

ляется проверка их адекватности и достоверности исходных данных. Если проверка адекватности осуществляется известными методами, то достоверность имеет некоторые особенности. Они заключаются в том, что во многих случаях исследование модели и работу с нею лучше проводить не с реальными данными, а со специально подготовленным их набором. При подготовке набора данных руководствуются целью использования модели, выделяя ту ситуацию, которую хотят смоделировать и исследовать.

Выводы. Основным недостатком аналитических моделей является то, что они неизбежно требуют каких-то допущений, в частности, о «марковости» процесса. Приемлемость этих допущений далеко не всегда может быть оценена без контрольных расчетов. Статистические модели не требуют серьезных допущений и упрощений. В принципе, в статистическую модель «лезет» что угодно - любые законы распределения, любая сложность системы, множественность ее состояний. Главный же недостаток статистических моделей - их громоздкость и трудоемкость. Огромное число реализации, необходимое для нахождения искомых параметров с приемлемой точностью, требует большого расхода машинного времени. Кроме того, результаты статистического моделирования гораздо труднее осмыслить, чем расчеты по аналитическим моделям, и соответственно труднее оптимизировать решение (его приходится «нащупывать» вслепую). Правильное сочетание аналитических и статистических методов в исследовании операций - дело искусства, чужья и опыта исследователя. Нередко аналитическими методами удается описать какие-то «подсистемы», выделяемые в большей системе, а затем из таких моделей, как из «кирпичиков», строить здание большой, сложной модели.

УДК 004.94:004.633

М.В. КОВАЛЬ, ст. викладач, Криворізький технічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ АДАПТИВНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МОДЕЛІ ОПЕРАТИВНОГО РОЗПОДІЛУ ФАЙЛІВ СЕРЕД ВУЗЛІВ КОМП'ЮТЕРНОЇ МЕРЕЖІ

Визначено та досліджено адаптивні властивості моделі оперативного розподілу файлів серед вузлів комп'ютерної мережі, яка забезпечує оперативне виконання процесу розподілу, адаптацію до структури системи обслуговування користувачів та коррекцію рішень по розміщенню копій файлів на серверах, якщо вони виявились неефективними.

Определены и исследованы адаптивные свойства модели оперативного распределения файлов среди узлов компьютерной сети, которая обеспечивает оперативное выполнение процесса распределения, адаптацию к структуре системы обслуживания пользователей и коррекцию решений по размещению копий файлов на серверах, если они оказались неэффективными.

Ключові слова: модель розподілу файлів, оперативний розподіл файлів, адаптивні властивості моделі, оптимізація розподілу файлів, ефективність розподілу файлів.

Проблема та її зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями. Одним з перспективних напрямів розробки та дослідження моде-

лей оперативного розподілу файлів серед вузлів комп'ютерної мережі є дослідження можливостей оперативного проведення процесу розподілу файлів між серверами з урахуванням динамічної зміни потреб користувачів у тих чи інших інформаційних ресурсах. Крім того важливим аспектом при такому підході є можливість адаптації моделі до появи у мережі нових складових елементів, таких як нові сервери та джерела запитів, та до динамічної зміни навантаженості каналів передачі даних. Зазначені фактори істотно впливають на ефективність та область застосування моделей та методів розподілу файлів. Таким чином, дослідження адаптивних властивостей моделі оперативного розподілу файлів серед вузлів комп'ютерної мережі є важливою науково-практичною задачею.

Аналіз досліджень та публікацій. Детальний аналіз досліджень та розробок моделей розподілу файлів серед вузлів комп'ютерної мережі проведений у роботі [1]. Основні результати досліджень, які викладені у роботі [1], полягають у наступному:

1. В існуючих моделях розподілу файлів серед вузлів комп'ютерної мережі не враховується, що на завантаження каналів передачі даних впливає не тільки робота файлових сервісів при обслуговуванні запитів на використання файлів, але й робота інших мережевих процесів.

2. Існуючі моделі розподілу файлів серед вузлів комп'ютерної мережі є інертними до динамічної зміни контролюємих параметрів, тому розподіл файлів між вузлами комп'ютерної мережі потребує оперативного прийняття рішень про створення та знищення копій файлів на серверах.

