

УДК 621.391

Є.В. Шубін

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

ПАРАЛЕЛЬНИЙ ГЕНЕТИЧНИЙ АЛГОРИТМ СИНТЕЗУ ТОПОЛОГІЧНОЇ СТРУКТУРИ КОМП'ЮТЕРНОЇ МЕРЕЖІ

В даній роботі запропоновано багатопопуляційний паралельний генетичний алгоритм синтезу топологічної структури комп'ютерної мережі, в якому реалізовано механізм адаптивної топології потоків обміну генетичним матеріалом між популяціями островів.

Ключові слова: паралельний генетичний алгоритм, комп'ютерна мережа, топологічна структура, процес.

Вступ

Постановка проблеми та аналіз літератури. Залежність існування сучасного суспільства від інформаційних технологій наблизилась до такого ступеня, який можливо порівняти з залежністю від систем забезпечення електроенергією.

Сучасні інформаційні технології реалізують обробку та передачу значних обсягів інформації, надійність та своєчасність обміну якою в значній мірі залежить від топологічної структури комп'ютерних мереж (КМ). Тому проблема створення високо надійних та економічно ефективних комп'ютерних мереж має актуальний характер.

Синтез топологічної структури комп'ютерної мережі може бути розглянутий як пошук топології, яка мінімізує витрати на підсистему каналів зв'язку, враховуючи обмеження по надійності та затримці. Це NP-складна задача оптимізації [1], яку в більшості випадків вирішують за допомогою евристичних підходів.

Існує досить багато джерел, в яких описано такі підходи [2]. Останнім часом для вирішення ряду складноформалізованих та NP-складних задач оптимізації застосовують генетичні алгоритми (ГА) [3], існує ряд робіт в яких запропоновано ГА для синтезу топологічних структур комп'ютерних мереж [4].

Одним з напрямів збільшення продуктивності сучасної обчислювальної техніки є створення багатоядерних процесорів. Ефективність застосування таких процесорів напряму залежить від реалізації в програмних продуктах багатопотокової обробки даних. Розпаралелювання обчислювальних процесів по окремим потокам дозволяє значно підвищити швидкість загальних обчислень. Такий стан справ вимагає розробки методів чисельної оптимізації, орієнтованих на реалізацію паралельних обчислень. Одним з таких методів є паралельний генетичний алгоритм (ПГА) [5].

Мета статті – розробка багатопопуляційного паралельного генетичного алгоритму синтезу топологічної структури комп'ютерної мережі за критерієм мінімальної вартості оренди каналів зв'язку.

Основний матеріал

В даній статті основна увага приділяється особливостям побудови запропонованого ПГА синтезу топологічної структури комп'ютерної мережі. Математична постановка задачі синтезу топологічної структури комп'ютерної мережі за критерієм мінімальної вартості оренди каналів зв'язку детально викладена в [6]. В основу всіх ГА покладено репродуктивний план Холланда [7]. Стосовно специфіки задачі синтезу топологічної структури комп'ютерної мережі даний план має наступний вид:

1. Формування початкової множини топологічних структур КМ.

Ввести точку початку підрахунку ітерацій $t = 0$. Синтезувати певним чином R топологічних структур КМ, з яких формується початкова множина $\beta(0) = (A_1(0), \dots, A_R(0))$. Обчислити вартість всіх топологій множини $\alpha(0) = (\mu_1(0), \dots, \mu_R(0))$ та середню вартість по всій множині $\bar{\alpha}(0) = \sum_z \mu_z(0) / R$.

2. Відібрати пару топологій для формування нової.

Визначити випадкову змінну Rand_t на множині $\zeta_R = \{1, \dots, R\}$, призначивши імовірність вибору будь якого $z \in \zeta_R$ з урахуванням $\mu_z(t)$. Здійснити один іспит Rand_t та обчислити результат $i(t)$, який визначить номер першої топології $A_{i(t)}(t)$. Наступним іспитом визначити номер другої топології.

