

Андрій Леонідович Ткаченко
Георгій Яремович Криховецький
Дмитро Станиславович Бородавко

НЕЧІТКИЙ АЛГОРИТМ ВИМІРУ ДОВЖИННИ ЧЕРГИ ТА РІВНЯ ВИКОРИСТАННЯ БУФЕРУ ДЛЯ СИСТЕМ АКТИВНОГО КЕРУВАННЯ ЧЕРГАМИ В ІР-МЕРЕЖАХ

Постановка проблеми. Аналіз останніх досліджень і публікацій

Основна ідея алгоритму AQM (активного управління чергою – Active Queue Management) полягає в стеженні за рівнем перевантажень в мережі і повідомленні джерел пакетів про це так, щоб вони зменшували свою швидкість передачі. В умовах, коли джерела в мережі конкурують за смугу пропускання і буферний простір, не знаючи про поточний стан ресурсів, і не знаючи один про одного, перевантаження виникають, коли необхідна смуга пропускання перевищує доступну місткість зв'язку. Це приводить до різкого погіршення характеристик мережі, оскільки збільшуються втрати пакетів і зменшується використання зв'язку. Щоб уникнути цих проблем, необхідна деяка організація і управління трафіком.

Для вирішення питання контролю нагрузки існує один з найбільш важливих AQM-механізмів – RED-алгоритм, який управлює чергою, випадково відкидаючи пакети з вірогідністю, що збільшується, при збільшенні середньої довжини черги від нижньої межі до верхньої межі [1, 2]. Одна з головних цілей RED полягає у використанні комбінації довжини черги усередненої (яка враховує сплески трафіку) і раннього повідомлення про перевантаження (яке зменшує середню довжину черги), щоб одночасно досягти низької середньої затримки черги і високої пропускної спроможності. Моделювання і досвід експлуатації показують, що RED достатньо успішний в цьому відношенні. Але середня затримка черги RED чутлива до трафіку (середня довжина черги міняється від рівня перевантажень) і настройки параметрів. Враховуючи, що затримка є головним компонентом якості обслуговування, оператори хотіли б мати хоч би грубу апріорну оцінку середньої затримки в маршрутизаторах, але для цього необхідно постійно настроювати параметри RED для пристосування до поточних умов трафіку.

Традиційні методи не можуть вирішити цю проблему із задовільною якістю, тоді як нечітка логіка забезпечує неаналітичний підхід до проектування динамічних і швидких схем

управління. Оскільки нечітке управління може добре пристосуватися до динамічного навколошнього середовища без точної моделі, нечітка логіка стає широко вживаною в TCP/IP мережах.

У даній роботі запропоноване ефективне AQM, засноване на нечіткій логіці, яке не використовує механізм відкидання пакетів RED, а обчислює втрати пакетів згідно вхідній довжині черги і рівню використання буфера, що дозволяє поліпшити характеристики маршрутизаторів в ІР-мережах при динамічному навколошньому середовищі.

Формулювання мети статті. Виклад основного матеріалу

Основним елементом системи AQM є нечіткий регулятор (див. рис. 1). Нечіткий регулятор (fuzzy-controller) включає три основні блоки - блок фазифікації (fuzzification), блок формування логічного рішення (inference) і блок дефазифікації (defuzzification).

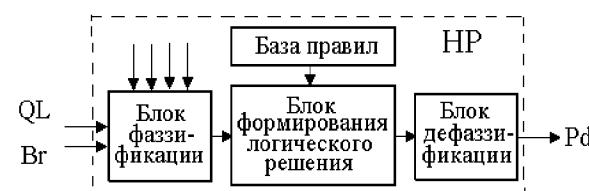


Рис. 1. Структура нечіткого регулятора

Нечіткий регулятор має два входи: довжина черги (queue length – QL) і рівень використання буфера (buffer usage ratio – Br), і один вихід – вірогідність відкидання пакетів (packet-dropping probability – Pd). Регулятор обчислює вірогідність відкидання пакетів, згідно довжині черги, поточному рівню використання буфера і набору нечітких правил.

Лінгвістичні правила зазвичай визначають таким чином:

Правило 1: ЯКЩО $QL=A_1 \text{ I } Br=B_1$, ТО $Pd=C_1$

Правило 2: ЯКЩО $QL=A_2 \text{ I } Br=B_2$, ТО $Pd=C_2$

.....

