

매크로 블록의 생략을 통한 저전력 MPEG-4 비디오 재생법

김준희⁰ 김지홍

서울대학교 전기.컴퓨터공학부
{goldlion⁰, jihong}@davinci.snu.ac.kr

임성수

국민대학교 컴퓨터학부
sslim@kookmin.ac.kr

Low-Power MPEG-4 Video Decoding by Macro Block Dropping

Junhee Kim⁰ Jihong Kim

School of Computer Science and Engineering, Seoul National University

Sungsoo Lim

School of Computer Science, Kookmin University

요 약

본 논문에서는 휴대용 기기와 같은 에너지의 제약이 있는 환경에서 MPEG-4 비디오를 디코딩할 때, 일부 매크로 블록을 생략함으로써 에너지 소모를 줄이고 재생 품질의 저하를 최소화하는 방법을 제안한다. 이러한 방법을 실제 참조 보드에서 구현, 검증한 결과 매크로 블록 생략에 의해 재생 품질에의 영향을 최소화하면서 30% 정도까지 재생 에너지의 소모를 줄일 수 있었다.

1. 서 론

최근 휴대용 기기를 이용하여 동영상이나 음악을 재생하려는 수요가 점점 늘어나고 있다. 이러한 기기들은 대부분 배터리에 의해 전원을 공급받으므로 되도록 적은 에너지를 소비해야 한다는 제약을 가지고 있다. 특히, 비디오 재생에서는 오디오 재생의 경우보다 더 많은 시스템 자원을 사용하게 되므로 에너지 소모 문제가 한층 심각하다. 이 때 비디오 재생 품질의 저하를 사용자가 감수할 수 있다면, 에너지 소모를 줄일 수 있겠지만 자칫하면 재생 품질의 저하가 용인될 수 있는 범위를 넘을 우려가 있다. 따라서 재생 품질에의 영향을 최소화하면서 에너지 소모를 줄일 수 있는 방법이 필요하다.

이미 인코딩되어 있는 MPEG 비디오의 재생 에너지를 줄이기 위해서는 인코딩된 상태의 데이터 일부를 디코딩하지 않고 생략하는 방법을 생각해 볼 수 있다. [1]에서는 프레임 단위의 생략 기법을 제안한다. 저자들은 비디오를 인코딩하여 스트리밍할 때 I,P,B의 각 프레임들을 적절히 생략함으로써 통신 에너지를 줄이는 방법을 제시한다. 이 방법은 오프라인 재생에서는 사용할 수 없을 뿐 아니라 인코딩 패턴을 바꾸기 위해 추가적인 에너지를 사용해야 하는 문제가 있다. 한편, [2]에서는 MPEG-4의 FGS(Fine Granularity Scalability)를 사용하여 인코딩된 데이터를 스트리밍한 다음 사용자의 에너지 요구에 맞게 레이어(Layer)를 적절히 생략해가며 재생하는 방법을 제시하고 있는데, 이렇게 하면 재생 품질과 에너지 소모간의 균형을 잘 조절할 수 있지만, FGS를 지원하는 별도의 인코더를 사용해야 한다는 문제가 있다.

본 연구에서는 앞서 언급한 시도와는 달리 매크로 블록 단위로 생략하는 방법을 제안한다. 에너지 절감을 위해 매크로 블록을 생략할 때 생기는 문제는 어떤 매크로 블록을 생략하느냐에 따라 절감되는 에너지의 크기 및 재생 품질이 크게 달라진

다는 것이다. 본 연구에서는 MPEG-4 비디오를 대상으로 하여, 매크로 블록의 생략이 에너지 소모 및 재생 품질에 미치는 영향을 분석한다. 이를 토대로 주어진 에너지 소모 목표치에 맞게 매크로 블록 생략을 수행할 수 있는 방법을 제안한다. 제안하는 방법을 적용했을 때 에너지 소모 및 재생 품질은 Intel의 PXA-255 프로세서기반 참조 하드웨어 환경에서 검증한다.

