

동영상 재생기를 위한 윈도우 기반

동적 전압조절 알고리즘

서영선⁰, 박경환, 백용규, 조진성

경희대학교 컴퓨터공학과

lamooss@mesl.khu.ac.kr, hicom@khu.ac.kr, ica28@khu.ac.kr, chojs@khu.ac.kr

A Window-Based DVS Algorithm for MPEG Player

Young sun Seo⁰¹⁾, Kyung hwan Park, Yong gyu Baek, Jin sung Cho

Dept. of Computer Engineering

Kyung Hee Univ.

1. 서론

휴대용 단말기의 기능은 점차 더 높은 사양의 멀티미디어를 처리할 수 있도록 진화하고 있다. 특히 고화질의 동영상과 게임 등을 지원할 수 있는 시스템의 높은 성능은 사용자의 끊임없는 요구와 밀접하게 관련이 있다. 따라서 요구되는 높은 성능을 충족시키기 위한 휴대용 임베디드 시스템의 멀티미디어 동작과정에서 전력 소비는 기존보다 상대적으로 커지게 되었으며, 이를 효율적으로 관리하는 전력 관리 기법이 필요하게 되었다.

이미 시스템의 전력 소모를 줄이기 위한 전력 관리 기법으로 기존에 많은 연구가 이루어져 왔으며, 대표적인 방법으로는 동적 전력 관리(Dynamic Power Management: DPM)기법과 동적 전압 조절(Dynamic Voltage Scaling: DVS)기법이 있다.

본 논문에서는 기존의 대표적인 전력관리 기법들에 대해 살펴보고, 실제 사용에서와 같이 휴대용 멀티미디어 단말기에서의 멀티미디어 응용과 같은 준연성 실시간 시스템(Firm Real-Time System)을 대상으로 동적 전압 조절(DVS) 알고리즘을 제안하고자 한다.

2. 본론

최근에는 멀티미디어 동영상을 위한 DVS 기법이 제안되고 있다[1, 2, 3]. 본 논문은 군사무기, 공장의 작업 제어 시스템과 같이 주어진 마감시간(Deadline)내에 반드시 작업을 처리해야 하는 경성 실시간 시스템(Hard Real-Time System)을 대상으로 하는 것이 아니라 멀티미디어 응용 프로그램과 같이 일정한 주기로 동작하면서 마감시간에 비교적 덜 제약적인 준연성 실시간 시스템(Firm Real-Time System)에서의 동적 전압조절 알고리즘을 제안하고자 한다. 준연성 실시간 시스템은 마감시간을 준수하지 못할 경우 작업의 결과의 가치가 일시적으로는 상실되나 시스템에 지속적으로 문제를 발생시키지 않는 특징을 가지고 있으므로 멀티미디어 응용 프로그램이 대표적인 예라 할 수 있다.

따라서 본 논문에서는 멀티미디어 응용 프로그램의 품질을 최대한 보장하는 범위 내에서 전력소모를 최소화할 수 있는 윈도우 기반 DVS 알고리즘을 제안한다. 일반적으로 시스템에서 제공되는 DVS 가능한 프로세서는 정해진 범위의 주파수와 전압 레벨이 있다. 따라서 클럭 주파수는 f_i , 인가되는 전압을 v_j 라고 한다면 (f_i, v_j) 집합으로 나타낼 수 있다. 이 때 수행되는 태스크(동영상 재생 프로그램)를 T 라고 한다면 하나의 프레임이 재생되는데 걸리는 시간을 T_{Exe} , 하나의 프레임 당 주기는 T_{Period} 라고 하며, 여유 시간 T_{Slack} 은 아래와 같이 표현할 수 있다.

$$T_{Slack} = T_{Period} - T_{Exe} \dots\dots\dots (식 1)$$

T_{Slack} 은 프로세서가 수행되는 (f_i, v_j) 레벨이 낮을수록 0 에 가까워지거나 음수(프레임의 주기를 넘어서게 됨)가 된다. 따라서 사용자의 QoS를 만족하는 범위 내에서 전력 소모를 최소한으로 줄이는 방법은 T_{Slack} 이 음수가 되지 않으면서 제로에 가깝도록 하는 최적의 (f_i, v_j) 레벨을 찾아야 한다.

*본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터지원사업의 연구결과로 수행되었음
(IITA-2008-(C1090-0801-0002))

따라서 본 논문에서는 다음과 같이 문제를 정의한다.

· 동영상 재생되는 동안 사용자의 QoS를 만족하는 범위 내에서,

$$\sum_{i=1}^k T_{Slack[i]} (k = Total\ frame) \text{ 이 최소화 될 수 있도록 하는 최적의 } (f_i, v_j) \text{ 레벨을 구한다.}$$

위의 문제 정의를 해결하기 위한 방안으로 본 논문은 WB(Window-Based)-DVS 알고리즘을 제안한다. 제안하는 WB-DVS 알고리즘은 최근까지 수행된 프레임의 정보(프레임이 출력되는 시간과 다음 프레임의 종류)를 일정한 크기의 윈도우 큐($W = Window\ Queue\ Size$)에 유지하여 그 값을 바탕으로 여유 시간 평균값(T_{Slack}^{Avg})을 구한다.

