

Дослідження комутуючої мережі Бенеша на основі просторово-часових графів

В.М. Грига

кафедра комп'ютерної інженерії та електроніки
Прикарпатський національний університет
імені Василя Стефаника
Івано-Франківськ, Україна
volodymyr.gryga@pny.edu.ua

Research Benes network based on the spatio-temporal graphs

V. Gryga

Department of Computer Engineering and Electronics
Vasyl Stefanyk Precarpathian
National University
Ivano-Frankivsk, Ukraine
volodymyr.gryga@pnu.edu.ua

Анотація— Розроблено багатотактові операційні пристрої алгоритму сортування на основі комутуючої мережі Бенеша з використанням просторово-часових графів. Отримано аналітичні вирази для розрахунку апаратної складності розроблених пристроїв та визначено, що у порівнянні з відомими розроблені операційні пристрої мають в рази меншу апаратну складність.

Abstract— Developed multitact operating devices sorting algorithm based on Benes network using the spatio-temporal graphs. The analytical expressions for the hardware complexity and determined that in comparison with known operating devices have been developed in times less hardware complexity.

Ключові слова—комутуюча мережа Бенеша; алгоритм сортування; просторово-часовий граф алгоритму, потоковий граф алгоритму

Keywords—Benes network; sorting algorithm; spatio-temporal graph of algorithm, flow graph of algorithm

I. ВСТУП

Сортування даних є одною з типових проблем обробки даних і зазвичай розуміється, як задача розміщення елементів неупорядкованого набору значень, в порядку зростання або спадання [1]. Зазвичай паралельні алгоритми сортування називають сортувальними мережами [2]. Сортувальну мережу будують із базових елементів сортування, які виконують базову операцію “порівняти і переставити”, яка полягає в порівнянні пари із набору

вхідних даних та перестановки цих даних, якщо їхній порядок не відповідає умовам сортування. Одним з найвідоміших і найкраще вивчених алгоритмів сортування є алгоритм на основі неблоковної комутуючої мережі (КМ) Бенеша [3]. Проте при сортуванні великої кількості вхідних даних, комутуюча мережа Бенеша містить велику кількість базових елементів та зв'язків між ними, які іноді часто є не задіяними та простоюють, особливо у випадку вибіркового з'єднання деякого довільного виходу з деяким довільним входом. Тому постає задача розробки та дослідження нових видів комутуючих мереж Бенеша, які б дали можливість при не критичних часових параметрах зекономити на апаратній складності та площі, яку буде займати спроектована мережа на кристалі.

Поставлене завдання вирішується шляхом представлення комутуючої мережі Бенеша у вигляді ярусно-паралельної форми потокового графу (ЯПФ ПГ) та її просторово-часового перетворення [4], з використанням різних типів просторово-часових графів (ПЧГ), що дозволить вибрати оптимальну структуру відносно заданих технічних параметрів для вирішення потрібної задачі.

II. ПРОСТОРОВО-ЧАСОВЕ ПЕРЕТВОРЕННЯ МЕРЕЖІ БЕНЕША

Мережа Бенеша з n входами і n виходами має симетричну структуру, в кожній половині якої (верхній і

нижній) між вхідними і вихідними БЕС розташована така сама мережа Бекеша, але з $n/2$ входами і $n/2$ виходами [5].

На рис. 1 наведено структуру алгоритму сортування на основі комутуючої мережі Бенеша 4×4 .

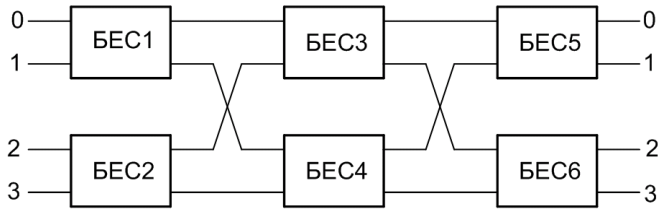


Рис. 1. Алгоритм сортування на основі комутуючої мережі Бенеша 4×4

Дана мережа складається з базових елементів сортування (БЕС), робота яких полягає в порівнянні двох даних та передачі на один з виходів більшого з них, а на другий - меншого. Обчислювальна складність цього алгоритму складає - $N(\log_2 N - 1/2)$ базових елементів, а кількість ярусів - $2 \log_2 N - 1$.