2. MPEG-4 비디오 재생 과정에서 에너지 소모 패턴

휴대용 기기에서 MPEG-4 비디오를 재생하는 과정은 저장매체(플래쉬 메모리나 하드디스크 등)로부터의 비트스트림 읽기, 매크로 블록 단위의 디코딩, 그리고 디스플레이 장치에의 출력 등으로 이루어진다.

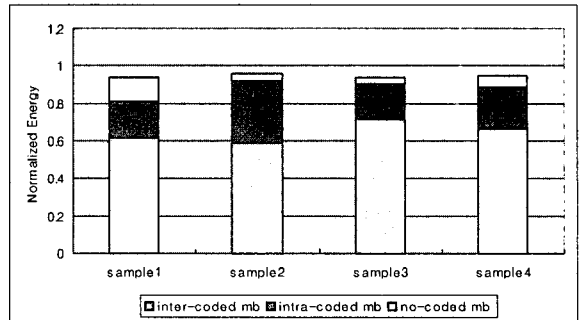


그림 1. 전체 재생 에너지에 대한 매크로 블록 디코딩 에너지의 비

그림 1은 본 연구에서 사용한 실험환경에서 매크로 블록 디코딩 과정이 소모하는 에너지가 전체 MPEG-4 비디오 재생 에너지에서 차지하는 비율을 보여준다. 여기서 보듯이 전체 재생 과정 중에서 매크로 블록 디코딩이 차지하는 에너지 비중은 90% 내지 95%로 절대적이다. 따라서, 매크로 블록 디코딩 과정에 초점을 맞추어 에너지 소모를 줄이는 것이 전체 비디오 재생 에너지 소모를 줄이는 데에 절대적인 영향을 준다고 할 수 있다.

MPEG-4 비디오의 매크로 블록 디코딩 과정에서 일어나는 작업을 에너지 소모 관점에서 보면, 순수 디코딩 작업, 예측 블록 복사(Prediction Block Copying) 작업, 그리고 매크로 블록 검색 작업의 세 가지로 나눌 수 있다. 순수 디코딩 작업은 가변장 복호화(Variable Length Code Decoding), 역양자화(Inverse Quantization), 그리고 IDCT(Inverse Discrete Cosine Transform) 등의 실제 디코딩에 필요한 계산 작업들의 순차를 의미하고, 예측 블록 복사 작업은 움직임 벡터를 이용하여 시간적으로 인접한 다른 참조 VOP(Video Object Plane)로부터 이미지 정보를 복사해 오는 과정을 의미하며, 매크로 블록 검색 작업은 순차적으로 참조되도록 구성되어 있는 동영상 비트스트림의 매크로 블록 순차에서 특정 매크로 블록을 처리하면서 다음 매크로 블록의 위치로 나아가는 작업이다. 이러한 작업들은 매크로 블록의 종류에 따라 그 소모 에너지 비중이 다르게 나타난다.

매크로 블록은 해당 블록의 데이터가 구성되어 있는 특성에 따라 인트라 부호화(Intra-coded) 매크로 블록, 인터 부호화(Inter-coded) 매크로 블록, 그리고 비부호화(No-coded) 매크로 블록으로 나눌 수 있다. 인트라 부호화 매크로 블록은 다른 VOP로부터 어떠한 참조도 없이 현재 VOP 자체의 정보만을 이용해서 디코딩되는 블록이고, 인터 부호화 매크로 블록은 움직임 벡터를 이용하여 시간적으로 인접한 다른 참조 VOP로부터 이미지 정보를 복사해 오는 예측 블록 복사의 오버헤드를 가지는 매크로 블록이며, 비부호화 매크로 블록은 전혀 부호화 되어 있지 않은 매크로 블록이다. 비부호화 매크로 블록에 대해서는 바로 전에 디코딩한 VOP에서 동일 위치에 해당하는 매크로 블록의 결과를 그대로 복사해 오기만 하면 된다.