3. Формування нової топології.

Отримати нову топологію ${}^1A(t)$ шляхом перетину відібраних топологій з імовірністю P_c . Застосувати до ${}^1A(t)$ оператор мутації з імовірністю P_m . Отриману топологію помістити до множини $\beta(t+1)$.

4. Визначення вартості отриманої топології. Обчислити значення вартості топології $\mu_E(A'(t))$ та помістити його до множини $\beta(t+1)$.

5. Копіювання.

З імовірністю $1 - P_n$ з топологій, що відібрані на етапі 2, відібрати топологію з найкращим показ-

ником вартості та скопіювати її до множини $\beta(t+1)$.

6. Якщо розмір множини $\beta(t+1)$ дорівнює R , збільшити номер ітерації на одиницю $t = t+1$ і перейти до етапу 7, інакше перейти до етапу 2.

7. Якщо не досягнуто критерію зупинки, перейти до етапу 2, інакше закінчити пошук.

Всі відомі паралельні генетичні алгоритми можливо розділити на два основних класи: однопопуляційні та багатопопуляційні.

Однопопуляційні ПГА реалізують паралельне обчислення тільки функції придатності, а генетичні операції виконуються централізовано головним процесом. Таким чином досягається більш ефективне використання багатоядерних (багатопроекторних) систем при пошуку рішень генетичним алгоритмом.

В багатопопуляційних ПГА здійснюється формування множини незалежних популяцій (островів) та реалізується пошук рішень окремими ГА в кожній з популяцій в межах окремих процесів. Кожний з островів може бути ізольованим, або зв'язаним з іншими островами потоком міграції.

У випадку міграції виділяють синхронний та асинхронний обмін генетичним матеріалом. У разі синхронного обміну острови обмінюються генетичним матеріалом, а при асинхронному – обмін здійснюється у одному напрямку. При цьому можливі різні топології потоків обміну генетичним матеріалом між популяціями островів (рис. 1). В кожній з топологій острови здійснюють передачу кращих рішень головному процесу.

Багатопопуляційні паралельні генетичні алгоритми забезпечують не тільки ефективне використання ресурсів систем з багатоядерними процесорами, а й реалізують більш ефективний пошук рішень за рахунок обміну генетичним матеріалом між окремими популяціями.

Для покращення роботи багатопопуляційного ПГА пропонується ввести механізм адаптивної топології потоків обміну генетичним матеріалом між популяціями островів. Для реалізації даного механізму вводиться окремий процес, на який покладаються функції моніторингу стану розвитку популяцій на окремих островах та управління міграцією між ними. На рис. 2 наведено структуру запропонованого паралельного генетичного алгоритму з чотирма островами популяцій та основним процесом, який здійснює управління міграцією між островами.

