

АДАПТИВНИЙ НЕЧІТКИЙ АЛГОРИТМ КЕШУВАННЯ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Розглядається проблема підвищення ефективності кеш-систем за рахунок використання методів штучного інтелекту. Наведена формалізована постановка задачі підвищення ефективності систем кешування з використанням теоретико-множинного математичного апарату та механізму нечіткого логічного виведення. Запропоновано адаптивний нечіткий алгоритм кешування.

Ключові слова: кеш-система, система нечіткого виведення, нечітка кластеризація, адаптивна система кешування.

Abstract

The problem of increasing the efficiency of cache systems through the use of artificial intelligence methods is considered. A formalized formulation of the problem of increasing the efficiency of caching systems using the set-theoretic mathematical apparatus and fuzzy inference mechanism is presented. An adaptive fuzzy caching algorithm is proposed.

Keywords: cache system, fuzzy inference system, fuzzy clustering, adaptive caching system.

Вступ

Зростаюча популярність web-технологій та Інтернету дозволили користувачам всього світу обмінюватися великою кількістю даних, серед яких: сторінки з електронним контентом, фото і відеоматеріалами, документами різних форматів і розмірів. Ще в 1999 році розмір файлу в 60 МБ називався «екстремально великим» [1], а сьогодні передача такого файлу є звичайною справою. Збільшення швидкодії web-систем забезпечується збільшенням продуктивності апаратного забезпечення, зростанням кількості серверів в глобальній павутині, появою нових web-технологій і вдосконаленням протоколів передачі даних. Однак людська природа постійно вимагає все більш швидкісних методів доступу до інформації з меншими часовими затримками. У цьому сенсі використання кешування в web-системах є одним із способів збільшення продуктивності, який, завдяки універсальності, може бути застосований на різних рівнях функціонування web-систем [2, 3].

Постановка задачі

Сформулюємо математичну постановку розв'язуваної задачі. Для цього введемо в розгляд деякі поняття.

Нехай R -множина алгоритмів кешування

$$R = (A_1, A_2, \dots, A_r), \quad (1)$$

де A_i - представляє i -й алгоритм з множини R , визначений відповідно до математичної моделі абстрактної однорівневої кеш-системи, r – потужність множини R .

Нехай $\omega(N, t, T)$ - випадкова функція, результатом якої є випадковий потік запитів φ , складена з T ідентифікаторів r , об'єктів системи $r_i \in N$ отриманих починаючи з моменту часу t :

$$\omega = (r_1, r_2, \dots, r_i) \quad (2)$$

Введемо в розгляд відображення φ , що визначає випадкове позитивне раціональне число ρ , яке подає значення рейтингу кеш-включень, отриманого для кеш-пам'яті обсягу M , з використанням алгоритму кешування A , і випадкового набору запитів довжиною T , отриманої для безлічі ідентифікаторів об'єктів системи, починаючи з моменту часу:

$$\varphi(A, M, \omega(N, t, T)) = \rho \quad (3)$$

$$\varphi: R \times N \times \omega_t \rightarrow R^+, \quad (4)$$

де R – множина алгоритмів кешування, ω_t – множина випадкових потоків запитів, N – множина натуральних чисел, $R+$ – множина позитивних раціональних чисел,

У загальному випадку потрібно реалізувати такий алгоритм кешування A , який в середньому забезпечує найбільший рейтинг кеш-включень для заданого обсягу кеш-пам'яті, множини об'єктів системи та їх ідентифікаторів, на всіх потоках запитів довжини T .

$$\max E (\varphi(A, M, \omega(N, t, T))) \quad (5)$$

Адаптивний нечіткий алгоритм кешування

Обчислення кеш-рейтингів об'єктів в системі кешування на базі нечіткої логіки [4-6] засноване на системі нечіткого виведення (СНВ), структура якої представлена на рис. 1.

