

H.264/AVC를 위한 효율적인 인트라 예측 기법

이 남 숙(李男淑), 이 재 현(李在憲)
三星電子 株式會社 디지털미디어 研究所

Complexity Reduction of Intra Prediction in H.264/AVC

Nam Suk Lee and Jae Hun Lee
Digital Media R&D Center, Samsung Electronics Co., Ltd.
E-mail : namsuk.lee@samsung.com

Abstract

In this paper, we propose two methods for complexity reduction of intra prediction in H.264/AVC. One is skipping of intra prediction using inter prediction cost at current macroblock in current P picture, average of intra prediction cost in previous I picture, and average of inter prediction cost in previous P picture. The other is skipping of intra 16×16 prediction using intra 4×4 prediction cost and modes. As a result, complexity of intra prediction in P picture and that of intra 16×16 prediction in intra prediction macroblock can be reduced by about 80~99% and 50~93%, respectively.

I. 서론

ITU-T의 Video Coding Experts Group과 ISO/IEC의 Moving Picture Experts Group은 새로운 비디오 코덱인 H.264/AVC를 만들었다 [1]. 이 H.264/AVC에서는 기존의 H.263, MPEG-2, MPEG-4 등에 비해서 압축 효율이 크게 높아졌다. 반면에 새로운 알고리즘과 특성들이 추가 됨에 의해서 복잡도 또한 크게 증가하였다. 추가된 새로운 알고리즘은 인트라 예측(Intra Prediction), 다양한 블럭 크기의 움직임 추정 방식, 움직임 추정에 쓰이는 참조 픽처의 개수의 증가, 4×4 단위의 정수 변환, 엔트로피 코딩에서 새로운 CAVLC 방법과 CABAC, deblocking 필터 등이다. 이 중에서 인트라 예측은 인트라 매크로블럭의 압축 효율을 크게 높였으나, 복잡도 또한 증가시켰다. 따라서 압

축 효율을 유지하면서 인트라 예측의 복잡도를 줄이는 방법이 필요하므로 본 논문에서는 인트라 예측의 계산량을 줄이는 방법을 제시한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2절에서는 H.264/AVC 에서 사용되는 인트라 예측 방법을 설명하고, 제 3절에서는 인트라 예측의 복잡도를 줄이는 방법을 제시한다. 그리고 제 4절에서는 실험 환경과 결과, 마지막 제 5절에서는 결론을 제시한다.

II. 인트라 예측

H.264/AVC 비디오 코덱에서 인트라 예측을 하는 방법은 그림 1과 그림 2에 나타난 것처럼 인트라 4×4 예측과 인트라 16×16 예측이 있다 [2]. 인트라 4×4 예측은 4×4 블럭 단위로 수행하며, 여기에는 9가지 모드가 존재한다. 각각의 예측 모드는 예측 방향 별로 Vertical, Horizontal, DC, Diagonal_Down_Left, Diagonal_Down_Right, Vertical_Right, Horizontal_Down, Vertical_Left, Horizontal_Up 예측 모드이다. 인트라 16×16 예측은 16×16 매크로 블럭 단위로 수행하며, 여기에는 4가지 모드가 존재한다. 각각의 예측 모드는 Vertical, Horizontal, DC, Plane 예측 모드이다.

이처럼 H.264/AVC에서는 인터 예측뿐만 아니라, 인트라 예측에서도 계산량이 많다. 그리고 인트라 예측은 I 픽처뿐만 아니라, P 픽처에서도 항상 수행해야 하는 부분이다. 또한 인트라 예측을 수행하고 난 후 선택된 인트라 예측 모드를 살펴 보면, 인트라 16×16 모드는 평탄한 영역에서 선택이 되므로 인트라 4×4 예측 모드가 인트라 16×16 예측 모드 보다 훨씬 더 많이 나타나는 경향이 있고, P 픽처에서는 인트라 예측 모드

보다는 인터 예측 모드로 거의 선택되는 경향이 있다.

