
ОПТИЧНА І КВАНТОВА ЕЛЕКТРОНІКА В КОМП'ЮТЕРНИХ ТА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ

УДК 004.7:378

С.І. ВОЗНЯК, А.М. МЕЛЬНИК

МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ОПТИМІЗАЦІЇ ВИКОРИСТАННЯ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ РЕСУРСІВ В КОРПОРАТИВНІЙ МЕРЕЖІ ЗАКЛАДУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Західноукраїнський національний університет, Тернопіль, Україна, e-mail: sv@wuni.edu.ua

Анотація. У роботі розглянуто проблеми використання обчислювальних ресурсів в корпоративній мережі закладу вищої освіти. Запропоновано підхід до оцінювання ефективності навантаження комп'ютерних робочих місць, який ґрунтується на показниках завантаженості окремих обчислювальних ресурсів та їх імплементації в загальну систему обчислювальних ресурсів для окремих прикладних ресурсоємких задач. Встановлено, що для мінімізації затрат при побудові комп'ютерної мережі (КМ) закладу вищої освіти (ЗВО) необхідно використовувати нестандартні підходи, які могли б динамічно розподіляти обчислювальні ресурси, зокрема термінальні та кластерні технології побудови корпоративних мереж. Проведено ряд експериментальних досліджень на основі даних про функціонування комп'ютерної мережі закладу вищої освіти. Побудована математична модель оптимального розподілу навантаження на термінальні сервери, яка описує залежність між окремими вузлами мережі та системою доступу до файлів.

Ключові слова: обчислювальні ресурси, корпоративна мережа, кластер, методи оптимізації, заклади вищої освіти

Abstract. The paper considers the problems of using computing resources in the corporate network of a higher education institution. An approach to assessing the efficiency of the load of computer workstations is proposed, which is based on the indicators of the load of individual computing resources and their implementation in the general system of computing resources for individual applied resource-intensive tasks. It is established that to minimize costs when building a university CM, it is necessary to use non-standard approaches that could dynamically distribute computing resources, in particular terminal and cluster technologies for building corporate networks. A number of experimental studies have been conducted based on data on the functioning of the computer network of a higher education institution. A mathematical model of optimal load distribution on terminal servers has been constructed, which describes the dependence between individual network nodes and the file access system.

Keywords: computing resources, corporate network, cluster, optimization methods, higher education institutions

DOI: 10.31649/1681-7893-2024-48-2-141-151

ВСТУП

У сучасному інформаційному світі постійно загострюється проблеми, пов'язані із швидкістю та якістю передачі даних по локальних та глобальних каналах зв'язку, що веде за собою залучення великих інтелектуальних і матеріальних ресурсів. При цьому часткові (тактичні) вирішення цих проблем полегшують ситуацію тільки на короткий термін, а через деякий період проблема загострюється і тягне за собою значно більші капіталовкладення, ніж могли б бути при правильному першопочатковому плануванні і виборі чіткої стратегії вирішення задач обміну даними.

Тому зараз почали швидко і масово впроваджуватись мережеві та телекомунікаційні технології з об'єднанням комп'ютерів в локальні, корпоративні і глобальні мережі, а заклади освіти і науки, як бази інформаційних та наукових ресурсів, виступають ініціаторами такого впровадження. При цьому основну роль в ефективності функціонування корпоративних мереж відіграє стратегічне управління та

ОПТИЧНА І КВАНТОВА ЕЛЕКТРОНІКА В КОМП'ЮТЕРНИХ ТА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ

адміністрування. При виборі правильних стратегій планування мережа легко нарощується без суттєвих змін і значних витрат [1].

Виходячи з аналізу сучасного стану розвитку мереж закладів вищої освіти в Україні, існуючі кампусні телекомунікаційні мережі закладів вищої освіти вирішують лише деякі локальні задачі. Тому першочерговою проблемою розвитку комп'ютеризованої системи ЗВО та її відповідного ресурсного потенціалу з точки зору оптимізації та розвитку обчислювального потенціалу для різних прикладних задач є розробка і оптимізація корпоративних мереж, зокрема, програмно-апаратна, та їх інтеграція у світові інформаційні ресурси з використанням Internet-технології як в даний час так і на перспективу.

АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДАНИХ ТА ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Проблемі оптимального розподілу файлів серед вузлів мережі ЕОМ присвячено багато праць, переважно зарубіжних учених. Як критерій оптимізації використано загальну вартість зберігання і передачі даних у мережі. Обмеження накладались на число копій кожного файла в мережі та об'єм пам'яті відведеної для зберігання файлів на кожному з вузлів. Число копій кожного файла визначається наперед так, щоб забезпечити необхідний рівень доступності файла в мережі. В [2] до попередньої моделі додано обмеження на середній час затримки відповіді на запит. У результаті математична модель ускладнюється, оскільки додаються нелінійні обмеження. Для розв'язування отриманої задачі оптимізації в [3-5] пропонується використовувати метод лінеаризації і зведення до задач цілочислового лінійного програмування шляхом значного збільшення розмірності задачі й кількості обмежень.

Ефективних методів для розв'язування отриманих задач цілочислового лінійного програмування не запропоновано. У деяких працях [6] для визначення числа копій файлів використовує критерій, який за кількістю довідкових запитів та запитів корекції до кожного файла дає змогу визначити верхню межу числа копій кожного файла в мережі. Есваран довів, що задача оптимального розподілу копій файлів у мережі є NP-повною. Морган та Левін, а також Караресі та Гало розглядали випадки коли кожний запит повинен оброблятися лише в певних вузлах мережі, де розміщені відповідні програми. В [7,8] запропоновано математичну модель оптимального розміщення файлів і програм у мережі з урахуванням обмежень трьох типів: на час обробки запиту в мережі, на об'єм пам'яті для зберігання даних та політичні обмеження. Однак методів для реалізації отриманих математичних моделей не запропоновано, а лише отримано часткові рішення для окремих фіксованих розподілів програм. Для визначення числа копій кожного файла також використовується рівень доступності файла в мережі, для отримання аналітичного представлення доступності файла використовується теорія черг.

