

ЕВОЛЮЦІЙНИЙ ПОШУК РІШЕНЬ У ТЕХНОЛОГІЯХ РЕІНЖІНІРИНГУ ВИРОБНИЧИХ КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖ

Лясковка Я.І.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14

E-mail: yan.liaskovka@nure.ua

Анотація: Запропоновано формалізацію багатокритеріальної задачі реінжинірингу корпоративних комп'ютерних мереж. Вона передбачає структурну, топологічну, параметричну та технологічну оптимізацію мережі за локальними критеріями. Це дозволяє звести її до задачі оптимізації зі скалярним критерієм. Запропонований підхід до формування підмножини ефективних варіантів суттєво знижує часову та ємнісну складності методів вирішення задачі реінжинірингу. Для остаточного вибору варіанта реінжинірингу, було запропоновано використання еволюційного методу.

Ключові слова: еволюційний пошук, реінжиніринг, генетичний алгоритм.

EVOLUTIONARY SEARCH FOR SOLUTIONS IN REENGINEERING TECHNOLOGIES OF PRODUCTION COMPUTER NETWORKS

Y. Liaskovka

Kharkiv National University of Radio Electronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky av.,14

E-mail: yan.liaskovka@nure.ua

Annotation: The formalization of the multicriteria problem of corporate computer networks reengineering has been offered. She provides structural, topological, parametric, and technological optimization of the network according to local criteria. It allows us to reduce her to the optimization problem with a scalar criterion. The proposed approach for a subset of effective option formation significantly reduces the time and capacitive complexity of methods for solving the problem of reengineering. For the final choice of the reengineering option, the use of an evolutionary method has been proposed.

Key words: evolutionary search, reengineering, genetic algorithm.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Основу систем управління сучасними виробничими системами складають корпоративні комп'ютерні мережі. Вони використовуються для розв'язання широкого спектру задач на різних рівнях управління від управління постачанням і складським господарством до управління збутом готової продукції. Зміна кількості користувачів, комплексу задач управління, вимог до функціональних характеристик існуючих корпоративних комп'ютерних мереж (ККМ), удосконалення технологій та засобів обробки інформації призводять до необхідності їх модернізації.

Найбільш суттєві комплексні зміни у структурі, топології, параметрах і технологіях функціонування ККМ реалізуються в процесі їх реінжинірингу [1–2]. При цьому враховуються найважливіші особливості таких мереж [3]: неповна визначеність вихідних даних та цілей їх оптимізації; тісний зв'язок задач структурної, топологічної, параметричної та технологічної оптимізації; обчислювальна складність спільного розв'язання всієї множини задач; відсутність ефективних методів розв'язання задач великого розміру.

Процес реінжинірингу ККМ передбачає розв'язання множини специфічних завдань системного проектування, серед яких [4–5]: вибір принципів побудови; оптимізація структури; оптимізація топології елементів і зв'язків; вибір технології обробки та передачі інформації; оптимізація параметрів елементів та зв'язків; багатокритеріальна оцінка ефективності варіантів побудови мережі. У процесі реінжинірингу ККМ на першому етапі

здійснюється декомпозиція їх цілей, функцій та завдань, а на другому – агрегування та генерація варіантів їхньої побудови в цілому.

Більшість часткових задач реінжинірингу мереж відносяться до класу комбінаторних. Відомі точні методи розв'язання таких задач мають неполіноміальну часову складність [4]. Найбільш складними з обчислювальної точки зору є задачі оптимізації структур і топології мереж. Виходячи з цього, актуальним завданням є підвищення ефективності технологій реінжинірингу ККМ шляхом розробки ефективних або удосконалення існуючих методів оптимізації їх топологічних структур.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Задача реінжинірингу топологічних структур ККМ розглядається у наступній постановці. Задано існуючий варіант побудови комп'ютерної мережі $s' \in S$, а також: множину користувачів $I = \{i\}$, $i = \overline{1, n_0}$ та їх територіальне розташування; множину місць можливого розміщення її вузлів $G = \{g\}$; витрати на створення (модернізацію) й експлуатацію вузлів і каналів передачі інформації.

Необхідно визначити найкращий варіант реінжинірингу топологічної структури мережі $s \in S$: кількість вузлів n_U ; місця розміщення вузлів; множину і типи зв'язків між елементами та вузлами $R = \{r_{ij}\}$, $i, j = \overline{1, n_0}$; підмножини користувачів, пов'язаних з кожним із вузлів. Якість рішень пропонується оцінювати за множиною локальних критеріїв витрат $k_1(s)$, оперативності (часу доступу до ресурсів мережі) $k_2(s)$, надійності $k_3(s)$ та живучості (здатності виконувати визначені функції при пошкодженні елементів чи зв'язків) $k_4(s)$:

$$\begin{cases} k_1(s) \rightarrow \min, \\ k_2(s) \rightarrow \min, \\ k_3(s) \rightarrow \max, \\ k_4(s) \rightarrow \max. \end{cases}_{s \in S}; \quad (1)$$

