

Величина  $d$  достатньо велика, завдяки чому перехідний процес в схемі буде по характеру ближче к аперіодическому, що і забезпечує високе швидкодействие ключа.

### ВИВОДИ

Предлагаемое технічне рішення може бути використано в автоматичній, обчислювальній і вимірній техніці, коли потрібно ключ з великим швидкодействием і великими напругами розв'язки «вхід – вихід».

Конструктивно електронний ключ розроблено на печатному трансформаторі з робочим напругою розв'язки 500 В (спробувальне напруга 2,5 кВ) з швидкодействием  $t_{\text{вкл}} + t_{\text{выкл}} = 0,2$  мкс.

Характеристика ключа аналогічна релейному елементу з гістерезисом. Крім прямого використання ключ використовується як пороговий елемент для контролю стану тиристорів в перетворювачах енергії постійного і змінного струму.

### ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОК

1. Дугин Г. К. Схеми на ферит-полупроводникових ячееках в апаратурі зв'язі. – М.: «Связь», 1968. – 312 с.
2. Применение оптоэлектронных приборов: Пер. с англ. С. Гейг, Д. Эванс, М. Хоуп, Х. Соренсен. – М.: «Радио и связь», 1981. – 344 с.
3. Барыбин А. А. Электроника и микроэлектроника. Физико-технологические основы. – М.: «Физматлит», 2007. – 424 с.
4. Попов В. П. Основы теории цепей. – М.: «Высшая школа», 2005. – 575 с.

Надійшла 29.03.2007  
Після доробки 17.03.2008

*Запропоновано електронний ключ, який використовується як швидкодіючий пороговий елемент з гальванічним розв'язанням – електронне реле для контролю стану приладів в напівпровідникових перетворювачах, що задовольняє основним вимогам до приладів контролю.*

*The electronic key used as a high-speed threshold element with a galvanic outcome – the electronic relay for the control of a devices condition over semi-conductor converters which meets the basic requirements shown to devices of the control is offered.*

УДК 621.396.6

В. М. Крищук, Г. М. Шило, Б. А. Артюшенко

## РОЗПАРАЛЕННЯ ГЕНЕТИЧНОГО АЛГОРИТМУ ПАРАМЕТРИЧНОГО СИНТЕЗУ АНТЕННОЇ ГРАТКИ НА КОМП'ЮТЕРНІЙ МЕРЕЖІ

*Для підвищення ефективності генетичного алгоритму (ГА) параметричного синтезу антенних решіток при заданих допусках запропоновано метод розпаралелення. Запропонований метод розроблено для роботи на комп'ютерній мережі та базується на паралельній моделі островів. Було досліджено вплив асинхронного, синхронного та адаптивного режимів роботи і обрано асинхронний режим.*

### ВСТУП

Використання генетичних методів при синтезі антенних систем останнім часом отримало значного поширення [1–4]. В основу роботи ГА покладено ідею запозичену з еволюційного процесу біології: найпристосованіші індивідууми популяції виживають, схрещуються між собою та дають нове, краще, покоління. Мутація, схрещення та відбір дозволяють видам пристосуватись до різноманітних умов існування. Ці ж проце-

си дають можливість знаходити оптимальні рішення і для різноманітних прикладних задач.

Але ці методи потребують значних обчислювальних ресурсів. В зв'язку з чим постає задача розпаралелення обчислень [5]. Для цього можуть застосовуватись різноманітні апаратні системи, але, враховуючи наявні можливості конструкторських організацій, доцільно адаптувати паралельні обчислення саме для мереж персональних комп'ютерів (ПК).

Метою роботи є розробка засобів підвищення ефективності генетичного алгоритму параметричного синтезу антенних систем при заданих допусках шляхом розпаралелення ГА на комп'ютерній мережі.

Для вирішення поставленої задачі необхідно:

- дослідити особливості комп'ютерної мережі;
- дослідити можливі засоби розпаралелення ГА;
- адаптувати запропоновані засоби для задачі ГА синтезу антенних систем.

