



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2012년01월18일
(11) 등록번호 10-1106720
(24) 등록일자 2012년01월10일

(51) Int. Cl.

H04N 5/63 (2006.01) H04N 5/91 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2011-0053139

(22) 출원일자 2011년06월02일

심사청구일자 2011년06월02일

(56) 선행기술조사문헌

KR100952471 A1

KR1020090075681 A1

KR1020010084437 A

KR101042614A

(73) 특허권자

인하대학교 산학협력단

인천광역시 남구 인화로 100, 인하대학교 (용현동, 인하공업전문대학)

(72) 발명자

송민석

서울특별시 서초구 남부순환로 2311-12, 107동 402호 (방배동, 래미안방배아트힐)

김만중

인천광역시 남구 인화로91번길 79-9, 301호 (용현동, 정원원룸)

(74) 대리인

특허법인엠에이피에스

전체 청구항 수 : 총 5 항

심사관 : 김희주

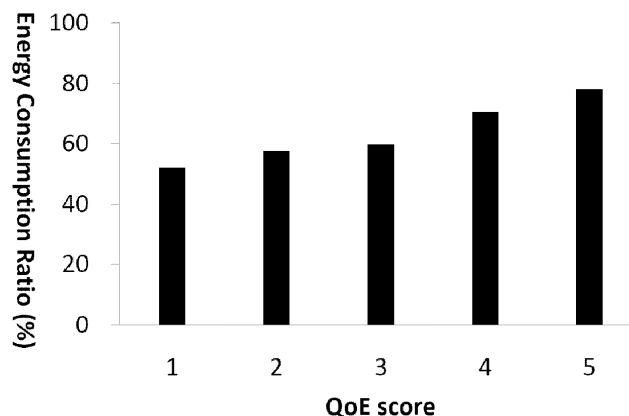
(54) H. 264 / SVC 동영상 재생 시 씨피유 전압을 동적으로 조절하는 방법

(57) 요약

본 발명은 동영상을 재생하는 경우 CPU(central processing unit)의 전압을 동적으로 조절하는 방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는, H.264/SVC 동영상 등의 동영상 재생 시 CPU의 주파수를 동적으로 할당하여 전압을 동적으로 조절하는 방법에 관한 것이다.

H.264/SVC 로 인코딩된 동영상 재생 시 CPU(central processing unit) 전압을 동적으로 조절하는 방법은 (a) 하나의 비디오를 여러 세그먼트로 나누고, 초당 T_j 의 재생 주기로 디코딩되는 총 NL 개를 갖는 시간적 해상도 레벨에서 각 해상도 레벨 j 에 따라 각각의 비디오 세그먼트 m 의 영상 품질에 대한 점수 g_m^j 를 부여하는 단계, (b) 각 세그먼트 m 에서 최소 영상 품질 해상도 Q 를 만족하는 최소 시간 해상도 L_m 를 산출하는 단계, (c) 다음 프레임 i 의 k 번째 주파수의 디코딩 예측 시간 et_i^k 를 바탕으로, 각 세그먼트에서 지정한 최저 시간 해상도의 영상을 재생하기 위한 프레임 i 재생시 주파수의 후보군 집합 C_i 을 선택하는 단계, (d) 집합 C_i 내에서 가장 낮은 주파수인 sf_i 를 산출하는 단계 및 (f) 상기 산출한 sf_i 에 기초하여 CPU 전압을 조절하는 단계를 포함할 수 있다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

H.264/SVC 로 인코딩된 동영상 재생 시 CPU(central processing unit) 전압을 동적으로 조절하는 방법에 있어서,

- (a) 하나의 비디오를 여러 세그먼트로 나누고, 초당 T_j 의 재생 주기로 디코딩되는 총 NL 개를 갖는 시간적 해상도 레벨에서 각 해상도 레벨 j 에 따라 각각의 비디오 세그먼트 m 의 영상 품질에 대한 점수 g_m^j 를 부여하는 단계,
 - (b) 각 세그먼트 m 에서 최소 영상 품질 해상도 Q 를 만족하는 최소 시간 해상도 L_m 를 산출하는 단계,
 - (c) 다음 프레임 i 의 k 번째 주파수의 디코딩 예측 시간 et_i^k 를 바탕으로, 각 세그먼트에서 지정한 최저 시간 해상도의 영상을 재생하기 위한 프레임 i 재생시 주파수의 후보군 집합 C_i 을 선택하는 단계
 - (d) 집합 C_i 내에서 가장 낮은 주파수인 sf_i 를 산출하는 단계 및
 - (e) 상기 (d) 단계에서 산출한 주파수 sf_i 에 기초하여 CPU 전압을 조절하는 단계
- 를 포함하는 CPU 전압 동적 조절 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

시간적 해상도 레벨에 따른 각각의 비디오 세그먼트의 영상 품질에 대한 점수 g_m^j 은 사용자에게 의해 입력된 점수에 기초하여 산출되는 것인 CPU 전압 동적 조절 방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 (b) 단계에서, 최소 영상 품질 해상도 Q 을 만족하는 시간 해상도의 집합 $S_m = \{j \mid g_m^j \geq Q\}$ 에서 L_m 은, $L_m = \min_{j \in S_m} j$ 에 기초하여 산출되는 것인 CPU 전압 동적 조절 방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 (d) 단계는,