В [9-12] основою для побудови математичних моделей є теорія черг. Тому одержуються досить складні математичні моделі, точних методів реалізації яких не існує, а іноді отримані задачі оптимізації взагалі не мають розв'язків, оскільки беруться до уваги нереальні обмеження, що призводить до неадекватності математичної моделі реальному процесу. Крім того, для складних топологічних структур мереж взагалі неможливо на основі математичної теорії черг будувати адекватні математичні моделі.

Таким чином, хоча було запропоновано досить багато різноманітних способів побудови математичних моделей оптимального розподілу файлів серед вузлів обчислювальних мереж, у кожному окремому випадку отримували щораз інші задачі математичного програмування, для розв'язування яких розроблялись спеціалізовані щодо конкретної моделі алгоритми або пропонувалось використовувати методи вдосконаленого перебору, що базуються на певних евристичних припущеннях про структуру задачі, або методи типу гілок і меж. Останні дають змогу отримати оптимальні розв'язки лише для задач невеликої розмірності. Такі праці є цінними з наукової точки зору, оскільки в них описані формули для обрахування окремих параметрів мережі, але на практиці їх результати фактично не застосовуються, оскільки при незначній зміні вихідних даних для побудови моделі, необхідно міняти також і самі алгоритми.

У зв'язку з цим виникла потреба в розробці певної методики побудови математичних моделей, для яких існують ефективні алгоритми оптимізації, залежно від конкретних факторів, що впливають на структуру і функціонування обчислювальної мережі.

В основі методики лежить використання критеріїв оптимальності, на які суттєво не впливає схема обробки запитів у вузлах мережі ЕОМ. Такими критеріями є об'єм даних, що пересилаються по лініях зв'язку за одиницю часу, вартість загального трафіка мережі, загальний час необхідний для обробки запитів в мережі і пересилання інформації породженої цими запитами по каналах зв'язку й т. ін.

За допомогою такого підходу можна будувати математичні моделі оптимального розподілу інформаційних ресурсів (файлів) серед вузлів мереж ЕОМ в залежності від різних факторів, зокрема:

1. Топологія мережі. Вона може вважатися довільною, зіркоподібною, кільцевою, деревоподібною, зональною тощо.

ОПТИЧНА І КВАНТОВА ЕЛЕКТРОНІКА В КОМП'ЮТЕРНИХ ТА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ

2. Критерій оптимальності. За критерій оптимальності можна брати об'єм даних, що пересилаються по лініях зв'язку за одиницю часу, загальну вартість трафіка, породженого функціонуванням мережі за одиницю часу, середній час реакції системи на запити користувачів, загальний час, потрібний для обслуговування запитів, які надходять за одиницю часу, та ін.

3. Обмеження. Обмеження можуть стосуватись об'єму пам'яті, відведеної у кожному вузлі для збереження файлів; продуктивності ЕОМ кожного вузла під час обробки запитів; часу обробки в кожному вузлі запитів, які надходять в мережу за одиницю часу; пропускної здатності каналів зв'язку тощо.

4. Число копій кожного файла. Можна вважати, що існує лише одна копія кожного файла, існує задане число копій кожного файла, існує змінне число копій кожного файла. В останньому випадку число копій кожного файла треба визначити, виходячи з обраного критерію оптимальності.

5. Кількість типів запитів з одного й того ж вузла до одного й того ж файла. Можна вважати, що такі запити існують одного типу, або існує декілька типів запитів.

6. Схема обробки запитів у вузлах мережі. Можна прийняти, що така схема обробки запитів є довільна і вона не буде впливати на математичну модель. А можна визначити певним чином схему обробки запитів. В останньому випадку схема обробки запитів повинна впливати на вигляд математичної моделі.

7. Наявність повідомлень корекції. Залежно від наявності чи відсутності повідомлень корекції можна отримати ті чи інші типи математичних моделей.

Можуть враховуватись і інші фактори, які певним чином впливають на структуру і функціонування мережі і від яких залежить вигляд математичної моделі. Для побудови математичної моделі оптимального розподілу інформаційних ресурсів серед вузлів мережі ЕОМ повинен бути заданий несуперечливий набір факторів. Залежно від того чи іншого набору факторів можна одержати ту чи іншу математичну модель.

ПІДХІД ДО ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ НАВАНТАЖЕННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ РОБОЧИХ МІСЦЬ

Під час проведення спостережень за ПК студентських комп'ютерних лабораторій було виявлено, що ці комп'ютерні робочі місця (КРМ) лише в окремі проміжки часу значно завантажують свої обчислювальні ресурси, а більшість часу завантаження ПК не перевищує 10%. А тому можна припустити, що якщо побудувати КМ на основі нестандартних підходів, де кожне КРМ буде гарантовано мати якусь постійну потужність обчислювальних ресурсів нижчу від потужності обчислювальних ресурсів сучасного середньостатистичного ринкового ПК $p'_i < p_0$, то еквівалентна вартість таких КРМ буде значно нижчою середньої вартості сучасного середньостатистичного ринкового ПК $w'_i < w_0$, що призведе до загального зменшення затрат для такої КМ ЗВО. Важливою умовою для таких КРМ буде можливість збільшення, на окремі проміжки часу t , потужності своїх обчислювальних ресурсів при необхідності запуску важких сучасних програмних продуктів $p'_i \geq r'_i$.