그림 2는 각 종류의 매크로 블록 한 개를 디코딩할 때 소모되는 평균 에너지를 한 개의 비부호화 매크로 블록을 처리할 때 소모되는 평균 에너지와 비교한 것이다.

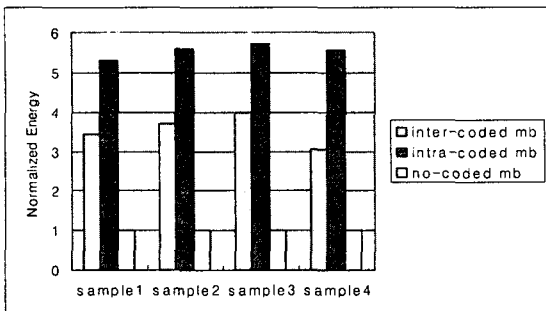


그림 2. 각 종류별 매크로 블록 한 개의 디코딩 에너지 비율

인트라 부호화 매크로 블록이 디코딩시에 가장 큰 에너지를 소모하는 것으로 나타나는데, 이는 인트라 부호화 매크로 블록에서는 각 서브블록(Y성분 블록 4개, U성분 블록 1개, V성분 블록 1개) 모두에 대해 역양자화 및 IDCT 프로세스가 일어나는데 비해, 인터 부호화 매크로 블록에서는 6개의 서브블록 중에서 부호화되어 있는 것에 대해서만 이러한 과정이 일어나

기 때문이다.

그림 3은 인터 부호화 매크로 블록의 전체 디코딩 에너지에서 예측 블록 복사에너지가 차지하는 비율을 보여준다. 평균적으로 약 35%정도의 비중을 차지하는 것으로 나타난다.

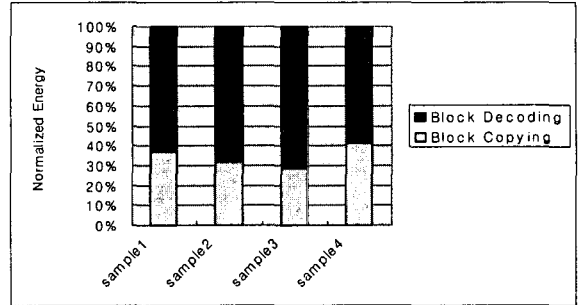


그림 3. 인터 부호화된 매크로 블록의 디코딩에서 예측 블록 복사에 사용되는 에너지의 평균 비율

한편, 어느 매크로 블록의 디코딩을 생략할 때 다음 블록의 오프셋으로 나아가기 위한 비트스트림 검색 에너지의 소모는 인트라 부호화 매크로 블록의 경우가 인터 부호화의 경우보다 더 큰데 그 이유는 인트라 부호화 매크로 블록의 검색 과정에서는 가변장 부호화된 정보를 디코딩하는 과정을 생략할 수 없기 때문이다.

3. 매크로 블록 생략을 이용한 저전력 재생 방법

본 장에서는 디코딩시 매크로 블록 생략이 에너지 소모에 미치는 영향을 분석하고 재생 품질을 높이기 위한 추가적인 방법을 제안한다.

우선 매 n 개의 매크로 블록마다 한 개씩을 생략하는 방법을 생각해 볼 수 있다. 이 경우 평균적으로 $1/n$ 정도의 에너지가 줄어들 것으로 기대할 수 있으나 실제 절감 에너지의 크기는 블록 생략시의 비트스트림 검색 에너지가 있기 때문에 이보다는 작게 나타난다. 단순히 매 n 개의 매크로 블록을 생략했을 때는, 절감되는 에너지 크기에 비해 재생 품질의 저하가 심각해지게 된다. 주된 원인은 MPEG-4 비디오는 VOP간에는, 또는 매크로 블록 간에 의존성을 갖고 있는데, 중요한 정보를 갖고 있는 매크로 블록이 생략됐을 경우, 그것을 참조하는 다른 매크로 블록들이 모두 비정상적인 디코딩을 행하기 때문이다. 따라서 재생 품질 향상을 위해서는 매크로 블록의 특성 및 내용을 고려한 생략을 행해야 한다.

