

С.І. Шматков, Н.Г. Кучук, В.В. Донець

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, Харків

МОДЕЛЬ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СТРУКТУРИ ГІПЕРКОНВЕРГЕНТНОЇ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ЕЛЕКТРОННИХ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ РЕСУРСІВ УНІВЕРСИТЕТСЬКОЇ E-LEARNING

В статті наведено результати розробки математичної моделі інформаційної структури гіперконвергентної системи підтримки електронних обчислювальних ресурсів університетської e-learning. Модель враховує особливості університетської e-learning, дозволяє встановити інформаційні взаємозв'язки між складовими системи та провести аналіз гіперконвергентної базової мережі. На базі розробленої моделі можна провести моделювання процесу функціонування e-learning, результатами якого повинні стати чисельні значення пропускну здатності мережі: навантаження на канали зв'язку і структуроутворююче обладнання, інтенсивності потоків даних і запитів, що надходять на вузли мережі.

Ключові слова: e-learning, гіперконвергентність, електронні обчислювальні ресурси.

Вступ

У сучасному інформаційному світі з'являються нові освітні орієнтири: персоналізація освіти, інтеграція педагогічних та інформаційних технологій, перехід до відкритого змісту освіти в зв'язку з розвитком Інтернет-технологій та мережевих ресурсів. Ці орієнтири забезпечуються втіленням концепції e-learning, котра припускає широкий набір застосунків і процесів, що забезпечують навчання, побудоване на використанні web-технологій, та включає в себе доставку навчального контенту засобами віддаленого або локального зв'язку.

Базою e-learning є електронні освітні ресурси (ЕОР). Під ЕОР в загальному випадку розуміють сукупність засобів програмного, інформаційного, технічного та організаційного забезпечення, електронних видань, що розміщуються на електронних носіях. ЕОР складаються з великої кількості допоміжних програм, різноманітних інформаційних блоків, що містять інформацію про студентів, викладачів і матеріали, котрі необхідні для навчання [1, 2].

Створення, розвиток та подальша експлуатація університетських ЕОР вимагає вкладення коштів, в повному обсязі непідйомних для більшості університетів України. Тому при створенні ЕОР увага приділяється платформі, що дозволила хоча б частково скоротити витрати.

В даний час на ринку IT-технологій розподілені хмарні платформи поступово витісняються конвергентними і гіперконвергентними [3]. Інфраструктура, створювана на конвергентній платформі, передбачає об'єднання пам'яті, обчислювальних і мережевих ресурсів в пул, заздалегідь сконфігурованих для роботи в дата-центрі [4], а при гіперконвергентній інфраструктурі обчислювальні потужності, сховища, сервери, мережі об'єднуються в одне ціле за допомогою програмних засобів, а управління ними

відбувається через загальну консоль адміністрування [8]. При гіперконвергентній інфраструктурі для управління ЕОР часом досить одного системного адміністратора. Це істотно знижує витрати на обслуговування системи. Тому дана платформа є кращою для університетського e-learning.

Структура гіперконвергентної базової мережі (ГБМ) підтримки e-learning є основним фактором, що впливає на якість обміну даними між застосунками системи, і, відповідно, на якість виконання запитів системи. Тому аналіз структури є необхідною умовою при виборі варіантів побудови ГБМ та управління нею [5]. Основною метою аналізу структури є визначення параметрів потоків даних, що проходять по каналах зв'язку мережі і надходять на вузли мережі. Ці дані дають можливість оцінити завантаження каналів зв'язку і обладнання мережі. Однак, потоки даних формуються завданнями e-learning, котрі використовують застосунки, які запускаються на вузлах мережі і обмінюються між собою даними. Отже, для аналізу мережі необхідно відомості про структуру доповнити відомостями про транзакції та застосунки e-learning, їх взаємодії і розміщення на вузлах ГБМ [6], що, відповідно, потребує розробки відповідної математичної моделі.

Отже, **метою даної статті** є розроблення моделі функціонування системи e-learning на гіперконвергентній основі, котра врахує її особливості, дозволить встановити інформаційні взаємозв'язки між складовими системи та провести аналіз гіперконвергентної базової мережі.