© Крищук В. М., Шило Г. М., Артюшенко Б. А., 2008

### ОСОБЛИВОСТІ КОМП'ЮТЕРНОЇ МЕРЕЖІ

При паралельних обчисленнях на комп'ютерній мережі виникають суттєві затримки передачі даних. Так для мережі Fast Ethernet латентність складає 150 мкс і апаратна пропускна здатність не перевищує 100 Мб/с. Отже для пересилки опису амплітудно-фазового розподілу антенної ґратки (АГ) з 441 елементів час перевищуватиме 300 мкс (досліди показали, що насправді потрібно від 1 мс). При роботі на мережі ПК затримки та пропускні здатності між усіма ПК однакові, як наслідок, одночасна передача даних до одного ПК призведе до значних затримок при синхронізації. В роботі застосовувались наступні засоби: мережа Fast Ethernet з 10 ПК (процесор – AMD Athlon 1.66 GHz, оперативна пам'ять – 256 МБ, операційна система – QNX Neutrino 2.0). Обчислення діаграми напрямленості зазначеної антенної ґратки на цих ПК складає від 2 мс. Отже пересилка даних займає час того ж порядку, що і обчислення пристосованості одного геному.

З іншої сторони існує проблема програмної реалізації синхронізації. Вирішення цієї проблеми можливе застосуванням: багатопоточності, переважання переривання від мережевого пристрою чи циклічної перевірки приходу даних. Ці підходи досить складні при програмуванні. Наприклад, застосування багатопоточності пов'язано з проблемами розмежування доступу до даних. Операційна система QNX також дозволяє вирішити цю проблему при використанні мережевого протоколу Qnet, який дозволяє передавати сигнали POSIX. Отже для синхронізації достатньо переважити лише обробку сигналів.

### РОЗПАРАЛЕЛЕННЯ ГЕНЕТИЧНИХ АЛГОРИТМІВ

Роботу ГА пояснює наступний запис алгоритму:

- 10** Створення початкової популяції  $P(0)$ ; //  $P(0)$  – початкова популяція
- 20**  $epoch=0$ ; // номер покоління
- 30** Визначення пристосованості індивідуумів популяції  $P(0)$ ;
- 40 while** (не виконано критерій зупинки) // кількість поколінь, час обчислень
- 50**  $epoch = epoch + 1$ ; // збільшення лічильника поколінь
- 60**  $P^*(epoch) = \text{селекція}(P^*(epoch - 1))$ ;
- 70**  $P(epoch) = \text{схрещення та мутація}(P^*(epoch))$ ;
- 80** Визначення пристосованості індивідуумів популяції  $P(epoch)$ ;
- 90 end while**;

На 30-му та 80-му кроках визначається ступінь пристосованості індивідуумів – тобто оцінюються вихідні функції, які слід мінімізувати (максимізувати). На 60-

му кроці селекція обирає найпристосованіші індивідууми (тобто ті, для яких вихідна функція має мінімальне / максимальне значення). На 70-му кроці отримані індивідууми схрещуються між собою (тобто обмінюються частинами бітового коду їх машинного запису) та мутують (зазнають випадкових змін). Таким чином наступна популяція залежатиме від найпристосованіших індивідуумів попередньої. Але її індивідууми будуть відрізнятися від попередніх випадково.

Однією із часто згадуваних особливостей ГА є «природний» паралелізм, під яким розуміється можливість незалежного обчислення пристосованості індивідуумів популяції (80-й крок алгоритму).

Але генетичний алгоритм, з глобальною популяцією, над якою проводиться глобальна селекція та кросовер, важкий для розпаралелення: селекція (крок 60) проводиться послідовно на одному процесорі. Для вирішення цього недоліку застосовують пропорційну, турнамент та інші типи селекції [3]. Ці методи потребують значної міжпроцесорної взаємодії на пересилку даних (для аналізу пристосованості індивідууму клієнтом) та отримання результатів і, як наслідок, значних комунікаційних витрат.

