

УДК 004.7+519.2

Шевченко Н. Ю., Багач С. Г., Потапов Д. С.

МАТЕМАТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ АРХІТЕКТУРИ ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ МЕРЕЖІ ЯК ЕЛЕМЕНТА ІНФОРМАЦІЙНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ОСВІТНЬОГО ЗАКЛАДУ

Інфраструктура – це комплекс взаємопов'язаних обслуговуючих структур або об'єктів, що становлять і забезпечують основу функціонування системи. Оскільки системи можуть бути як схожими, так і принципово відмінними, то це утворює велику кількість різновидів інфраструктури, які виконують різні завдання [1].

В умовах зростаючих темпів інформатизації [2] важливу роль для установ грає ефективно використання її інформаційних ресурсів. В цьому випадку ключове значення має інформаційна інфраструктура організації, невід'ємним елементом якої є її обчислювальна мережа. Обчислювальна мережа (ОМ) – це мережа обміну, розподіленої обробки інформації, утворена безліччю взаємопов'язаних абонентських систем і засобів зв'язку. Засоби передачі та обробки інформації в ОМ орієнтовані на колективне використання ресурсів, апаратних і програмних.

Якість роботи ОМ залежить від синергії обраної архітектури та від масштабу установи, в яку цю архітектуру впроваджують. Оскільки універсального методу підбору ОМ немає, виникає відповідна проблематика щодо вибору найбільш ефективної ОМ. Однією з причин відсутності універсальної методики вибору ОМ є велика різноманітність форм, структур існуючих установ, що ускладнює формалізацію даної задачі. Тому в питаннях дослідження та оцінки ефективності обчислювальних мереж доцільно для вирішення цих завдань в рівній мірі використовувати засоби аналітичного і імітаційного моделювання [3].

Метою роботи є розробка підходів до вибору архітектури обчислювальної мережі як елемента інформаційної інфраструктури освітнього закладу через визначення ефективності функціонування обчислювальної мережі за допомогою імітаційного моделювання.

При дослідженні ОМ слід враховувати, що обчислювальні мережі є дискретними системами з стохастичним характером функціонування, системами масового обслуговування, для проектування яких використовується імітаційне моделювання. Метою імітаційного моделювання є розробка рекомендацій щодо використання топології мережі, що забезпечує найбільшу ефективність інформаційного обміну в залежності від величини внутрішньомережевого трафіку.

Розглянемо підхід до визначення ефективності інформаційного обміну ОМ, запропонований у роботі І. І. Пасечникова [4].

На кожний вхідний вузол комутації (ВК) надходить зовнішній пуассонівський потік пакетів з сумарною інтенсивністю:

$$\gamma_{\text{вх}}(t) = \sum_{i=1}^n \lambda_i, \quad (1)$$

де λ_i – середня інтенсивність надходження в i -му вхідному каналі зв'язку.

Довжина пакетів фіксована і задана в якості вихідних даних для розрахунку $L_{\text{пак}} = 300$ біт.

На етапі формування вихідних даних задаються функції розподілу вхідних потоків і обслуговування пакетів в каналі зв'язку (КЗ) та допустимий час перебування пакетів в системі $T_{\text{дон.вст}}$.

Для імітації псевдопаралельного режиму надходження інформації від джерел в ВК відбувається формування пуасонівського потоку пакетів. Розподіл пакетів між каналами здійснюється процедурою, в якій реалізований метод комутації пакетів. Згідно заданої умови ключ, що імітує роботу ВК, спрямовує пакети до черги на обслуговування до відповідного КЗ.

Перед надходженням пакетів до черги виконується операція управління зовнішнім трафіком. При цьому враховується значення допустимого числа накопичень у вихідному ВК, маршрут руху пакету (довгий шлях) і аналізується поточний стан черг в кожному напрямку передачі (управління з виходу на вхід). Виходячи з цього встановлюється обмеження $N_{i\ доп}$ за кількістю пакетів, які можуть перебувати в черзі на обслуговування до кожного i -го КЗ. Якщо кількість пакетів на вході в канал $N_{i\ вх}$ перевищує допустиме значення, то частина з них спрямовується до блоку втрат, а інші пакети, що задовольняють умові, проходять до черги на обслуговування в КЗ.