Нова модель затрат на КРМ, що використовує нестандартні підходи побудови КМ ЗВО, буде мати вигляд:

$$Z' = \sum_{i=1}^m w'_i \cdot x_i \rightarrow \min$$

за умов

$$\sum_{i=1}^m p'_i \cdot x_i - \frac{1}{\eta} \cdot \sum_{l=1}^S \frac{N_l \cdot G_l \cdot r'_l}{d \cdot g} \geq 0 \quad (i=1,2,\dots,m; l=1,2,\dots,S),$$
$$\min\{p'_i(t)\} \geq \max\{r'_i(t)\} \quad (i=1,2,\dots,m; l=1,2,\dots,S; t=1,2,\dots,T),$$
$$\sum_{i=1}^m x_i - \frac{1}{\eta} \cdot \sum_{l=1}^S \frac{N_l \cdot G_l}{d \cdot g} \geq 0 \quad (i=1,2,\dots,m; l=1,2,\dots,S),$$
$$\{p'_i\} < p_0 \quad (i=1,2,\dots,m),$$
$$\{w'_i\} < w_0 \quad (i=1,2,\dots,m).$$

ОПТИЧНА І КВАНТОВА ЕЛЕКТРОНІКА В КОМП'ЮТЕРНИХ ТА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ

Очевидно, що затрати на КРМ, при нестандартних підходах будуть значно нижчі, так як нижчі вимоги по ресурсах, а це в свою чергу зменшує затрати на кожен КРМ:

$$Z' = \sum_{i=1}^m w'_i \cdot x_i \rightarrow \min < Z = \sum_{i=1}^m w_i \cdot x_i \rightarrow \min ,$$

при $\{p'_i\} < \{p_i\}$ ($i=1,2,\dots,m$)

$w = F(p)$

Отже, чим менше обчислювальних ресурсів буде потрібно КРМ, тим мінімальніші будуть затрати на побудову КМ ЗВО.

Для дослідження потреби КРМ в обчислювальних ресурсах використаємо методи математичної статистики. Для цього знімаються статистичні дані по завантаженості ЦП в ПК студентських комп'ютерних лабораторій, на яких виконується сучасне програмне забезпечення і операційні системи. Потужність даних ПК дещо нижче ніж потужність середньостатистичних ринкових ПК.

Для статистичних даних було взято 4 комп'ютерні лабораторії для різних напрямків підготовки і спеціальностей, в кожній лабораторії було по 10 ПК. Заміри проводились раз у дві хвилини із 8⁰⁰ до 20⁰⁰ години протягом 2 тижнів по 5 робочих днів. Заміри проводились за допомогою утиліти Motherboard Monitor, яка зберігає свої статистичні дані в доступних для автоматизованої обробки форматах. На рисунку 1 представлено графічно один із замірів протягом одного робочого дня.

Завантаження обчислювальних ресурсів КРМ буде випадковою величиною, з якої необхідно взяти вибірку, що найкращим чином буде відповідати можливим значенням.

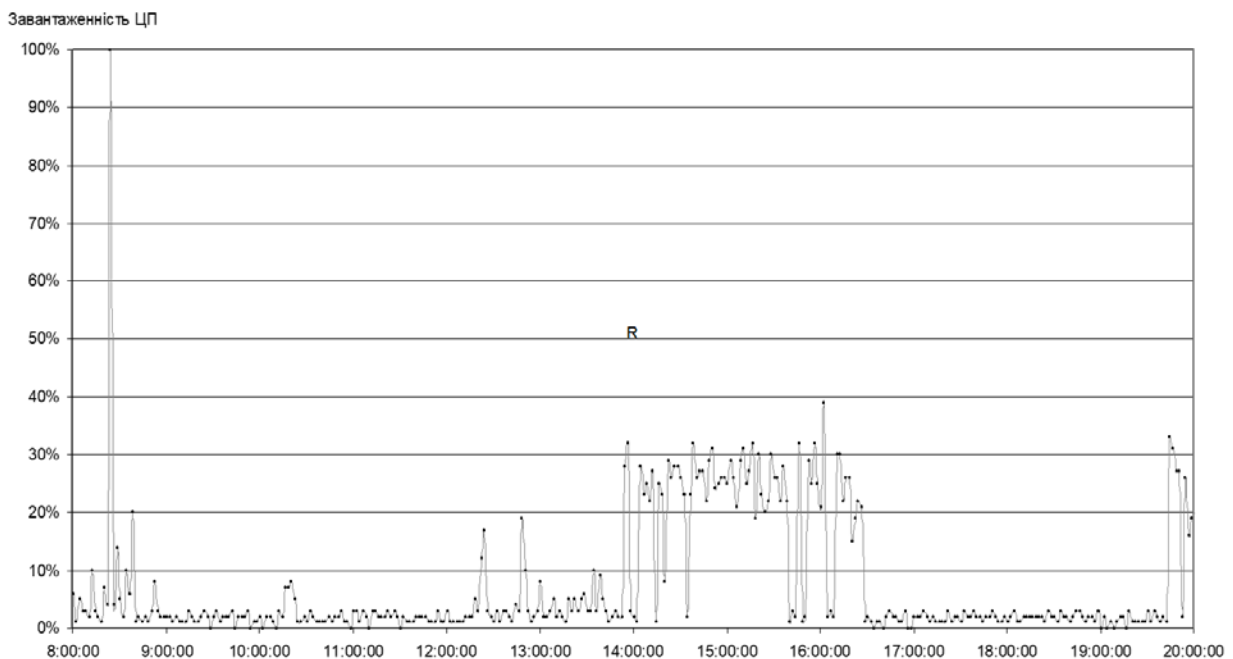


Рисунок 1 – Графік завантаження обчислювальних ресурсів одного із досліджуваних ПК

Позначимо статистичне значення завантаженості обчислювальних ресурсів через r^{stat} , тоді їх сукупність буде $\{r^{stat}_i\}$, при ($i=1,2,\dots,L$), де L – кількість всіх замірів, тобто добуток відповідних кількостей лабораторій, ПК в лабораторіях, тижнів, днів, годин і замірів в годину: $L=4*10*2*5*12*30=144000$.

Визначимо середнє значення сукупності $\{r^{stat}_i\}$, яке буде оцінкою випадкової величини, що характеризує середню завантаженість обчислювальних ресурсів КРМ:

**ОПТИЧНА І КВАНТОВА ЕЛЕКТРОНІКА В КОМП'ЮТЕРНИХ ТА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ**

$$\bar{r} = \frac{\sum_{i=1}^L r_i^{stat}}{L} .$$

На основі середнього значення сукупності можна визначити вибіркове стандартне відхилення (незміщену оцінку):

$$\sigma_{r^{stat}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^L r_i^{stat}}{L-1}} .$$

В результаті досліджень було отримано $\bar{r} \approx 7,349$ та $\sigma_{r^{stat}} \approx 10.927$, отже можна сказати, що реальна завантаженість обчислювальних ресурсів КРМ, з досить високою ймовірністю буде лежати в проміжку:

$$\bar{r} - \sigma_{r^{stat}} \leq \{r_i\} \leq \bar{r} + \sigma_{r^{stat}}$$

В нашому випадку $0 \leq \{r_i\} \leq 18,276$.