본 논문에서는 두 가지의 재생 품질 향상을 위한 방법을 제안한다. 하나는 인트라 부호화 매크로 블록을 생략의 대상에서 제외하는 방법이고, 두 번째는 인터 부호화 매크로 블록을 생략할 때 예측 블록 복사 과정까지 진행시킨 이후 생략하는 방법이다.

인트라 부호화된 매크로 블록은 다른 VOP에는 없는 고유한 화면 정보를 많이 담고 있으므로 이를 생략할 때에 화질 저하가 다른 매크로 블록에 비해 커지게 된다. 때문에 화질 측면에서는 인트라 부호화된 매크로 블록은 생략 대상에서 제외하는 것이 좋다.

한편, 인터 부호화된 매크로 블록에 대해 아무 처리도 하지 않고 생략해 버린다면, 이 블록의 영역을 참조하는 이후의 VOP의 매크로 블록에까지 계속 악영향을 주게 되므로 재생 품질의 심한 저하를 가져오게 된다. 만약 예측 블록 복사 과정까지를 진행시킨 후 그 다음 과정을 생략한다면 이후에 나올

VOP들에서는 전의 전 VOP의 값을 바탕으로 원래 결과와 비슷한 디코딩을 진행시켜 나갈 수 있게 되어 이는 화질 저하를 개선시키는 효과를 가져 올 것이다.

본 논문에서 제안하는 방법을 실제 MPEG-4 재생기에서 사용할 때는 사용자가 목표 에너지 소모량을 설정했을 때 그에 맞게 매크로 블록을 생략하는 용도로 활용할 수 있다. 즉, 사용자로부터 정상 경우의 p %의 에너지만 사용하여 재생하라는 입력이 주어지면, n 값을 $1/(100-p)$ 로 정하고 위 방법을 적용한다. 재생 품질을 높이기 위해서 품질 저하를 심각하게 야기하는 인트라 부호화 매크로 블록을 생략하는 대신 이와 비슷한 양의 에너지를 소모하는 양의 인트라 부호화 매크로 블록을 생략할 수 있다. 이때 생략하는 인트라 부호화 매크로 블록의 개수는 사전 실험을 통해 얻는다. 이런 방법으로 목표 에너지 소모량에 근접하는 비디오 재생을 수행하게 된다. 또한 생략되는 인트라 부호화 매크로 블록의 디코딩을 예측 블록 복사 과정까지 진행시킬 때에도 미리 구한 개수에 맞게 블록을 추가로 생략해야 한다.

4. 실험 결과

제안하는 방법의 에너지 소모 측면, 그리고 재생 품질 측면에서의 효과를 알아보기 위해 인텔 PXA-255 프로세서를 사용한 참조보드에서 앞에 설명한 매크로 블록 생략 방법을 구현하여 각 경우에서의 에너지 소모량과 재생 화질을 측정해 보았다. 에너지 소모량은 실험값을 사용하였으며 MPEG-4 디코더 로인 GPL 프로그램인 XviD 1.0[3]을 수정하여 사용하였다.

