 мс.

На відміну від механізму Fuzzy Explicit Marking (FEM) [4]. де в якості як входні параметри нечіткого регулятора використовувалися значення помилки черги (різниця між поточним значенням і заданим) і значення попередньої зміряної помилки, було запропоновано як другий входний параметр регулятора FLC використовувати відношення кількості отриманих пакетів до максимально можливої переданої кількості за інтервал вимірювання. Відношення інтенсивності потоків повинне точніше відображати динаміку зміни розміру черзі. У даному моделюванні періодичність вимірювань регулятора FLC була встановлена 10 мс, а максимальна величина зміни вірогідності скидання $8 \cdot 10^{-5}$ за час вимірювання. Для механізму RED встановлений мінімальний і максимальний поріг скидання 100 і 300 пакетів відповідно, а максимальна вірогідність скидання 1/30.

Результати моделювання. Результати моделювання приведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Результати моделювання для заданої довжини черги 200 пакетів.

| Механізм управління чергою | Розмір черги Середн./СК В, пакетів | Характеристики трафіку | | | | | | |
|----------------------------|------------------------------------|------------------------|---------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| | | Спільний канал | | FTP | | CBR/UDP | | HTTP |
| | | Втрати пакетів, % | Коеф. Використання каналу | Втрати пакетів, % | Швидкість, Мбіт/с | Втрати пакетів, % | Затримка джитер, мс | Втрати пакетів, % |
| FLC | 198/77 | 1.01 | 0,994 | 0.55 | 12.28 | 9 | 217 6,1 | 1.84 |
| FEM [4] | 189/51 | 0.6 | 0,993 | 0.15 | 12.28 | 8 | 211/5,5 | 1.4 |
| RED | 181/ 65 | 0.59 | 0,993 | 0.58 | 12.26 | 3 | 208/5,5 | 0.54 |
| A-RED | 189/127 | 0.68 | 0,989 | 0.62 | 12.20 | 3.1 | 213/5.4 | 0.75 |
| PI | 240/145 | 0.68 | 0,978 | 0.61 | 12.06 | 3.2 | 235/4.8 | 0.76 |
| REM | 202/96 | 0.44 | 0,989 | 0.6 | 12.19 | 0.31 | 218/4,9 | 0.09 |
| DropTail | 449/79 | 3.7 | 0,995 | 2.93 | 12.39 | 2.6 | 332/5,7 | 5.3 |

Аналіз результатів моделювання показує, що при використанні механізму Drop Tail значні втрати із-за переповнювання буфер припадають при коротких HTTP з'єднаннях, а при використанні управління з нечіткою логікою (FLC і FEM) TCP з'єднання мають незначні втрати, скидаються в

основному пакети протоколу UDP, який не має механізмів контролю передачі. Механізм REM допускає найменші втрати, але черга має значні варіації і коефіцієнт використання каналу менше. Механізм FEM демонструє найстійкішу чергу (найменше середньоквадратичне відхилення), а механізм FLC має менш стійку чергу, але середнє значення точніше відповідає заданій довжині.

Висновки. Для управління чергами в мережах TCP/IP був запропонований метод управління з використанням регулятора на базі нечіткої логіки FLC. Згідно методу проведено імітаційне моделювання з використанням програмного комплексу NS-2. Метод управління чергами з використанням регулятора на базі нечіткої логіки FLC на відміну від механізму FEM має менш стійку чергу, але середнє значення точніше відповідає заданій довжині.

Використані джерела інформації:

1. Кучерявый Е.А. *Управление трафиком и качество обслуживания в сети Интернет.* - СПб.: Наука и Техника. 2004.
2. May M. Bolot J., Diot C, Lyles B. *Reasons not to deploy RED. IWQoS '99. Seventh International Workshop on Quality of sendee, 1999.*
3. Fengyuan R. Yong R., Xiuming S. *Design of fuzzy logic controller for active queue management. Computer Communications 25.* - 2002. - Pp. 874-883.
4. Chrysostomou C.t Pitsillides A., Sekercioglu YA. *Fuzzy explicit marking: A unified congestion controller for Best-Effort and Diff-Serv networks. Computer Networks 53.* - 2009. - Pp. 650-667.
5. The Network Simulator. NS-2 - <http://www.isi.edu/nsnam/ns>
6. Ramakrishnan K., Floyd 5., Black D. *The Addition of Explicit Congestion Notification (ECN) to IP, RFC-3168, Sep. 2001.*