Формалізація показників якості проектних рішень у вигляді локальних критеріїв $k_i(s)$, $i = \overline{1, m}$ (де m – кількість локальних критеріїв) дозволяє звести багатокритеріальну задачу до традиційної задачі оптимізації зі скалярним критерієм загальної корисності [6]:

$$P(s) = \sum_{i=1}^m \eta_i \xi_i(s), \quad (2)$$

$$\xi_i(s) = \xi_i(k_i(s)) = \left(\frac{k_i(s) - k_i^-(s)}{k_i^+(s) - k_i^-(s)} \right)^{\gamma_i}, \quad i = \overline{1, m}, \quad (3)$$

де η_i – ваговий коефіцієнт локального критерію $k_i(s)$, $\eta_i \geq 0$, $\sum_{i=1}^m \eta_i = 1$; $\xi_i(s) = \xi(k_i(s))$ – функція корисності локального критерію $k_i(s)$; $k_i(s)$ – значення локального критерію для s -го варіанту реінжинірингу мережі; $k_i^-(s)$, $k_i^+(s)$ – найгірше та найкраще значення локального критерію $k_i(s)$; γ_i – параметр, що визначає вид залежності (3): при $\gamma_i > 1$ – випукла до внизу; при $\gamma_i = 1$ – лінійна; при $0 < \gamma_i < 1$ – випукла вгору.

Перед остаточним вибором варіанту реінжинірингу необхідно з множини допустимих варіантів $S = \{s\}$ виділити підмножину ефективних $S^E \subseteq S$. Варіант реінжинірингу мережі моніторингу називається ефективним $s^E \in S$, якщо на множині допустимих не існує іншого варіанту $s \in S$, для якого виконувались б нерівності:

$$k_i(s) \geq k_i(s^E), \text{ якщо } k_i(s) \rightarrow \max, \quad (4)$$

$$k_i(s) \leq k_i(s^E), \text{ якщо } k_i(s) \rightarrow \min \quad (5)$$

і хоча б одна з яких була строгою.

Залежно від розмірності задачі $|S|$ для виділення підмножини ефективних варіантів використовують різні методи та алгоритми: дискретного вибору, ваговий метод, парних порівнянь, методи на основі теорем Карліна та Гермейєра, еволюційного пошуку на основі генетичних алгоритмів [7–9].

Підмножина ефективних рішень S^E на основі теореми Карліна визначається об'єднанням варіантів s_i^o , $i = \overline{1, m}$, оптимізують кожен із локальних критеріїв $k_i(s)$, з рішеннями задачі параметричного програмування [10]:

$$\lambda_i \in \Lambda = \{ \lambda_i : \lambda_i > 0 \quad \forall i = \overline{1, m}, \quad \sum_{i=1}^m \lambda_i = 1 \}, \quad (6)$$

$$s_i^o = \arg \max_{s \in S} \{ P(s) = \sum_{i=1}^m \lambda_i \xi_i(s) \}. \quad (7)$$

Підмножина ефективних варіантів на основі теореми Гермейєра визначається об'єднанням варіантів s_i^o , $i = \overline{1, m}$, оптимізують кожен із локальних критеріїв $k_i(s)$, з рішеннями задачі параметричного програмування [9]:

$$\lambda_i \in \Lambda = \{ \lambda_i : \lambda_i > 0 \quad \forall i = \overline{1, m}, \quad \sum_{i=1}^m \lambda_i = 1 \}, \quad (8)$$

$$s_i^o = \arg \max_{s \in S} \{ P(s) = \min_i \lambda_i \xi_i(s) \}. \quad (9)$$

При цьому: методи дискретного вибору та парних порівнянь з огляду на високу часову складність застосовуються тільки на відносно невеликих множинах допустимих рішень $S = \{s\}$; еволюційні, вагові методи, включаючи методи на основі теорем Карліна, Гермейєра мають меншу регульовану часову складність, але дозволяють у загальному випадку виділяти лише неповні підмножини S^E (Парето-фронти) [10]. Для зниження часової та смісної складності методу розв'язання задачі пропонується формувати підмножину ефективних S^E вже на етапі генерації допустимих варіантів побудови мережі $S = \{s\}$.

У запропонованій модифікації еволюційного методу здійснюється пошук на всій множині можливих значень кількості вузлів мережі $1 \leq n_U \leq n_o / 2$. Для кодування рішень використовується бінарний вектор, елементами якого є діагональні елементи матриці зв'язків мережі $R = [r_{ij}]$, $i, j = \overline{1, n_o}$ ($r_{ij} = 1$, якщо i -й і j -й елементи мережі мають безпосередній зв'язок; $r_{ij} = 0$ – в іншому випадку; для вузлів мережі – $r_{ii} = 1$).