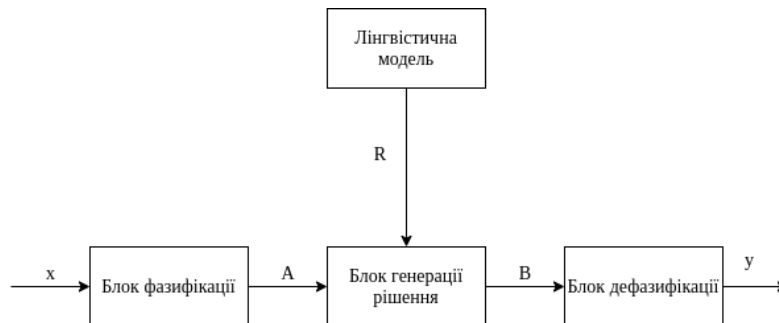


Рис. 1. Структурна схема системи нечіткого виведення

Структура складається з таких модулів:

- блок фазифікації, призначений для конвертації параметрів розрахунку, представлених вектором чітких чисел x , в нечіткі множини A , для подальшого їх використання в блоці виведення;
- блок дефазифікації, застосовуваний для переведення отриманих нечітких множин B в вектор чітких значень вихідних даних y ;
- лінгвістична модель або база правил, що становить множину правил нечітких продукцій, з причиною (A) і наслідком (B) [5]:

$$R^{(k)}: A^k \rightarrow B^k, k = \overline{1, r}, \quad (6)$$

де r – число нечітких правил, k – номер правила, A^k і B^k – нечіткі множини

- блок вироблення рішення (блок виведення), який формує з використанням заданої бази правил на своєму виході одне або кілька нечітких множин B , застосувавши отримані на вхід нечіткі множини A .

Розглянемо реалізацію СНВ для використання в якості модуля розрахунку кеш-рейтингів об'єктів в алгоритмі кешування, що застосовується для web-проксі серверів. На вхід СНВ подаються значення характеристик об'єкта системи, на виході отримуємо кеш-рейтинг об'єкта. Використовуються відомі характеристики об'єкта в потоці запитів: дистанція останнього доступу, популярність за останній час (частота доступів), розмір об'єкта. Крім того, в якості вхідного параметра вперше пропонується використовувати характеристику просторової локальності web-ресурсів.

У традиційному розумінні просторова локальність застосовується при кешуванні програмних інструкцій у оперативній пам'яті, коли близькими є інструкції розташовані в одному блоці. Якщо загальний інформаційний простір web-середовища розглядати як єдину множину адрес, то близькими з точки зору просторової локальності можна називати ресурси, розташовані на одному web-сервері (або в одній локальній мережі, або на одному проксі-сервері і т. д.). При цьому міра близькості двох web-ресурсів в найпростішому випадку може бути встановлена з використанням уніфікованих ідентифікаторів цих ресурсів.

Наприклад, всі ресурси, розташовані на одному доменному імені є близькими. При цьому далекими по відношенню до них називаються інші ресурси. Таким чином, міра близькості двох web-ресурсів представляється функцією:

$$\mu(x_1, x_2) = \begin{cases} 0, & u_{x_1} \\ 1, & u_{x_2} \end{cases} \quad (7)$$

де x_1 і x_2 – числові ідентифікатори web-ресурсів, як об'єкти системи; u_{x_1}, u_{x_2} – URI web-ресурсів з ідентифікаторами x_1 і x_2 .

Для застосування даної властивості в реальній системі кешування потрібно його характеризувати чисельним чином. Для цього введемо в розгляд кортеж з LRU організацією D_{uri} складений з адрес доменів, до яких належать ресурси, запитувані в потоці запитів:

$$D_{uri} = (d_1, d_2, \dots, d_n), \quad (8)$$

де d_i – доменне ім'я, i – позиція в кортежі.

Позиція імені в кортежі характеризує новизну звернень до ресурсів даного домену: на першій позиції розташоване ім'я, до ресурсу якого було останнє звернення, тобто, позиція в кортежі D_{uri} представляє дистанцію останнього звернення до ресурсів відповідного доменного імені.

Отримані нечіткі множини подаються в блок виведення, на виході якого реєструється одна нечітка множина, що характеризує значимість об'єкта для кеш-системи. Після дефазифікації даної нечіткої множини за методом центра ваги, на виході СНВ отримуємо кеш-рейтинг об'єкта.

