

Summary

In this paper, the author presents his experiences in the area of the use of FPGA devices for data-intensive computing. Processing of the large volumes of data plays a significant role in today's Internet and computing services. Also, big data processing has become a new pillar of science as a tool for knowledge discovery. Traditionally, high-performance computers help scientist to perform simulations and modelling that employ extensive calculations. Input data sets are relatively small, and processing dominates in these applications. Data-intensive problems set new requirements of computers' users, as they require high data throughput rather than high computing power of the computing system. Now, users expect that, besides processing power, their computers provide the highly efficient data movement as well. Notably, these demands are often accompanied by concerns for energy-efficiency.

The solution that is commonly implemented to fulfill all those claims simultaneously is an introduction of heterogeneous computing architectures. Accordingly, commodity computers are enhanced by the task-oriented accelerators such as GPGPUs, DSPs, FPGAs, and other specialised devices. This technique leads to the improvement of computing capability of a computer system. The role of FPGA accelerators is discussed exclusively in this work. An important part of the text covers downsized computing platforms that combine energy-efficient processors with reconfigurable logic and particularly suit for data-intensive calculations.

It is always critical to characterise a class of algorithms that benefits from a use of a particular type of an accelerator device. The author identifies processing tasks that gain when they are ported to an FPGA-accelerated computers. Mainly, sorting and searching algorithms are elaborated in this paper. The author presents hardware structures for well-known, software-based algorithms but also gives new original solutions that particularly satisfy the FPGA-enabled systems.

The practical examples are reported as results of processing performance and energy consumption in the paper. They show that on average over two-fold processing speedup and order of magnitude reduction of electric power is possible in FPGA-enhanced architectures if compared to traditional CPU-only solutions.

Streszczenie

W monografii autor opisuje swoje doświadczenia dotyczące przetwarzania dużych zbiorów danych przy wykorzystaniu układów FPGA. Analiza danych odgrywa dziś wiodącą rolę w realizacji usług internetowych i przetwarzaniu informacji. Metody określane terminem *Big Data Discovery* uzyskały status jednego z głównych narzędzi nauki służącego do poznania i rozmielenia procesów zachodzących w świecie. W przeszłości naukowcy wymagali, aby komputery dostarczały dużej mocy obliczeniowej, która umożliwia symulację i modelowanie procesów fizycznych. Dzisiaj użytkownicy przetwarzający duże zbiory danych wymagają dodatkowo dużej przepustowości operacji wejścia-wyjścia. Ponadto powyższe oczekiwania często idą w parze z koniecznością ograniczenia energii zasilania komputerów.

Spełnienie powyższych oczekiwań można osiągnąć, wdrażając architektury heterogeniczne. W tym rozwiązaniu komputery są dodatkowo wyposażane w karty akcelerujące zawierające urządzenia GPGPU, DSP, FPGA czy inne układy specjalizowane. Prowadzi to do poprawy wydajności wspieranych przez akcelerator zadań. Niniejsza praca ogranicza się do zagadnień związanych z układami FPGA. Ważną jej część dotyczy platform obliczeniowych o zredukowanej wydajności, które łącząc energooszczędne procesory i układy rekonfigurowalne, nadają się do zadań związanych z przetwarzaniem dużych zbiorów danych.

W przypadku wykorzystania akceleratorów istotne jest, aby scharakteryzować grupę algorytmów, które mogą zyskać na ich zastosowaniu. Autor przedstawia zadania obliczeniowe, których realizacja w układach FPGA może przynieść korzyści. Treść pracy dotyczy głównie zagadnień sortowania i wyszukiwania. Autor proponuje architektury sprzętowe odpowiadające znanym algorytmom software'owym, oraz wprowadza nowe oryginalne rozwiązania bazujące na zastosowaniu rekonfigurowalnych układów FPGA.

Przedstawione aplikacje dostarczają parametrów wydajnościowych i energetycznych. Pokazują one, że dzięki technologii FPGA, w porównaniu z rozwiązaniami bazującymi wyłącznie na CPU, jest możliwe uzyskanie średnio ponaddwukrotnego przyspieszenia i zredukowanie zużycia energii elektrycznej o rząd wielkości.