

전압변화에 의한 에너지 오버헤드를 고려하는 멀티프로세서 시스템을 위한 전압 조절 기법

*홍혜정, 김현진, 강성호
연세대학교 전기전자공학과

e-mail : hjhong@soc.yonsei.ac.kr, hyunjin2.kim@gmail.com, shkang@yonsei.ac.kr

Voltage Scaling for Multiprocessor Systems with Voltage Translation Energy Overhead

*Hyejeong Hong, HyunJin Kim, Sungho Kang
School of Electrical & Electronic Engineering
Yonsei University

Abstract

We propose a DVS technique for multiprocessor systems considering the energy consumed when translating voltage. We schedule periodic applications on two identical processors throughout a three-stage process; firstly, the computation energy consumption is minimized then the number of voltage translations is minimized. Finally, the result is compared with the schedule with no voltage translation and the one with smaller energy consumption is chosen. Overall, 10.6% energy reduction was achieved.

I. 서론

최근 이동성 기기의 수요가 급증하면서 저전력 시스템 설계에 대한 관심이 커지고 있다. 동작 속도를 높여서 시스템의 성능을 향상시키던 기존의 설계방식은 에너지 소모 측면에서 바람직하지 않다. 여러 개의 프로세서로 하나의 시스템을 구성하여 어플리케이션을 병렬적으로 처리하게 하는 멀티프로세서 시스템이 이에 대한 대안이 될 수 있다. 여기에 대표적인 저전력 설계 기법의 하나인 동적 전압 조절 (DVS: dynamic voltage selection) 기법을 적용시킴으로써 에너지 소모량을 더욱 감소시킬 수 있다.

프로세서의 동작 전압이 바뀔 때에도 에너지가 소모

된다[1]. 그러나 지금까지 대부분 동적 전압 조절 기법에서 이를 고려하지 않고 있다. 본 논문에서는 task를 수행하는 데에 필요한 에너지뿐만 아니라 전압이 바뀔 때 소모되는 에너지 오버헤드를 고려하는 멀티프로세서 시스템을 위한 동적 전압 조절 기법을 제안한다.

II. 제안하는 동적 전압 조절 기법

어플리케이션은 그림1과 같은 data acyclic graph(DAG)로 주어진다. 각 노드는 하나의 task를 의미하고, 에지는 task 간의 의존성을 나타낸다. 본 논문에서는 두 가지 동작전압 모드(V_h, V_l)를 가지는 두 개의 동일한 프로세서 $P1, P2$ 로 구성된 아키텍처를 가정하며, 주기가 있는 어플리케이션을 대상으로 한다. 예제 task graph(TG)에서 주기는 15이고, 각 노드 안에 쓰인 수는 해당 task를 V_h 에서 수행하는 데에 필요한 시간을 의미한다. 이를 V_l 에서 수행한다면 두 배의 시간이 필요하고, 에너지 반만 소모된다(1로 가정).



그림 1. 예제 TG

예제 TG를 세 가지 방법으로 스케줄링 결과를 그림 2에 나타내었다. (a)와 (b)는 에너지 소모량이 23으로 같지만, (a)에서는 전압이 한 주기에 여섯 번씩 바뀌고, (b)에서는 두 번만 바뀌므로 (b)가 (a)보다 효율적이다. (c)의 에너지 소모량은 27로 앞의 두 경우보다

크지만, 만약 두 번의 전압변화에 필요한 에너지가 4보다 크다면 (b)보다 (c)가 적은 에너지를 소모한다.