(d1) 프레임 i 재생 시에 각 해상도 레벨 L_m 에서 $et_i^k \leq T_{L_m}$ 를 만족하는 주파수의 후보군 집합 C_i 을 선택하는 단계

를 더 포함하는 것인 CPU 전압 동적 조절 방법.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

프레임 i 를 재생 시에 선택하는 CPU 주파수인 상기 sf_i 는 수학적식 $sf_i = \min_{k \in C_i} k$ 를 이용하여 산출되는 것인 CPU 전압 동적 조절 방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 동영상 재생하는 경우 CPU(central processing unit)의 전압을 동적으로 조절하는 방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는, H.264/SVC 동영상 등의 동영상 재생 시 CPU의 주파수를 동적으로 할당하여 전압을 동적으로 조절하는 방법에 관한 것이다.

배경기술

- [0002] 동영상 프로그램은 많은 양의 CPU 계산을 필요로 하고 높은 비율의 CPU 전력 소모를 수반한다. 모바일 시스템에서 CPU는 가장 많은 전력 소모를 야기하는 장치들 중 하나이다.
- [0003] 예를 들면, 최근 연구 결과에서 PMP 나 스마트폰에서의 CPU 전력 소모량이 큰 것으로 확인되었으며, 이에 따라 휴대용 멀티미디어 장치에서 CPU 전력 소모를 줄이는 것이 중요한 문제로 부각되고 있다.
- [0004] CPU 전력 소모를 줄이는 방법 중 하나는 CPU의 속도를 변경하는 동적 전압 조절 (DVS) 기술을 사용하는 것이다. PMP, 모바일 폰, 랩탑에서 사용하는 CPU는 대부분 저전력으로 동작하기 위해 여러 단계의 CPU 속도를 지원하며 외부에서 컨트롤할 수 있는 방법을 제공한다.
- [0005] DVS 기법은 CPU 속도에 따라 프로세서에 인가되는 전압을 변화시켜 주고 CPU 속도를 동적으로 전환할 수 있게 해준다. CPU에 의해 소모되는 에너지는 입력 전압에 제곱에 비례하여 변화하므로, CPU 인가전압을 낮추는 것은 많은 양의 전력을 감소시킬 수 있다. 그러나 동시에 프로그램의 실행 속도를 저하시키므로 동영상 플레이어가지는 실시간 요구조건을 만족시킬 수 없게 된다.
- [0006] 동영상 코덱은 압축 기술을 사용하기 때문에 각 프레임들은 정해진 재생물로 디코딩되어 화면에 뿌려져야 하고 그것은 많은 양의 연산을 필요로 한다. 예를 들어, 25프레임의 동영상을 재생하기 위해서는 하나의 프레임이 매 40ms 마다 한번 디코딩 되어야 한다.
- [0007] 그러나 미래의 디코딩 타임을 예측하는 것은 어렵기 때문에, 동적 전압 조절 기술의 효율성은 우선적으로 미래의 CPU 요구사항을 예측하는 능력에 의존하게 된다.
- [0008] 만약 디코딩 시간 예측에 있어서 예측치가 실제 디코딩 시간보다 클 경우, 필요 보다 높은 CPU 속도를 선택하게 되므로 결과적으로 전력을 낭비하게 되며, 예측치가 실제 디코딩 시간보다 작을 경우, 필요 보다 낮은 CPU 속도를 선택하게 되므로 동영상 플레이어의 실시간 요구조건을 만족시키지 못한다.
- [0009] 기존의 예측 기법들은 앞선 프레임의 디코딩 시간을 바탕으로 다음 프레임의 디코딩 시간을 예측한다. 이러한 기존의 예측 방법에 따르면, 측정된 디코딩 시간이 최고 속도의 CPU에서의 디코딩 시간으로 변환한 후 다음 디코딩 시간이 예측된다. 이 경우 CPU에 인가하는 전압을 줄이면, CPU 속도도 줄게 되므로, 프로그램 수행 시간이 증가하고, 따라서 디코딩 시간이 증가한다는 문제점이 있었다.
- [0010] CPU의 전력 소모를 제어하는 기법은 많은 연구의 주제가 되어 왔으며, 특히 범용과 실시간 시스템에 적용하는 것이 연구되어 왔다. 범용으로 개발된 DVS 기법은 간격-기반, 작업-기반 알고리즘으로 분류될 수 있다.
- [0011] 간격-기반 기법은 각 간격 (interval) 에서의 CPU 부하를 감시하며, 여기서 관측된 부하에 근거해 CPU의 주파수를 변경한다. 예를 들어, 리눅스 (Linux) 2.6에서 사용되는 온-디맨드 (on-demand) 방식의 감시자는 CPU의 이용을 측정하며, 현재 이용량에 맞추기 위해 CPU의 주파수를 변경한다.
- [0012] 이러한 방법은 구현하기 간단하다는 장점이 있지만, 바로 이어지는 CPU의 부하가 최근의 부하와 비슷하지 않을 경우 부정확한 예측을 야기하는 문제가 있다. 작업-기반 기법은 사전에 결정된 정책에 따라 선택된 서로 다른 주파수들로 작업이 수행되도록 한다.

