

Р. Базилевич, Ю. Боднар  
Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра програмного забезпечення

## ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ МЕРЕЖІ ШЛЯХОМ ОСТРІВКУВАННЯ

© Базилевич Р., Боднар Ю., 2013

Розглянуто методи острівкування мережі для уникнення її хвильового пошкодження. Запропоновано використовувати метод оптимального згортання схеми для виділення ієрархічно вкладених островів мережі.

Ключові слова: декомпозиція складних систем, острівкування мережі, комбінаторна оптимізація, NP-важкі задачі.

The methods of networks islanding to avoid its wave blackout are reviewed. The Optimal Circuit Reduction method is proposed to use for allocating hierarchically nested network islands.

Key words: complex system decomposition, network islanding, combinatorial optimization, NP-hard problems.

### Постановка проблеми

Сучасним мережам – телекомукаційним, Інтернету, грид, енергетичним та іншим притаманна низка проблем, які пов'язані передусім з їх надійністю. Прикладом виникнення такої проблеми є знеструмлення декількох північних штатів Індії через аварію на електростанції у 2012 р. Це призвело до транспортного колапсу, збоїв у роботі багатьох життєво важливих систем. Схожі випадки траплялись у Північних Штатах Америки (2004), Італії (2005), Японії (2011) та інших регіонах. Існує багато методів для вирішення цих проблем. Один з них – острівкування, суть якого полягає у відокремленні частини мережі, в якій трапилась аварія, від решти системи. Відсутність ефективних стратегій для поділу енергомережі на окремі самодостатні частини є однією з проблем великомасштабного знеструмлення, що завдає руйнівного удару по економіці і добробуту сучасного суспільства.

Виявлення окремих “островів”, які мінімально зв'язані з іншими частинами системи, є важливим завданням для підвищення надійності різноманітних розподілених систем. Запропоновано декілька методів острівкування, проте недостатньо розроблені методи виділення ієрархічно вкладених островів, застосування яких може підвищити надійність складної мережі.

Проблеми декомпозиції, дерегулювання та реконструкції систем належать до комбінаторних NP-складних задач, оскільки мають факторіальну обчислювальну складність. У випадку великої та надвеликої їх розмірності важко отримати високоякісний розв'язок. Для розв'язання цих задач потрібно розробити спеціальні алгоритми, які використовують сучасні методи розв'язування складних комбінаторних задач високої розмірності, опрацювання даних великих обсягів та інші сучасні підходи. Для одержання якісного розв'язку для контрольованого умисного острівкування системи необхідно:

- мати високоякісну багаторівневу декомпозицію мережі з виділенням ієрархічно вкладених кластерів;
- виконати часткові задачі на всіх рівнях декомпозиції:
  - отримати якісні початкові розв'язки;
  - здійснити оптимізацію розв'язків із застосуванням алгоритмів виходу з локальних екстремумів.

- розробити алгоритмічне та програмне забезпечення з високим ступенем розпаралелювання для реалізації на суперкомп'ютерах та ґрід-системах, що забезпечить у критичних ситуаціях швидке розв'язання задач ізолювання аварійної ділянки.

### Аналіз існуючих методів

Є ряд методів для розбиття мережі на острови з мінімізацією кількості з'єднань між ними. Розглянемо основні підходи.

**Виділення островів методом моделювання відпалу [1].** Запропонована захисна стратегія (навмисне острівкування) є ефективною для запобігання знеструмленню каскадного характеру і використовує метод імітації відпалу для мінімізації кількості з'єднань між островами, а також забезпечення збалансованості генерувальних джерел. Мережа описується неорієнтованим графом. Якість розбиття графу на  $M$  частин  $C = \{C_1, \dots, C_M\}$  можна оцінити за допомогою модульності Неймана [1]. Розбиття системи з  $N$  вузлами відбувається з використанням спрощеного представлення енергомережі матрицею  $W$  розмірністю  $N \times N$ , елементи якої задають "провідність" ребер (ліній передачі) між вершинами (генераторами або споживачами)  $i$  та  $j$ :

$$W_{ij} = \frac{\text{кількість ліній між вершинами } i \text{ та } j}{\text{нормована графічна відстань}}.$$

Тут "нормована географічна відстань" – це довжини ребер, які з'єднують вершини  $i$  та  $j$ , і є нормованою мінімальною географічною відстанню між двома вузлами мережі. Метою є поділ енергомережі на групи вершин, які тісно пов'язані внутрішніми зв'язками, але слабо зв'язані з рештою мережі. Важливим недоліком методу моделювання відпалу є входження процесу розв'язування задачі у локальні екстремуми, виходи з яких для покращення розв'язку є проблематичними.

