

시간적 계층에서의 스케일러블 부호화 고속 모드 결정 방법

전병우

Fast Coding Mode Decision for Temporal Scalability in H.264/AVC Scalable Extension

Byeungwoo Jeon

요약

최근의 멀티미디어 서비스 환경은 다양한 전송 속도, 영상 크기나 화질을 지원하고 있다. 그러나 고정된 영상크기 또는 화질로의 부호화만이 가능한 기존의 비디오 부호화 기술은 새로운 멀티미디어 서비스 환경을 충족시키기가 어렵다. 따라서 새로운 환경적 요구를 충족시키기 위해 기존의 H.264/AVC 표준을 기반으로 다양한 영상크기와 화질을 지원할 수 있는 새로운 비디오 부호화 표준인 H.264/AVCSE(Scalable Extension)의 표준화가 진행되었다. H.264/AVC SE은 한번의 부호화된 스트림으로 다양한 크기나 화질을 가진 여러 개의 영상을 제공할 수 있다. 하지만 이를 위하여 기존의 H.264/AVC 표준에 비해 보다 복잡도가 요구되어 지기 때문에 이를 효과적으로 감소시킬 수 있는 추가적인 기술이 제공되어야한다. 본 논문에서는 H.264/AVC SE 표준이 가지는 복잡도 중 대부분을 차지하는 모드 결정법의 복잡도를 감소시키기 위해 이전과 이후 픽처의 참조모드를 이용하는 early skip 알고리즘과 GOP내에 존재하는 모드들의 History를 이용하는 MHM(Mode History Map) 알고리즘을 이용한 고속모드 결정법을 제안한다.

Abstract

Recently proliferating heterogeneous multimedia service environments should be able to deal with many different transmission speeds, image sizes, or qualities of video. However, not many existing video compression standards satisfy those necessities. To satisfy the functional requirements, the standardization of the H.264/AVC Scalable Extension (SE) technique has been recently completed. It is an extension of the H.264/AVC which can encode several image sizes and qualities at the same time as a single bitstream. To perform optimum mode decision, motion estimation is performed for all MB modes, and the RD costs are compared to identify an MB mode with the smallest RD cost. This increases computational complexity of H.264/AVC SE encoding. In this paper, we propose an early skip mode detection scheme to reduce candidate modes and suggest an algorithm of fast mode decision utilizing reference modes according to the mode history.

Key word : 시간적 계층 부호화, Early Skip 방법, HMH 방법, H.264/AVC Scalable Extension

*교신저자 : 성균관대학교 정보통신공학과 교수

접수일자 : 2013년 5월 15일, 수정일자 : 2013년5월30일, 심사완료일자 : 2013년 6월 6일

I. 서론

최근 대용량 네트워크의 발달로 인해 인터넷방송이나 화상 통화 등 다양한 종류의 대용량 멀티미디어 서비스가 보급되기 시작하였다. 그러나 고정된 영상 크기 또는 화질로 부호화하는 기존의 비디오 부호화기술은 다양한 네트워크 환경이나 단말에 적응적으로 서비스하지 못하는 한계를 지니고 있다. 따라서 이러한 환경적 요구를 충족시키기 위해 다양한 영상 크기 및 화질의 비디오 데이터로 부호화가 가능한 새로운 부호화 기술이 요구되었고 그 기술 중 하나로 계층 부호화(Scalable Coding) 기술이 부각되고 있다. 이에 따라 기존의 H.264/AVC 표준을 기반으로 다양한 영상 크기와 화질을 지원할 수 있는 새로운 비디오 부호화 표준인 H.264/AVC SE(ScalableExtension)의 표준화가 진행되었다[1]. H.264/AVC SE 표준은 기본적으로 시간적(Temporal), 공간적(Spatial), 화질적(Quality) 계층 부호화를 지원한다.