- [0013] 예를 들어, Vertigo 는 각 작업의 주파수를 해당 작업의 최근 연산요구량에 근거해 결정한다. 이러한 기법들은 응용프로그램의 실시간적인 특성을 고려하고 있지 않다.
- [0014] 실시간 시스템을 위한 DVS 기법은 보통 실시간 스케줄링 (scheduling) 에 통합되어 있다. 이는 최악 수행시간 분석에 근거해, 실시간적인 제약을 만족하는 최적의 CPU 주파수를 산출한다.
- [0015] 이 기법들은 주로 실시간 응용프로그램에 맞춰 개발되었기 때문에, 멀티미디어 (multimedia) 응용프로그램에는 최적화되어 있지 않을 수 있다. 몇몇 그룹에서 연산요구량의 정확한 추정이 중요한 영상 응용프로그램을 위한, DVS 기법에 대해 조사하였다.
- [0016] Yuan 연구진은 CPU연산의 수요에 대해 통계를 구하고 이에 맞춰 CPU의 속도를 조정하는 몇몇 DVS 기법에 대해 제안했다. Liu 연구진은 추정된 한계치를 만족하는 최저 주파수를 선택하는, 응용프로그램에서의 전력 관리 기법을 고안했다.
- [0017] Urunuela 연구진은 영상 키오스크 (kiosk)를 위한 이력-기반 DVS 기법을 고안했다. Guo 연구진은 제어이론 기법을 사용하는 디코딩 (decoding) 시간 추정 기법을 제안했다.
- [0018] Yang 연구진은 가능한 CPU 전압을 낮출 수 있는 간격 조정 기법을 제안했다. 이러한 모든 기법들은 범용의 MPEG 스트림 (stream)을 위해 개발되었으며, SVC 스트림의 속성에는 잘 맞지 않는다.
- [0019] SVC는 영상의 품질을 효율적으로 개선할 수 있도록 해 주며, 이에 관련하여 많은 네트워크 연구기관에서 전송 오류 및 불안정한 네트워크 연결을 개선하기 위한 연구의 주제로 다루어졌다.
- [0020] 그러나 이러한 속성을 시스템 전력 소모를 줄이기 위해 이용하는 것에 관한 연구는 매우 소수였다. 예를 들어, Lee 연구진은 H.264 스케일러빌리티 (scalability) 속성을 이용한 LCD 전력 소모 감소 기법을 고안하였으나, 이 기법은 동적 해상도 변경을 지원하지 않는다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0021] 본 발명의 일 실시예는 동영상 재생 시 적극적으로 CPU에 인가되는 전압을 낮추어 전력 감소 효과를 극대화하고, SVC에서 재생하는 계층(layer)의 개수가 줄어서 디코딩하여, 보다 부드럽게 영상 품질을 낮추며, 디코딩 시간을 감소시켜 CPU 소모 전력을 감소시킬 수 있는 방법을 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

- [0022] 상술한 기술적 과제를 달성하기 위한 기술적 수단으로서, 본 발명의 제 1 측면은 (a) 하나의 비디오를 여러 세그먼트로 나누고, 초당 T_j 의 재생 주기로 디코딩되는 총 NL 개를 갖는 시간적 해상도 레벨에서 각 해상도 레벨 j 에 따라 각각의 비디오 세그먼트 m 의 영상 품질에 대한 점수 g_m^j 를 부여하는 단계, (b) 각 세그먼트 m 에서 최소 영상 품질 해상도 Q 를 만족하는 최소 시간 해상도 L_m 을 구하는 단계, (c) 다음 프레임 i 의 k 번째 주파수의 디코딩 예측 시간 et_i^k 를 바탕으로, 각 세그먼트에서 지정한 최저 시간 해상도의 영상을 재생하기 위한 프레임 i 재생 시 주파수 sf_i 를 선택하는 단계를 포함하는 H.264/SVC 동영상 재생 시 CPU(central processing unit) 전압을 동적으로 조절하는 방법을 제공할 수 있다.
- [0023] 본 발명의 제 1 측면에서, 상기 (a) 단계에서 하나의 비디오를 여러 세그먼트로 나누고, 시간적 해상도 레벨에 따른 각각의 비디오 세그먼트의 영상 품질에 대한 점수 g_m^j 은 사용자가 직접 점수를 매김으로써 산출될 수 있다.
- [0024] 또한, 본 발명의 제 1 측면에서, 상기 (b) 단계에서 최소 영상 품질 해상도 Q 을 만족하는 시간 해상도 L_m 은 $S_m = \{j \mid g_m^j \geq Q\}$ 에서, $L_m = \min_{j \in S_m} j$ 으로 산출될 수 있다.