$$T_{Slack}^{Avg} = \sum_{i=1}^W (a_i \cdot T_{Slack[i]}) \quad (a_i < a_{i+1}, \sum_{i=1}^W a_i = 1) \quad \dots \text{ (식 2)}$$

$$a_i = i \cdot \frac{2}{W(W+1)} \quad (W = Window\ Queue\ Size, W > 0) \quad \dots \text{ (식 3)}$$

a_i 는 T_{Slack}^{Avg} 을 구할 때 W 중 가장 최근의 값에 더 많은 가중치를 두어 계산 값의 정확도를 높이기 위한 변수이며 W 의 값은 가변적으로 변할 수 있기 때문에 실험 결과를 통해 적당한 값을 얻을 수 있다. 이 값을 통해 구해진 T_{Slack}^{Avg} 값은 초기에 정해진 임계값 (Th_{Down} , Th_{Up})과 비교하여 (f_i, v_j) 레벨을 올릴지 낮출지를 결정하게 되며 이에 따라 임계값도 조절하게 된다. 또한 시스템에 무리가 가지 않도록 최소한의 프레임 Drop(F_{Drop})도 결정한다.

본 논문에서 제안하는 WB-DVS 알고리즘은 간단한 모듈 형태로 구현이 되기 때문에 손쉽게 일반적인 동영상 재생기에 추가할 수 있다. 하지만 알고리즘이 동작하기 위해 필요한 정보는 동영상 재생기로부터 넘겨받아야 한다. 이 값들은 동영상 재생기에서 꼭 필요한 정보이므로 기존 소스의 수정 없이 값을 받기만 하면 된다.

본 논문의 구현을 위해 PXA255 프로세서가 탑재되어 있는 보드 환경과 실험의 신뢰도를 높이기 노트북 환경에서도 본 논문이 제안하는 WB-DVS 알고리즘을 동일하게 적용하여 실험을 진행하였다. 제안하는 알고리즘의 성능 측정을 위해 National Instruments 사의 NI DAQPad-6015 라는 DAQ (Data Acquisition) 장비를 사용하였다. 이 장비는 Host PC에 USB 타입으로 연결이 되며, 프로세서가 사용하는 전력 값을 직접 측정하는 것이 아니라 PXA255 프로세서가 탑재된 보드에 전류가 공급되면 프로세서를 통과한 후에 측정이 되는 전압(전압 강하)을 실시간으로 저장하게 된다. 따라서 프로세서가 사용한 전력 소모량을 알아낼 수 있다.

실험은 가장 우수한 윈도우큐(W)를 알기 위해 크기를 1부터 13까지 차례로 변화시키면서 실험을 하였고, 동영상 프레임은 일정한 크기의 차이를 두고 4종류의 fps 프레임을 가진다. 4종류의 fps 프레임 수에 따른 윈도우큐 사이즈별 전력소비 결과를 분석하고 최적의 전력소비를 나타내는 각 fps에 따른 윈도우큐 사이즈를 통해 본 논문이 제안하는 WB-DVS 알고리즘의 성능을 살펴보고 검증하였다. 측정 결과에 따라 W 가 약 5에서 7 정도 크기일 때 가장 소비전력이 낮음을 알 수 있고, W 의 크기가 무조건 큰 것이 성능 향상에 도움이 되지 않음을 확인할 수 있다. W 의 사이즈가 크다는 것은 그만큼 버퍼의 크기를 크게 잡는 것을 의미하며, W 의 증가로 부정확하게 계산된 여유 시간(T_{Slack}) 때문에 불필요한 (f_i, v_j) 레벨 변경이 이루어졌는지도 측정결과로 알 수 있다.

3. 결 론

최근 멀티미디어를 제공하는 휴대폰, PDA와 같은 휴대용 임베디드 시스템이 널리 사용되고 있다. 멀티미디어의 특성상 동영상, 게임 등의 콘텐츠는 일정 시간 이상의 Play time을 요구하며, 이에 따라 배터리를 기반으로 동작하는 휴대용 임베디드 시스템의 전력 관리는 최근 중요한 문제로 대두되고 있다. 이에 따라 본 논문에서는 일정한 주기로 동작하면서 마감 시간에 비교적 덜 제약적인 준연성 실시간 시스템(Firm Real-Time System)에 해당하는 멀티미디어 동영상 재생기에서의 동적 전압 조절 알고리즘을 제안하였다. 제안한 WB(Window-Based)-DVS 알고리즘은 프레임의 타입과 실행 시간이라는 정보를 일정한 크기의 윈도우 큐(Window Queue)로 유지하면서 프레임이 가지는 주기에 최대한 근접하게 동작, 여유 시간을 제로에 가깝도록 최적의 프로세서 레벨을 찾아 적용한다. 보드 환경과 노트북 환경에서의 실험을 통해 본 논문이 제안하는 알고리즘의 성능을 측정한 결과, 작게는 25%, 최대 56% 정도의 전력 소모 감소효과를 얻을 수 있었다.

참고문헌

[1] C.S. Im, S.H. Ha, and H.S. Kim, "Dynamic Voltage Scheduling with Buffers in Low-Power Multimedia Applications", ACM Trans. on Embedded Computing Systems, pp.686-705, 2004
 [2] R. Xu, D. Mosse, "Minimizing Expected Energy in Real-Time Embedded Systems", EMSOFT, pp.19-22, 2005
 [3] R. Unruela, G. Muller, J. Lawall, "Energy Adaptation for Multimedia Information Kiosks", EMSOFT'06, pp.22-25, 2006.10.