H.264/AVC SE 표준은 높은 부호화 효율을 유지하기 위해 H.264/AVC 표준에 포함된 부호화 기술 외에도 다양한 부호화 기술을 사용한다. 그 중 모드 결정과정은 RD(Rate-Distortion) 측면에서 최적의 모드를 선택하기 위해 모든 후보모드(SKIP, P16x16, P16x8, P8x16, P8x8, I4x4, I16x16, Intra_BL)에 대한 RD cost를 계산하기 때문에 가장 많은 복잡도를 차지한다[1],[2]. 따라서 H.264/AVC SE 표준의 복잡도를 감소시키기 위해서는 이러한 모드 결정 과정의 연산량을 감소시키는 방법이 매우 효과적이다.

H.264/AVC SE 표준의 모드 결정 과정의 복잡도를 감소시키기 위한 기존 연구에서는 참조 픽처의 매크로블록 모드만을 후보 모드로 이용하여 복잡도를 감소시키는 방법을 사용한다[3]. 이러한 방법은 모든 후보 모드에 대해 RD cost를 계산하는 JSVM의 모드 결정 방법에 비해 후보 모드를 감소시킬 수 있기 때문에 연산량 감소효과를 얻을 수 있지만 너무 제한적인 후보모드의 사용으로 인하여 PSNR이나 bitrate의 성능이 저하되는 문제가 있다.

본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위한 두 가지 고속 모드 결정법을 제안한다. 첫 번째는 GOP 내에서 서로 다른 레벨에 속해 있는 픽처들 간의 유사성을 이용한 early skip 방법이고, 두 번째는 GOP 내에서 이미 선택된 모드만으로 MHM(Mode History Map)을 구성하여 후보 모드로 사용하는 방법이다. 제안 방법은 참조 모드의 특성에 따라 후보 모드를 선택적으로 적용할 수 있기 때문에 RD 측면의 성능감소 없이 효과적으로 부호화기의 연산량을 감소시킬 수 있다.

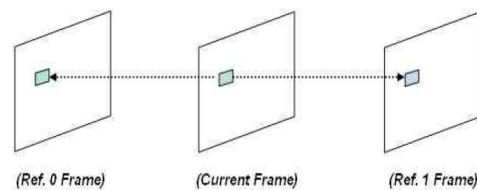


그림1. Early Skip 방법의 구조

II. 제안한 고속 모드 결정 방법

1 Early Skip 방법

일반적으로 현재, 이전 그리고 이후 픽처들간에는 비슷한 움직임 특성을 지닌다. 이로 인해, 만약 이전 픽처와 이후 픽처의 매크로블록모드가 SKIP 모드인 경우, 현재 픽처의 매크로블록모드 역시 SKIP 모드일 확률이 높을 것이라 예측할 수 있다. 본 논문에서는 이러한 확률적 관찰을 바탕으로 early skip 방법을 제안하게 되었다. 그림 1과 같이, 참조 픽처 0과 1의 매크로블록 모드가 모두 SKIP 모드일 경우 후보 모드를 SKIP과 P16x16 모드만으로 제한하고, 참조하는 두 개의 매크로블록 모드 중 하나의 모드만 SKIP 인 경우, SKIP, P16x16 그리고 SKIP이 아닌 참조매크로블록의 모드를 후보 모드로 제한하여 사용한다. 이러한 경우 큰 부호화 효율의 감소 없이 후보모드를 제한하여 부호화 복잡도를 낮추는 것이 가능하다. 하지만 이러한 early skip 방법은 시간적 레벨이 낮아질 경우, 참조하는 픽처 간의 시간적 거리가 멀어져 때

크로블록 간 유사성이 감소한다는 단점 때문에 발생확률이 크지 않다는 문제점을 지닌다. 따라서, 본 논문에서는 이러한 early skip 방법의 문제점을 해결하기 위해 MHM을 이용한 방법을 제안한다.

1 MHM(Mode History Map) 방법

일반적으로 현재 픽취와 이전, 이후 픽취 간에는 밝기나 색상, 움직임 정보 등에서 매우 큰 상관도가 존재한다. 따라서 시간적으로 인접한 동일 GOP 내의 픽취들 역시 서로 간에 높은 상관도를 지니고 있다. 본 논문에서는 GOP 내의 픽취들이 서로 연관성을 가진다는 특징을 이용하여 MHM(Mode Map History) 방법을 제안한다. MHM 방법은 현재 픽취와 참조 픽취간의 유사성에 따라 매크로블록 모드 역시 유사한 분포를 가질 것이라는 일반적 사실에 근거한다.