**Спектральний поділ навпіл [2].** Граф можна розділити на дві частини (рис. 1), використовуючи матрицю Лапласа. Відповідний власний вектор обчислюється на основі знайдених розрізів. Матриця Лапласа неорієнтованого, незваженого графу  $G(N, B)$ , в якому відсутні цикли чи декілька гілок між будь-якою парою вузлів, має розмірність  $N \times N$ , є симетричною та може використовуватись для різного роду операцій над графом, зокрема його спектрального розбиття.

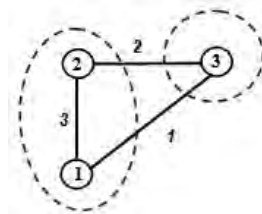


Рис. 1. Приклад розділеного навпіл графу [2]

Математичні зусилля, необхідні для обчислення власних значень і власних векторів, є серйозною проблемою для великих енергетичних систем з сотнями чи тисячами зв'язків. Час на виконання цього підходу через його обчислювальну складність  $O(n^3)$  непридатний для задач великих розмірностей.

**Метод багаторівневої кластеризації  $k$ -середніх [3].** Алгоритм застосовується для острівкування великих енергосистем, забезпечуючи високу швидкодію. Розроблений на протипагу спектральному алгоритму, що потребує великих обчислювальних затрат. Зменшення часу виконання досягається застосуванням методу  $k$ -середніх для поділу енергомережі. Для застосування цього підходу необхідно подати енергосистему у вигляді графу:

- визначити потоки енергії в мережі;
- описати енергосистему графом  $G_0$ , в якому кожен енергоносіє відображається його вершиною та кожна лінія передачі – гілкою;
- вага кожної гілки графу  $G_0$  визначається значенням реального потоку відповідної лінії передачі.

Алгоритм  $k$ -середніх поділяється на декілька фаз: агрегації, поділу та пошуку. Фаза агрегації передбачає перетворення графу  $G_0$  на граф менших розмірів  $G_1$ . Граф  $G_1$ , своєю чергою, перетворюється на граф  $G_2$  і т. д. Для агрегації графу  $G_i$  у граф  $G_{i+1}$  відбувається злиття вузлів першого графу у другий, при якому здійснюється додавання ваг. У фазі пошуку відбувається зворотний процес фази агрегації (рис. 2).



Рис. 2. Процес багаторівневого розбиття [3]

Обчислювальна складність у методі  $k$ -середніх при поділі навпіл становить  $O(n^2)$  для кожної ітерації. У цьому підході не потрібно обчислювати власні значення та власні вектори. Це пришвидшує обчислення, що становить  $O(nz)$ , де  $z$  – кількість ненульових елементів матриці, яка є пропорційною до кількості ліній передачі в енергосистемі. Цей підхід реалізує вимушене, жорстке бінарне групування, що не виявляє природних кластерів.

**AMPSO** [4]. Алгоритм AMPSO знаходить оптимальні розв'язки для невеликих систем і може застосовуватись для отримання добрих розв'язків для великих систем. Алгоритм може розділювати енергомережу на бажану кількість островів (рис. 3).