Обслуговування і передача пакетів в наступний транзитний або вихідний (при відсутності транзитів) ВК здійснюється відповідно до маршруту слідування (напрямок видачі пакетів визначається ключем, який працює в статичному режимі). Якщо пакети спрямовуються в транзитний ВК, то реалізується процедура управління транзитним трафіком аналогічно представленому вище алгоритму для вхідних ВК.

При перевищенні значення $N_{i\ доп}$ пакет отримує відмову в прийомі на обслуговування і видаляється з системи з фіксацією втрати. Попередні пакети стають до черги, обслуговуються у відповідності з протоколом обслуговування в порядку надходження (ОПН) і передаються в наступний ВК. Після проходження всіх транзитних ВК пакети потрапляють у вихідний ВК, де стають до черги на обслуговування в вихідному КЗ.

За підсумками роботи моделі проводиться збір статистики і формування результатів моделювання.

При моделюванні визначаються наступні показники ОМ:

– число пакетів $N_{згл}$, що знаходяться в системі:

$$N_{згл} = \sum_{i=1}^{n_y} N_{i\ кан} + \sum_{i=1}^{n_y} N_{i\ птч}, \quad (2)$$

де $\sum_{i=1}^{n_y} N_{i\ кан}$ – число пакетів на обслуговуванні в КЗ;

$\sum_{i=1}^{n_y} N_{i\ птч}$ – накопичення в буферах ВК при заданому обмеженні за часовою затримкою $T_{доп.вст}$;

– продуктивність мережі G в умовах зміни вхідного навантаження і з урахуванням обмеження за пропускною здатністю каналів;

– число втрат $N_{втр}$, що виникають в ОМ внаслідок переповнення черг, а також реалізації процедури управління вхідним і транзитним трафіком.

Для отримання достатньої статистики та дослідження усталеного режиму функціонування ОМ імітація роботи її основних елементів здійснюється протягом $t_{мод}=10$ хв.

Отримані в результаті імітації основних процесів, що протікають в ОМ, параметри ($N_{згл}$, G , $N_{втр}$) дозволяють знайти узагальнений показник, за допомогою якого можна оцінити ефективність інформаційного обміну. Кібернетична потужність системи зв'язку з урахуванням втрат при заданому $T_{доп.вст}$ має вигляд:

$$P_{ОМ} = K_{втр} N_{згл} G, \quad (3)$$

де $K_{пот} = \frac{N_{згл}}{N_{згл} + N_{втр}}$ – коефіцієнт втрат, що враховує частку втрачених пакетів від загального їх числа, які пройшли через мережу за інтервал часу;

G – продуктивність ОМ, яка визначається значенням $\gamma_{вих}$ і обмежується значенням μ_i (пропускної здатності КЗ вихідного ВК).

На підставі відомого представлення ОМ у вигляді сукупності складових її одноканальних систем (ОС) повна кібернетична потужність визначається виразом:

$$P_{\text{повн}} = \sum_{i=1}^k P_i = \sum_{i=1}^k N_{i \text{ згл}} \cdot \mu_i, \quad (4)$$

де k – число ОС, з яких складається ОМ;

P_i – кібернетична потужність i -ї ОС;

$N_{i \text{ згл}} = N_{i \text{ доп}} + N_{i \text{ обсл}}$ – допустима сумарна кількість пакетів при заданому обмеженні на тимчасову затримку пакетів $T_{\text{доп.всм}}$ і продуктивності μ_i ;

$N_{i \text{ обсл}} = \mu_i$ – число пакетів, що знаходяться на обслуговуванні в КЗ.

Ефективність інформаційного обміну в ОМ із заданою структурою можна оцінити значенням коефіцієнта корисної дії (ККД) з позиції передачі інформації:

$$\eta_{\text{ОМ}} = \frac{P_{\text{ОМ}}}{P_{\text{повн}}}. \quad (5)$$

Наведені характеристики дозволяють оцінити ефективність інформаційного обміну і визначити найкращі умови функціонування ОМ з урахуванням змін інтенсивності вхідного трафіку.