Правило к: ЯКЩО $QL=A_k \text{ I } Br=B_k$, ТО $Pd=C_k$.

У якості функції приналежності використовуються симетричні трикутні і трапецієвидні функції приналежності. Довжина черги класифікована в три лінгвістичних змінних: $QL=\{\text{Коротка}, \text{Середня}, \text{Довга}\}$, де "Коротка" означає, що довжина черги знаходиться у нормальному стані, "Середня" означає, що довжина черги знаходиться в стані запобігання перевантаженню, "Довга", означає, що довжина черги знаходиться в стані перевантаження. Рис. 2, а показує функції приналежності змінної "довжина черги".

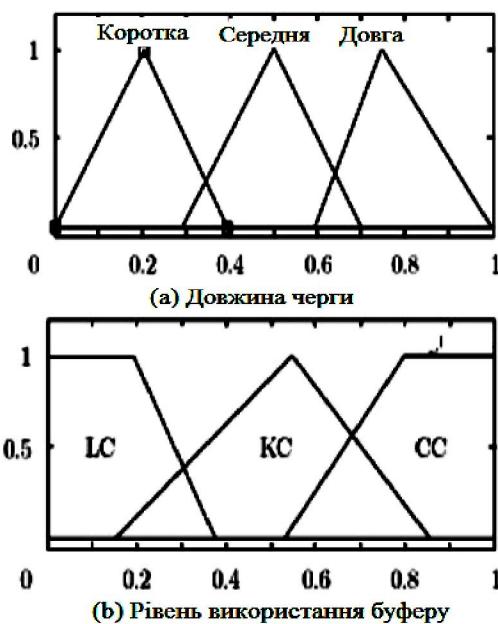


Рис. 2. Функції приналежності вхідних змінних "довжина черги" і "рівень використання буфера"

Рівень використання буфера також класифікований в три лінгвістичних змінних: $Br=\{\text{Менш перевантажений}, \text{Досить перевантажений}, \text{Сильно перевантажений}\}$, де "Менш перевантажений", скорочено LC, означає, що рівень використання буфера знаходиться у нормальному стані, "Досить перевантажений", скорочено KC, означає, що рівень використання буфера знаходиться в стані запобігання перевантаженням, "Сильно перевантажений", скорочено CC, означає, що рівень використання буфера знаходиться на рівні перевантажень. Рис. 2, б показує функції приналежності змінної "рівень використання буфера".

Рис. 3 показує функції приналежності змінної "вірогідність відкидання пакетів". Вірогідність відкидання пакетів класифікована в п'ять лінгвістичних змінних: $Pd=\{\text{Дуже Низька}, \text{Низька}, \text{Середня}, \text{Висока}, \text{Дуже Висока}\}$, або $Pd=\{\text{ДН}, \text{Н}, \text{С}, \text{В}, \text{ДВ}\}$.

У таблиці 1 записані нечітки правила для даного регулятора.

Коли пакет прибуває, вимірюються поточні значення довжини черги QL і рівень використання буфера Br і обчислюється вірогідність відкидання

пакетів Pd відповідно двом входам і нечітким правилам нечіткого управління перевантаженнями.

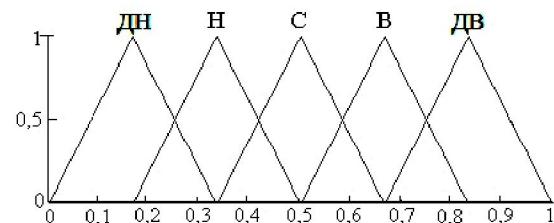


Рис. 3. Функції приналежності вихідний змінної "вірогідність відкидання пакетів"

Таблиця 1
Нечіткі правила, використовувані для регулятора

Довжина черги QL	Рівень використання буфера Br		
	Нормаль- ний стан	Уникнення перевантаження	Пере- vantаження
Коротка	ДН	ДН	С
Средня	ДН	Н	В
Довга	Н	С	ДВ

На рис. 4 приведена архітектура нечіткого алгоритму AQM, яка містить класифікуючу модель (KM), моделі відкидання пакетів (МВП) і модель нечіткого регулятора (HP). ЛС – лінія зв’язку. Відношення входу-виходу виражене набором лінгвістичних правил.

