

멀티 프로세서 시스템의 배터리 사용 시간 향상을 위한 테스크 스케줄링 알고리즘

*정일중, 이석희, 정정화
한양대학교 전자컴퓨터통신

e-mail : iljongs@naver.com, leepooj@nate.com, hjchong@hanyang.ac.kr

Task Scheduling Algorithm for Improvement of Battery Life Time of Multi-Processor System

*Il-Jong Jung, Seok-Hee Yi, Jong-Wha Cong
College of Information & Communications
Hanyang University

Abstract

본 논문은 배터리를 이용하는 시스템의 사용시간을 극대화하기 위하여 두 가지 해결책을 제시한다. 첫 번째, 우리는 멀티 프로세서 시스템에서 Dynamic Voltage Scaling(DVS)을 이용하여 에너지 소모를 최소화시킨다. 다른 어프로치와의 큰 차이점은 테스크의 실행 시간을 deadline까지 확장시켜 에너지 소모를 최소화할 뿐만 아니라 테스크의 실행 사이클 수가 감소할 것을 고려하여 테스크를 나누어 다른 동작 주파수를 적용 시키고 이를 수학적 방법으로 도출한다. 두 번째, 배터리의 discharge 특성인 capacity rate effect와 recovery effect를 고려하여 프로세서들의 에너지 소모 프로파일을 재구성함으로써 배터리 라이프타임을 최적화시킨다.

I. 서론

에너지 소모량은 배터리를 이용하는 시스템의 사용시간을 결정하는 중요한 요소이다. 하지만 싱글 프로세서에서 멀티 프로세서 시스템으로 진화하고 시스템의 집적도가 고도화됨에 따라 에너지의 소모에 대한 문제점은 더욱 부각되고 있다. 단순히 에너지 소모를 최소화한다고 해서 시스템의 사용시간이 최대화되는 것은 아니다. 에너지의 소모의 최소화를 달성했다 하더라도 한순간에 많은 workload가 발생할 경우 배터리의 생명을 크게 단축시키기 때문이다[1]. 배터리는 recovery effect라는 discharge 특성이 있는데, 이는 배터리의 생명을 오래 유지 시킬 수 있는 방법 중에 하나이다. recovery effect의 이점을 얻기 위해선 스케줄링된 테스크들의 workload는 non-increasing한 형태를 가져야 한다[2].

II. 본론

2.1 Minimize Energy Consumption

에너지 소모의 최소화는 다음의 세 단계를 거쳐 달성된다. 첫 번째는 edf를 이용하여 스케줄링하고 각 프로세서의 워크로드를 계산하여 골고루 테스크들이 균형있게 배치되도록하는 것이다. 두 번째는 배치된 테스크들이 각자의 워크로드에 비례하게 deadline내에서 실행시간을 갖도록 길이를 조정하는 것이다. 마지막으로 task의 길이가 항상 worst case execution cycles을 갖는 것은 아니기 때문에 execution cycle의 감소를 고려하여 task를 나눈 후 점점 높은 동작 주파수를 적용시켜 실제 cycle의 감소가 발생했을 경우 소비 에너지의 감소가 최대가 되도록 하였다.

2.1.1 partitioned tasks' frequency

그 동안은 테스크의 동작 주파수를 일정하게 유지했다면 여기서는 일정하게 유지했을 때와 같은 에너지를 갖도록 하되 동작 주파수는 다음과 같이 계단형이 되도록 증가시키는 방법을 이용하였다.

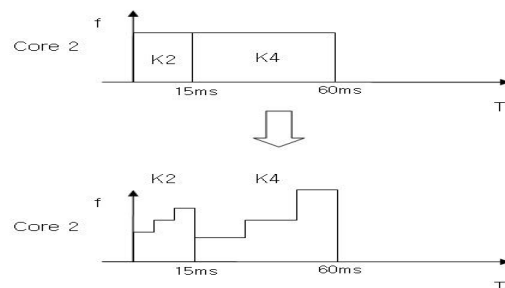


그림 1 다른 동작주파수를 각 서브테스크에 적용

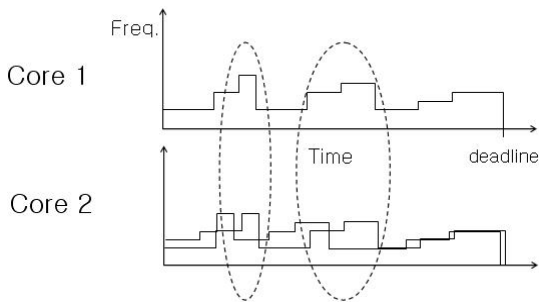
<그림 1>의 경우 테스크의 동작 주파수를 세 단계로 표현 하였는데 이는 그렇지 않았을 때와 비교해서 각

부분의 동작 주파수만 다를 뿐 execution cycle, time 그리고 에너지 소모는 동일하다.