[0025] 또한 본 발명의 제 1 측면에서, 상기 (c) 단계에서 프레임 i 재생 시에 각 해상도 레벨 L_m 에서 $et_i^k \leq T_{L_m}$ 를 만족하는 주파수의 후보군 집합 C_i 에서 sf_i 를 수학적 $sf_i = \min_{k \in C_i} k$ 를 이용하여 산출할 수 있다.

발명의 효과

[0026] 전술한 본 발명의 과제 해결 수단에 의하면, 동영상 재생 시 적극적으로 CPU에 인가되는 전압을 낮추고 디코딩 시간을 감소시켜 CPU 소모 전력을 감소시키고, SVC에서 재생하는 계층(layer)의 개수가 줄어서 디코딩하여 보다 부드럽게 영상 품질을 낮출 수 있다.

[0027] 또한, 전술한 본 발명의 과제 해결 수단에 의하면, 동영상 재생 시 CPU에 주파수를 동적으로 할당함으로써, 동영상 재생률 및 사용자가 요구하는 특정 영상 품질을 동시에 만족시키면서도 에너지 절감을 최대화할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0028] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 에너지 절감 효과를 도시한 도면,
도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 에너지 절감 효과를 도시한 도면.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0029] 아래에서는 첨부한 도면을 참조하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본 발명의 실시예를 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.

[0030] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 "연결"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로 연결"되어 있는 경우뿐 아니라, 그 중간에 다른 소자를 사이에 두고 "전기적으로 연결"되어 있는 경우도 포함한다. 또한 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.

[0031] 이하에서 설명되는 본 발명의 실시예에서, 비디오 디코더(decoder)는 영상의 재생속도에 맞춰 영상의 프레임을 디코딩한다. 예를 들어, 초당 30 프레임을 포함하는 영상을 재생하기 위하여 각 프레임은 33ms의 속도로 디코딩되어야 한다.

[0032] H.264/SVC는 시간적 스케일러빌리티(scalability)를 지원하며, 이로 인해 원본 영상에 비해 더 낮은 재생률을 가지면서도 원본과 큰 차이가 없는 영상을 재생할 수 있도록 해준다.

[0033] 본 발명에서는 이를 참조하여, 서로 다른 재생률의 NL 시간 해상도를 정의한다. 예를 들어, 영상이 j 수준에서 j 번째로 높은 해상도를 가지는 경우, 영상 재생기는 초당 r_j 프레임으로 영상을 디코딩한다.

[0034] j 해상도를 가지는 영상의 디코딩 구간을 T_j 라 할 때, T_j 는 $\frac{1}{r_j}$ 로 계산된다($T_{NL} < \dots < T_1$). CPU가 NF 주파수 수준을 지원하면, 주파수 수준 k 는 f_k 의 주파수를 가지며($k = 1, \dots, NF$), 만약 $k < l$ 이면 $f_k < f_l$ 이다. 즉, f_{NF} 가 가능한 가장 높은 주파수가 된다.

[0035] 또한, 본 발명에서는 기존의 control-theoretic 기법을 사용하여 디코딩 시간이 예측된다.

[0036] 히스토리를 기반으로 한 기법의 정확도는 예측 오차가 추정에 반영되는 제어 이론적 기법을 사용하면서 점점 향상되어 왔으며, 가장 정확한 제어 이론적 기법은 Proportional-integral-derivative(PID) 컨트롤러를 사용하는 방법으로, 이러한 방법을 통해 한 프레임을 디코딩하는데 필요한 프로세서의 사이클 수를 세 가지의 개별 파라미터(proportional, integral derivative controls)를 사용하여 예측할 수 있고, 이를 통해 CPU의 주파수가 테

드라이인을 넘지 않도록 적용시킬 수 있다.

[0037] 예를 들어, 추정된 워크로드가 41ms 마다 12×10^6 사이클 이라면, 한 프레임을 디코딩 하는데 걸리는 시간이 $\frac{12 \times 10^6}{0.041} \approx 300\text{MHz}$ 에서는 41ms가 소요되고, 150MHz에서는 82ms가 소요된다.

[0038] 본 발명의 실시예에서는 PID 기법을 이용하여 디코딩 시간이 추정된다. et_i^k 를 주파수 레벨 k 에서의 i 번째 프레임의 추정된 디코딩 시간이라고 하면, 각각의 해상도 레벨 L_i 에서 비디오를 재생률(playback rate)에 맞게 재생시키기 위해 매 프레임의 디코딩 시간은 그것의 주기 T_i 를 넘지 않아야 한다.

[0039] 해상도 레벨을 낮추는 경우 주기가 증가되며, 이 경우 DVS 시스템은 더 낮은 주파수를 선택할 수 있다. 비디오를 보는 대부분의 사람들은 일반적으로 비디오 재생이 지속되는 중에는 아주 짧은 시간 동안 영상이 정지 되는 것은 알아채지 못한다. 본 발명의 일 실시예에서 이러한 점을 이용하여 CPU 전력 소모를 줄이는 목적으로 시간적 해상도 레벨을 감소시킬 수 있다.