Маючи ЯПФ ПГ КМ Бенеша за допомогою просторово-часового перетворення можна отримати різні типи ПЧГ та апаратно їх відобразити у структуру БОП відповідного типу.

На рис. 2 наведено структуру БОП послідовно-ітераційного типу комутуючої мережі Бенеша 4×4 .

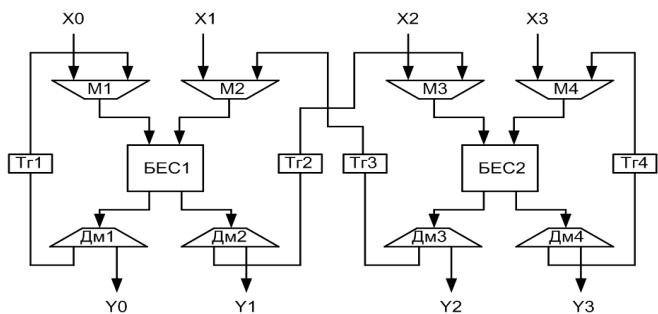


Рис. 2. БОП послідовно-ітераційного типу комутуючої мережі Бенеша

Дана структура БОП складається з двох базових елементів сортування (БЕС1, БЕС2), 4-ох мультиплексорів (M_1, \dots, M_4), 4-ох демультимплексорів ($Дм_1, \dots, Дм_4$) та 4-ох тригерів ($Тг_1, \dots, Тг_4$). БЕС1 та БЕС2 послідовно в часі виконують кожен по три базові операції, мультиплексори послідовно пропускають вхідні дані та проміжні результати на входи БЕС, демультимплексори розподіляють у потрібні моменти часу проміжні результати на входи мультиплексорів а кінцеві результати на свої виходи для запису у вихідні регістри. Елементи затримки проміжних результатів (тригери) затримують проміжні дані на відповідну кількість тактів згідно послідовно-ітераційного ПЧГ. Керування мультиплексорами та демультимплексорами здійснюється за допомогою пристрою керування.

Затрати обладнання на реалізацію БОП послідовно-ітераційного типу для алгоритму сортування на основі КМ Бенеша складають:

$$W_{ПБОП} = N(W_{БЕС} + W_{МП(2 \rightarrow 1)} + W_{ДМП(2 \rightarrow 1)} + W_{Трг.}) \quad (1)$$

Підставивши у формулу (1) значення кількості вентилів, з яких складаються БЕС, мультиплексори, демультимплексори та тригери, отримано числові значення, на основі яких побудовано графік залежності апаратних затрат від кількості вхідних даних для різних типів БОП (рис. 3).



Рис. 3. Графік залежності загальної кількості вентилів від величини вхідних даних для різних типів БОП

Аналізуючи приведені результати на графіку залежності бачимо, що кількість логічних вентилів, які потрібно для побудови структури послідовно-ітераційного та ітераційного БОП мережі Бенеша при ($N > 128$) зменшується в рази у порівнянні з її реалізацією на структурі конвеєрного ОП.

ВИСНОВКИ

Отримані аналітичні вирази для оцінки апаратної складності БОП різних типів, на основі яких проектувальник може вибрати потрібну структуру, що дозволить розв'язати поставлену задачу при встановлених системних параметрах.

Застосування ПЧГ для розробки різних типів БОП дозволяє знайти оптимальне співвідношення між часовими та апаратними характеристиками.

ЛІТЕРАТУРА REFERENCES

- [1] Д. Кнут Искусство программирования для ЭВМ. Т.3: Пер. с англ. – М.: Мир, 1978. -841 с.
- [2] А. О. Мельник Пам'ять із впорядкованим доступом: монографія – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2014. – 296 с.
- [3] V.E. Benes, Mathematical Theory of Connecting Networks and Telephone Traffic, Academic Press, 1965.
- [4] В. М. Грига Просторово-часове перетворення потокових графів алгоритму. // Вісн. ХНУ. – Хмельницький, 2010. - №4. – С.113-116.
- [5] Б. Я. Цилькер, С. А. Орлов Организация ЭВМ и систем: Учебник для вузов. – спб: Питер, 2006. – 668 с.