MHM은 정의된 용어 그대로 매크로블록 모드의 히스토리 맵을 구성하는 방식이다. MHM을 구성하기 위해서 현재 픽취의 해당 매크로블록이 가지는 움직임 정보를 이용하여 참조 픽취 내에서 대응되는 위치의 모든 매크로블록 모드들을 선택하고 이를 MHM에 저장한다. 만약 상위 레벨이 추가적으로 존재할 경우, 앞서 기술된 방식과 동일하게 참조된 픽취에서 선택된 매크로블록이 가진 움직임 정보를 이용하여, 참조된 픽취가 이전에 참조 하였던 픽취들 내에서 대응하는 모든 매크로블록 모드를 MHM에 추가한다.

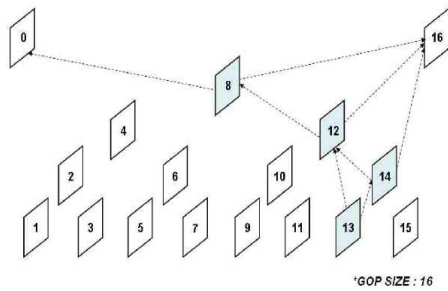


그림2. MHM 방법의 구조

그림 2는 이러한 MHM 방법의 구조를 보여준다. 그림 2에서 인덱스 13번을 가진 현재 픽취는 픽취 12와 14를 참조 픽취로 사용한다. 현재 픽취

13에서 해당하는 매크로블록에 대해 이전 픽취 12와 이후 픽취 14에서 각각 움직임 정보를 구하고 대응하는 매크로블록 위치를 예측한다. 이렇게 예측된 매크로블록의 모드를 MHM에 저장한다. 현재 픽취 13이 참조 픽취로 사용한 픽취 12와 14에 대해서도 픽취 13과 동일한 과정을 거쳐 MHM에 모드들을 추가한다. 이렇게 저장된 MHM은 후보 모드의 개수를 감소시켜 부호화 효율을 유지하면서도 연산 복잡도를 줄일 수 있다.

하지만 빠르게 변하는 영상의 경우 MHM내에 포함된 모드들간의 유사성이 적다고 판단하고, 이러한 문제점을 보완하기 위해 참조 영상이 아닌 현재 영상 내에서 매크로블록의 주변(좌측, 상단)에 위치한 매크로블록의 모드를 참조 모드로 사용한다. 먼저, 현재 영상내의 두 참조모드를 모두 작은 블록 (P8x8, I4x4)인 경우와 그렇지 않은 경우로 구분을 한다. 그리고 두 참조 모드가 모두 작은 블록인 경우 후보 모드를 P16x16과 P8x8로 한정하고, 그렇지 않은 경우 SKIP과 P16x16 모드로 한정하여 MHM에 추가하여 제안 방법의 효율성을 높인다.

III. 실험 방법 및 결과

본 논문에서는 제안한 고속 모드 결정 방법의 성능을 평가하기 위해 JSVM 8.4 참조 소프트웨어를 사용하였다[2]. 실험은 GOP 크기는 16이며, 5개의 시간적 분해 레벨을 가진 영상들에 대하여 QP를 10~40까지 변경시키면서 부호화하였고 실험은 영상의 특성이 서로 다른 QCIF 영상(Bus, Foreman, Hall Monitor) 처음 100 프레임을 사용하였다.

다음은 제안한 알고리즘의 적용성 여부에 대한 실험 결과이다. 표 1은 현재 픽취의 매크로블록에 대응하는 참조 픽취의 매크로블록 모드에 따른 최적 모드의 확률 분포이다. 표 1에 따르면, 참조 픽취 0과 1의 매크로블록 모드가 모두 SKIP 모드일 경우, early skip 방법을 사용하여 최적 모드를 선택할 수 있는 확률이 83%에 달한다. 또한 참조하는 두 개의 매크로블록 모드 중 하나의 모드만 SKIP 인 경우, early skip 방법을 적용할 수 있는 확률이 82%를 차지한다. 이러한 결과로 early skip

방법을 사용하면 큰 부호화 효율의 감소없이 복잡도를 낮출 수 있다는 것을 알 수 있다. 표 2는 모든 영상에 대하여 early skip 방법이 적용 가능한 확률 분포이다. 표 2에 따르면 early skip 방법이 적용 가능한 확률은 29%만이 존재하므로, 이와 반대의 경우에 대한 보완점이 필요해졌다.