[0040] 그러나 이러한 방법을 적용하는 경우, 사용자가 인지하는 영상의 품질이 떨어질 수 있으므로, 하나의 비디오를 여러 세그먼트로 나누고, 시간적 해상도 레벨에 따라 각각의 비디오 세그먼트의 영상 품질에 대한 점수를 부여한다. 그 후 CPU의 전력 소모를 감소시키면서도 특정 영상 품질을 보일 수 있도록 각각의 세그먼트 별로 다른 해상도 레벨을 선택시킨다.

[0041] 본 발명의 실시예에 대한 실험에서, 영상의 각 구간에서의 품질이 시간 해상도에 어느 정도로 영향을 받는지를 평가하기 위하여 영상의 품질에 대한 사용자의 만족도를 측정할 수 있는 QoE(Quality Of Experience) 매개변수를 사용하였으며, 사용자로부터 1점부터 5점까지 영상의 점수를 부여받았다. g_m^j 는 해상도 j 가 선택되었을 때의 m 번째 구간에서의 점수로 정의된다.

[0042] 이하의 표 1은 '원피스' 영화의 영상 품질 평가의 예를 보여주며 각 셀은 1 에서 5 사이의 영상 품질 점수를 나타내고 있다. 실험에 사용된 영상은 30개의 구간으로 나뉜 5분 길이의 영상이며, 각 구간은 10초 동안의 프레임들을 가지고 각 세그먼트 별로 시간적 해상도 수준 5가지 중 하나를 가진다. 이처럼 세그먼트 별 QoE 점수를 다양하게 부여할 수 있는 이유는 사용자가 화면 변화가 많은 영상을 시청할 때 해상도 저하를 예민하게 느끼는 세그먼트가 있지만, 화면 변화가 별로 없어서 영상의 프레임율 저하를 거의 감지하지 못하는 구간도 있기 때문이다.

표 1

Segment number	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
level: 5 (30fps)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
level: 4 (15fps)	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
level: 3 (7.5fps)	4	3	4	4	4	4	3	4	3	3	4	3	3	3	4	4	5	4	3	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3
level: 2 (3.75 fps)	2	1	1	2	1	2	2	1	1	1	2	1	1	1	2	1	2	3	1	2	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1
level: 1 (1.875 fps)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

[0043]

[0044] 본 발명의 일 실시예에서, 다음 디코딩 시간을 추정하기 위해 기존의 PID 컨트롤러를 사용한다. sf_i 은 i 번째 프레임을 디코딩할 때 선택된 주파수 레벨이며, tc_i 는 주파수 레벨 sf_i 에서 i 번째 프레임을 디코딩할 때 실제로 필요한 사이클의 수이며, ec_i 는 i 번째 프레임을 디코딩할 때 필요한 사이클의 수의 예측 값에 해당한다.

[0045] 이 경우 프레임 i 에서 실제로 필요한 사이클의 수와 예측한 사이클의 수의 차이 ϵ_i 는 $ec_i - tc_i$ 와 같으며, ϵ_i 는 음수 값을 가질 수도 있다. 그러므로 $|\epsilon_i|$ 값이 작을수록 좀 더 정확한 예측이 가능하다. 본 발명의 일 실시예에

서, 현재 추정치의 오차를 반영하기 위해 새로운 변수 ω 은 아래의 수학적 식 1과 같이 정의될 수 있다.

수학적 식 1

$$\omega_i = C_p \times \epsilon_i + \frac{\sum_{j=i-T_I-1}^{j=i} \epsilon_j}{C_I} + C_D \times \frac{(\epsilon_i - \epsilon(i - T_D))}{T_D}$$

수학적 식 1에서 C_P , C_I , C_D 는 각각 proportional, integral, derivative와 매치될 수 있으며, T_I , T_D 는 조정 가능한 변수이다. 본 발명의 일 실시예에서, C_P , C_I , C_D 는 높은 정확도를 보이는 값으로 정의되었으며, 그 값은 각각 0.5, 28, 0.00001이고, T_I 의 값은 5로 T_D 의 값은 1로 할당된다.

이에 따라, 다음 프레임인 $i+1$ 번째 프레임을 디코딩하는데 필요한 사이클의 수의 추정치 ec_{i+1} 은 아래의 수학적 식 2와 같이 계산될 수 있다.

수학적 식 2

$$ec_{i+1} = ec_i + \omega_i$$

본 발명은 H.264/SVC 동영상 재생 시 CPU의 주파수를 동적으로 변경하는 방법으로서, 위의 모델에서 CPU 소모되는 에너지를 감소시킨다.

CPU 주파수 선택 방법

이는 H.264/SVC 동영상 재생 및 사용자가 요구하는 특정 영상 품질을 만족시킬 수 있는 조건 하에 각 프레임 디코딩 시 CPU의 주파수를 동적 할당함으로써, 동영상 재생 시 에너지 소비를 최소화 할 수 있는 CPU 주파수를 찾는 방법이다.

본 발명의 일 실시예에서, PID 컨트롤러를 이용하여 얻은 다음 프레임의 디코딩 시간의 추정치를 이용하여 주파수 레벨 k 에서 $i+1$ 번째 프레임을 디코딩할 경우의 예측 시간은 이하의 수학적 식 3을 통해 계산될 수 있다.