Для перевірки вищесказаного побудуємо гістограму частот, яка буде характеризувати розподіл завантаженості обчислювальних ресурсів КРМ (рис. 2).

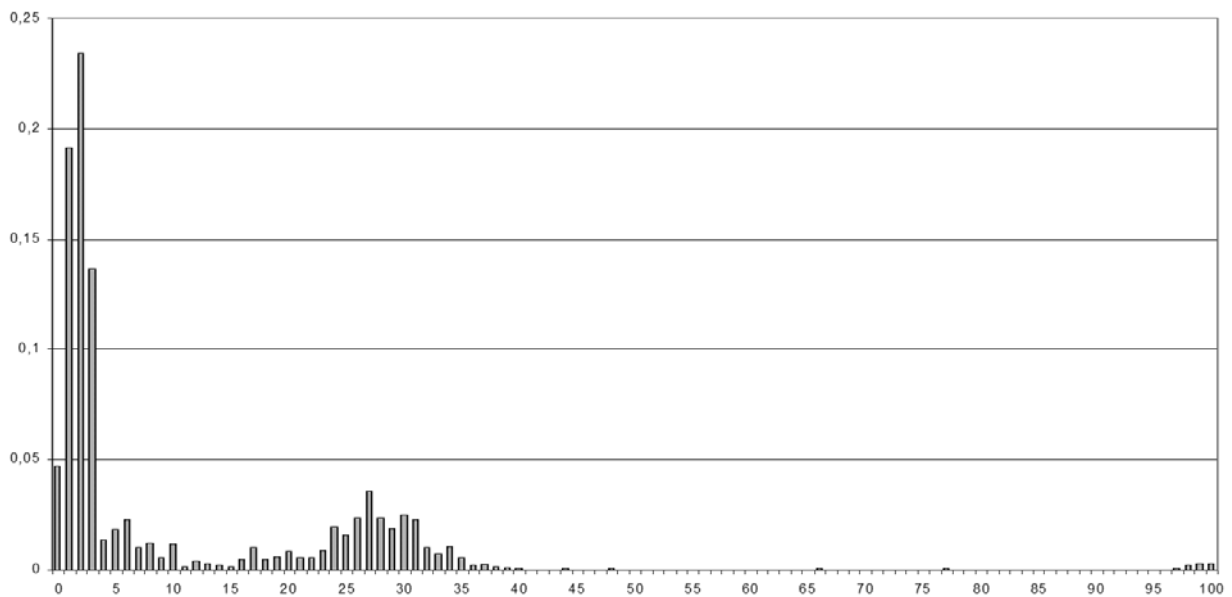


Рисунок 2 – Гістограма частот завантаження обчислювальних ресурсів по всіх досліджуваних ПК

Частоту можна визначити, визначивши кількість статистичних значень, що попадають у заданий проміжок завантаженості обчислювальних ресурсів КРМ:

$$\{F_r\} = \frac{\{n_r\}}{L} ,$$

при умові

$$L = \sum_r n_r ,$$

$$(r=1,2,\dots,100),$$

де F_r - частота відповідного завантаження обчислювального ресурсу; n_r - ваговий множник; L - кількість значень всієї вибірки; r - значення завантаження обчислювального ресурсу.

ОПТИЧНА І КВАНТОВА ЕЛЕКТРОНІКА В КОМП'ЮТЕРНИХ ТА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ

Як видно з гістограми частот, основна доля навантаження припадає на проміжок від 0 до 10 відсотків, значно менші частоти мають навантаження від 10 до 35 відсотків, а доля навантажень від 35 до 100 відсотків зовсім незначна.

Просумувавши частоти навантажень на кожен рівень навантаження, можна визначити ймовірність виникнення потреби КРМ у відповідних ресурсах.

$$P(R) = \sum_{r=0}^R F_r, \text{ при } (r=1,2,\dots,R), (R=1,2,\dots,100),$$

де R - останнє значення завантаження обчислювального ресурсу.

Всі вагові множники, значення частот і ймовірності по завантаженню обчислювальних ресурсів КРМ вибіркової сукупності приведені в таблиці 1.

Таблиця 1 - Вагові множники, значення частот і ймовірності по завантаженню обчислювальних ресурсів КРМ вибіркової сукупності