이렇게 계단형으로 태스크의 동작 주파수를 바꾸어 줌으로서 가장 큰 이득은 worst case execution cycle 이 아닐 경우에 크게 나타난다. 보통의 경우엔 execution cycle이 감소함에 따라 같은 비율로 에너지 감소가 이루어졌지만 제안된 방법의 경우는 뒷 부분의 cycle일 수록 높은 에너지를 갖고 있어서 에너지 감소의 폭이 크다.

2.2 Battery Lifetime Optimization

마지막으로 제안하는 것은 배터리 사용에 관한 것이다. 점차 모든 모바일 기기에 멀티프로세서 시스템이 이식 될 것이고 그에 따른 에너지 소모 또한 중요한 이슈가 될 것이다. 하지만 무엇보다도 모바일 기기는 배터리라는 한정된 에너지 자원을 가지고 있다. 그렇기 때문에 배터리의 특성을 이용한다면 같은 에너지를 소모함에도 불구하고 더 오랫동안 시스템을 작동 시킬 수 있을 것이다. 일반적으로 각 배터리 모델들은 그 용량과 정격 전류를 표시하고 있다. 용량이라는 것은 그 배터리가 갖고 있는 에너지의 양을 뜻하는 것이고 정격전류라는 것은 에너지를 모두 소모할 때까지 지속적으로 공급할 수 있는 전류량을 뜻하는 것이다. 하지만 시스템에서 더 많은 전류를 요구할 경우엔 배터리에서 급격히 전하가 빠져나가 사용 가능한 배터리양이 급속히 감소하게



되고 이러한 상황이 지속될 경우 배터리는 더 이상 에너지를 공급할 수 없게 된다. 이러한 문제점을 보완하기 위해서 다음과 같은 방법을 제안하겠다.

위의 예시는 태스크의 동작 주파수를 계단형으로 설정함에 따라 높은 부분이 겹칠 경우 위에서 설명한 것과 같이 배터리에서 공급할 수 있는 정격전류 이상을 요구하게 된다. 그럴 경우배터리 사용에 있어서 치명적 문제점을 초래하기 때문에 앞 계단의 주파수를 높여 높은 주파수가 겹치는 것을 피하는 것이다. 이런 방법을 통해 에너지의 효율은 감소하겠지만 배터리 소모에 있어서는 안정성을 더하기 때문에 결과적으로 시스템 사용 시간을 늘이는 데 기여하게 된다.

III. 실험 결과

제안된 알고리즘에 대한 시뮬레이션은 태스크의 수행 시간을 worst case로 고려한 것과 2007 DAC에서 제안된 알고리즘을 비교하였다.

| Reduction ratio | Proposed Algorithm | Worst Case Execution time | 07' DAC |
|-----------------|--------------------|---------------------------|-----------|
| 0% | 7.091E+21 | 7.091E+21 | 1.559E+22 |
| 10% | 5.909E21 | 6.382E+21 | 1.15E+22 |
| 20% | 4.924E+21 | 5.673E+21 | 7.583E+21 |
| 30% | 4.136E+21 | 4.963E+21 | 4.896E+21 |

위의 표에서 보는 바와 같이 태스크의 길이가 0%부터 30%까지 감소하였을 경우의 에너지 소모량을 각 알고리즘에 대하여 나타내었다. 본 논문에서 제안한 알고리즘이 적게는 15%에서 많게는 50%이상 에너지 소모량이 감소되었음을 알 수 있다.

IV. 결론

멀티 프로세서 시스템이 등장함에 따라 최적의 스케줄링을 통한 에너지 소모의 최소화가 요구되었고, 휴대용 기기들에게까지 멀티 프로세서가 적용됨으로서 에너지뿐만 아니라 배터리 라이프타임에 대한 최적화도 같이 고려해야만 했다. 우리는 워크로드 밸런스한 최적의 알고리즘을 통해서 태스크를 스케줄링하여 에너지 소모를 최소화하였을 뿐만 아니라 에너지 소모 프로파일의 합이 non increasing이 되도록 task들의 동작 주파수를 재설정하는 방법에 의해서 배터리 라이프타임 또한 최소화 하였다.

Acknowledgement

본 연구보고서는 지식경제부 출연금으로 ETRI, SoC 산업진흥센터에서 수행한 IT SoC 핵심설계인력양성사업의 연구결과입니다. 또한 본 연구는 서울시 산학연 협력사업, IDEC의 지원을 받았습니다. 본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 지원 사업의 연구결과수행되었습니다. (IITA-2008-C1090-0801-0019)

참고문헌

[1] Changjiu Xian, Yung-H나똥 Lu and Zhiyuan Li. Energy-Aware Scheduling for Real-Time Multiprocessor Systems with Uncertain Task Execution Time. In DAC 2007
 [2] Princey Chowdhury and Chaitali Chakrabarti. Static Task-Scheduling Algorithms for Battery-Powerd DVS Systems. IEEE Transaction on Very Large Integration Systems, Vol. 13. No,2, 2005