

НЕЧІТКИЙ АЛГОРИТМ ДИНАМІЧНОГО БАЛАНСУВАННЯ НАВАНТАЖЕННЯ В КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖАХ

Г. Ю. Сисюк, І. С. Шаповал

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева 20, 39600, м. Кременчук, Україна. E-mail: velsinil@gmail.com

Запропоновано новий нечіткий алгоритм динамічного балансування навантаження, в якому застосована політика вибору кандидатів, що враховує завантаження вузла та системи в цілому. Вхідними змінними фаззи-контролера виступають індекс завантаження вузла, який залежить від параметрів використання процесора та оперативної пам'яті, а також індекс завантаження мережі, який визначається кількістю перевантажених вузлів. Наведені порівняльні характеристики алгоритму з класичними алгоритмами динамічного балансування навантаження, отримані за результати імітаційного моделювання алгоритму.

Ключові слова: фаззи-логіка, динамічне балансування навантаження, комп'ютерні мережі

FUZZI DYNAMIC LOAD BALANCING ALGORITHM IN COMPUTER NETWORKS

G. Yu. Sisyuk, I. S. Shapoval

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy National University
ul. Pervomayskaya, 20, 39600 Kremenchug, Ukraine. E-mail: velsinil@gmail.com

We propose a new fuzzy dynamic load balancing algorithm, which use the policy of selecting candidates for the workload transfer, taking into account the loading node and the system as a whole. The input variables of fuzzy controller uses the node load index, depending on the load parameters of the CPU and RAM, as well as the index of the network, defined by the number of heavily loaded nodes. The comparative characteristics of the algorithm with the classical algorithms for dynamic load balancing, obtained from the results of simulation.

Keywords: fuzzy logic, dynamic load balancing, computer networks

НЕЧЕТКИЙ АЛГОРИТМ ДИНАМИЧЕСКОЙ БАЛАНСИРОВКИ НАГРУЗКИ В КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЯХ

Г. Ю. Сисюк, И. С. Шаповал

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского
ул. Первомайская 20, 39600, г. Кременчуг, Украина. E-mail: velsinil@gmail.com

Предложен новый нечеткий алгоритм динамической балансировки нагрузки, в котором использована политика выбора кандидатов на передачу нагрузки, учитывающая загрузку узла и системы в целом. В качестве входных переменных фаззи-контроллера используются индекс загрузки узла, зависящий от параметров загрузки процессора и оперативной памяти, а также индекс загрузки сети, определяемый количеством тяжело загруженных узлов. Приводятся сравнительные характеристики алгоритма с классическими алгоритмами динамической балансировки нагрузки, полученные по результатам имитационного моделирования.

Ключевые слова: фаззи-логіка, динамическая балансировка загрузки, компьютерные сети

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Комп'ютерні мережі як апаратна платформа потенційно забезпечують високу продуктивність та невисоку вартість розподілених обчислень, а тому застосовуються все частіше і частіше. Однак у випадках, коли завантаження вузлів у процесі обчислень суттєво розрізняється, продуктивність обчислень значно зменшується. Для запобігання цьому застосовуються програми-балансувальники, які здійснюють передавання частини робочого навантаження з перевантажених більш легко завантаженим вузлом. Рівень завантаження вузла визначається шляхом порівняння поточного значення індексу завантаження, обчисленого за поточними значеннями вимірювань параметрів, які відображають ступінь використання ресурсів вузла, що найбільше впливають на швидкість обчислень з деяким пороговим значенням. У випадках, коли значення індексів завантаження вузлів близькі до порогових, рішення, що отримуються, не мають достатнього рівня стійкості внаслідок динамічності зміни значень параметрів, що використовуються для їх визначення [1]. Для запобігання цьому в роботі [2] запропонований двопороговий алгоритм, однак і в цьому випадку проблему не можна вважати до кі-

нця вирішеною, оскільки він передбачає використання наперед визначених порогових значень.