З метою підвищення ефективності паралельної реалізації ГА було розроблено спеціальні версії генетичних методів. Наприклад, при дрібно-зернистій моделі [5] кожному з індивідуумів відповідає окремий процесор, що проводить мутацію, кросовер та обчислення пристосованості. Але селекція обмежується виключно сусідніми процесорами. Ця модель вимагає спеціалізованих масово-паралельних ЕОМ і, відповідно, не може бути застосована для мережі ПК.

Іншим методом є паралельна модель островів (pIGA – parallel island GA). При ній кожному з процесорів надається окрема популяція. Процесор виконує еволюцію за допомогою звичайного, послідовного ГА. Періодично процесор обмінюється частиною власних індивідуумів з іншими процесорами. Таким чином обсяг комунікацій значно скорочується та стає більш керованим. Як показано в [6], для задачі допускового синтезу антенних ґраток за наявності відмов або відхилень, найкращі результати показує СНС (Cross generational elitist selection Heterogeneous recombination (incest preventing) and Cataclysmic mutation [7]). Цей метод також найлегше реалізується для острівної моделі (Ip-SНС), цьому сприяють малий обсяг популяції, вбудовані засоби відсіву однакових індивідуумів та запобігання схрещенню близьких індивідуумів (при міграції кращих індивідуумів між популяціями досить частими можуть бути повтори).

Робота паралельного ГА за моделлю островів відбувається наступним чином [8]:

- 10** Головний процес (сервер) ініціює клієнтів та відсилає їм початкові популяції (генеруються випадково);

- 20** Клієнти проводять еволюцію отриманих популяцій (СНС) протягом заданої сервером кількості поколінь (у відповідності до попереднього алгоритму, за критерій зупинки обирається кількість поколінь);
- 30** Сервер очікує на сигнал від всіх клієнтів про завершення обчислень;
- 40** Сервер випадково обирає клієнта;
- 50** Обраний клієнт відсилає свої найпристосованіші індивідууми серверу;
- 60** Сервер пересилає найпристосованіші індивідууми іншим клієнтам;
- 70** Клієнти вносять отримані індивідууми до власних популяцій;
- 80** Повторення з кроку 20.

Через нерівномірність часу обчислення пристосованості індивідуумів для допускових задач, час обчислень клієнтами також варіює. З метою підвищення ефективності роботи цього методу слід вирішити ряд проблем: зменшити час взаємних очікувань процесорами та збільшити вірогідність розповсюдження найкращих відомих індивідуумів. Для цього можна внести наступні зміни:

1. Замість міграції кращих індивідуумів з одного клієнта, проводити глобальний пошук та міграцію найпристосованіших індивідуумів всіх клієнтів (на кроках 40–60 алгоритму 2), враховуючи незначний програв часу на проведення такого пошуку ця зміна використовується в подальшій частині;
2. Проводити на 30-му кроці синхронізацію не за принципом однакової кількості пройдених поколінь всіма клієнтами, а у відповідності до часу. Для цього за критерій зупинки (крок 40 першого алгоритму) слід обрати час, або сервер сигналом POSIX із заданою періодичністю зупиняє роботу клієнтів по еволюції, та починає обмін індивідуумів. В останньому випадку клієнтам достатньо перевантажити обробку сигналів.
3. Проводити на 30-му кроці синхронізацію по прибуттю сигналу лише з частини (наприклад з одного) клієнтів (асинхронний режим). Після приходу сигналу з цих клієнтів, сервер сигналом зупиняє роботу клієнтів над еволюцією та починає обмін, при цьому клієнти проводять сортування індивідуумів. Для асинхронного режиму відмічають уповільнення роботи ГА [9].
4. Проводити адаптацію параметрів генетичного алгоритму під час його роботи [7]. Для цього клієнти обмінюються не тільки кращими індивідуумами, а й

параметрами ГА (щільність мутації, величина еліти та популяції), після обирання найпристосованіших індивідуумів, клієнти змінюють параметри ГА, наближаючи їх до параметрів того з процесорів, який синтезував найпристосованіші індивідууми. Враховуючи нерівномірність кількості індивідуумів популяції, проводиться виключно синхронізація за часом.