Зазначені результати останніх досліджень та публікацій свідчать про те, що більшість розробок моделей розподілу файлів серед вузлів комп'ютерної мережі є не пристосованими для реалізації в них адаптивних принципів.

Слід зазначити, що у об'єктній моделі динамічної оптимізації розподілу даних запропонованій Телятніковим О.О. [2] розглядаються питання підвищення ефективності вирішення задачі розподілу файлів серед вузлів комп'ютерної мережі як за рахунок структури моделей так і за рахунок спеціальних алгоритмів та засобів, що полегшує пристосування до масштабування продуктивності технічної платформи та свідчить про можливість її пристосування до реалізації адаптивних функцій. Дана модель базується на використанні генетичних алгоритмів, які за допомогою відповідного кодування схем розподілу даних у вигляді хромосом та застосування своїх операторів дозволяють генерувати нові схеми розподілу даних.

Виділення перспективних напрямів дослідження та розробки. Спираючись на проведений аналіз досліджень та публікацій пристосованості моделей розподілу файлів серед вузлів комп'ютерної мережі до реалізації у них адаптивних принципів перспективним є дослідження за наступними напрямками:

1. адаптивні властивості моделі до структури системи обслуговування користувачів;
2. адаптивне набуття статистичними параметрами достовірних значень;

3. адаптивне корегування неефективних рішень по розміщенню копій файлів.

Постановка задачі. Основною метою дослідження викладеного у статті є дослідження адаптивних властивостей моделі оперативного розподілу файлів серед вузлів комп'ютерної мережі, що розглянута у роботі [3], у розрізі трьох основних адаптивних принципів, що визначені як перспективні.

Викладення матеріалів та результатів досліджень. Визначена у роботі [3] модель оперативного розподілу файлів серед вузлів комп'ютерної мережі має наступний склад параметрів:

$NДЗ$ - кількість вузлів мережі, що є джерелами запитів.

$D = \{D_j\}$ - множина вузлів, що є джерелами запитів, де $(j=1, \dots, NДЗ)$.

$NCЗ$ - кількість серверів зберігання, на яких розміщуються ресурси.

$C = \{C_i\}$ - множина серверів зберігання, де $(i=1, \dots, NCЗ)$.

$OC = \{OC_i\}$ - множина об'ємів вільного місця на серверах зберігання ресурсів, де OC_i об'єм вільного місця на сервері C_i , $(i=1, \dots, NCЗ)$.

$NPEC_i$ - кількість інформаційних ресурсів, що зберігаються на сервері C_i .

$RC_i = \{R_k\}$ - множина інформаційних ресурсів сервера зберігання C_i , де $(k=1, \dots, NPEC_i)$, R_k - k -й інформаційний ресурс, що зберігається на сервері C_i .

$FC_i = \{F_{k,j}\}$ - матриця інтенсивностей використання інформаційних ресурсів сервера зберігання C_i джерелами запитів, де $(k=1, \dots, NPEC_i; j=1, \dots, NДЗ)$, $F_{k,j}$ - кількість запитів до інформаційного ресурсу R_k від джерела запитів D_j у межах періоду роботи моделі, який регулюється розміром вектора історії запитів на використання ресурсів.

N_{vi} - розмір вектора історії запитів на використання ресурсів для сервера зберігання C_i .

K_{is} - коефіцієнт інертності моделі, який дозволяє регулювати час зберігання ресурсів на серверах C_i .

$ZC_i = \{Z_l\}$ - вектор історії запитів на використання ресурсів сервера зберігання C_i , де $(l=1, \dots, N_{vi})$, Z_l - елементи вектора, які характеризують запити на використання ресурсів параметрами R_k, D_j, POI .

POI - ознака того, що в межах періоду історії запитів виконувалася спроба оптимізації розташування копії ресурсу R_k для джерела запитів D_j на іншому сервері зберігання.

$Vc_i\{V_j\}$ - вектор поточних значень середніх фактичних швидкостей обміну даними V_j між сервером зберігання C_i та джерелом запитів D_j , де $(j=1, \dots, NДЗ)$.

K_{cm} - коефіцієнт чутливості моделі, який дозволяє згладжувати подинні сплески переваженості каналів передачі даних, регулюючи вплив фактичної швидкості обміну даними у поточному сеансі зв'язку на зміну середньої фактичної швидкості обміну даними.