1. Обґрунтування необхідності моделювання інформаційної структури

Основні проблеми, що виникають при аналізі структури ГБМ: відсутній єдиний підхід до формування структури; є явна залежність характеристик

структури мережі від параметрів ЕОР; відсутні відпрацьовані математичні методи формального опису структури мережі, які можна використовувати при проведенні розрахунків [2]. Все це вимагає розробки загальних принципів аналізу структури мережі, інваріантних щодо технології створення ГБМ. Досить часто для розрахунку параметрів потоків даних, а також завантаження вузлів обчислювальної мережі, застосовують математичні моделі у вигляді мереж масового обслуговування (ММО) [4]. Однак, застосування для аналізу ГБМ пов'язано з такими особливостями [4]: при використанні ММО потрібно розрізняти потоки запитів і потоки даних; завантаження кожного каналу зв'язку мережі визначається інтенсивністю потоків даних всіх типів, що передаються по каналу, а не тільки потоком запитів; застосунок під час виконання може багаторазово обмінюватися даними з іншими застосунками, розміщеними на інших вузлах мережі, що різко ускладнює процес аналізу; по каналах зв'язку і через вузли мережі можуть передаватися транзитні потоки даних; багато результатів аналізу ММО, таких, наприклад, як затримки в запитів в чергах на обслуговування, не завжди потрібні адміністратору мережі, а їх обчислення пов'язане зі значними витратами ресурсів і часу. Наявність зазначених особливостей роботи мережі часто призводить до необхідності нехтувати деякими з них при використанні ММО в якості моделей, що призводить до втрати точності результатів моделювання [4]. Отже, основні принципи аналізу структури ГБМ полягають в такому:

- головною метою аналізу є дослідження потоків даних в мережі, що є основними факторами, що впливають на всі її характеристики;

- основою аналізу і формування структури мережі є виконувани і взаємодіючі застосунки;

- при аналізі необхідно узгоджувати вимоги до роботи застосунків з можливостями мережевого обладнання.

У зв'язку з цим доцільно застосувати підхід до аналізу структури ГБМ, заснований на дослідженні взаємодії застосунків як незалежних джерел і приймачів даних в мережі. В цьому випадку, можливо визначити параметри потоків даних між застосунками при виконанні всього комплексу завдань, тобто побудувати інформаційну модель системи, а потім, в залежності від розміщення додатків по вузлах мережі, визначити параметри потоків даних між вузлами мережі, тобто побудувати технічну модель мережі. При цьому повністю враховуються всі взаємодії між застосунками. Крім того, перевагою такого підходу є можливість проведення аналізу складних мережевих структур шляхом декомпозиції на підмережі. Для аналізу структури і розрахунку характеристик ГБМ необхідно визначити правила її опису, що дозволяють будувати моделі для розра-

хунку завантаження обладнання вузлів і каналів зв'язку мережі. Оскільки мережа створюється для підтримки інформаційного забезпечення e-learning то основними факторами, що впливають на рішення, що приймаються при створенні мережі, є прикладні завдання ЕОР, які вирішуються в мережевому середовищі. Тому для побудови мережі необхідно знати інформаційну структуру мережі, яка визначає інформаційні потоки між вузлами, на яких встановлено програмне забезпечення e-learning. Під інформаційною структурою мережі будемо розуміти сукупність інформаційних ресурсів системи (джерела і приймачі інформації), розміщених на вузлах мережі, і інформаційні потоки між вузлами, що виникають при транзакціях ЕОР. Маючи дані про інформаційну структуру мережі можна приймати рішення про організацію каналів зв'язку між вузлами мережі, визначати необхідні параметри каналів зв'язку і мережевого устаткування, тобто формувати її технічну структуру.

Таким чином, для повноцінного аналізу структури ГБМ необхідно провести аналіз складових її інформаційної та технічної структур і зв'язати результати аналізу. Це обумовлено тим, що інформаційна структура визначає структуру і параметри потоків даних між застосунками, ініційованими транзакціями ЕОР, а технічна структура, використовуючи результати аналізу інформаційної структури, визначає конкретні маршрути передачі даних і характеристики мережі, способи реалізації вузлів інформаційної структури і створення мережевих вузлів для формування технічної структури.

Моделювання інформаційних взаємозв'язків

Узагальнена схема основних інформаційних взаємозв'язків у середовищі e-learning наведена на рис. 1.

Основним управляючим вузлом, що відповідає за координацію всіх задач, є гіпервізор ГБМ. Він приймає транзакції користувачів системи та запускає відповідні системні та користувацькі застосунки. В свою чергу застосунки умовно можна поділити на 2 групи: ті, що працюють безпосередньо з інформаційними вузлами системи (група ZA) та ті, що безпосередньо здійснюють обмін з розподіленим сховищем даних (група ZB).

Зазначимо основні множини, котрі будуть задіяні в процесі моделювання інформаційних взаємозв'язків у середовищі e-learning: M_U – множина користувачів e-learning, $\dim M_U = U$; M_N – множина вузлів ГБМ, $\dim M_N = N$; M_A – множина застосунків e-learning, $\dim M_A = A$; M_E – множина транзакцій b e-learning, $\dim M_E = E$; M_D – множина фрагментів сховища даних, $\dim M_D = D$.