Модифікація методу [11], що реалізується генетичним алгоритмом, передбачає реалізацію таких кроків.

1. Завдання вихідних даних: множина місць можливого розміщення вузлів, розміру популяції хромосом, ймовірності мутації; номер ітерації (популяції); кращого поточного значення узагальненого критерію $P(s)$ (1).
2. За допомогою генератора випадкових чисел одержати початкову популяцію рішень.
3. Розрахунок пристосованості рішень популяції.
4. Якщо виконується умова закінчення роботи алгоритму перейти до кроку 10, в іншому випадку – до кроку 5.
5. Відбір рішень, якщо елітизм увімкнено.
6. Селекція хромосом, за допомогою турнірного відбору.
7. Застосування операції односточкового схрещування.

8. Застосування операції мутації шляхом інверсії випадкового біту.

9. Формування нової популяції рішень. Перехід до кроку 3.

10. Закінчення роботи алгоритму, отримано найкраще з розглянутих рішення
 $s^o = \arg \max_{s \in S} P(s)$.

Алгоритм методу дозволяє паралельно здійснювати пошук за кількістю вузлів $1 \leq n_U \leq n_o / 2$ та місцями їх найкращого розміщення вузлів мережі. За рахунок цього він має переваги над відомими генетичними алгоритмами, що реалізують спрямований перебір варіантів побудови мережі за показниками точності та часової складності [4].

ВИСНОВКИ. Проведено формалізацію багатокритеріальної задачі реінжинірингу корпоративної комп'ютерної мережі, яка передбачає її структурну, топологічну, параметричну та технологічну оптимізацію за комплексним показником «ефект-витрати». Деталізація показників якості варіантів у вигляді приватних критеріїв витрат, оперативності, надійності та живучості дозволила звести її до традиційного завдання оптимізації зі скалярним критерієм. Запропонований підхід до формування підмножини ефективних варіантів суттєво знизив тимчасову та ємнісну складності методів вирішення задачі реінжинірингу. Напрямок подальших досліджень може бути розробка багатопотокового генетичного алгоритму, розробка нових методів відбору, схрещування, мутації, елітизму, які дозволять прискорити збіжність алгоритму.

ЛІТЕРАТУРА

1. Таненбаум Э. С., Уэзеролл Д. Компьютерные сети. СПб.: Питер, 2018.
2. Нестеренко С. А. Выбор оптимального плана энергоэффективного реинжиниринга корпоративной компьютерной сети // Электротехнічні та комп'ютерні системи. 2017. №25. С. 341–346.
3. Бескоровайный В. В. Системологический анализ проблемы структурного синтеза территориально распределенных систем // Автоматизированные системы управления и приборы автоматики. – 2002. Вып. 120. С. 29–37.
4. Бескоровайный В. В., Подоляка К. Е., Разработка системологической модели проблемы структурно-топологического реинжиниринга систем крупномасштабного мониторинга // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2015. №3 (75). С. 37–42.
5. Бескоровайный В. В., Подоляка К. Е. Разработка модели многокритериальной задачи реинжиниринга топологических структур систем крупномасштабного мониторинга // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2015. №4 (76). С. 49–55.
6. Крючковский В. В., Петров Э. Г., Соколова Н. А., Ходаков В. Е. Интроспективный анализ. Методы и средства экспертного оценивания. Херсон: Гринь ДС, 2011.
7. Безрук В.М., Чеботарева Д.В., Скорик Ю.В. Многокритериальный анализ и выбор средств телекоммуникаций. Харьков: Украина, ФОП Коряк С.Ф. – 2017. – 268 с.
8. Чеботарева Д.В., Безрук В.М. Многокритериальная оптимизация проектных решений при планировании сотовых сетей мобильной связи. Харьков: Компания СМІТ. 2013. 148 с.
9. Kalyanmoy Deb and Debayan Deb. Analysing mutation schemes for real-parameter genetic algorithms // International Journal of Artificial Intelligence and Soft Computing. 2014. No. 4(1). P. 1–28.
10. Михалевич В.С., Волкович В.Л. Вычислительные методы исследования и проектирования сложных систем. – М.: Наука, 1982. – 288 с.
11. Vladimir V. Beskorovainyi, Lubomyr B. Petryshyn, Olha Yu. Shevchenko. Specific subset effective option in technology design decisions // Applied Aspects of Information Technology. (2020). Vol.3. – No.1. P. 443–455.
12. Бескоровайный В. В., Подоляка К. Е. Модификации метода направленного перебора для реинжиниринга топологических структур систем крупномасштабного мониторинга // Радиоэлектроника и информатика. 2015. № 3 (70). С. 55–62.

Науковий керівник: *Бескоровайний Володимир Валентинович, д.т.н., професор кафедри системотехніки, Харківський національний університет радіоелектроніки.*