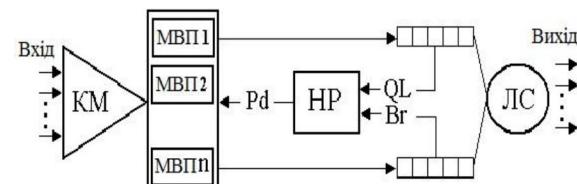


Рис. 4. Архітектура нечіткого алгоритму AQM

Коли довжина черги коротка і рівень використання буфера низький (буфер мало перевантажений), то вірогідність відкидання пакетів низька. Коли довжина черги велика і рівень використання буфера високий (буфер сильно перевантажений), то вірогідність відкидання пакетів висока. У цій системі, алгоритм може відповідно пристосувати вірогідність відкидання пакетів за допомогою "навчання".

Оцінка роботи алгоритму на нечіткій логіці для AQM в IP-мережі виконана шляхом моделювання на платформі ns2 при використанні гантельовідній топології (див. рис. 5).

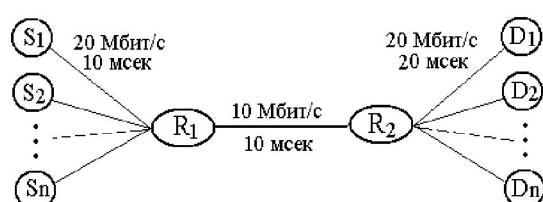


Рис. 5. Топологія моделювання

Запропонована схема була перевірена в IP-мережі, де є тільки один перевантажений зв'язок від маршрутизатора Router1 до маршрутизатора Router2. Смуга пропускання зв'язку (Link bandwidth) 10 Мбіт/с, затримка зв'язку (Link delay) складає 10 мсек.

Розмір буфера – 300 пакетів, а очікувана довжина черги – 100 пакетів. Крім того, у всіх джерелах активована підтримка ECN (Explicit Congestion Notification).

Тривалість моделювання рівна 100 секунд.

При моделюванні запропонованій алгоритм AQM з нечітким регулятором порівнюється з алгоритмами RED і PI-регулятора (PI-controller). Вони впроваджені між Router1 і Router2 при тому ж навколошньому середовищі на мережі. При моделюванні RED використовується "м'яка" версія і деякі параметри за умовчанням в

симуляторі ns2, min-th і max-th встановлені в 20% і 80%, відповідно. Для PI-регулятора також використовуються параметри за умовчанням в ns2.

Висновки

Таким чином, головна перевага цих нових алгоритмів управління перевантаженнями полягає в тому, що вони не використовують механізму відкидання пакетів RED, а обчислюють втрати пакетів згідно заздалегідь зконфігурованій нечіткій логіці з використанням довжини черги і рівня використання буфера. Результати теоретичного аналізу і моделювання в моделі мережі (Network simulator-ns2) показують, що запропоновані алгоритми досягають більшої пропускної спроможності і стійкішої довжини черги, чим традиційні схеми. Вони дійсно покращують здібності маршрутизаторів (Routers) в управлінні перевантаженнями в IP-мережі.

Література

1. Гостев В.І. Проектирование нечетких регуляторов для систем автоматического управления / В.И. Гостев // БХВ-Петербург. – 2011. – 416с. 2. Liu Weiyan A fuzzy-logic control algorithm for active queue management in IP networks / Liu Weiyan, Zhang Shunyi, Zhang Mu, Liu Tao

// Journal of Electronics (China). – 2008. – № 1 (25). – С. 281–287. 3. Loukas R. Fuzzy RED: congestion control for TCP/IP Diff-Serv / Loukas R. // Electrotechnical Conference, Limassol. – 2009. – № 1. – С. 19–22.

Предложено несколько эффективных нечетких алгоритмов управления перегрузками, основанных на нечеткой логике, которые используют преимущества нечеткой логики при работе с недостоверными событиями.

Ключевые слова: нечеткий регулятор, сеть, функции принадлежности, алгоритм, буфер.

A few effective fuzzy algorithms of management overloads are offered, based on fuzzy logic, which take advantages of fuzzy logic during work with unreliable events.

Key words: fuzzy regulator, network, functions of belonging, algorithm, buffer.