

병렬 응용 프로그램의 병렬 구간 별 성능 분석

(Performance Analysis of Parallel Applications at Parallel Region Level)

이 영 호, 김 지 흥
서울대학교 컴퓨터공학과

(Young-Ho Lee, Jihong Kim)

School of Computer Science and Engineering, Seoul National University

Abstract : As multi-core systems are widely adopted, it is critical to optimize parallel applications to efficiently take advantage of performance benefits of multiple cores. In order to optimize parallel applications, application developers should understand the performance implications of their applications. In this paper, we analyze the performance of parallel applications at parallel region levels. Experimental results on a real platform show the various performance scalability between parallel regions and a few parallel regions contribute to the total execution time.

Keywords : performance, analysis, parallel application, multi-core

1. 서 론

최근 임베디드 기기부터 서버 시스템에 이르기까지 멀티코어 기반 시스템이 널리 사용되고 있다. 이러한 멀티코어 기반 시스템에서는 응용 프로그램이 다중 코어의 성능을 최대한 활용할 수 있도록 응용 프로그램을 효율적으로 병렬화 하는 것이 필수적이다.

단일 스레드 (single-threaded) 기반 응용 프로그램과는 달리, 병렬 응용 프로그램은 하나 이상의 병렬 구간 (parallel region) 으로 이루어져 있으며 각 병렬 구간은 하나 이상의 프로세서 코어에 의해 수행된다. 병렬 응용 프로그램은 여러 개의 스레드가 병렬 구간을 나누어 수행하기 때문에, 이론적으로 병렬 응용 프로그램의 성능은 병렬 응용 프로그램에 할당된 프로세서의 개수에 비례한다. 그러나 실제로는 동시에 수행되는 스레드 (thread) 사이에

발생하는 자원 충돌 (e.g., cache contention, bus contention) 으로 인해 병렬 응용 프로그램의 확장 성능 (scalable performance) 이 저하된다는 문제가 있으며, 병렬 구간 별로 스레드 간에 발생하는 자원 충돌의 정도가 다르기 때문에 각 병렬 구간 별 확장 성능도 달라질 수 있다.

따라서 병렬 응용 프로그램의 성능 최적화를 위해서는 먼저 응용 프로그램의 구간 별 확장 성능을 분석하는 것이 요구된다. 예를 들어, 응용 프로그램 개발자는 각 병렬 구간 별 확장 성능 분석 결과를 통해 응용 프로그램의 성능 및 에너지를 개선하는데 활용할 수 있다.

본 논문에서는 병렬 응용 프로그램의 성능 분석을 위한 분석 도구를 개발하고, 이를 활용하여 실제 멀티코어 기반 시스템에서 다양한 병렬 응용 프로그램의 병렬 구간 별 성능 분석 결과를 제시한다. 성능 분석을 통해 프로그램 개발자는 각 응용 프로그램의 확장 성능을 분석하고 성능 및 에너지 최적화에 활용할 수 있음을 보였다.

논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 2장에서는 병렬 응용 프로그램의 성능 분석 환경에 대해 설명하고, 3장에서는 다양한 병렬 응용 프로그램을 대상으로 병렬 구간 별 성능 분석 결과를 제시한다. 마지막으로 4장에서는 결론 및 향후 연구 방향에 대해

본 논문은 BK21 사업에 의하여 지원되었으며, 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 (No. 20110020426) 수행되었습니다. 본 연구를 위해 연구장비를 지원하고 공간을 제공한 서울대학교 컴퓨터 연구소와 IDEC에 감사드립니다.

제시한다.

II. 병렬 응용 프로그램의 성능 분석 환경

본 장에서는 병렬 응용 프로그램의 성능 분석 환경에 대해 기술한다. 먼저 대상 하드웨어는 Intel Quad-Core 프로세서중 하나인 Q6600 기반 시스템이며, 운영체제는 Linux 2.6.32 버전을 사용하였다. Q6600 프로세서의 경우 1.6GHz 및 2.4GHz의 2개의 클럭 속도를 지원한다. 병렬 프로그램의 성능 분석을 위해 본 논문에서는 오픈소스 분석 도구 중 하나인 Perfsuite [2] 을 수정하여 사용하였다. 기존의 Perfsuite의 경우에는 pthread 기반 병렬 응용 프로그램에 대해서만 성능 분석이 가능하기 때문에, 본 논문에서는 pthread 뿐만 아니라 OpenMP [1] 로 작성된 병렬 프로그램에 대한 분석이 가능하도록 gcc 컴파일러와 perfsuite을 수정하였다. 또한 벤치마크 프로그램은 OpenMP 벤치마크 중 하나인 NPB 벤치마크 [3] (버전 3.2)를 사용하였다.