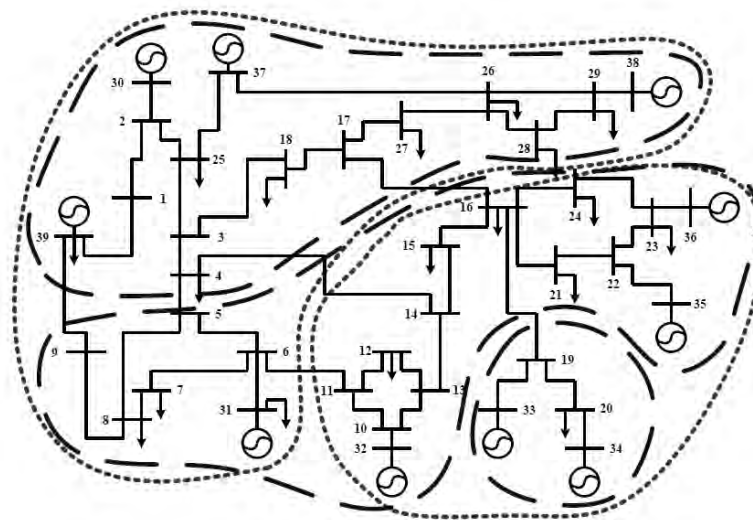


Рис. 3. Острівкування мережі з використанням алгоритму AMPSO [4]

### Метод оптимального згортання схеми

Для вирішення проблем острівкування доцільно використати метод оптимального згортання схеми [5]. На відміну від інших метод забезпечує виділення природних сильно зв'язаних ієрархічно вкладених груп елементів, що сприятиме покращенню якості отриманих розв'язків, особливо для задач великих розмірностей. Ідея методу така. Елементи множини  $P$  відносимо до першого рівня прадерева згортання, тобто  $P_1^c \equiv P$ . На першому кроці з множини  $P$  вибираємо рівноцінні групи

елементів за певним критерієм. Ці групи будуть центром нарощування (ядра). Такі групи можна створити за допомогою об'єднання двох або більше елементів. Сформовані групи утворюють множину  $P_2^c$  другого рівня прадерева згортання. На другому кроці формуємо за вибраним критерієм множину  $P_3^c$  третього рівня прадерева згортання, і так аж поки всі елементи вихідної множини будуть об'єднані в одну множину  $P_k^c$ , яка відповідає елементу найвищого рівня, тобто кореню прадерева згортання (рис. 4).

Процес ієрархічного (паралельно-послідовного) згортання схеми нагадує процес кристалізації, коли на перших етапах паралельно виділяються “зародки”, які згодом збільшуються, розширюються і об'єднуються з іншими такими ж “зародками”. Важливою перевагою цього методу є виділення ієрархічно вкладених кластерів, мінімально зв'язаних між собою; можливості широкого аналізу різних варіантів декомпозиції складної системи. Кожний перетин дерева згортання (довільний, не тільки горизонтальний) утворює певне початкове розбиття системи на частини, яке може використовуватись в конкретному випадку з урахуванням заданих вимог як початковий розв'язок. Метод має обчислювальну складність  $O(n \log n)$ , що робить його придатним для задач великих розмірностей та для задач схемного типу різної фізичної природи.