$Vc\{Vc_i\}$ - матриця поточних значень середніх фактичних швидкостей обміну даними V_{ij} між сервером зберігання C_i та джерелом запитів D_j , де $(i=1, \dots, NCЗ; j=1, \dots, NДЗ)$. Відображає узагальнену статистичну інформацію

про швидкості обміну даними між усіма серверами зберігання інформаційних ресурсів та джерелами запитів.

$V_{pi}\{V_j\}$ - вектор значень середніх фактичних швидкостей обміну даними V_j між сервером зберігання C_i та джерелом запитів D_j при яких проводилася остання оптимізація усіх інформаційних ресурсів сервера C_i , до яких формує запити джерело D_j , де $(j=1, \dots, N_{ДЗ})$.

$N_{ЗО}$ - розмір вектора запитів на спробу оптимізації розташування копій ресурсів.

$ZOv=\{ZOv\}$ - вектор запитів на спробу оптимізації розташування копій ресурсів, де $(v=1, \dots, N_{ЗО})$, ZOv – елементи вектора, які характеризують запити параметрами R_k, C_i, D_j .

Адаптивні властивості визначеної у роботі [3] моделі оперативного розподілу файлів серед вузлів комп'ютерної мережі доцільно розглядати у розрізі трьох основних аспектів, які були закладені у якості принципів її побудови.

Перший адаптивний принцип побудови моделі - адаптація моделі до структури системи обслуговування користувачів, полягає у залежності параметрів і властивостей моделі та способів їх визначення від таких параметрів системи обслуговування користувачів як: кількість вузлів мережі, що є джерелами запитів $N_{ДЗ}$, кількість серверів зберігання, на яких розміщуються ресурси $N_{СЗ}$, кількість інформаційних ресурсів, що зберігаються на поточному сервері $N_{РЕСi}$.

До параметрів моделі, які враховують зазначений принцип, відносяться: розмір вектора історії запитів на використання ресурсів для поточного сервера зберігання $N_{вi}$ та поточні значення середніх фактичних швидкостей обміну даними між серверами зберігання та джерелами запитів $Vc(i,j)$.

Як було зазначено, $N_{вi}$ визначається наступним чином $N_{вi}=N_{ДЗ}*N_{РЕСi}*K_{ис}$ та динамічно змінюється при зміні величин $N_{ДЗ}$ та $N_{РЕСi}$. Даний параметр є основним при визначенні адаптивних властивостей моделі, оскільки його динамічна зміна у процесі роботи моделі дозволяє впливати на такі її властивості як: величина періоду актуальності статистичних даних; швидкість зміни статистичних параметрів та порогових значень, на основі яких приймаються рішення про створення або знищення копій файлів на серверах зберігання; величина періоду виходу статистичних параметрів у сталі значення після перерозподілу файлів між серверами зберігання. Значну роль відіграє використання коефіцієнту $K_{ис}$ при визначенні $N_{вi}$, який дозволяє додатково регулювати інертність моделі стосовно зазначених властивостей, балансуючи її пристосованість до різних типів систем обслуговування користувачів з різною кількістю джерел запитів та інтенсивністю запитів від них.

Перерахунок поточних значень середніх фактичних швидкостей обміну даними між серверами зберігання та джерелами запитів $Vc(i,j)$ проводиться у моделі наступним чином:

$$\begin{cases} Vci(j) = Vci(j) + \frac{V_o - Vci(j)}{N_{ac} * \bar{E}_{-i}}, \\ Vc(i, j) = Vci(j). \end{cases} \quad (1)$$

Дана операція (1) виконується за принципом врахування частки різниці між фактичною швидкістю обміну даними у поточному сеансі передачі та поточним значенням середньої фактичної швидкості обміну даними. Такий підхід дозволяє враховувати, як збільшення так і зменшення швидкості обміну даними. Крім того, врахування лише частки різниці між швидкостями дозволяє згладжувати поодинокі випадки сплесків запитів на використання ресурсів та змін завантаженості каналів передачі даних процесами, що виконуються у мережі. Величина частки різниці між швидкостями зворотно пропорційна кількості вузлів мережі, які є джерелами запитів $N_{ДЗ}$ та коефіцієнту чутливості моделі $K_{чм}$, що дає можливість враховувати розподіл пропускну здатності каналів зв'язку сервера з мережею між усіма джерелами запитів та пристосовувати модель до різних типів систем обслуговування користувачів з різною кількістю джерел та інтенсивністю запитів від них.

