

## ОПТИМІЗАЦІЯ ТОПОЛОГІЧНИХ СТРУКТУР КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖ CALS-СИСТЕМ

*Смірнов М. Є., Безкоровайний В. В.*

*Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків*

Сучасні комп'ютерно-інтегровані виробництва все частіше реалізуються на основі CALS-систем і технологій. Такі системи забезпечують повну інформаційну підтримку життєвого циклу виробу, починаючи з етапу генерації ідеї його створення та закінчуючи його утилізацією. Принципи CALS надають можливість значно зменшити обсяги проектувальних й управлінських робіт і суттєво спростити процеси обміну інформацією щодо виробу між учасниками процесів проектування, виготовлення, супроводу й утилізації продукту [1].

Основу інфраструктури CALS-систем складають комп'ютерні мережі, що реалізують доступ усієї множини користувачів з головними вузлами мереж, в яких зберігається інформація щодо всіх етапів життєвих циклів поточного, перспективного та попередніх продуктів, через проміжні вузли. У залежності від складності системи проміжними вузлами комп'ютерних мереж можуть слугувати локальні сервера, робочі станції окремих підрозділів, точки доступу тощо [2]. Задачі оптимізації топологічних структур комп'ютерних мереж виникають у процесі створення, плануванні розвитку, модернізації чи реінжинірингу CALS-систем. Вони передбачають розв'язання множини багатокритеріальних задач вибору структури, топології, параметрів та технології збору й обміну інформацією в мережі як територіально чи просторово розподіленого об'єкту. З урахуванням того, що множини параметрів обладнання та технологій збору й обміну інформацією в мережі є невеликими, основну складність мають комбінаторні задачі оптимізації їх структур і топології (територіального чи просторового розміщення) елементів [3-4].

У роботі розглядається задача оптимізації топологічних структур централізованих трирівневих комп'ютерних мереж за показником наведених витрат (рис. 1). При цьому вважається, що використовувані елементи й обладнання (комп'ютери, канали зв'язку,

обладнання вузлів) забезпечують задані вимоги щодо оперативності (часу доступу) та надійності всіх можливих варіантів топологічних структур мережі, а вузли мережі утворюються на базі її елементів.

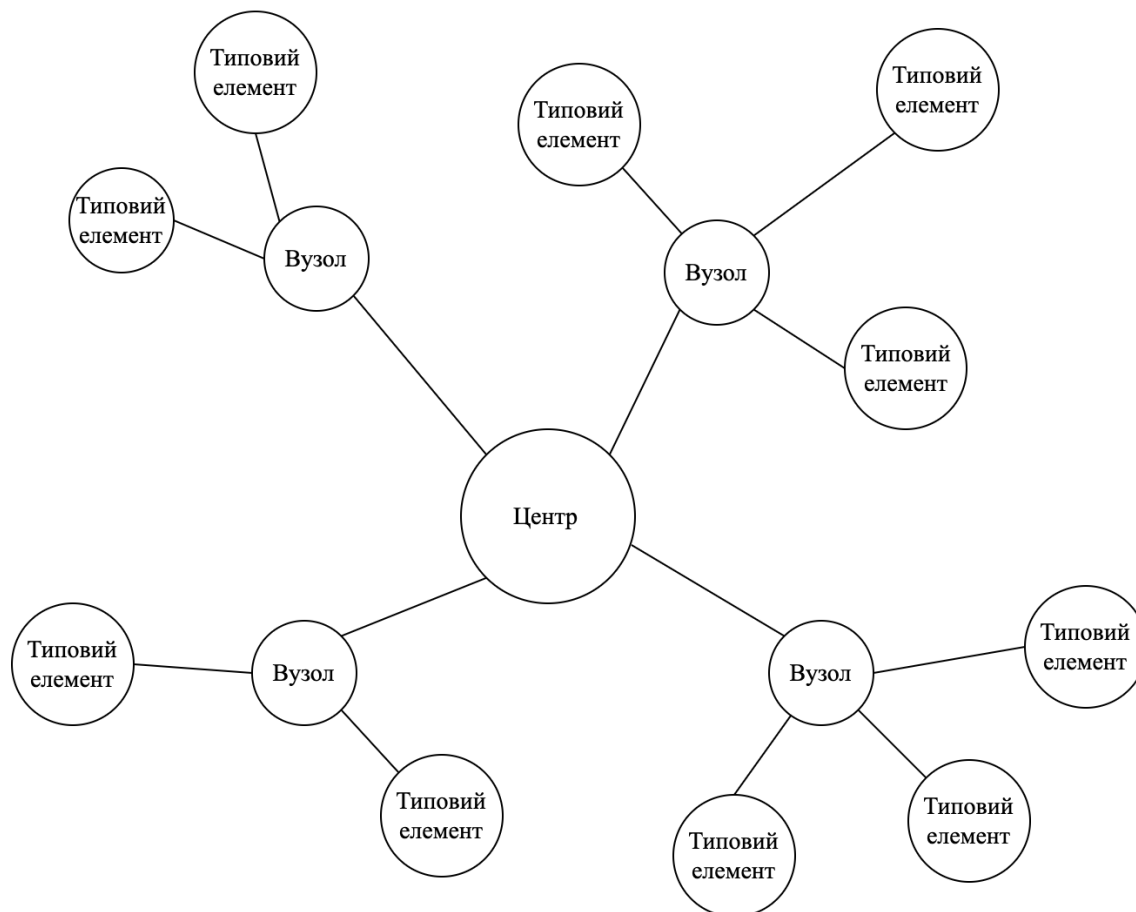


Рисунок 1 –Топологія централізованої трирівневої комп’ютерної мережі CALS-системи