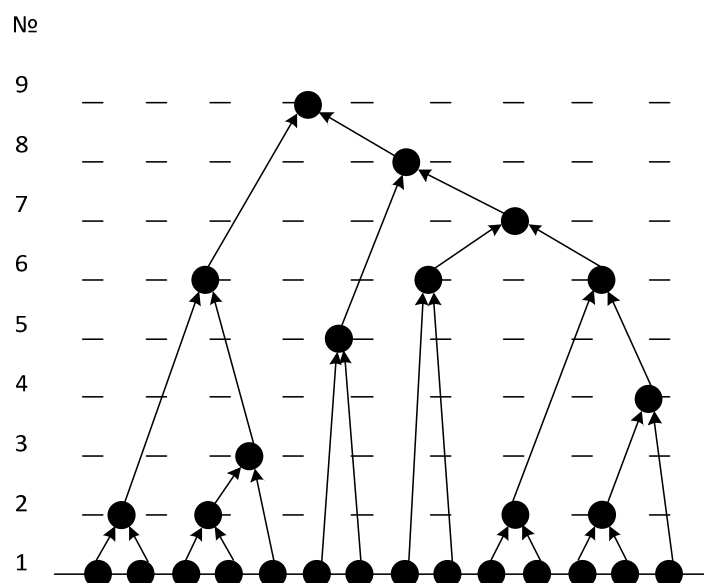


Рис. 4. Приклад дерева згортання

### Висновок

Для вирішення проблеми декомпозиції складних систем, зокрема в енергетиці, які пов'язані із хвильовим знеструмленням, існує ряд підходів. За допомогою острівкування відбувається поділ енергомережі на незалежні острови. Це дає змогу локалізувати проблему, а також зменшити витрати на відновлення енергосистеми. Для острівкування розроблено ряд алгоритмів. Це алгоритми поділу навпіл,  $k$ -середніх, моделювання відпау, AMPSO та інші. Ці алгоритми потребують значних обчислювальних затрат, не завжди можуть забезпечити виконання бажаних для декомпозиції задач. Для розв'язання задачі пропонується використати метод оптимального згортання схеми, що має широкі функціональні можливості, забезпечує виділення природних ієрархічно вкладених кластерів з мінімізацією кількості зв'язків між ними, та є придатним для задач великої та надвеликої розмірності різної фізичної природи, маючи лінійно-логічну обчислювальну складність. Метод ефективний для реалізації на багатопроесорних розподілених системах.

1. Ibrahim Abou Hamad *Florida high-voltage power-grid network partitioning and cluster optimization using simulated annealing* / Ibrahim Abou Hamad, Per Arne Rikvold, Svetlana V. Poroseva // *Department of Physics, Florida State University*. – 2011. 2. Ali Peiravi *Comparison of Computational*

*Requirements for Spectral and Kernel k-means Bisectioning of Power Systems / Ali Peiravi, Rahim Ildarabadi // Australian Journal of Basic and Applied Sciences. – 2009. 3. Ali Peiravi A Fast Algorithm for Intentional Islanding of Power Systems Using the Multilevel Kernel k-Means Approach / Ali Peiravi, Rahim Ildarabadi // Journal of Applied Science. – 2009. 4. Wenxin L. Islanding of Large Scale Power Systems / Wenxin L., Sanjeev S., Bhuvana R., Li L., Qunying S., Zhiping D., David C. // Florida State University. – 2006. 5. Базилевич Р. П. Декомпозиционные и топологические методы автоматизированного конструирования электронных устройств / Базилевич Р. П. – Львов: Вища школа: Изд-во при Львов. ун-те, 1981.*

УДК 004.415

**А. Василюк**

Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра інформаційних систем та мереж

## **ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА “ІНТЕРНЕТ-МАГАЗИН МУЗИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ”**

© Василюк А., 2013

**Електронна комерція є найважливішим складовим елементом електронного бізнесу. Найвідомішим прикладом здійснення електронної комерції є інтернет-магазин, який являє собою веб-ресурс з каталогом продукції та можливістю замовлення і оплати товарів, які сподобались покупцю. Інтернет-магазин є однією з найпоширеніших комерційних моделей електронної торгівлі у сфері B2C.**

**Ключові слова: електронна комерція, інтернет-магазин, бізнес-споживач.**

**E-commerce is an important component of the e-business. The most famous example of electronic commerce is the online shop, which is a web-based resource directory of products and the ability to order and pay for goods that the buyer liked. Online shop is one of the most common business models in e-commerce B2C.**

**Key words: e-commerce, online shop, business-to-consumer.**

### **Вступ**

Найбільшим у світі об'єднанням локальних мереж з метою забезпечення швидкого обміну інформацією є глобальна комп'ютерна мережа Інтернет. Саме через швидкість роботи її почали використовувати в бізнес-процесах та з'явився новий напрям у розвитку інформаційних технологій – електронний бізнес.

З розвитком Інтернету у 1990-х роках виникла відповідна форма електронної комерції у формі інтернет-магазинів, де користувачі могли замовляти товари та послуги з оплатою за допомогою банківських карток.

Інтернет-магазин (електронний, віртуальний, e-shop) являє собою спеціалізований веб-сайт, який належить фірмі-товаровиробнику, торговій фірмі тощо та призначений для просування споживчих товарів на ринку, збільшення обсягів продажу, залучення нових покупців.

### **Постановка проблеми**

Метою розробки є інтелектуальна інформаційна система автоматизованого управління інтернет-магазином з продажу музичного обладнання. Цю систему використовуватиме адміністратор сайта і модератори – довірені особи адміністратора для продажу товару. Ця система являє собою спеціалізований веб-сайт з базою даних, що дає змогу, з одного боку, покупцям