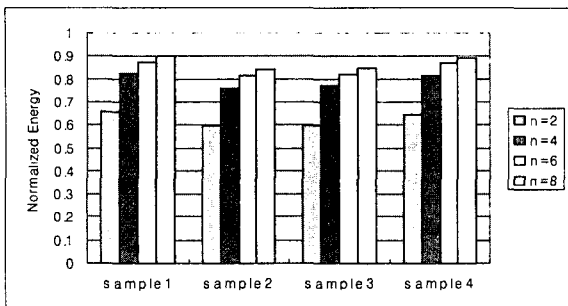


그림 5. 고정 간격 생략법에서의 에너지 소모

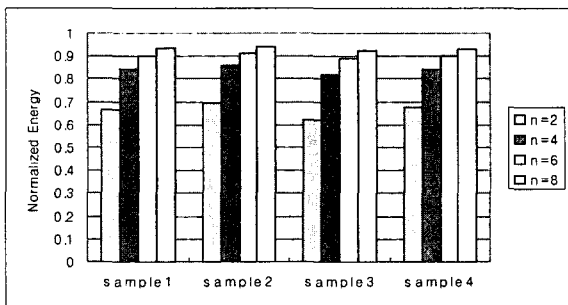


그림 6. 재생 품질 향상법을 적용한 에너지 소모

그림 5에서 매크로 블록 생략 간격에 따른 에너지 소모의 변화를 보인다. 3장에서 설명한 바와 같이 이러한 단순한 고정 간격 매크로 블록 생략은 심각한 재생 품질 저하를 야기할 수

있다. 따라서, 재생 품질 저하를 막기 위한 방법을 적용해야 하는데 본 논문에서 제안하는 두 가지 방법을 적용하였을 때 에너지 소모의 변화를 그림 6에 보인다. 동일한 n 값이 주어졌을 때, 전반적으로 품질 향상법을 적용했을 때가 더 많은 에너지를 소모함을 알 수 있는데, 이는 화질 향상을 위해 I-VOP에서는 어떠한 블록도 생략하지 않고 디코딩하기 때문이다.

그림 7에서는 본 연구에서 제시된 재생 품질 향상법을 사용했을 때의 재생화질을 정상 재생했을 때의 경우와 비교한 평균 PSNR 값으로 나타내었다. 방법 I은 고정 간격으로 매크로 블록을 생략하는 방법만 적용한 경우이고, 방법 II는 인트라 부호화 블록을 생략 대상에서 제외한 것이며, 방법 III는 방법 II에 더하여 인트라 부호화 블록의 예측 블록 복사 과정을 생략 대상에서 제외한 방법이다. 방법 I, II, III의 순서로 좋은 화질을 보여주는 것을 확인할 수 있으며 이는 우리가 사용한 생략방법이 화질저하를 크게 줄여주는 효과가 있음을 증명해준다. 결과적으로 재생 품질 향상을 위한 방법을 사용하는 경우 매 2개 매크로 블록을 생략하면 약 30% 정도의 에너지 소모를 줄이면서 높은 재생 품질을 유지할 수 있다.

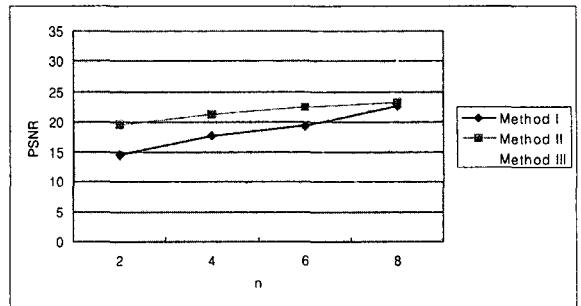


그림 7. 정상 재생한 경우에 대한 평균 PSNR 값

6. 결 론

본 논문에서는 MPEG-4 비디오를 재생할 때 매크로 블록 생략 방법을 사용하여 에너지 소모를 절감하는 동시에 가능한한 재생 품질 저하를 줄일 수 있는 방법을 제시하였다. 본 논문에서 제안한 방법은 실제 참조 보드 상에서 검증한 결과 상당한 에너지 소모 절감 효과와 함께 높은 재생 품질을 유지할 수 있었다.

7. 참고문헌

[1] P. Agrawal, J. Chen, S. Kishore, P. Ramanathan, and K. Sivalingam, "Battery power sensitive video processing in wireless network," Proc. IEEE Personal, Indoor Mobile Radio Communications, Vol.1, pp. 116-120, 1998.
 [2] K. Choi, K. Kim, and M. Pedram, "Energy-aware MPEG-4 FGS streaming," Proc. 40th Design Automation Conference, pp. 912-915, 2003.
 [3] <http://www.xvid.org>.
 [4] <http://www.divx.com>.