Рис. 1. Узагальнена схема основних інформаційних взаємозв'язків у середовищі e-learning

Параметри кожної транзакції $e \in M_E$ ($e = \overline{1, E}$) задає такий кортеж:

$$E_e = \langle \overline{a_e}, \overline{d_e}, \overline{u_e}, \overline{w_e} \rangle, \quad (1)$$

де $\overline{a_e} = (a_{e1}, \dots, a_{eA})$ – булев вектор необхідних застосунків e-learning, $A_e = (a_{ea})$; $\overline{d_e} = (d_{e1}, \dots, d_{eD})$ – булев вектор необхідних фрагментів сховища $D_e = (d_{ed})$; $\overline{u_e} = (u_{e1}, \dots, u_{eU})$ – булев вектор користувачів, що запускають транзакцію; $\overline{w_e} = (w_{ij})$ – булева матриця послідовності запуску застосунків, $i, j = 1, A$.

Параметри застосунку а транзакції e задаються кортежем

$$A_{ae} = \langle \overline{\lambda_{ae}}, \overline{\beta_{ae}} \rangle, \quad (2)$$

де $\overline{\lambda_{ae}} = (\lambda_{ae1}, \dots, \lambda_{aeD})$ – обсяги даних для застосунку а транзакції e , котрі знаходяться у відповідному фрагменті сховища; $\overline{\beta_{ae}} = (\beta_{ae1}, \dots, \beta_{aeA})$ – обсяги даних для обміну з іншими застосунками при виконанні транзакції e .

Розміщення застосунків e-learning по вузлах ГБМ задає булева матриця

$$G = (g_{an}). \quad (3)$$

Розміщення користувачів задає булева матриця

$$H = (h_{un}). \quad (4)$$

Розміщення фрагментів сховища по вузлах ГБМ визначається такою матрицею:

$$S = (s_{dn}). \quad (5)$$

Отже, модель може бути сформована таким кортежем множин та матриць:

$$\mathfrak{Z} = \langle M_U, M_N, M_E, M_D, \{E_e\}, \{A_{ae}\}, G, H, S \rangle \quad (6)$$

При цьому слід враховувати нижчеперелічені обмеження на елементи кортежу (6):

будь-яка транзакція використовує хоча б один застосунок e-learning, тобто

$$\sum_{i=1}^A a_{ei} \geq 1 \quad \forall e \in \overline{1, E}; \quad (7)$$

транзакція не обов'язково повинна звертатися до сховища даних, тобто

$$\sum_{i=1}^D d_{ei} \geq 1 \quad \forall e \in \overline{1, E}; \quad (8)$$

кожна транзакція необхідна хоча б одному користувачеві :

$$\sum_{i=1}^U u_{ei} \geq 1 \quad \forall e \in \overline{1, E}; \quad (9)$$

кожен активний користувач повинен запустити хоча б одну транзакцію, тобто

$$\sum_{e=1}^E u_{eu} \geq 1 \quad \forall u \in \overline{1, U}; \quad (11)$$

кожен застосунок повинен бути встановленим:

$$\sum_{i=1}^N g_{ai} \geq 1 \quad \forall a \in \overline{1, A}; \quad (12)$$

кожен вузол має н менш одного активного застосунку:

$$\sum_{i=1}^A g_{in} \geq 1 \quad \forall n \in \overline{1, N}; \quad (13)$$

всі застосунки повинні бути встановлені, тобто

$$\sum_{i=1}^A \sum_{j=1}^N g_{ij} = A; \quad (14)$$

всі користувачі повинні бути розподілені по інформаційних вузлах, тобто

$$\sum_{i=1}^U \sum_{j=1}^N h_{ij} = N; \quad (15)$$

кожен користувач повинен бути закріпленим до одного інформаційного вузла, тобто

$$\sum_{i=1}^N h_{ui} = 1 \quad \forall u \in \overline{1, U}; \quad (16)$$

закріплення користувачів по інформаційних вузлах є довільним, тобто

$$\sum_{i=1}^U h_{in} \in [0, U]; \quad (17)$$

усі фрагменти сховища даних розподілені по вузлах мережі, тобто

$$\sum_{i=1}^U \sum_{j=1}^N s_{ij} = D; \quad (18)$$

можлива реплікація даних, тобто один фрагмент може розташовуватися на декількох вузлах:

$$\sum_{i=1}^N s_{di} \geq 1; \quad (19)$$

розміщення фрагментів сховища даних по вузлах ГБМ є довільним, тобто

$$\sum_{i=1}^D s_{in} \in [0, D] \quad \forall i \in \overline{1, N}. \quad (20)$$

Отже, кортеж (6) у сукупності із умовами (7) – (20) складають математичну модель інформаційної структури гіперконвергентної системи підтримки електронних обчислювальних ресурсів e-learning.