### ПРИКЛАДИ ЗАСТОСУВАННЯ ПАРАЛЕЛЬНИХ ОБЧИСЛЕНЬ

Було проведено дослідження задачі синтезу амплітудно-фазового розподілу (АФР) антенної ґратки з  $21 \times 21$  ненапрямлених рівномірно розташованих елементів з початковим АФР [6] та 5 % допусками на амплітуду та фази. У якості критерію оптимальності обрано мінімізацію різниці між отриманою та заданою ДН при рівні бічних пелюстків у 20 дБ.

У табл. 1 приводяться результати роботи ІрСНС (величина популяції – 45, щільність мутації – 0,065, відношення попереднього та проміжного поколінь – 1:2, клієнти обмінюються 5 % найпристосованіших індивідуумів) за різної кількості процесорів та величин популяції при синхронізації після кожного покоління та глобальній міграції найбільш пристосованих індивідуумів. Як і в [7], маємо нелінійне прискорення роботи ГА при використанні паралельного ГА. При проведенні обчислень за допомогою синхронного паралельного СНС при кількості процесорів 2, час синхронізації дорівнював половині часу обчислень на одному з ПК (приблизно 2 с). При нарощуванні кількості ПК, час синхронізації поступово збільшувався. Таким чином, використання асинхронного режиму дозволяє значно скоротити час роботи і, незважаючи на дещо гірші результати при однаковій кількості поколінь (хоча це і не настільки суттєво як в роботі [9]) за малої кількості ПК, самі обчислення проводилися чи не вдвічі швидше, отже доцільно застосовувати асинхронний режим. Як видно з табл. 2, так зване «нелінійне пришвидчення» ГА при розпаралеленні за моделлю островів [9–11] частково спричинено збільшенням популяції. Таким чином, це пришвидчення матиме місце для задач, що потребують великої популяції (багатокритеріальні та багатопараметричні задачі).

Таблиця 1 – Результати роботи ІрСНС по завершенні 75 поколінь або по генерації  $2 \times 45 \times 50$  індивідуумів (через похилу ризку)

Режим	Кількість процесорів				
	2	4	6	8	10
Синхронний режим	1,33	1,18 / 1,24	1,1 / 1,25	1,06 / 1,13	1,14 / 1,42
Асинхронний режим	1,57	1,17 / 1,43	1,26 / 1,59	1,24 / 1,42	1,07 / 1,37
Синхронізація за часом	1,43	1,32 / 1,48	1,37 / 1,45	1,22 / 1,42	1,08 / 1,37

Таблиця 2 – Результати роботи СНС при різній величині популяції по завершенні 75 поколінь або по генерації 2\*45\*50 індивідумів (через похилу риску)

Величина популяції	45	90	180	360
Результат роботи СНС	1,48	1,26 / 1,5	1,23 / 1,64	1,17 / 1,49

Таблиця 3 – СНС з адаптацією параметрів синхронного режиму по завершенні 75 поколінь

Кількість процесорів	2	4	5	6	7	8
Отриманий результат	1,20	1,66	0,99	1,4	1.11	1,29
Величина популяції	125	103	87	21	22	42
Величина еліти	52 %	47 %	22 %	23 %	50 %	40 %
Щільність мутації	0,05	0,064	0,06	0,05	0,11	0,1

Застосування ІрСНС з адаптацією параметрів хоч і дозволило дещо збільшити ефективність обчислень (табл. 3), але не дало можливості виявити оптимальні значення параметрів ГА, які з плином часу та між системами досить суттєво змінювались. Але слід зазначити, що при застосуванні синхронного адаптивного ІрСНС, виявлено тенденцію до поступового зменшення величини популяції з ростом кількості процесорів.