Для імітаційного моделювання роботи ОМ використовуємо пакет для імітаційного моделювання Simulink. Побудовані за його допомогою моделі дадуть можливість одночасно спостерігати не тільки процес проходження пакетів мережею, але і відстежувати зміну величини черги в обслуговуючих приладах, час зайнятості пристроїв.

Для імітації постійного потоку заявок використовуються вбудовані у SimEvents елементи псевдовипадкової генерації чисел, які базуються на формулах експоненційного (формула 6) та дискретно-рівномірного розподілу (формула 7):

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{\mu} \exp\left(-\frac{x}{\mu}\right), & \text{для } x \geq 0, \\ 0, & \text{для решти} \end{cases}, \quad (6)$$

де μ – параметр, який репрезентує додатне число;

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{K}, & \text{для } x = L + k \frac{(U-L)}{K-1}, k = 0, 1, \dots, K-1, \\ 0, & \text{для решти} \end{cases}, \quad (7)$$

де L – мінімальне значення;

U – максимальне значення;

K – загальна кількість значень. Якщо $(U-L)/(K-1)$ та L натуральні числа, то виведені числа будуть також натуральними.

Наведений алгоритм визначення архітектури обчислювальної мережі розглянемо на прикладі умовного освітнього закладу.

Припустимо, що корпуси розташовані в досить віддалених ділянках, отже є необхідність у використанні оптичного волокна. Планування будівель і функції, які повинна виконувати мережа, обумовлюють побудову ОМ на основі архітектури клієнт-сервер з робочими станціями типу товстий клієнт, де сервер буде виступати лише сховищем даних.

Умовно ОМ можна поділити на чотири головних вузли, які відповідають корпусам. Головним є вузол, що знаходиться в другому корпусі – головний комутаційний центр (ГКЦ) (Cisco 3750), з якого виходять так звані «лінки», сполучні лінії, між корпусами у вигляді оптоволоконного кабелю до комутаційного центру (КЦ) в першому корпусі (Cisco 2460). Всередині другого корпусу від ГКЦ йдуть по три «лінки», з'єднуючись з комутаційними центрами за допомогою «крученої пари», по одному на поверх; разом чотири (Cisco 2450, D-link 1226, D-link 1250). Ще одне з'єднання йде в п'ятий корпус (Cisco 2450), який на відміну від інших, знаходиться в близькості до другого корпусу, що дає можливість провести туди «лінки», використовуючи лише «виту пару», а не оптичне волокно як у випадку з іншими корпусами (рис. 1). Від КЦ «лінки» розходяться по поверхах, в аудиторії, де вони трансформуються у розетки для підключення комутатора в аудиторії, до якого далі підключаються робочі станції.

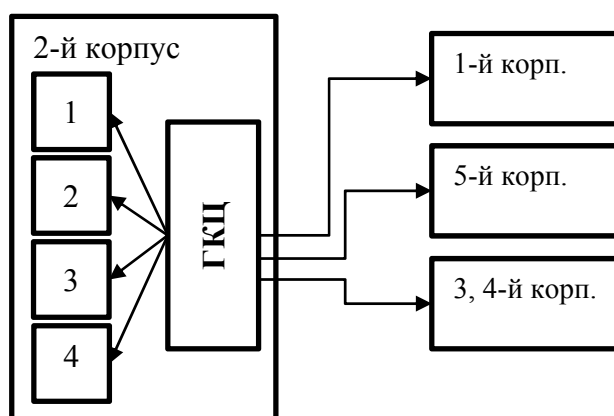


Рис. 1. Схематичне зображення структури мережі освітнього закладу

Розглянемо дві імітаційні моделі: для топології «зірка» (рис. 2) і топології «бінарне дерево» (рис. 3). Елементи для побудови імітаційної моделі обчислювальної мережі, базуються на компонентах дискретно-подієвого моделювання SimEvents і включають наступні блоки:

- Event-Based Random Number – блок для генерації псевдо випадкових чисел, який базується на формулах (6, 7);
- FIFO Queue – блок для формування черги на базі методу організації даних «першим прийшов – першим пішов»;
- Time-Based Entity – блок для генерації подій, що базується на показниках часу;
- Set Attribute – блок, який присвоює атрибути для генерованих подій;
- Single Server – блок обробки подій з одним елементом обробки;
- Schedule Timeout – блок, що присвоює унікальний атрибут часу, який генерована заявка може знаходитися у системі, після закінчення якого, заявка вважається недійсною і відправляється в окремий стік;
- Entity Sink – блоки, що виконують функції «стоку», збирають заявки, оброблені системою;

Елементи маршрутизації.

Після проведення відповідних експериментів над імітаційними моделями, а саме подання на вхід потоку запитів різної інтенсивності, отримуємо набір вихідних даних, які використовуються для розрахунку кібернетичної потужності обчислювальної мережі (рис. 4).

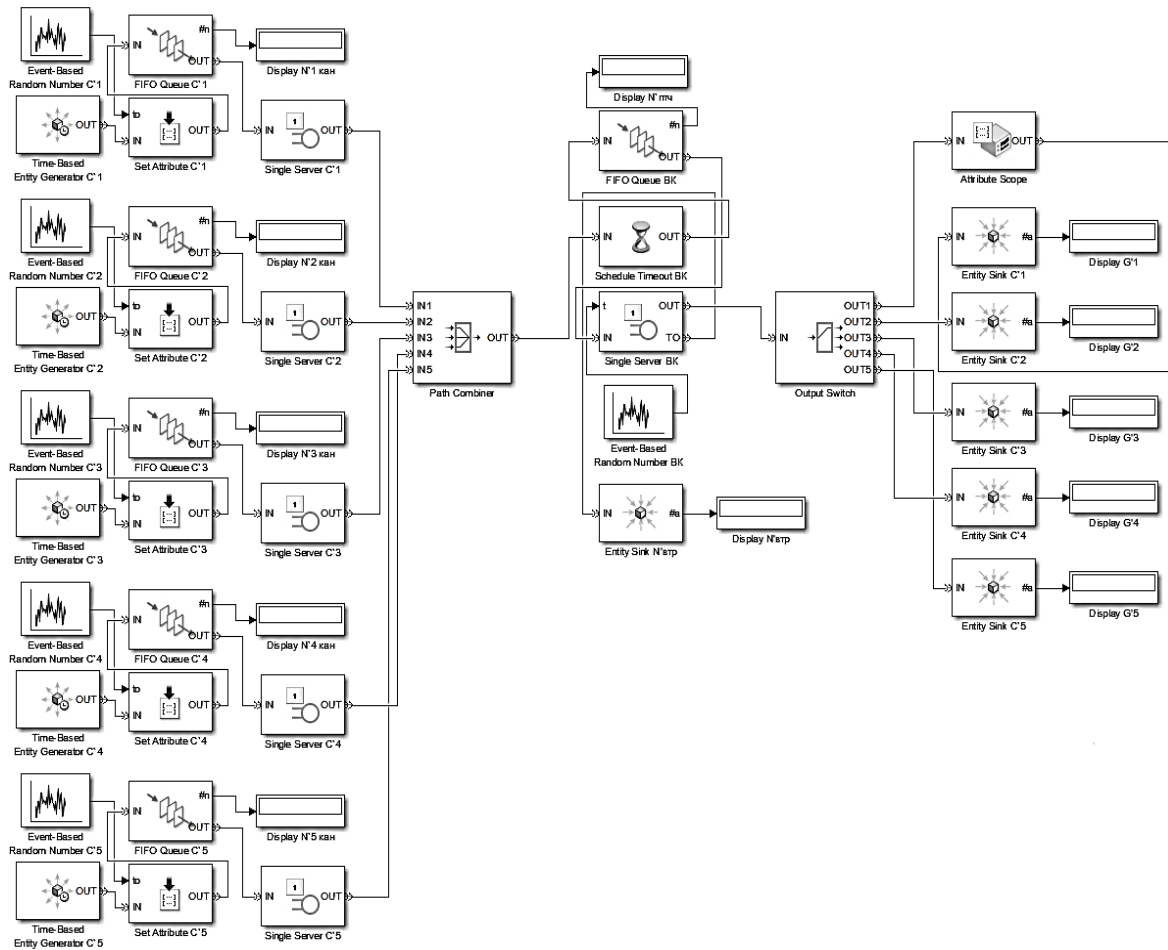


Рис. 2. Схематичне зображення імітаційної моделі для топології «зірка»

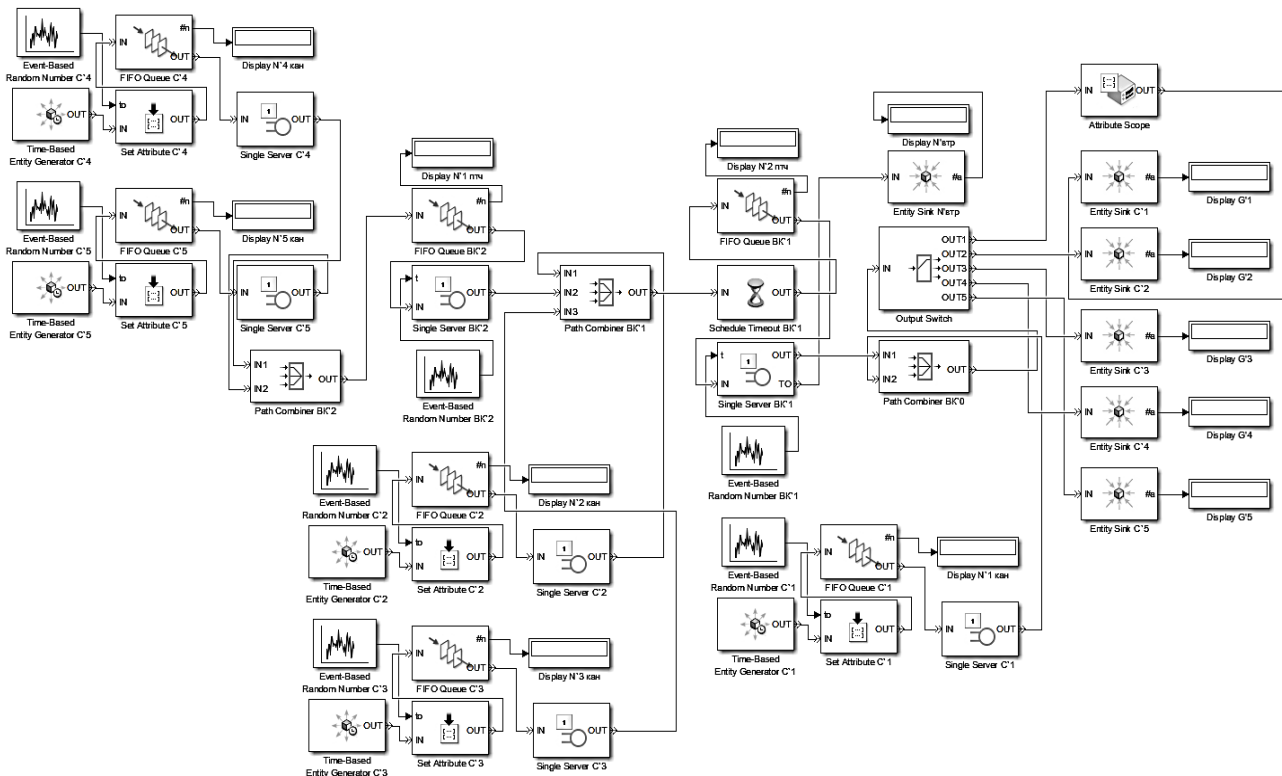


Рис. 3. Схематичне зображення імітаційної моделі для топології «бінарне дерево»