R	nr	F_r	$P(R)$	R	nr	F_r	$P(R)$
0	6951	0,0466363	0,046636	51	6	4,0256E-05	0,985696
1	28293	0,18982603	0,236462	52	7	4,6965E-05	0,985743
2	34639	0,2324032	0,468866	53	14	9,393E-05	0,985837
3	20217	0,13564178	0,604507	54	10	6,7093E-05	0,985904
4	2087	0,01400229	0,61851	55	16	0,00010735	0,986011
5	2679	0,0179742	0,636484	56	21	0,0001409	0,986152
6	3337	0,02238891	0,658873	57	33	0,00022141	0,986373
7	1504	0,01009078	0,668963	58	30	0,00020128	0,986575
8	1786	0,0119828	0,680946	59	8	5,3674E-05	0,986628
9	752	0,00504539	0,685992	60	25	0,00016773	0,986796
10	1692	0,01135212	0,697344	61	4	2,6837E-05	0,986823
11	191	0,00128147	0,698625	62	15	0,00010064	0,986924
12	564	0,00378404	0,702409	63	23	0,00015431	0,987078
13	423	0,00283803	0,705247	64	34	0,00022812	0,987306
14	282	0,00189202	0,707139	65	10	6,7093E-05	0,987373
15	179	0,00120096	0,70834	66	53	0,00035559	0,987729
16	705	0,00473005	0,71307	67	13	8,7221E-05	0,987816
17	1511	0,01013774	0,723208	68	29	0,00019457	0,98801
18	717	0,00481056	0,728019	69	27	0,00018115	0,988192
19	846	0,00567606	0,733695	70	24	0,00016102	0,988353
20	1222	0,00819876	0,741893	71	36	0,00024153	0,988594
21	799	0,00536073	0,747254	72	38	0,00025495	0,988849
22	763	0,00511919	0,752373	73	19	0,00012748	0,988977
23	1269	0,00851409	0,760888	74	33	0,00022141	0,989198
24	2867	0,01923554	0,780123	75	26	0,00017444	0,989372
25	2323	0,01558569	0,795709	76	28	0,00018786	0,98956
26	3478	0,02333492	0,819044	77	47	0,00031534	0,989876
27	5311	0,03563306	0,854677	78	11	7,3802E-05	0,989949
28	3525	0,02365026	0,878327	79	30	0,00020128	0,990151
29	2773	0,01860487	0,896932	80	46	0,00030863	0,990459
30	3713	0,02491161	0,921843	81	34	0,00022812	0,990688
31	3384	0,02270425	0,944548	82	14	9,393E-05	0,990781
32	1522	0,01021154	0,954759	83	11	7,3802E-05	0,990855
33	1034	0,00693741	0,961697	84	35	0,00023483	0,99109
34	1561	0,01047321	0,97217	85	12	8,0512E-05	0,991171
35	743	0,004985	0,977155	86	17	0,00011406	0,991285
36	277	0,00185847	0,979013	87	19	0,00012748	0,991412
37	375	0,00251598	0,981529	88	22	0,0001476	0,99156
38	183	0,0012278	0,982757	89	33	0,00022141	0,991781
39	137	0,00091917	0,983676	90	8	5,3674E-05	0,991835
40	32	0,0002147	0,983891	91	6	4,0256E-05	0,991875
41	17	0,00011406	0,984005	92	5	3,3546E-05	0,991909
42	11	7,3802E-05	0,984079	93	2	1,3419E-05	0,991922
43	19	0,00012748	0,984206	94	4	2,6837E-05	0,991949
44	51	0,00034217	0,984548	95	3	2,0128E-05	0,991969
45	22	0,0001476	0,984696	96	38	0,00025495	0,992224
46	18	0,00012077	0,984817	97	52	0,00034888	0,992573
47	13	8,7221E-05	0,984904	98	293	0,00196582	0,994539
48	91	0,00061055	0,985515	99	417	0,00279778	0,997336
49	12	8,0512E-05	0,985595	100	397	0,00266359	1
50	9	6,0384E-05	0,985656				

Ймовірність потреби КРМ на інтервалах завантаження наведена на рисунку 3.

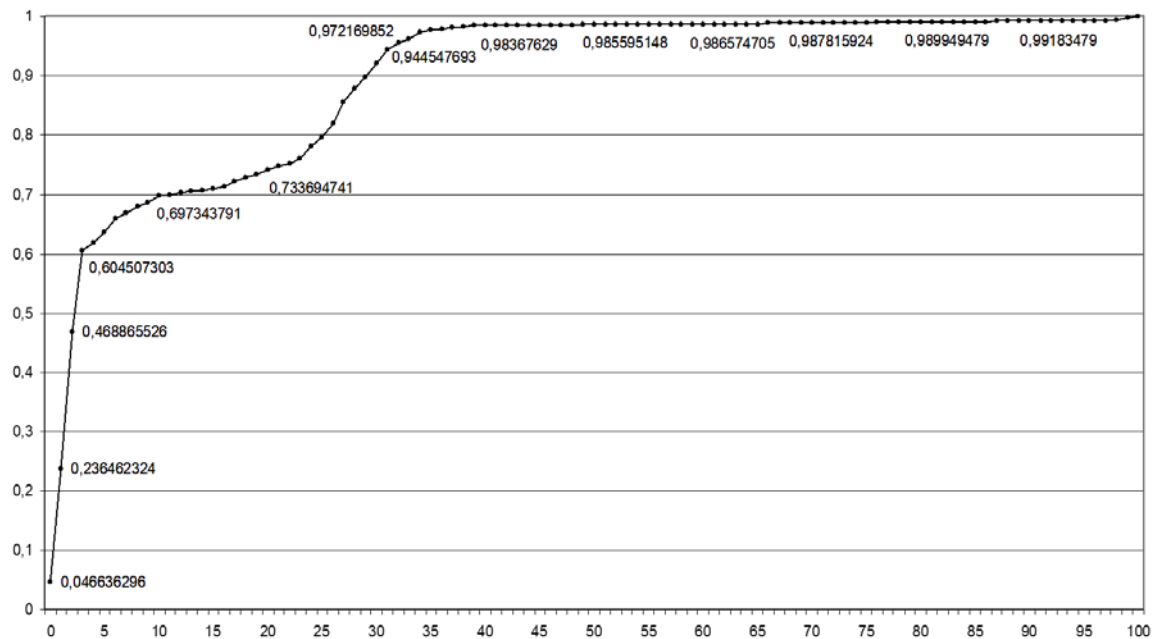


Рисунок 3 – Ймовірність потреби КРМ на інтервалах завантаження

Як бачимо, час завантаження КРМ до 3 відсотків становить близько 60 відсотків $P(3) = 0,604507303$, а ймовірність завантаження до 33 відсотків - $P(33) = 0,972169852$, тобто в переважній більшості випадків.

Отже, можна сказати, що потреба в обчислювальних ресурсах для КРМ ЗВО буде достатньою в 30% від потужності сучасного середньостатистичного ринкового ПК у 95% часу роботи комп'ютерних лабораторій. Звичайно, можна для ЗВО придбати слабопотужні ПК, з відповідно нижчою вартістю, але вони у 5% випадків не будуть задовільняти потребам в потужності обчислювальних ресурсів для сучасного програмного забезпечення [13-16].