수학적 식 3

$$et_{i+1}^k = \frac{ec_{i+1}}{f_k}$$

Q 가 최저 허용 품질 점수를 나타내고, L_m 이 구간 m 에서 선택된 해상도 수준을 나타내며, 품질 점수가 Q 보다 높으면서 구간 m 에서 선택될 수 있는 해상도의 집합을 S_m 이라 하는 경우, S_m 은 $S_m = \{j \mid g_m^j \geq Q\}$ 로 정의될 수 있다.

전력 소모를 최대한 줄이기 위해, S_m 집합 내에서 가장 낮은 해상도가 L_m 으로 선택되는데, 이러한 방법을 통해 주파수 수준을 낮출 수 있다. 따라서, $L_m = \min_{j \in S_m} j$ 가 되며, 이후 영상 재생기는 구간 m 을 L_m 의 해상도로 디코딩할 수 있다.

구간 m 의 프레임 i 에 선택될 수 있는 주파수의 후보군을 C_i 라 할 때, C_i 는 $\{k \mid et_i^k \leq T_{L_m}\}$ 로 정의될 수

있다. 전력 소모를 최대한 줄이기 위해, 집합 C_i 내에서 가장 낮은 주파수가 선택되며, 이 때 선택된 주파수 sf_i 는 이하의 수학적 식 4와 같이 계산될 수 있다.

수학적 식 4

$$sf_i = \min_{k \in C_i} k$$

[0058]

[0059]

이처럼 본 발명의 일 실시예를 통해 CPU 주파수 선택 문제가 해결됨으로써, H.264/SVC 동영상을 재생할 때 사용자의 요구 품질을 만족시켜주는 범위 내에서 에너지 소모가 최소화될 수 있으며 다음과 같은 순서로 진행될 수 있다.

[0060]

(1-1) PID 컨트롤러를 이용하여 현재 추정치의 오차를 반영하기 위해 새로운 변수 w 를 수학적 식 1을 사용하여 산출하고,

[0061]

(1-2) 다음 프레임인 $i + 1$ 번째 프레임을 디코딩하는데 필요한 사이클의 수의 추정치 ec_{i+1} 을 수학적 식 2를 사용하여 산출하며,

[0062]

(1-3) 다음 프레임의 디코딩 시간의 추정치를 이용하여 $i + 1$ 번째 프레임을 주파수 레벨 k 에서 디코딩할 때의 예측 시간을 수학적 식 3을 이용하여 산출하고,

[0063]

(1-4) 구간 m 의 프레임 i 에 선택될 수 있는 주파수의 후보군 집합 C_i 의 원소 k 들을 조건식 $et_i^k \leq TL_m$ 을 이용하여 산출하며,

[0064]

(1-5) 전력 소모를 최대한 줄이기 위해, 집합 C_i 내에서 가장 낮은 주파수를 수학적 식 4를 통해 산출한다.

[0065]

위의 알고리즘을 수행한 후에 최종적으로 획득하게 되는 k 값이 최종 CPU의 주파수 레벨이다. 예를 들어, 주파수가 1500, 1400, 1200, 1000, 800, 600MHz를 포함하는 CPU를 사용하는 장치에서 $k = 2$ 으로 결정될 경우, CPU의 주파수 레벨은 1400MHz로 선택되며, 이렇게 구해진 값을 적용하는 것이 다음 프레임을 디코딩 할 때 에너지 소모를 가능한 최소화하는 것이다.

[0066]

또한, 본 발명의 다른 실시예에 따라 사용자의 점수를 만족하도록 h.264/SVC에서 시간적 해상도를 바꾸도록 아래의 알고리즘을 통해 주파수 sf_i 가 선택될 수 있다.

[0067]

(2-1) 하나의 비디오를 여러 세그먼트로 나누고, 초당 T_j 의 재생 주기로 디코딩되는 총 NL 개를 갖는 시간적 해상도 레벨에서 각 해상도 레벨 j 에 따라 각각의 비디오 세그먼트 m 의 영상 품질에 대한 점수 g_m^j 를 부여하되, 하나의 비디오를 여러 세그먼트로 나누고, 시간적 해상도 레벨에 따른 각각의 비디오 세그먼트의 영상 품질에 대한 점수 g_m^j 은 사용자가 직접 점수를 매김으로써 산출하고,

[0068]

(2-2) 각 세그먼트 m 에서 최소 영상 품질 해상도 Q 를 만족하는 최소 시간 해상도 L_m 을 $L_m = \min_{j \in S_m} j$ 및 $S_m = \{j \mid g_m^j \geq Q\}$ 을 이용하여 산출하고,

[0069]

(2-3) 다음 프레임 i 의 k 번째 주파수의 디코딩 예측 시간 et_i^k 를 바탕으로, 각 세그먼트에서 지정한 최저 시간 해상도의 영상을 재생하기 위한 프레임 i 재생 시 주파수 sf_i 를 선택하며,

[0070]

(2-4) 프레임 i 재생 시에 각 해상도 레벨 L_m 에서 $et_i^k \leq TL_m$ 를 만족하는 주파수의 후보군 집합 C_i 내에서 가장 낮은 주파수인 sf_i 를 수학적 식 $sf_i = \min_{k \in C_i} k$ 를 이용하여 산출하고,

- [0071] (2-5) 상기 산출한 sf_z 에 기초하여 CPU 전압을 조절한다.
- [0072] 이처럼 사용자의 점수를 만족시킬 수 있는 주파수를 산출하여 CPU 전압을 조절함으로써 사용자가 요구하는 특정 영상품질을 만족시킬 수 있다.