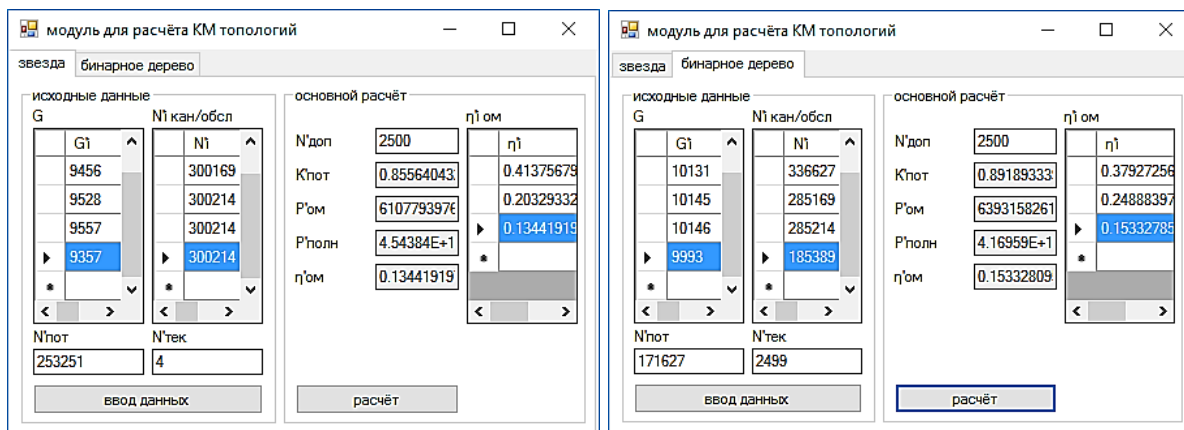


Рис. 4. Модуль для розрахунку кібернетичної потужності

За значенням коефіцієнта корисної дії (рис. 5) визначається доцільна для освітнього закладу архітектура обчислювальної мережі.

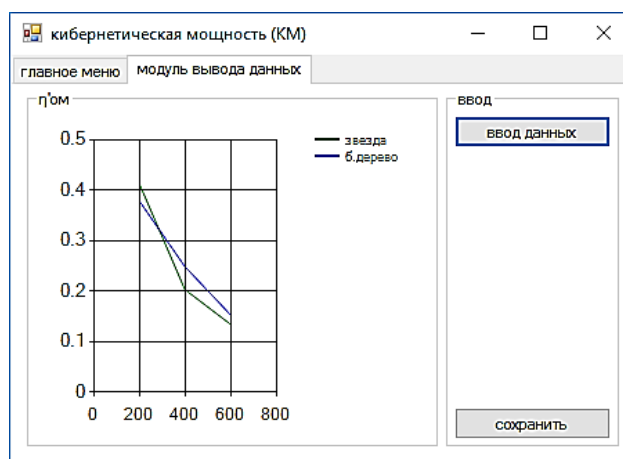


Рис. 5. Модуль візуалізації результатів моделювання

ВИСНОВКИ

Аналіз отриманих результатів показує, що найбільша ефективність інформаційного обміну досягається при використанні ОМ з топологією «зірка» за умови низького інформаційного навантаження, а також при малих змінах вхідного потоку. При високому вхідному навантаженні, а також різких його змінах кращі технічні показники демонструє мережа, побудована на базі топології «бінарне дерево». Отже, вибір оптимальної структури ОМ на основі оцінки якості її функціонування дозволяє підвищити ефективність інформаційного обміну.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Define Infrastructure at Dictionary [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.dictionary.com>.
2. «ICT Facts and Figures 2017» / Telecommunication Development Bureau, International Telecommunication Union (ITU). Retrieved, 2017. – URL: <https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Documents/facts/ICTFactsFigures2017.pdf>.
3. Захаров Г. П. Методы исследования сетей передачи данных. / Г. П. Захаров. – М. : Радио и связь, 1982. – 208 с.
4. Пасечников И. И. Методология анализа и синтеза предельно нагруженных информационных сетей : монография / И. И. Пасечников. – М. : Машиностроение-1, 2004. – 216 с.