Ключовою ланкою описаної нечіткої системи, що визначає її функціонування, є лінгвістична модель, представлена множиною нечітких правил, які в описаних раніше кеш-системах на базі СНВ визначалися аналітично на базі відомих ділянок трас. Розроблений алгоритм реалізує метод синтезу нечітких правил за результатами виконання нечіткої кластеризації за рахунок зміни функцій приналежності нечітких множин, що входять в передумови правила. Таким чином, представлений алгоритм кешування на базі нечіткої логіки адаптується до умов, що змінюються відповідно до характеристик потоку запитів.

Для отримання вхідних даних на вхід процедури кластеризації подається потік запитів, який розбивається на ділянки. На кожній ділянці проводиться обчислення наступних характеристик об'єктів: оцінка математичного очікування дистанції об'єкта, кількості звернень до об'єкту, розмір об'єкту, оцінка математичного очікування дистанції звернення до ресурсів домену. Для отримання кластерів з множини отриманих векторів використовується алгоритм нечітких середніх.

Отримані таким чином нечіткі правила застосовуються в якості бази знань СНВ. Кількість ділянок потоку запитів, після яких виконується адаптація, і розмір ділянки є параметрами представленого нечіткого алгоритму, а саме об'єкти, число звернень до яких на ділянці, більше порогового значення

Висновки

В даній роботі, наведена формалізована постановка задачі підвищення ефективності систем кешування з використанням теоретико-множинного математичного апарату. Розглянуто технологію застосування системи нечіткого виведення для визначення об'єкта з мінімальним рейтингом(об'єкт, який буде видалено з кеш пам'яті), що реалізує обчислення кеш-рейтингу об'єктів, збережених в кеш-пам'яті. В якості однієї з базових характеристик web-ресурсу, що подаються на вхід системи нечіткого виведення, вперше запропоновано використовувати його просторову локальність, визначення якої базується на уніфікованому ідентифікатору web-ресурсу URI. Визначено спосіб виконання адаптації нечіткої системи за допомогою синтезу лінгвістичної моделі з використанням методу нечіткої кластеризації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Arlitt, M. F. Performance Evaluation of Web Proxy Cache Replacement Policies / Martin Arlitt, Rich Friedrich, Tai Jin // Internet Systems and Applications Laboratory. — October, 1999.
2. Danzig, P.B. A Case for Caching File Objects Inside Internetworks / Peter B. Danzig, Richard S. Hall, Michael F. Schwartz // ACM SIGCOMM Computer Communication Review. — Volume 23. — Issue 4. — 1993.
3. Yang, Q. Web-Log Mining for Predictive Web Caching. / Q. Yang, and H. H. Zhang // IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering. — 2003. — Volume 15. — Number 4.

4. Mesyura V. I. Improvement of fuzzy values ranking indexes for automation of man-caused swift-flowing emergencies liquidation / V. I. Mesyura, O. A. Sharygin // Nauka i studia. –2013. –No 17 (85) –P. 11 –16.9.

5. Месюра В. І. Модель прийняття рішень для задач ліквідації швидкоплинних надзвичайних ситуацій / В. І. Месюра, О. А. Шаригін //Обчислювальний інтелект (результати, проблеми, перспективи): Матеріали 1-ї Міжнародної науково-технічної конференції (10 –13 травня 2011 р., Черкаси). –2011. – С. 454.

6. Шаригін, О. А. Розробка підходу до перевірки адекватності моделі прийняття рішень з нечіткими параметрами [Текст] / О. А. Шаригін // Оптико- електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2012. – No 1(23). – С. 5–61.

Горобець Юрій Володимирович — аспірант групи АС-19, факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії, кафедра комп'ютерних наук, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: yurii.sparrow@gmail.com

Месюра Володимир Іванович — канд. техн. наук, професор кафедри комп'ютерних наук, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: mesyura@vntu.edu.ua

Horobets Yurii V. — postgraduate student of AC-19 group, Faculty of Information Technologies and Computer Engineering, Department of Computer Science, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: yurii.sparrow@gmail.com

Mesyura Volodymyr I. - professor of the Computer Sciences Chair, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email: mesyura@vntu.edu.ua