ВИСНОВКИ

Розроблено математичну модель інформаційної структури гіперконвергентної системи підтримки електронних обчислювальних ресурсів університетської e-learning. Модель враховує особливості університетської e-learning, дозволяє встановити інформаційні взаємозв'язки між складовими системи та провести аналіз гіперконвергентної базової мережі. Розроблена модель визначає множину допустимих варіантів інформаційної структури системи, на базі

якої можна вибрати оптимальний варіант технічної структури базової мережі.

Напрямок подальших досліджень – проведення подальшого аналізу ГБМ, результатами якого повинні стати чисельні значення пропускної здатності мережі: навантаження на канали зв'язку і структуроутворююче обладнання, інтенсивності потоків даних і запитів, що надходять на вузли мережі.

Список літератури

1. Шматков С.І. Аналіз інформаційних технологій у системах мобільного навчання / С.І. Шматков, Н.Г. Кучук, Ж.О. Коломієць // Системи управління, навігації та зв'язку. – Полтава: ПНТУ, 2017. – Вип. 4(44). – С. 143-149.
2. “Welsh, E, Wanberg, C, Brown, K and Simmering, M (2003), “E-Learning: emerging issues, empirical results and future directions”, *International Journal of Training and Development*, 8 (4), pp. 245-258.
3. *White Paper: Riverbed Hyper-converged Edge*, available at: <https://www.riverbed.com/document-repository/white-paper--riverbed-hyper-converged-edge.html> (accessed 23 April 2017).
4. Кучук, Г.А. Модель процесса эволюции топологической структуры компьютерной сети системы управления объектом критического применения / Г.А. Кучук, А.А. Коваленко, А.А. Янковский // Системы обработки информации: сборник научных трудов. – Х.: ХУ ВС, 2014. – Вып. 7 (123). – С. 93 – 96.
5. Кучук, Г.А. Інформаційні технології управління інтегральними потоками даних в інформаційно-телекомунікаційних мережах систем критичного призначення / Г.А. Кучук. – Х.: ХУПС, 2013. – 264 с.
6. Кучук, Г.А. Концептуальний підхід до синтезу структури інформаційно-телекомунікаційної мережі / Г.А. Кучук, І.В. Рубан, О.П. Давікоза // Системи обробки інформації: збірник наукових праць. – Х.: ХУ ПС, 2013. – Вип. 7 (114). – С. 106 – 112.

Надійшла до редколегії 15.02.2018

Рецензент: д-р техн. наук, проф. І.В. Рубан, Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків.

МОДЕЛЬ ИНФОРМАЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ ГИПЕРКОНВЕРГЕНТНОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ЭЛЕКТРОННЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ УНИВЕРСИТЕТСКИХ E-LEARNING

С.И. Шматков, Н.Г. Кучук, В.В. Донец

В статье приведены результаты разработки математической модели информационной структуры гиперконвергентной системы поддержки электронных вычислительных ресурсов университетской e-learning. Модель учитывает особенности университетской e-learning, позволяет установить информационные взаимосвязи между составляющими системы и провести анализ гиперконвергентной базовой сети. На базе разработанной модели можно провести моделирование процесса функционирования e-learning, результатами которого должны стать численные значения пропускной способности сети, нагрузка на каналы связи и структурообразующее оборудование, интенсивности потоков данных и запросов, поступающих на узлы сети.

Ключевые слова: e-learning, гиперконвергентность, электронные вычислительные ресурсы.

MODEL OF THE INFORMATION STRUCTURE OF THE HYPERCONVERGENT SYSTEM OF UNIVERSITY E-LEARNING ELECTRONIC COMPUTATIONAL RESOURCES SUPPORT

S.I. Shmatkov, N.G. Kuchuk, V.V. Donets

The article presents the results of the development of a mathematical model of the information structure of the hyperconvergent system of university e-learning electronic computational resources support. The model takes into account the peculiarities of university e-learning, allows us to establish information interconnections between the components of the system and to analyze the hyperconvergent basic network. On the basis of the developed model, it is possible to simulate the process of functioning of e-learning, the results of which should be numerical values of network bandwidth: the load on communication channels and structuring equipment, the intensity of data streams and requests arriving at network nodes.

Keywords: e-learning, hyperconvergence, electronic computing resources.