Іншою проблемою традиційних алгоритмів динамічного балансування навантаження є обґрунтований вибір моделі для обчислення індексу завантаження. Роботи, присвячені цьому питанню, зокрема [3, 4], вказують на те, що використання індексу завантаження, який обчислюється як зважена сума деякого набору визначених параметрів, не завжди достатньо об'єктивно відображає рівень завантаження внаслідок обмеження на число параметрів, які використовуються в моделі та фіксованим значень вагових коефіцієнтів. Виходячи з цього, задачу розробки нових архітектур систем та алгоритмів динамічного балансування навантаження можна вважати актуальною.

Метою роботи є розробка алгоритму динамічного балансування навантаження, який при виборі вузлів-кандидатів для передачі навантаження враховує як завантаження окремих вузлів, так і системи в цілому на момент початку балансування.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ. Визначення множини вузлів-кандидатів на передавання навантаження з перевантаженого вузла здійс-

нюється фаззі-контролером, структура якого показана на рис.1, відповідно до схеми Мамдані і передбачає виконання наступних послідовних кроків: фазифікації вхідних змінних, застосування нечітких правил виведення, комбінування та дефазифікації.

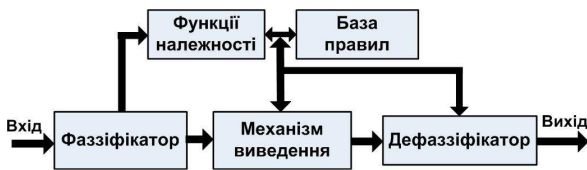


Рисунок 1 – Структура фаззі-контролера

Вхідними чіткими змінними, які подаються на вхід контролера для фаззифікації, є індекс завантаження вузла-кандидата на прийняття частини навантаження з перевантаженого вузла та рівень завантаження системи в цілому, який визначається числом вузлів, індекс завантаження яких перевищує визначене порогове значення.

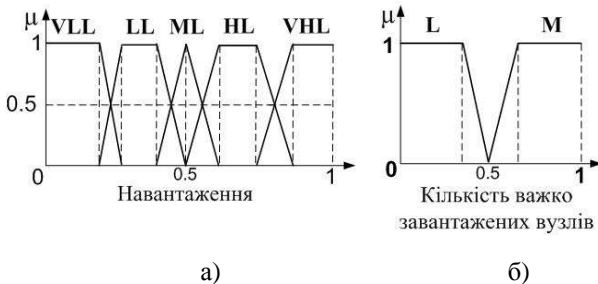
Значення індексу завантаження вузла розраховується за формулою:

$$Node_Load = K_1 * CPU_Load + K_2 * Mem_Load, \quad (1)$$

де CPU_Load , Mem_Load - відповідно поточне завантаження процесору (%) і рівень використання оперативної пам'яті (%); K_1 , K_2 - вагові коефіцієнти.

Для функції належності нечіткої змінної «Індекс навантаження вузла» визначено п'ять термів – дуже легке (VLL), легке (LL), середнє (ML), високе (HL) та дуже високе (VHL) навантаження (рис. 2,а), а для змінної «Кількість важко завантажених вузлів» - два терми – мало (L) та багато (M) (рис. 2,б).

Для вихідної змінної фаззі-контролера є статус вузла. У функції належності вихідної змінної фаззі-



а) б)

Рисунок 2 – Функції належності вхідних змінних фаззі-контролера

контролера «Статус вузла» M визначено 3 терми – «Передавач» (S), тобто вузол, яку на даному кроці управління бажано розвантажити, «Приймач» (R) - вузол, якому можна передати частину надлишкового навантаження одного з передавачів і «Нейтральний» (N) - вузол, який з деяких причин не приймає участі в балансуванні навантаження (рис. 3).