[0073] 실험 결과

- [0074] 본 발명의 일 실시예에 따른 CPU 전압의 동적 조절 방법의 유효성을 평가하기 위해 수행된 실험은 아래와 같다.
- [0075] 본 발명의 일 실시예에 대한 실험에서 제안된 DVS 기법의 효과를 검증하기 위해서 노트북의 전력 소모를 측정하기 위해 디지털 멀티미터를 사용하였다. 이를 사용하기 위해 노트북의 배터리를 제거한 후 AC 전력 어댑터의 전압과 전류를 측정하기 위해 LabVIEW 라는 소프트웨어를 이용하였다.
- [0076] 이 경우, 이 실험에서 CPU 하나만의 전력 소모를 측정되는 것이 아니라 노트북의 시스템 전체 전력 소모가 측정될 수 있다. 실험에 사용된 노트북은 총 6 가지의 주파수를 가진 인텔사의 CPU와 512MB 램이 장착된 노트북이 사용되었다. 실험용 동영상으로는 애니메이션 '원피스'와 드라마 '드림하이'를 H.264/SVC 형식으로 인코딩하여 사용하였으며 동영상 파일의 시간적 해상도 레벨에 따른 비트율과 재생률은 아래의 표 2와 같다.

표 2

Video	Level	Average bit-rate (Kb/s)	fps
“Dreamhigh”	5	455.3	30
	4	412.1	15
	3	338.9	7.5
	2	265.7	3.75
	1	211.6	1.875
“Onepiece”	5	400.3	30
	4	362.3	15
	3	297.9	7.5
	2	233.6	3.75
	1	186.0	1.875

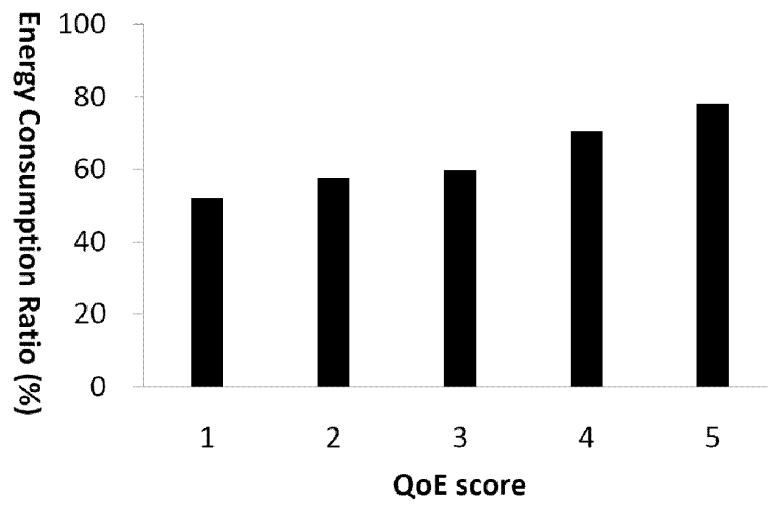
- [0077]
- [0078] 또한, 본 발명에서 제안한 동적 시간적 해상도 레벨 변경을 구현하기 위해서, 표 1의 데이터를 실험에서 사용한 동영상 재생 프로그램인 'MPlayer'의 파라미터로 넘겨서, 재생 시에 사용자가 요구하는 영상의 품질을 만족할 수 있게 동적으로 시간적 해상도 레벨을 변경할 수 있도록 MPlayer의 소스 코드를 수정하였다.
- [0079] 도 1 및 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 에너지 절감 효과를 도시한 도면이다.
- [0080] 본 발명의 일 실시예에 따른 CPU 전압 동적 조절 방법에 의한 에너지 절감 효과를 비교하기 위해서, H.264/SVC의 스케일러빌리티(scalability)를 사용하지 않는 것을 가정하기 위해 무조건 최대 재생률을 가지도록 설정 후 DVS 기법을 적용하는 기존의 방법을 기준으로 하였다.
- [0081] 도 1 및 도 2에 따른 결과에서, 각각 애니메이션 원피스, 드라마 드림하이 동영상을 사용하였고, QoE 점수와 시간적 해상도 레벨에 따른 에너지 절감 효과를 기존의 방법에 대한 백분위 비율로 나타내었다.
- [0082] 도 1 및 도 2에 도시된 바와 같이, 일반적인 재생 방법인 최대 재생률에서 재생하는 방법과 비교 했을 때, 사람들이 보는데 큰 불편이 없는 QoE 점수 3이상인 경우들에 대해서 평균적으로 약 28%의 에너지 절감 효과가 나타난다.
- [0083] 특히 본 발명의 일 실시예에 따른 전력 소모는 기존의 DVS 기법에 대하여 약 17%가 감소되었으며, non-DVS 기법에 대하여 약 24%가 감소되었다.
- [0084] H.264/SVC 에서는 크게 3가지 형태, 즉 시간(temporal), 공간 (spatial) 및 퀄리티(quality)의 확장성(scalability)을 제공한다.
- [0085] 본 발명의 일 실시예에서는 이와 같은 확장성의 특징을 CPU 소모 전력 감소를 위해 활용할 수 있다. 멀티미디어