## ВИСНОВКИ

В роботі запропоновано підхід до розпаралелення генетичного алгоритму параметричного синтезу антенних систем за наявності відхилень від номінальних значень для середовища комп'ютерної мережі. У якості моделі розпаралелення застосовано паралельний варіант моделі островів. Для цього підходу було досліджено вплив режиму синхронізації. Як показали отримані результати, з точки зору ефективності отриманих рішень, краще застосовувати асинхронний режим, що пов'язано з варіативністю часу обчислення пристосованості індивідумів. Так зване нелінійне пришвидження роботи паралельної моделі островів при зростанні кількості процесорів, характерне також і для задачі параметричного синтезу антен. Це пов'язано із великою кількістю параметрів та зростанням величини популяції із збільшенням кількості процесорів. Впровадження ГА з адаптацією параметрів дає незначний виграв у якості знайдених рішень та не показало оптимальних значень параметрів генетичного алгоритму.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Артюшенко Б. А. Синтез лінійної антенної решітки з заданими допусками на її параметри за допомогою генетичного алгоритму // Радіоелектроніка. Інформатика. Управління. – № 1. – 2007. – С. 15–18.
2. Synthesis of Sparse Planar Arrays Using Modified Real Genetic Algorithm / Chen K., Yun X., He Z., Han C. // IEEE Transactions on Antennas and Propagation. – 2007. – Vol. 55, No. 4. – P. 1067–1073.
3. John A, Ammann M. J. Design of wide-band printed antenna using genetic algorithm on an array of overlapping sub-patches // IEEE Workshop on Antenna Techno-

- logy Small Antennas and Novel Metamaterials. – 2006. – P. 92–95
4. Chatteraj N., Roy J. S. Application of Genetic Algorithm to the Optimization of Microstrip Antennas with and without Superstrate // Application of Genetic Algorithm to the Optimization of Microstrip Antennas with and without Superstrate. – 2006. – Vol. 12, No. 2. – P. 32–35.
5. A Parallel Electromagnetic Genetic-Algorithm Optimization (EGO) Application for Patch Antenna Design / Vilegas F. J., Cwik T., Rahmat-Samii Y., Manteghi M. // IEEE Transactions on antennas and propagation – 2004. – Vol. 52, No. 9. – P. 2424–2435.
6. Artyushenko B. Genetic Algorithm for Antenna Array with Failed and Deviated Elements Optimization // Proc. of IEEE Int. Workshop on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Application. – Dortmund (Germany). – 2007. – P. 228–231.
7. Eshelman L. The CHC Adaptive Search Algorithm // Foundation of Genetic Algorithms, G. Rawlings, ed. Morgan-Kaufmann. – 1991. – Pp. 256–283.
8. Whitley D. Cellular genetic algorithms. // In Proceedings of the Fifth International Conference on Genetic Algorithms – San Francisco, California (USA). – 1993 – P. 658.
9. Genetic Adventures in Parallel: Towards a Good Island Model under PVM [Електронний ресурс] / Keith Vertanen. – Електр. дан. – Режим доступу: [http://www.keithv.com/papers/island\\_model\\_pvm.pdf](http://www.keithv.com/papers/island_model_pvm.pdf), вільний. – Заголовок з екрану.
10. Tongchim S., Chongstitvatana P. Comparison between synchronous and asynchronous implementation of parallel genetic programming // In Proceedings of the 5th International Conference for Artificial Life and Robotics.– Japan. – 2000. – P. 251–254
11. Tongchim S., Chongstitvatana P. Parallel genetic algorithm with parameter adaptation // Information Processing Letters. – 2002. – Vol. 82, No. 1. – P. 47–54.

Надійшла 3.03.2008  
Після доробки 18.03.2008

*С целью повышения эффективности параметрического синтеза антенных решеток при заданных допусках предложен метод распараллеливания генетического алгоритма. Предложенный метод разработан для компьютерной сети и базируется на параллельной модели островов. Было рассмотрено влияние асинхронного, синхронного и адаптивного режимов работы и выбрано асинхронный режим.*

*To reduce time consumption of genetic algorithm for antenna arrays optimization with given tolerances on its parameters parallelization scheme is proposed. The proposed parallel genetic algorithm is developed for case of computer-network environment. After looking at the various available parallel models, the island model was chosen as the most appropriate. Synchronous, asynchronous and adaptive realizations were examined, and among them asynchronous variant was chosen.*