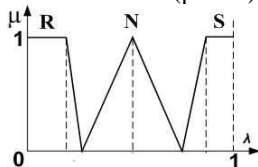


Рисунок 3 – Функція належності вихідної змінної «Статус вузла»

База правил виведення, за якими визначається належність вихідної змінної одному із термів функції, наведена в табл. 1

Таблиця 1 – База правил виведення

| Кількість важко завантажених вузлів | Індекс завантаження вузла | | | | |
|-------------------------------------|---------------------------|----|----|----|-----|
| | VLL | LL | ML | HL | VHL |
| L | R | S | N | S | S |
| M | R | R | R | R | R |

Комбінування отриманих за результатами виведення термів вихідної змінної здійснюється за правилом максимума, а дефаззифікація – методом повної інтерпретації.

На рис. 4 наведений приклад отримання значення вихідної змінної за умови, що кількість важко завантажених вузлів дорівнює A та індекс завантаження вузла, статус якого визначається, дорівнює B . У цьому випадку застосовуються наступні два правила виведення.

Правило 1. Якщо число важко завантажених вузлів мале (L) та завантаження вузла мале (LL), то статус вузла – «передавач» (S).

Правило 2. Якщо кількість важко завантажених вузлів мала (L), а завантаження вузла середнє (M), то статус вузла – «приймач» (R).

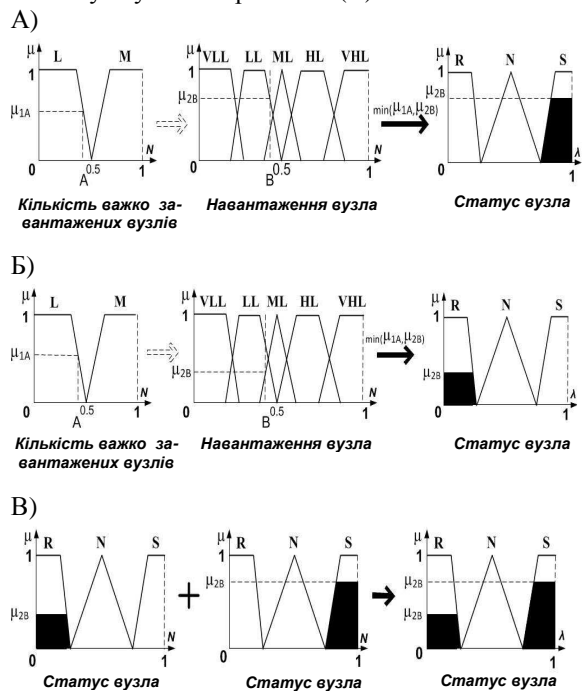


Рисунок 4 – Приклад визначення значення вихідної змінної фаззі-контролера

Таким чином, перерозподіл навантаження здійснюється за наступним алгоритмом. Вимірюються значення параметрів, які входять до формули для обчислення завантаження, визначається завантаження для всіх вузлів і кількість вузлів, завантаження яких вище заданого значення. За цими значення-

ми за допомогою фаззи-контролера визначається статус кожного вузла.

Коли число паралельних процесів фіксоване, як це має місце при паралельних обчисленнях, причина виникнення дисбалансу навантаження може полягати або в недостатньо точному його розподілі між вузлами на стадії проектування паралельної програми, або в його зміні в процесі обчислень, для вузлів, що мають статус передавача, здійснюється спроба зменшити навантаження вузлів зі статусом «Передавач» шляхом передавання його частини вузлам зі статусом «Приймач». Як кандидати на передачу навантаження розглядаються тільки ті вузли-приймачі, що мають безпосередній зв'язок із поточним вузлом-передавачем, а приймачем навантаження вибирається вузол із максимальним значенням статусу. Якщо такі вузли відсутні, передавачу присвоюється статус «Нейтральний». Бажане навантаження передавача і приймача після балансування обчислюється як середнє від суми їх навантажень. З метою зменшення кількості балансувань передачі підлягають задачі з максимальним прогнозним часом завершення. Після балансування обом вузлам присвоюється статус «Нейтральний».

У випадку, коли мережа виступає у ролі розподіленого серверу, балансування навантаження виконується головним вузлом, на якому розміщується балансувальник. Після цього він призначає нову задачу на вузол, який має максимальне значення статусу «Приймач».