데이터는 연성 실시간 성질을 갖고 있으므로, 소량의 데이터 손실이나 지연은 대부분의 사용자에게 의해 인식이 용이하지 않거나 인식되더라도 멀티미디어를 감상하기에 불편을 초래하지 않을 정도의 수준이 될 수 있다.

- [0086] 예를 들면, 30 frame/sec 의 비트율을 갖는 비디오 재생에서, 평균 23% 의 비디오 데이터 손실은 감내가 가능하다는 실험 결과도 있다. 따라서 본 발명의 일 실시예에서, 동영상 재생 시 엄격하게 영상 품질을 보장하는 것보다 적극적으로 CPU에 인가되는 전압을 낮춤으로써, 전력 감소 효과를 극대화할 수 있다.
- [0087] 또한, 본 발명의 일 실시예에서, SVC에서 재생하는 계층(layer)의 개수가 줄어서 디코딩함으로써, 보다 부드러운 영상 품질을 낮추고, 디코딩 시간을 줄임으로써 CPU 소모 전력을 감소시킬 수 있다.
- [0088] 또한, 비디오는 압축률 향상을 위해서 기본적으로 가변 비트율을 사용한다. 따라서 한 영화의 프레임이라고 하더라도, 비트율이 최대 10배까지 차이가 발생할 수 있다.
- [0089] 프레임의 비트율은 디코딩 시간에 큰 영향을 끼치며, 따라서, SVC의 확장성 성질을 활용해서 디코딩 시간을 줄일 수 있다. 대부분의 선행 연구에서는 디코딩 제한시간을 해치지 않는 범위 내에서 가장 낮은 CPU 속도를 선택하는 기법을 활용한다. 따라서, 확장성을 활용하여 비디오의 질을 저하시키면, CPU 속도를 줄이더라도, 테드라인을 만족할 수 있으므로, 전력 소모를 줄일 수 있다.
- [0090] 이와 같이 SVC의 확장성을 활용함에 있어서 중요한 점은 사용자가 느끼는 화질 저하를 최소화하는 것이다. 이를 위해, QoS 모델을 정의하며, 고객이 요구하는 QoS 한도 내에서 이를 만족시키는 최소의 CPU 인가 전압을 구하는 수식을 도출하며, 전력을 최소화하는 기법이 이용될 수 있다.
- [0091] 본 발명의 일 실시예에서, 고객이 요구하는 QoS 모델을 만족해야 하므로, 비디오 품질을 측정하는 설문조사(survey)를 통해서 QoS 만족도를 측정할 수 있다.
- [0092] 본 발명의 일 실시예는 컴퓨터에 의해 실행되는 프로그램 모듈과 같은 컴퓨터에 의해 실행가능한 명령어를 포함하는 기록 매체의 형태로도 구현될 수 있다. 컴퓨터 판독 가능 매체는 컴퓨터에 의해 액세스될 수 있는 임의의 가용 매체일 수 있고, 휘발성 및 비휘발성 매체, 분리형 및 비분리형 매체를 모두 포함한다. 또한, 컴퓨터 판독 가능 매체는 컴퓨터 저장 매체 및 통신 매체를 모두 포함할 수 있다. 컴퓨터 저장 매체는 컴퓨터 판독가능 명령어, 데이터 구조, 프로그램 모듈 또는 기타 데이터와 같은 정보의 저장을 위한 임의의 방법 또는 기술로 구현된 휘발성 및 비휘발성, 분리형 및 비분리형 매체를 모두 포함한다. 통신 매체는 전형적으로 컴퓨터 판독가능 명령어, 데이터 구조, 프로그램 모듈, 또는 반송파와 같은 변조된 데이터 신호의 기타 데이터, 또는 기타 전송 매체니즘을 포함하며, 임의의 정보 전달 매체를 포함한다.
- [0093] 본 발명의 방법 및 시스템은 특정 실시예와 관련하여 설명되었지만, 그것들의 구성 요소 또는 동작의 일부 또는 전부는 범용 하드웨어 아키텍처를 갖는 컴퓨터 시스템을 사용하여 구현될 수 있다.
- [0094] 전술한 본 발명의 설명은 예시를 위한 것이며, 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 쉽게 변형이 가능하다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 예를 들어, 단일형으로 설명되어 있는 각 구성 요소는 분산되어 실시될 수도 있으며, 마찬가지로 분산된 것으로 설명되어 있는 구성 요소들도 결합된 형태로 실시될 수 있다.
- [0095] 본 발명의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

도면

도면1



도면2