표 3은 제안한 MHM 방법을 적용하였을 경우 MHM에 최적 모드가 포함되어 있을 확률 분포이다. 표 4는 표 3에서 보여지는 최적 모드가 MHM에 포함되지 않을 23%의 확률을 보완하기 위해 현재 영상 내 매크로블록의 주변(좌측, 상단)에 위치한 매크로블록 모드를 후보 모드로 사용한 확률 분포이다. 이러한 두 참조모드가 모두 작은 블록(P8x8, I4x4)인 경우 P16x16, P16x8, P8x16, P8x8가 많이 발생하고, 그렇지 않은 경우에는 SKIP, P16x16, P16x8, P8x16이 많이 발생함을 알 수 있다. 따라서, 두 참조모드가 모두 작은 블록인 경우 후보 모드를 P16x16과 P8x8로 한정하고, 그렇지 않은 경우 SKIP과 P16x16 모드로 한정하여 MHM에 추가한다. 이러한 모드를 추가한 결과는 표 3에서 영상 내 모드 추가 후 조건에서 알 수 있다. 그 결과 최적 모드가 MHM에 포함될 확률은 표 3에서와 같이 77%에서 89%로 증가하고, 이는 MHM 방법이 earlyskip이 적용되지 않는 상당량의 매크로블록에 대해서도 후보모드를 제한하여 복잡도를 낮출 수 있음을 보여준다. 따라서 제안한 두 방법을 사용하면 큰 부호화 효율의 감소없이 복잡도를 감소시킬 수 있다.

표 1 Early skip 방법에서 참조 모드에 따른 최적모드의 확률분포

참조 매크로블록 모드		최적모드				
		SKIP	P16x16	P16x8/P8x16	P8x8	I4x4
SKIP	SKIP	0.70	0.13	0.08	0.09	0
SKIP	P16x16	0.65	0.17	0.10	0.11	0
SKIP	P16x8/P8x16	0.59	0.17	0.13	0.11	0
SKIP	P8x8	0.54	0.16	0.14	0.16	0
SKIP	I4x4	0.56	0.17	0.13	0.14	0

표 2 Early skip 방법 적용이 가능한 확률분포

확률분포	참조모드 ∈ ES	참조모드 ∉ ES
	0.29	0.71

*ES : Early Skip 방법

표 3 영상 내 모드 추가 전, 후 최적 모드가 MHM에 포함될 확률분포

	참조모드 ∈ ES	참조모드 ∉ ES
영상내모드 추가 전	0.77	0.23
영상내모드 추가 후	0.89	0.11

표 4 최적 모드가 MHM에 포함되지 않을 경우, 주변 매크로블록 모드에 따른 최적 모드의 확률분포

*참조 모드	최적모드				
	SKIP	P16x16	P16x8/P8x16	P8x8	I4x4
**SMALL	0.10	0.23	0.47	0.18	0.02
**OTHER	0.29	0.24	0.37	0.10	0

* : 주변(좌측, 상단) 매크로블록 모드

** : 참조 모드가 모두 P8x8이나 14x4인 경우

*** : 참조 모드가 SMALL에 포함되지 않은 경우

다음은 제안한 고속 모드 방법과 기존의 고속모드 방법을 표준 소프트웨어 JSVM 8.4에 대하여 비트율, PSNR 그리고 복잡도(TS : TimeSaving) 측면에서 성능을 비교한 실험 결과이다. BDBR과 BDPSNR은 JSVM 8.4에 비해 기존 방법과 제안 방법의 평균 비트율과 PSNR의 차이를 보여준다. TS는 다음 식과 같이 JSVM 8.4의 연산 시간 대비 제안 방법의 연산 시간의 감소량을 보여준다.