Нами було виконане порівняння запропонованого алгоритму з двома відомими алгоритмами – кільцевим і випадковим шляхом імітаційного моделювання завантаження мережі з 40 робочих станцій. Ймовірність наявності зв'язку між двома довільними вузлами в моделі становила $p=0,4$ і визначалась за допомогою давача псевдовипадкових чисел. Інші основні параметри моделі та методи їх отримання наведені в табл. 2.

Таблиця 2 – Основні параметри імітаційної моделі

| Параметр | Значення |
|--|--|
| Максимальне завантаження вузла, задач | 10 |
| Час виконання задачі, кроків моделювання | Рівномірний розподіл на інтервалі [1..4] |
| Потік запитів на виконання задач | Розподіл Пуассона $\tilde{\lambda} = 3$ |

Показники якості, отримані в результаті 1000 прогонів моделі, наведені в табл. 3.

На рис. 5 наведені графіки, які ілюструють зміну середнього навантаження вузла в процесі моделювання мережі в режимі сервера, а також середнього абсолютного відхилення навантаження вузлів, для розробленого нами алгоритму та випадкового алгоритму.

ВИСНОВКИ. Дослідження показали, що використання фаззи-логіки дозволяє підвищити показників

якості балансування навантаження і запобігти недоліків традиційних алгоритмів динамічного балансування.

Таблиця 3 – Порівняні показники якості алгоритмів динамічного балансування навантаження за результатами моделювання

| Критерій якості | Характер задач, що виконуються в мережі | | | | | |
|---|---|--------|-------|---------------------|--------|-------|
| | Розподілені обчислення | | | Розподілений сервер | | |
| | RR | Random | Fuzzy | RR | Random | Fuzzy |
| Середня кількість балансувань | 148,56 | 262,87 | 73,3 | 1000 | 1000 | 1000 |
| Максимальне середнє абсолютне відхилення завантаження | 0,765 | 0,8234 | 1,24 | 2,17 | 3,45 | 1,13 |

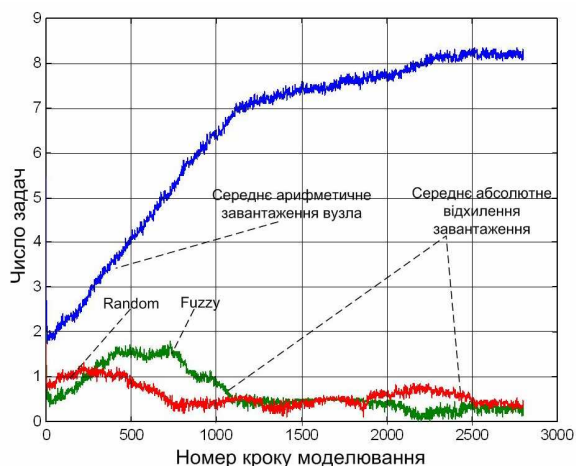


Рисунок 5 – Графік зміни показників якості балансування навантаження вузлів за результатами моделювання

REFERENCE

1. Pradeep K. and Sinha, Distributed Operating Systems Concepts and Design, IEEE Press.
2. Alonso, R., and Cova, L. L., "Sharing Jobs Among Independently Owned Processors," In: Proceedings of the 8th International Conference on Distributed Computing Systems, IEEE, New York, June 1988. – P. 282-288.
3. D.L. Eager, E.D. Lazowska, and J. Zahorjan, "A comparison of receiver-initiated and sender-initiated adaptive load sharing (extended abstract)" // SIGMETRICS Perform. Eval. Rev. – 1985. – Vol. 13. P. 1-3.
4. W. Leinberger, G. Karypis, and V. Kumar, "Load Balancing Across Near-Homogeneous Multi-Resource Servers," presented at Proceedings. 9th Heterogeneous Computing Workshop (HCW 2000) Cancun, Mexico, 2000.

Стаття надійшла 19.01.2011.
Рекомендована до друку
д.т.н., проф. Гученком М.І.