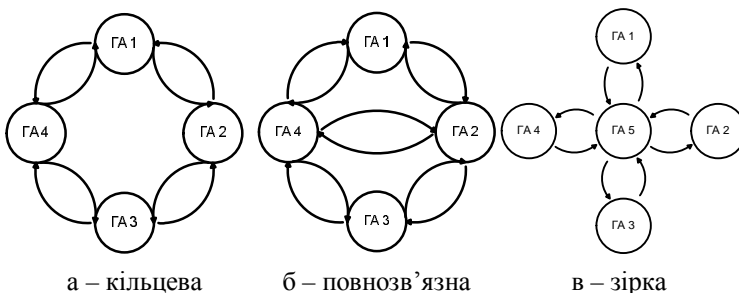


Рис. 1. Топології островних моделей ПГА

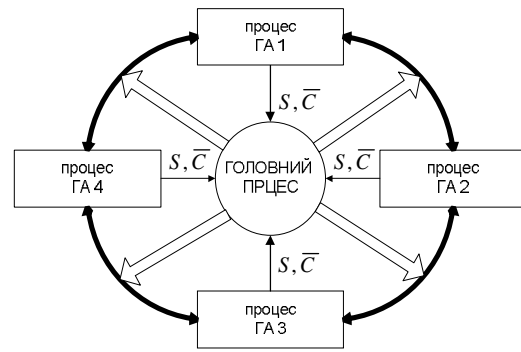


Рис. 2. Паралельний ГА синтезу топологічної структури комп'ютерної мережі

Управління міграцією полягає в визначенні островів (процесів), між популяціями яких дозволяється міграція та її напрямку. Визначення островів для міграції пропонується здійснювати за показником стану розвитку популяції S , в якості якого використовується відношення дисперсії Хеммінгових відстаней між усіма парами популяції до середньої вартості топологій в популяції і визначається за виразом:

$$S = \frac{2}{(n^2 - n) \cdot \bar{C}} \sum_{i=1}^n \sum_{j=i+1}^n (L_{ij} - \bar{L})^2,$$

$$\bar{L} = \frac{2}{n^2 - n} \sum_{i=1}^n \sum_{j=i+1}^n L_{ij}, \quad \bar{C} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n C_i,$$

де n – кількість рішень в популяції; L_{ij} – Хеммінгова відстань між i -м та j -м рішенням в популяції; \bar{L} – середня Хеммінгова відстань в популяції; C_i – вартість i -го рішення в популяції; \bar{C} – середня вартість рішень в популяції.

Чим більше значення показника S , тим вище різноманітність популяції та нижче середня вартість топологічної структури в популяції. Обмін здійснюється між двома парами островів, які мають найбільшу різницю між показниками S , від острова з найбільшим значенням S до острова з меншим значенням S . Такий підхід повинен забезпечити збільшення різноманіття рішень в популяції з меншим показником S і тим самим зменшити ймовірність передчасного збігання рішення до локального мінімуму.

Рішення про припинення роботи алгоритму здійснюється в головному процесі, за результатом моніторингу показників стану розвитку популяцій S . Якщо протягом певного часу не спостерігається змін даного показника в популяціях островів, то головний процес зупиняє роботу всіх процесів окремих генетичних алгоритмів. Краще рішення з популяцій всіх островів і є результатом.

Експериментальні дослідження

Результати роботи розробленого багатопопуляційного ПГА були порівняні з результатами роботи генетичного алго-

ритму, запропонованого в [6]. Далі наведені умови проведення експерименту.

Мережа має 25 вузлів, розташованих в обласних центрах України, а також Сімферополі. Коефіцієнти зв'язності мережі $k = 3$. Вартість оренди цифрових каналів зв'язку визначалась згідно граничних тарифів, затверджених наказом Державного комітету зв'язку та інформатизації України. Інтенсивність потоку між вузлами для всіх пар вузлів була прийнята однаковою і склала 50 біт/с. Обмеження на максимально допустимий час затримки було прийнято 0.005 с. Модель розподілу потоків в каналах зв'язку та вибору пропускних здатностей каналів для обох алгоритмів однакова [8].

Обчислювальна система:

операційна система – openSUSE 11.4 (x86_64);
процесор – Intel(R) Core(TM)2 Duo CPU E6750 @ 2.66GHz (2 ядра);
оперативна пам'ять – 2 Гб.

Параметри ГА:

розмір популяції – 300;
ймовірність мутації – 0.06;
ймовірність застосування операції схрещування – 0.80;
кросовер – однорідний;
час пошуку рішення – 51 год.

Параметри багатопопуляційного ПГА:

кількість популяцій – 4;
розмір окремої популяції – 75;
ймовірність мутації в окремій популяції – 0.06;
ймовірність застосування операції схрещування в окремій популяції – 0.80;
кросовер – однорідний;
час пошуку рішення – 18 год.