$$TS(\%) = \frac{(Time_Reference - Time_Proposed)}{Time_Reference} \times 100$$

표 5는 이전 방법[3]과 제안 방법에 대한 BDBR과 BDPSNR, TS의 성능 비교를 한 자료이다. 기존의 고속 모드 결정 방법을 사용하는 경우 31%의 시간 감소 효과를 얻을 수 있지만 평균적으로 -0.40dB의 PSNR 감소와 7.27%의 비트율 증가가 있음을 알 수 있다. 하지만 제안한 고속모드 결정 방법은 1.61%의 비트율 증가와 -0.06dB의 PSNR 감소만으로 42%의 시간 감소 효과를 얻을 수 있다. 표 5에서와 같이 기존의 고속 모드 결정 방법은 상당량의 복잡도 감소에 반해 PSNR이나 비트율의 성능이 많이 저하됨을 알 수 있다. 따라서 제안된 방법은 기본 방법보다 더 나은 복잡도 감소

를 보이면서도 큰 성능의 저하없이 고속 모드 결정이 가능하다. 그림 3은Foreman 영상에 대한 RD 성능을 QP 따라 그래프로 표현한 것이다.

표 5 이전 방법[3]과 제안 방법에 대한 실험결과

		Bus	Foreman	Hall Mon.	Average
BDBR [%]	이전방법	5.15	8.98	7.67	7.27
	제안방법	2.14	1.90	0.80	1.61
BDPS NP[db]	이전방법	-0.31	-0.50	-0.39	-0.40
	제안방법	-0.14	-0.11	0.06	-0.06
TS[%]	이전방법	26.04	31.31	38.00	31.78
	제안방법	37.92	31.54	58.26	42.57

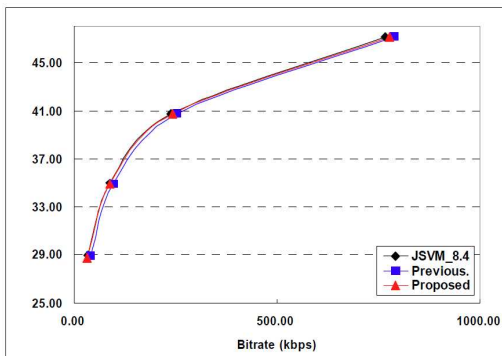


그림3. Foreman 영상에 대한 RD 그래프

IV. 결 론

본 논문에서는 H.264/AVC SE 표준의 복잡한 연산량을 감소시키기 위해 부호화 연산 중 상당 부분을 차지하는 모드 결정 방법을 살펴보고 이를 효율적으로 처리하기 위한 고속 모드 결정 방법을 제안하였다. 제안한 고속 모드 결정 방법은 H.264/AVC SE 표준의 모드 결정 과정의 연산량을 감소시키기 위해 후보 모드의 개수를 제한하는 방법을 사용하였고, 이로 인하여 심각한 화질의 열화 없이 큰 연산량 감소 효과를 얻을 수 있다.

참고문헌

[1] J. Reichel, H. Schwarz, and M. Wien, "Scalable Video Coding-Join Draft 4," ISO/IEC JTC1/SC29/WG11Doc.JVT-Q201,

Nice, France, Oct. 2005.

[2] J. Reichel, H. Schwarz, and M. Wien, "Joint Scalable Video Model 8 Reference Encoding Algorithm Description," ISO/IEC JTC1/SC29/WG11. Hangzhou, China, Oct, 2006.

[3] He Li, Z. G. Li, and Changyun Wen, "Fast Mode Decision Algorithm for Inter-Frame Coding in Fully Scalable Video Coding," IEEE Trans. On Circuit and System for Video Tech., Vol. 16, No. 7, Jul, 2006.

[4] G. Bjontegaard, "Calculation of average PSNR differences between RD-curves," presented at the 13th VCEG-M33 Meeting, Austin, TX, Apr. 2007.

저자약력

전 병 우(Byeung-Woo Jun)

정희원

성균관대학교 정보통신공학과 교수

<관심분야> 통신이론, 통신시스템