Необхідність оптимізації розміщення копій інформаційних ресурсів для джерела запитів D_j визначається з умови:

$$\begin{cases} F > F_{\text{порог}} \text{ , } & F = \frac{F_{k,j}}{\sum_{m=1}^{N_{ДЗ}} F_{k,m}} \text{ ,} \\ F_{\text{порог}} = \frac{1}{N} \text{ ,} & (PO=0) \forall ZC_i(R_k, D_j) \text{ ,} \end{cases} \quad (2)$$

де: F - інтенсивність запитів до ресурсу R_k від джерела запитів D_j ; $F_{\text{порог}}$ - порогове значення інтенсивності запитів до ресурсу R_k ; N - кількість джерел запитів до ресурсу R_k , для яких $F_{k,m} \neq 0, (m=1, \dots, N_{ДЗ})$; та з умови:

$$\begin{cases} V_{n_i}(j) - V_{c_i}(j) \geq V_{\text{порог}} \text{ ,} \\ V_{\text{порог}} = \frac{V_{n_i}(j)}{N_{ДЗ}} \text{ ,} \end{cases} \quad (3)$$

де: $V_{\text{порог}}$ - порогове значення зміни середньої фактичної швидкості обміну даними між сервером зберігання C_i та джерелом запитів D_j .

Як видно з умови (3), зміна кількості вузлів мережі, які є джерелами запитів $N_{ДЗ}$ має безпосередній вплив на визначення порогових значень зміни середніх фактичних швидкостей обміну даними між серверами зберігання та джерелами запитів. Збільшення кількості джерел запитів приводить до зниження вказаних порогових значень, чим підвищує чутливість моделі до зміни середніх фактичних швидкостей обміну даними, що є адекватною реакцією моделі оскільки пропускну здатність каналів зв'язку сервера з мережею розподіляється між усіма джерелами запитів.

Принципу адаптації до структури системи обслуговування користувачів також відповідає перевірка наступних умов:

$$(D_j \notin D) \vee (C_j \notin C) \text{ .} \quad (4)$$

Умови (4) дозволяють виявити нові джерела запитів і сервери зберігання та, спираючись на наступні формули:

$$\begin{cases} Vci(j) = \min_{m=1, \dots, N_{\text{дзм}} \neq j} Vci(m), \\ Vni(j) = Vci(j), \quad Vc(i, j) = Vci(j), \\ i = 1, \dots, N_{\text{сз}}. \end{cases} \quad (5)$$

при виявленні нового джерела запитів, та:

$$\begin{cases} Vci(j) = \min_{m=1, \dots, N_{\text{сзм}} \neq i} Vcm(j), \\ Vni(j) = Vci(j), \quad Vc(i, j) = Vci(j), \\ i = 1, \dots, N_{\text{дз}}. \end{cases} \quad (6)$$

при виявленні нового сервера зберігання, зареєструвати їх у моделі та виконати визначення їх початкових параметрів.

Другий адаптивний принцип побудови моделі полягає у тому, щоб забезпечити набуття контрольованими статистичними параметрами достовірних значень до того як вони будуть використані для прийняття рішень про створення або знищення копій файлів на серверах зберігання. Зазначений принцип забезпечується у випадках зміни структури системи обслуговування користувачів та після спроб проведення перерозподілу файлів.