Висновки

Результати експериментальних досліджень показали, що запропонований багатопопуляційний паралельний генетичний алгоритм синтезу топологічної структури комп'ютерної мережі за критерієм мінімальної вартості оренди каналів зв'язку дозволяє значно зменшити час отримання рішення на системах з багатоядерними процесорами у порівнянні з однопопуляційним генетичним алгоритмом. Час пошуку рішення скоротився практично втричі 18 годин проти 51 годин. Дані результати дозволяють зробити висновок про доцільність використання багатопопуляційних паралельних генетичних алгоритмів при рішенні

оптимізаційних задач на системах з багатоядерними процесорами.

Подальшим напрямом підвищення ефективності запропонованого ПГА може бути розробка спеціального методу формування початкових популяцій для островів. Початкові популяції островів повинні описувати різні області простору рішень. В такому разі буде забезпечуватись паралельний пошук в різних областях простору рішень і як результат більш детальне її дослідження, що повинно привести до збільшення точності отримуваних рішень.

Список літератури

1. Касьянов В.Н. Графы в программировании: обработка, визуализация и применение / В.Н. Касьянов, В.А. Евстегнеев. – СПб: БХВ-Петербург, 2003. – 1104 с.
2. Pierre S. A learning-by-example method for improving performance of network topologies, / S. Pierre // Eng. Applicat. Artif. Intell. – 1994. – Vol. 7, no. 3. – P. 279-288.
3. Рутковская Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы; 2-е изд. / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский. – М: Горячая линия-Телеком, 2008. – 452 с.
4. Шубин Е.В. Метод синтеза топологической структуры сети передачи данных по критерию минимальной стоимости с использованием генетического алгоритма: Дис. ... канд. техн. наук: 05.12.02. – X/, 2005. – 172 с.
5. Alba E. Influence of the Migration Policy in Parallel Distributed GAs with Structured and Panmictic Populations / E. Alba, J.M. Troya // Application Intelligence. – 2000. – Vol.12, №3. – P. 163-181.
6. Гузько О.М. Генетический алгоритм синтеза топологической структуры сети передачи данных / О.М. Гузько, Ю.Ф. Кучеренко, Е.В. Шубин // Системы обработки информации: Зб. наукових праць. – X.: ХВУ, 2004. – Вип. 11(39).
7. Holland J.N. Adaptation in Natural and Artificial Systems. Ann Arbor, Michigan: Univ. Michigan Press, 1975.
8. Шубин Е.В. Разнообразие информационных потоков для модели вартости СОД / Е.В. Шубин // Радиоэлектроника и информатика: Научно-технический журнал. – X.: ХНУРЭ. – 2001. – № 4.

Надійшла до редколегії 18.10.2011

Рецензент: д-р техн. наук, доцент О.В. Лемешко, Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків.

ПАРАЛЛЕЛЬНЫЙ ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ СИНТЕЗА ТОПОЛОГИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ КОМПЬЮТЕРНОЙ СЕТИ

Е.В. Шубин

В данной работе разработан многопопуляционный параллельный генетический алгоритм синтеза топологической структуры компьютерной сети, в котором реализован механизм адаптивного определения направления обмена генетическим материалом между популяциями островов. Предложен показатель состояния развития популяции и аналитическое выражение для определения его значения. По результатам эксперимента показано преимущество предложенного алгоритма по отношению к однопопуляционному генетическому алгоритму.

Ключевые слова: параллельный генетический алгоритм, компьютерная сеть, топологическая структура, процесс.

PARALLEL GENETIC ALGORITHM SYNTHESIS TOPOLOGICAL STRUCTURE COMPUTER NETWORK

E.V. Shubin

In this work multipopulation Parallel genetic algorithm for the synthesis of synthesis of the topological structure of computer networks, which implements an adaptive mechanism for determining the direction of exchange of genetic material between populations of the islands. Proposed indicator of population development and analytical expression to determine its value. According to the results of the experiment shown Advantages of the proposed algorithm with respect to a one population genetic algorithm.

Keywords: parallel genetic algorithm, computer network topological structure, process.