III. 병렬 응용 프로그램의 병렬 구간 별 성능 분석 결과

본 장에서는 다양한 NPB 벤치마크를 활용하여 병렬 구간 별 성능 분석 결과를 제시한다. 그림 1, 2는 병렬 구간 별 성능 분석 결과를 나타낸다. 그림에서 x축은 각 병렬 구간을 나타내며, y축은 해당 병렬 구간에서의 수행 시간 (단위: 초)을 나타낸다. 단, 병렬 프로그램에 따라 병렬 구간의 개수가 달라지기 때문에 벤치마크에 따라 x축의 개수가 달라짐을 확인할 수 있다. 또한 다양한 클럭 속도에 따른 확장 성능을 분석하기 위해 클럭 속도를 1.6GHz, 2.4GHz 로 설정하고 프로세서 코어의 개수를 변화시키면서 수행하였다. 예를 들어, 각 그래프 상에서 t2_16은 클럭 속도를 1.6GH로 설정하고 2개의 프로세서 코어를 할당했을 때의 성능을 나타낸다.

먼저 그림 1은 NPB 벤치마크 중 BT, CG, EP, FT 벤치마크에 대한 병렬 구간 별 성능을 나타낸다. 이들 벤치마크의 경우, 각각 11, 15, 3, 9개의 병렬 구간으로 이루어진 것을 확인할 수 있다. BT 벤치마크의 경우, 병렬 구간 5~7가 전체 수행 시간의 대부분을 차지하며 확장 성능을 가짐을 알 수 있다. 반면 병렬 구간 4의 경우, 클럭 속도 변화나 코어 수에 관계 없이 수행 시간이 일정한 것으로부

터 확장 성능이 좋지 않음을 알 수 있다. CG 벤치마크의 경우에는 병렬 구간 8이 전체 수행 시간의 대부분을 차지하는 것을 확인할 수 있으며 확장 성능을 가짐을 확인할 수 있다. 비슷하게 EP 벤치마크의 경우에는 병렬 구간 2가 전체 수행 시간의 대부분을 차지한다. FT 벤치마크의 경우에는 병렬 구간 4~6의 확장 성능은 좋은 반면, 병렬 구간 7의 확장 성능은 좋지 않음을 알 수 있다. 또한 이러한 경향은 그림 2의 MG, SP, LU 벤치마크에도 동일하게 나타남을 확인할 수 있다.

대부분의 벤치마크 수행 결과를 통해, 일부 병렬 구간이 전체 수행 시간의 대부분을 차지함을 알 수 있다. 이는 병렬 프로그램 최적화시 전체 병렬 구간을 최적화하는 것 보다 수행 시간에 큰 영향을 미치는 일부 병렬 구간에 집중하는 것이 성능 측면에서 이득임을 알 수 있다. 또한 병렬 구간 별로 확장 성능이 다른 사실로 볼 때, 병렬 프로그램의 성능 최적화를 위해서는 병렬 구간의 개수가 많은 것 보다 개별 병렬 구간의 확장 성능을 높이는 것이 중요함을 알 수 있다. 특히, 전체 수행 시간 대비 수행 시간의 비중이 너무 적은 병렬 구간들은 전체 프로그램의 성능 최적화에 영향을 거의 미치지 못하는 것을 확인할 수 있다.

이러한 분석 결과는 병렬 응용 프로그램의 에너지 최적화에도 활용될 수 있다. 예를 들면, 확장 성능이 높은 일부 병렬 구간의 경우에는 많은 프로세서 코어를 할당할수록 성능이 높아지게 되므로 많은 코어를 할당하고, 수행 시간이 매우 적거나 수행 시간이 많더라도 확장 성능이 낮은 병렬 구간들의 경우에는 적은 수의 코어를 할당함으로써 추가적으로 프로세서의 에너지 소모를 개선하는데 활용할 수 있다.

IV. 결 론

본 논문에서는 병렬 응용 프로그램의 성능 분석을 위한 분석 도구를 개발하고, 이를 활용하여 실제 멀티코어 기반 시스템에서 다양한 병렬 응용 프로그램의 병렬 구간 별 성능 분석 결과를 제시하였다. 분석 결과, 대부분의 병렬 응용 프로그램에서 병렬 구간에 따라 확장 성능이 달라짐을 확인할 수 있었으며, 특히 일부 병렬 구간이 전체 수행 시간의 대부분을 차지함을 보였다. 따라서 이러한 병렬 구간의 확장 성능을 높이는 것이 전체 수행 성능을 개선하는데 중요한 부분임을 보였다.

향후 분석 결과를 활용한 병렬 응용 프로그램의 성능 및 에너지 최적화를 진행할 계획이다.

참 고 문 헌

- [1] OpenMP, The OpenMP ARB,
<http://www.openmp.org/>.
- [2] Rick Kufrin, "PerfSuite: An Accessible, Open Source Performance Analysis Environment for Linux", International Conference on Linux Clusters, 2005.
- [3] NAS Parallel Benchmarks,
<http://www.nas.nasa.gov/Resources/Software/npb.html>