Для заданих місць розміщення елементів необхідно визначити оптимальну кількість вузлів мережі, місця їхнього розташування та схеми зв’язків між елементами, вузлами та центром. Цільова функція задачі оптимізації за показником наведених витрат може бути подана у такому вигляді [5]:

$$C = C_C + \sum_{i=1}^{n_E} (c_U + c_{iC} + c_{Ci}) \cdot r_{ii} + c_E \cdot n_E + \sum_{i=1}^{n_E} \sum_{j=1}^{n_E} c_{ij} \cdot r_{ij} \rightarrow \min, \quad (1)$$

де  $C_C$ ,  $c_U$ ,  $c_E$  – наведені витрати на центральний, проміжний вузли та типовий елемент

мережі;  $n_E$  – кількість елементів мережі;  $c_{iC}, c_{Ci}, c_{ij}$  – наведені витрати на реалізацію зв'язків між  $i$ -м вузлом і центром та між  $i$ -м та  $j$ -м елементами мережі.

Для розв'язання задачі запропоновано використати комбінацію методів метод спрямованого перебору у напрямку збільшення кількості вузлів мережі та покоординатної оптимізації їхнього розміщення.

Алгоритм методу покоординатної оптимізації місць розміщення вузлів мережі [5].

Крок 1. Задати вхідні данні: кількість вузлів мережі  $u$ ; індекс поточного вузла –  $j := 1$ ; значення поточної ітерації –  $i := 1$ ; значення лічильника розглянутих місць розміщення вузла  $l := 0$ ; початковий варіант найкращого розміщення вузлів  $w^0$ ; найкраще поточне значення цільової функції задачі  $C(w^l) := \infty$ .

Крок 2. Визначити початкове розміщення вузлів  $w_i^l$  та розрахувати для нього значення цільової функції  $C(w_i^l)$  за формулою (1).

Крок 3. Збільшити значення лічильника кількості ітерацій  $i := i + 1$ ; для вузла  $j$  у варіанті розміщення  $w_i^l$  змінити його місце розташування при фіксованих місцях розміщення всіх інших  $u - 1$  вузлів.

Крок 4. Розрахувати значення цільової функції задачі за формулою (1). Якщо  $C(w^l) \leq C(w_{i-1}^l)$ , то  $C(w^l) := C(w_i^l)$ ,  $w^0 := w_i^l$  та перейти до кроку 5.

Крок 5. Збільшити індекс поточного вузла  $j := j + 1$ . Якщо  $j < u$  (ще є компоненти, які на поточному кроці не були оптимізовані), перейти до кроку 3, у протилежному випадку – до кроку 6.

Крок 6. Якщо  $l = 0$ , присвоїти  $w_i^{l+1} := w_i^l$ ,  $l := l + 1$ ,  $j := 1$  та перейти до кроку 3, у протилежному випадку – до кроку 7.

Крок 7. Якщо  $C(w^l) \leq C(w^{l-1})$ , то  $w_i^{l+1} := w_i^l$ ,  $l := l + 1$ ,  $j := 1$  і перейти до кроку 3, в іншому випадку – до кроку 8.

Крок 8. Закінчення алгоритму: отримане найкраще рішення щодо розташування вузлів з найменшим значенням цільової функції задачі  $C(w^0)$ , які були розглянуті в процесі реалізації алгоритму.

Практичне використання запропонованої комбінації методів дозволить

скоротити час розв'язання задач оптимізації топологічних структур комп'ютерних мереж та отримувати більш економічні варіанти їхньої побудови у процесах створення, планування розвитку, модернізації чи реінжинірингу CALS-систем. Напрямами подальших досліджень у цій області можуть бути удосконалення та розвиток запропонованого методу оптимізації для розв'язання задач проектування та реінжинірингу CALS-систем за множиною функціонально-вартісних показників.

### **Література:**

1. Л. І. Нефьодов, І. Ш. Невлюдов та В. В. Безкоровайний, CALS-технології і системи. Харків: ХНУРЕ, 2021.
2. М. Є. Смірнов, «Розроблення засобу оптимізації комп'ютерної мережі CALS-систем», Діджиталізація науки як виклик сьогодні: мат. наук.-практ. конф. з міжнар. участю, Одеса, 2021, с. 29-30.
3. V. Beskorovainyi, L. Petryshyn and O. Shevchenko, "Specific subset effective option in technology design decisions", Applied Aspects of Information Technology, Vol. 3., No.1, pp. 443-455, 2020
4. V. Beskorovainyi, "Combined method of ranking options in project decision support systems", Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries, No 4 (14), pp. 13-20, 2020.
5. В. В. Бескоровайный та В. А. Иванова, «Модификация метода топологической оптимизации системы мониторинга производственного процесса», Технология приборостроения, №2, с. 14-17, 2017.