А тому для мінімізації затрат при побудові КМ ЗВО необхідно використовувати нестандартні підходи, які могли б динамічно розподіляти обчислювальні ресурси для КРМ. До таких нестандартних підходів можна віднести термінальні та кластерні технології побудови корпоративних мереж. Термінальні технології дозволяють створювати КРМ на основі одного потужного термінального сервера, який виконує всі обчислювальні операції, та графічних терміналів, які служать для виводу і вводу інформації для користувача, не потребують своїх великих обчислювальних ресурсів, і є по-суті віддаленною клавіатурою і монітором термінального сервера. Кластерні технології дозволяють виконувати паралельні обчислення та динамічно розподіляти навантаження між групою серверів.

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ОПТИМАЛЬНОГО РОЗПОДІЛУ НАВАНТАЖЕННЯ НА ТЕРМІНАЛЬНІ СЕРВЕРИ

Розглядається розподілена система обчислень, що складається з сукупності файлів, до яких відбуваються звертання користувачів з термінальних клієнтів, і які потрібно розмістити серед термінальних серверів мережі. Кожен файл повинен бути розміщений в мережі в єдиному екземплярі. Запит, який надходить на термінальній пристрій будь-якого ТС, передбачає доступ до визначеного файла розподіленої бази даних. Всі запити із фіксованого ТК до одного й того ж файла мають однакову довжину і вимагають для відповіді однаковий об'єм даних.

Вважається, що:

1) мережа складається з однотипних термінальних серверів, які мають подібні характеристики процесорних потужностей. Таким чином, час обробки запиту до локального файла однаковий для всіх ТС, в яких цей файл може бути розміщений;

ОПТИЧНА І КВАНТОВА ЕЛЕКТРОНІКА В КОМП'ЮТЕРНИХ ТА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ

2) час доступу до локального файлу для будь-якого ТС суттєво менший за час передачі файлу по найшвидшому каналу зв'язку в мережі. У випадку, якщо це припущення не справджується для деякого ТС, його пристрій пам'яті для зберігання файлів необхідно розглядати як окремий ТС, що з'єднаний з основним ТС каналом зв'язку.

Математичні моделі будуються в залежності від набору несуперечливих факторів, що впливають на структуру і функціонування мережі. При цьому вважається, що кожний вузол мережі складається із термінальних серверів, термінальних клієнтів і апаратури передачі даних (рис.4).

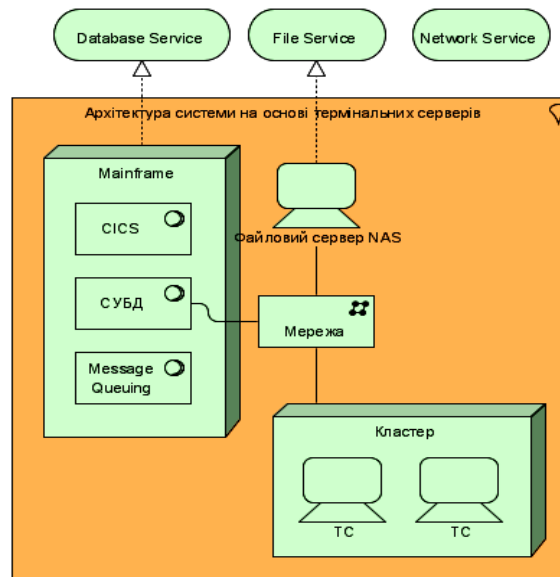


Рисунок 4 – Система на основі термінальних серверів

Нехай набір факторів є таким:

1. Топологія мережі - довільна.
2. Критерій оптимальності - об'єм даних, що пересилаються по каналах зв'язку за одиницю часу.
3. Число копій кожного файлу – одна копія.
4. Схема обробки запитів у вузлах - довільна.
5. Число типів запитів з одного і того ж вузла до одного і того ж файлу - один тип.
6. Обмеження - стосується об'єму пам'яті, відведеної для розміщення файлів у кожному вузлі.
7. Повідомлення корекції - не беруться до уваги, оскільки вони нічим не відрізняються у

випадку однієї копії кожного файлу від довідкових повідомлень.

Оскільки топологія мережі довільна, то зробимо додаткові припущення, що, по-перше, існує доступ з кожного вузла мережі до інформації будь-якого іншого вузла, по-друге, на канали зв'язку між вузлами мережі не накладаються обмеження.

Нехай схема обробки запитів наступна. Запит, який зафіксований на терміналі, надходить у вхідну чергу відповідного вузла. При цьому процесор ТС і обробляє запити в порядку їх надходження. Якщо потрібний файл міститься в пристрої пам'яті вузла, з терміналу якого надійшов запит, то запит обслуговується і результат виводиться на цей термінал (рис. 2).

Якщо потрібний файл міститься в іншому вузлі, то запит пересилається в цей вузол, там обслуговується і результат пересилається в початковий вузол. Оскільки порядок обслуговування запитів у вузлах не впливає на об'єм даних, що пересилаються по каналах зв'язку, то при обраному критерії оптимальності він може бути прийнятий довільним. Для визначення в якому вузлі повинен обслуговуватись запит використовуються довідники локальних баз даних.

З описаної схеми обробки запитів у системі випливає, що в процесі обслуговування користувачів упродовж кожної одиниці часу по каналах зв'язку пересилається певний об'єм даних. Загальна величина цього об'єму залежить від розподілу файлів серед ТС в мережі. Чим менший об'єм даних пересилаються по каналах мережі за одиницю часу, в процесі обслуговування запитів, тим вища швидкість обробки запитів користувачів.

Складемо математичну модель задачі. Нехай

ОПТИЧНА І КВАНТОВА ЕЛЕКТРОНІКА В КОМП'ЮТЕРНИХ ТА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ

n – число вузлів мережі; m – число незалежних файлів; K_j – j -й вузол мережі; F_i – i -й файл ТМ; L_{ij} – об'єм пам'яті, що займає файл F_i якщо він міститься у вузлі K_j ; b_j – об'єм пам'яті вузла K_j , відведеної для розміщення файлів; λ_{ij} – інтенсивність запитів до файла F_i , які надходять на термінальні пристрої вузла K_j ; α_{ij} – об'єм запиту до файла F_i , що надходить на термінал вузла K_j ; β_{ij} – об'єм даних, які становлять відповідь при виконанні запиту до файла F_i , що надходить на термінал вузла K_j .