Умови (5) та (6) дозволяють визначити початкові значення середніх фактичних швидкостей обміну даними між джерелами запитів та серверами зберігання у випадку виявлення нового джерела запитів або сервера зберігання. Визначення зазначених швидкостей на основі вибору мінімальних значень серед реальних, вже напрацьованих, статистичних показників дозволяє по-перше прискорити досягнення статистичними параметрами достовірних значень за рахунок «старту» не з нуля, а по друге - не проводити спроб перерозподілу файлів до досягнення статистичними параметрами достовірних значень за рахунок використання вектору значень середніх фактичних швидкостей обміну даними при яких проводилася остання оптимізація $V_{\text{п}}$ та його корегування на основі перевірки умови:

$$\begin{cases} Vci(j) - Vni(j) \geq V_{\text{нор}}, \\ V_{\text{нор}} = \frac{Vni(j)}{N_{\text{дз}}} \end{cases} \quad (7)$$

Корегування вектора $V_{\text{п}}$ також проводиться перед спробою проведення перерозподілу файлів при виконанні умови (2) згідно з формулою:

$$\begin{cases} (PO = 1) \forall ZC_i(R_k, D_j), \\ Vni(j) = Vci(j) \end{cases} \quad (8)$$

Метою такого корегування є виключення повторних спроб проведення перерозподілу на основі одних і тих же статистичних параметрів на період, поки задіяні статистичні параметри моделі встигнуть набути нових достовірних значень та з'явиться можливість оцінки ефективності проведення перерозподілу.

Крім того, для досягнення зазначеної мети, при виконанні умов (2) та (3) встановлюється $PO=1$ - ознака того, що в межах періоду історії запитів виконувалася спроба оптимізації розташування копії певного ресурсу для певного

джерела запитів на іншому сервері зберігання. Для обох умов (2) та (3) ознака РО дозволяє не проводити повторних спроб за конкретною зв'язкою параметрів «файл-джерело запитів» протягом періоду повного оновлення вектору історії запитів. У випадку умови (3) дана ознака дозволяє додатково подовжити термін набуття статистичними параметрами нових достовірних значень при дуже різкій зміні середніх фактичних швидкостей обміну даними між джерелами запитів та серверами зберігання внаслідок значної нестабільності завантаженості каналів передачі даних.

Третій адаптивний принцип побудови моделі полягає у корегуванні неефективних рішень по розміщенню копій файлів на серверах зберігання. Реалізація даного принципу забезпечується використанням ознаки РО для елементів вектору історії запитів, яка блокує прийняття будь-яких рішень по файлу, що відповідає зв'язці параметрів «файл-джерело запитів», протягом періоду повного оновлення вектору історії запитів. Як для вихідного файлу, так і для його копії дана ознака виявиться встановленою після виконання спроби оптимізації розташування вихідного файлу. Після закінчення періоду повного оновлення вектору історії запитів статистичні параметри, що стосуються обох файлів, набудуть нових достовірних значень та згідно умови:

$$\begin{cases} Fk, j = 0 (j = 1, \dots, N_{\partial 3}); \\ \exists (R_k \in RC_m), (m = 1, \dots, N_{c3}, m \neq i). \end{cases} \quad (9)$$

для кожного з файлів буде виконана перевірка необхідності його знищення.

Спираючись на викладений підхід, модель виявляється побудованою таким чином, що рішення, які виявилися неефективними або невірними, автоматично виправляються самою моделлю у процесі збору та опрацювання статистичної інформації.

Висновки. Спираючись на проведені дослідження моделі оперативного розподілу файлів серед вузлів комп'ютерної мережі, яка розглянута у роботі [3], можна дійти висновку, що структурно та за своєю будовою вона у повній мірі забезпечує реалізацію у ній адаптивних принципів у розрізі таких основних аспектів:

- адаптивні властивості моделі до структури системи обслуговування користувачів;
- адаптивне набуття статистичними параметрами достовірних значень;
- адаптивне корегування неефективних рішень по розміщенню копій файлів.

Список літ ератури

1. **Коваль М.В.** Аналіз моделей та методів розподілу файлів між вузлами комп'ютерної мережі / М.В. Коваль, Г.В. Константінов // Вісник Криворізького технічного університету: Збірник наукових праць. – Кривий Ріг. -2010. -№26. -С. 210-213.
2. **Телятніков О. О.** Моделі та алгоритми оптимізації розподілених баз даних комп'ютерних інформаційних систем: Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.13.06/ Донецький національний ун-т. -Донецьк, 2005. -20 с.
3. **Коваль М.В.** Розробка моделі оперативного розподілу файлів серед вузлів комп'ютерної мережі // Вісник Криворізького технічного університету: Збірник наукових праць. –Кривий Ріг. -2011. -№27. -С. 211-216.