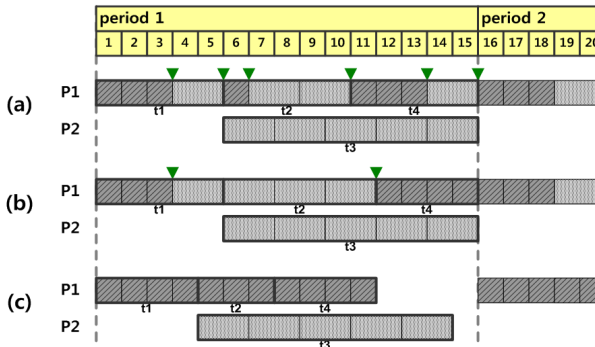


그림 2. 예제 TG의 세 가지 스케줄

제안하는 알고리즘은 세 단계로 이루어진다(그림3). (a) task 수행에 필요한 에너지 소모를 최소화 하는 스케줄을 찾는다. 즉, 각각의 task가 활용할 수 있는 slack의 수가 정해진다. 여기서는 전압변화에 따른 에너지 소모에 대한 고려가 없기 때문에 전압변화가 잦다. (b)에서는 (a)의 스케줄의 전압변화 횟수를 최소화한다. 특정 task가 이용할 수 있는 slack을 다른 task에 넘겨줌으로써 V_l 에서 동작하는 시간대를 변경하여 전압변화를 감소시킨다. 이는 task 수행에 필요한 에너지 소모량을 (a)에서와 같이 유지하는 범위 내에서 이루어지지만, (b)의 결과는 (a)에 비해 전압변화 횟수가 감소하므로 전체 에너지 소모가 감소한다. (c)에서는 (a)의 스케줄을 바탕으로 전압변화가 없도록 전압을 조절하고, 이때의 에너지 소모량을 (b)의 에너지 소모량과 비교하여 에너지 소모가 적은 스케줄을 최종적으로 선택한다.

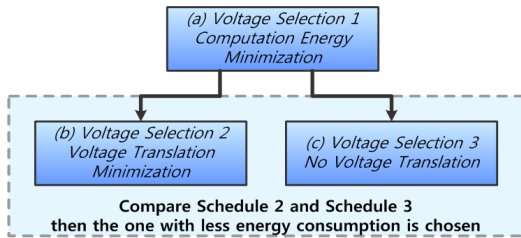


그림 3. 제안하는 알고리즘

III. 실험

TGFF v3.3[2]을 이용하여 생성한 여덟 개의 TG를 입력으로 사용하였다. 앞의 예제에서와 같이, V_l 에서의 수행 시간은 V_h 에서 수행 시간의 두 배로, 단위 시간 당 에너지 소모량은 V_h 에서 V_l 에서의 네 배로 모델링하였다. 한 번 전압이 바뀔 때 소모되는 에너지는 V_h 에서의 단위 시간 당 에너지 소모량과 같다. 알고리즘의 첫 단계는 integer linear programming(ILP)으로

구현하였다[3].

그림 4에 실험에 사용한 그래프 중 세 개에 대해 (a), (b), (c) 경우에 따른 에너지 소모량을 나타내었다. 막대의 아래 부분은 task 수행에 필요한 에너지를, 윗 부분은 전압변화에 따른 에너지 오버헤드를 나타낸다. (c)는 전압변화가 없으므로 막대는 task 수행에 필요한 에너지만으로 구성된다. Graph1과 2는 기존 방식대로 라면, (a)와 (b)의 에너지 소모량의 차이가 없으나, 전압변화에 따른 오버헤드를 고려하는 단계를 추가함으로써 (b)가 더 효율적인 스케줄임을 확인할 수 있다. Graph1과 2와 같이 task가 두 개의 프로세서에 고르게 배치되는 대부분의 경우에 (b)가 (c)보다 유리한 결과를 보이지만, Graph3은 하나의 프로세서가 V_l 로 고정되어 (c)가 가장 효율적이다. 전체적으로 전압변화에 따른 에너지 소모를 고려하지 않은 (a)에 비해 평균 10.6%의 에너지가 감소되었다.

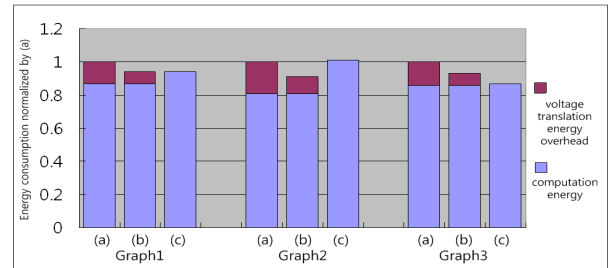


그림 4. Graph1, 2, 3의 에너지 소모량 비교

IV. 결론

기존의 멀티프로세서에 동적 전압 조절 기법을 적용한 경우는 대부분 전압변화에 소모되는 에너지에 대한 고려가 없었다. 만약 전압변화가 지나치게 잦다면, 그로 인해 소모되는 에너지가 동적 전압 조절 기법을 적용함으로써 얻는 이득을 넘어설 수도 있다. 본 논문에서는 전압변화에 소모되는 에너지를 고려하여 최적의 스케줄을 찾는 전압 조절 알고리즘을 제안하고, 이를 고려하지 않는 경우 대비 평균 10% 정도의 에너지 소모를 감소시켰다.

참고문헌

[1] J. Henkel et al., Designing Embedded Processor, Springer, pp. 259-284, 2007.
 [2] <http://ziyang.eecs.northwestern.edu/~dickrptgff/>
 [3] Y. Zhang et al., "Task Scheduling and Voltage Selection for Energy Minimization", DAC, pp. 183-188, 2001.