Введемо величини x_{ij} ($i=1,2,\dots,m$; $j=1,2,\dots,n$), які визначаються за формулою

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{якщо файл } F_i \text{ знаходить ся у вузлі } K_j, \\ 0, & \text{в прот илеж ному випадку.} \end{cases}$$

Об'єм даних, що пересилаються по каналах зв'язку при виконанні запиту до файла F_i , який надійшов на термінал вузла K_j , дорівнює $(\alpha_{ij} + \beta_{ij})(1 - x_{ij})$. Інтенсивність λ_{ij} запитів до файла F_i , які надходять на термінальні пристрої вузла K_j , породжує об'єм даних

$$V_{ij} = \lambda_{ij}(\alpha_{ij} + \beta_{ij})(1 - x_{ij}),$$

який треба переслати по каналах зв'язку за одиницю часу. А загальний об'єм даних, що пересилаються по каналах зв'язку внаслідок функціонування системи упродовж одиниці часу, визначається за формулою:

$$V = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n V_{ij}$$

Визначимо допустиму множину розв'язків. Оскільки кожний файл F_i ($i=1,2,\dots,m$) повинен міститися в одному з вузлів мережі, то

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1, \quad (i=1,2,\dots,m).$$

Крім того, об'єм файлів розміщених у вузлі K_j ($j=1,2,\dots,n$) не повинен перевищувати об'єм пам'яті цього вузла, відведеної для розміщення файлів. Тому

$$\sum_{i=1}^m L_{ij} x_{ij} \leq b_j \quad (j=1,2,\dots,n).$$

Таким чином, математична модель задачі є такою:

$$V = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \lambda_{ij}(\alpha_{ij} + \beta_{ij})(1 - x_{ij}) \rightarrow \min$$

за умов

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1 \quad (i=1,2,\dots,m);$$

$$\sum_{i=1}^m L_{ij} x_{ij} \leq b_j \quad (j=1,2,\dots,n);$$

$$x_{ij} \in (0 \cup 1) \quad (i=1,2,\dots,m; j=1,2,\dots,n).$$

ВИСНОВКИ

У роботі запропоновано підхід до оптимізації використання обчислювальних ресурсів в корпоративній мережі закладу вищої освіти. Закладам вищої освіти і науково-дослідницьким центрам система на основі термінальних серверів дозволяє створювати потужні централізовані обчислювальні ресурси для вирішення складних ресурсоемких задач, бібліотекам – звести до мінімуму затрати на створення і експлуатацію інформаційних систем, крупним магазинам – розвернути дешево внутрішню

ОПТИЧНА І КВАНТОВА ЕЛЕКТРОНІКА В КОМП'ЮТЕРНИХ ТА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ

мережу інформаційних підрозділів, державним органам – створити робочі місця із централізованим збереженням та обробкою електронної документації.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бондар Ю. І. (2019). Особливості методів підвищення ефективності використання корпоративної мережі зв'язку підприємства / Ю. І. Бондар, В. В. Педяш // Інфокомунікації – сучасність та майбутнє: матер. дев'ятої міжнар. наук.-пр. конф.(м. Одеса 12-15 лист. 2019 р). – Одеса : ОНАЗ ім. О. С. Попова, С. 50-51.
2. Цегелик Г.Г. (2010). Моделювання та оптимізація доступу до інформації файлів баз даних для однопроцесорних та багатопроцесорних систем / Г.Г. Цегелик. — Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 192 с.
3. Томашевський О.М. (2012). Інформаційні технології та моделювання бізнес-процесів: навч. посіб. / О.М. Томашевський, Г.Г. Цегелик, М.Б. Вітер, В.І. Дубук. — К.: Вид-во «Центр учбової літератури», 296 с.
4. Кігель Р.В. (1995). Елементи лінійного, цілочисельного лінійного і нелінійного програмування: навч. посібник. К.: ІСДО.
5. Стеценко, І.В. (2010). Моделювання систем: навч. посіб. [Електронний ресурс, текст] / І.В. Стеценко ; М-во освіти і науки України, Черкас. держ. технол. ун-т. – Черкаси : ЧДТУ, 399 с.
6. Wiegers K. E. (2003). Software Requirements, Redmond : Microsoft Press, – 2-nd edition. – 516 p.
7. Комп'ютерні мережі. Книга 1 : навч. посібник / А. Г. Микитишин, М. М. Митник, П. Д. Стухляк, В. В. Пасічник. – Львів : «Магнолія 2006», 2013. – 256 с.
8. Комп'ютерні мережі. Частина 1. Моделювання комп'ютерних мереж: Лабораторний практикум. / Укладачі: О. С. Яценко, О. І. Яценко. – Житомир: Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2022. – 76 с.
9. Ramanjaneyulu, C.S.; Sarma, V.V.S. (1989). Modeling server-unreliability in closed queuing-networks. IEEE Trans. Reliab. 38, 90–95.
10. Chandy, K.M.; Lakshmi, M.S. (1983). An Approximation Technique for Queuing Networks with Preemptive Priority Queues; Technical Report; Department of Computer Science, The University of Texas at Austin: Austin, TX, USA.
11. Guo, Summer, Haoqing Wang, and Shuaian Wang. (2023). "Network Disruptions and Ripple Effects: Queueing Model, Simulation, and Data Analysis of Port Congestion" Journal of Marine Science and Engineering 11, no. 9: 1745. <https://doi.org/10.3390/jmse11091745>
12. Kushchazli, Anna, Anastasia Safargalieva, Irina Kochetkova, and Andrey Gorshenin. (2024). "Queueing Model with Customer Class Movement across Server Groups for Analyzing Virtual Machine Migration in Cloud Computing" Mathematics 12, no. 3: 468. <https://doi.org/10.3390/math12030468>
13. Romanyuk, O., Zavalniuk, Y., Pavlov, S., etc. (2023). New surface reflectance model with the combination of two cubic functions usage, Informatyka, Automatyka, Pomiar w Gospodarce i Ochronie Srodowiska, , 13(3), pp. 101–106
14. Kukharchuk, Vasyl V., Sergii V. Pavlov, Volodymyr S. Holodiuk, Valery E. Kryvonosov, Krzysztof Skorupski, Assel Mussabekova, and Gaini Karnakova. (2022). "Information Conversion in Measuring Channels with Optoelectronic Sensors" *Sensors* 22, no. 1: 271. <https://doi.org/10.3390/s22010271>.
15. Vasyl V. Kukharchuk, Sergii V. Pavlov, Samoil Sh. Katsyv, and etc. (2021). Transient analysis in 1st order electrical circuits in violation of commutation laws”, *Przegląd elektrotechniczny*, ISSN 0033-2097, R. 97 NR 9/2021, p. 26-29, doi:10.15199/48.2021.09.05.
16. [Timchenko Leonid](#), etc. (2020). Q-processors for real-time image processing”, *Proc. SPIE 11581, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments 2020*, 115810F (14 October 2020); <https://doi.org/10.1117/12.2580230>

REFERENCES

1. Bondar Yu. I. (2019). Peculiarities of methods for increasing the efficiency of using the corporate communication network of an enterprise / Yu. I. Bondar, V. V. Pedyash // Infocommunications - modernity and future: materials of the ninth international scientific-practical conference (Odessa, November 12-15, 2019). - Odessa: ONAZ named after O. S. Popov, p. 50-51.

ОПТИЧНА І КВАНТОВА ЕЛЕКТРОНІКА В КОМП'ЮТЕРНИХ ТА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ

2. Tsegelyk G.G. (2010). Modeling and optimization of access to information of database files for single-processor and multiprocessor systems / G.G. Tsegelyk. - Lviv: Ivan Franko National University of Lviv, 192 p.
3. Tomashevsky O.M. (2012). Information technologies and modeling of business processes: a textbook / O.M. Tomashevsky, G.G. Tsegelyk, M.B. Viter, V.I. Dubuk. — K.: Publishing house «Center of educational literature», 296 p.
4. Kigel R.V. (1995). Elements of linear, integer linear and nonlinear programming: tutorial. K.: ISDO.
5. Stetsenko, I.V. (2010). System modeling: tutorial. [Electronic resource, text] / I.V. Stetsenko; Ministry of Education and Science of Ukraine, Cherkasy. State Technological University – Cherkasy: ChDTU, 399 p.
6. Wiegers K. E. (2003). Software Requirements, Redmond: Microsoft Press, – 2-nd edition. – 516 p.
7. Computer networks. Book 1: tutorial / A. G. Mykytyshyn, M. M. Mytnyk, P. D. Stukhlyak, V. V. Pasichnyk. – Lviv: «Magnolia 2006», 2013. – 256 p.
8. Computer networks. Part 1. Modeling computer networks: Laboratory workshop. / Compiled by: O. S. Yatsenko, O. I. Yatsenko. – Zhytomyr: Publishing house of I. Franko ZhDU, 2022. – 76 p.
9. Ramanjaneyulu, C.S.; Sarma, V.V.S. (1989). Modeling server-unreliability in closed queuing-networks. IEEE Trans. Reliab. 38, 90–95.
10. Chandy, K.M.; Lakshmi, M.S. (1983). An Approximation Technique for Queuing Networks with Preemptive Priority Queues; Technical Report; Department of Computer Science, The University of Texas at Austin: Austin, TX, USA.
11. Guo, Summer, Haoqing Wang, and Shuaian Wang. (2023). "Network Disruptions and Ripple Effects: Queueing Model, Simulation, and Data Analysis of Port Congestion" Journal of Marine Science and Engineering 11, no. 9: 1745. <https://doi.org/10.3390/jmse11091745>
12. Kushchazli, Anna, Anastasia Safargalieva, Irina Kochetkova, and Andrey Gorshenin. (2024). "Queueing Model with Customer Class Movement across Server Groups for Analyzing Virtual Machine Migration in Cloud Computing" Mathematics 12, no. 3: 468. <https://doi.org/10.3390/math12030468>
13. Romanyuk, O., Zavalniuk, Y., Pavlov, S., etc. (2023). New surface reflectance model with the combination of two cubic functions usage, Informatyka, Automatyka, Pomiar w Gospodarce i Ochronie Srodowiska, , 13(3), pp. 101–106
14. Kukharchuk, Vasyl V., Sergii V. Pavlov, Volodymyr S. Holodiuk, Valery E. Kryvonosov, Krzysztof Skorupski, Assel Mussabekova, and Gaini Karnakova. (2022). "Information Conversion in Measuring Channels with Optoelectronic Sensors" Sensors 22, no. 1: 271. <https://doi.org/10.3390/s22010271>.
15. Vasyl V. Kukharchuk, Sergii V. Pavlov, Samoil Sh. Katsyv, and etc. (2021). Transient analysis in 1st order electrical circuits in violation of commutation laws”, Przegląd elektrotechniczny, ISSN 0033-2097, R. 97 NR 9/2021, p. 26-29, doi:10.15199/48.2021.09.05.
16. [Timchenko Leonid](#), etc. (2020). Q-processors for real-time image processing”, Proc. SPIE 11581, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments 2020, 115810F (14 October 2020); <https://doi.org/10.1117/12.2580230>

Надійшла до редакції: 25.09.2024

ВОЗНЯК СЕРГІЙ ІВАНОВИЧ – викладач, директора з питань експлуатації та безпеки мереж, Західноукраїнський національний університет заступник, [e-mail: sv@wunu.edu.ua](mailto:sv@wunu.edu.ua)

МЕЛЬНИК АНДРІЙ МИКОЛАЙОВИЧ – д.т.н., професор, завідувач лабораторії розробки та підтримки програмного забезпечення ННЦІТ, Західноукраїнський національний університет, [e-mail: ame@wunu.edu.ua](mailto:ame@wunu.edu.ua)

SERGII VOZNYAK, ANDRIY MELNYK
METHODS AND MEANS OF OPTIMIZING THE USE OF COMPUTING RESOURCES IN THE
CORPORATE NETWORK OF A HIGHER EDUCATIONAL INSTITUTION

West Ukrainian National University, Ternopil, 46009, Ukraine