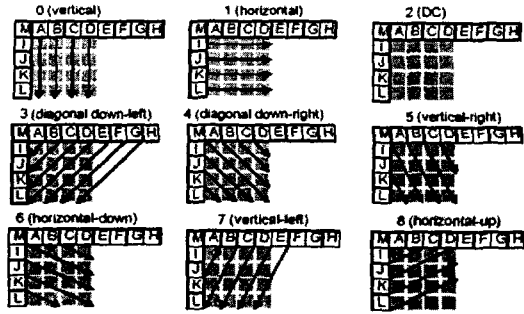


그림 1. 인트라 4x4 예측 모드

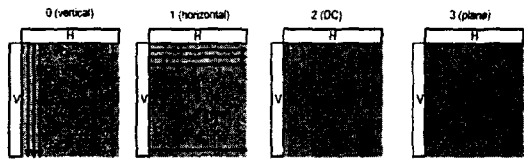


그림 2. 인트라 16x16 예측 모드

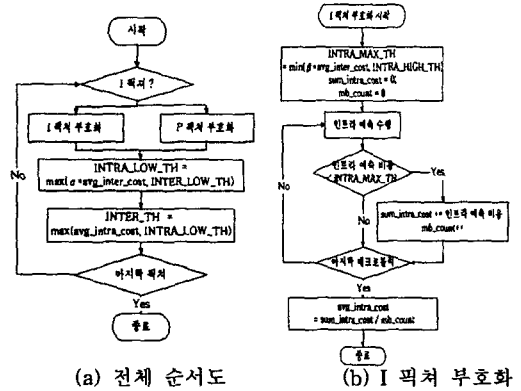
III. 효율적인 인트라 예측 기법

III-1. P 픽처에서 인트라 예측 스킵

영상 부호화시 영상 시퀀스의 맨 첫 픽처는 항상 I 픽처이고, I 픽처는 랜덤 액세스나 화질 향상을 위해 일정한 주기로 들어가게 된다. 그리고 I 픽처에서는 매크로블럭의 모드는 인트라 예측만을 수행하여 위에서 언급한 인트라 예측 모드 중에서 예측 비용(SAD: Sum of Absolute Differences 또는 SATD: Sum of Absolute Transformed Differences 값)이 가장 작은 모드로 결정한다.

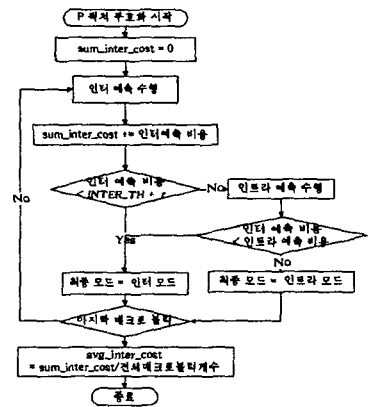
P 픽처에서 매크로블럭의 모드는 인터 예측과 인트라 예측을 모두 수행한 후에, 인터 예측 비용(inter_cost)과 인트라 예측 비용(intra_cost) 중에서 그 값이 작은 모드로 선택된다. 인터 예측은 모양과 크기 별로 7가지 모드가 존재하는데, 각각의 인터 예측 모드는 매크로블럭 단위로 16x16, 16x8, 8x16, 8x8 예측 모드가 있고, 8x8 서브 매크로블럭 단위로 8x8, 8x4, 4x8, 4x4 예측 모드가 있다. 인터 예측은 각각의 모드 별로 움직임 추정을 통해서 인터 예측 비용 구한다.

본 논문에서는 P 픽처에서 인터 모드로 결정될 것이라고 판단되는 매크로블럭에 대해서는 인트라 예측을 수행하지 않고 인터 예측에서 결정된 모드를 최종 모드로 선택함으로써, 인트라 예측을 수행하는데 드는 계산량을 줄이고자 한다. 제안하는 방법에 관한 순서도는 그림 3의 (a), (b), (c)에 나타나 있다. 본 논문에서 제안하는 방법은 다음과 같다.



(a) 전체 순서도

(b) I 픽처 부호화



(c) P 픽처 부호화

그림 3. P 픽처에서 인트라 스킵 순서도

I 픽처를 부호화(그림 3-(b)) 할 때, 인터 예측에서 사용할 문턱 값을 구하기 위해 필요한 평균 인트라 비용(avg_intra_cost)를 구한다. P 픽처를 부호화(그림 3-(c)) 할 때, 인터 예측에서 사용할 평균 인터 비용(avg_inter_cost)를 구한다. 먼저 I 픽처에서 구하는 평균 인트라 비용 구하는 방법은 다음과 같다. I 픽처를 부호화하기 전에 인트라 예측 결과 값이 너무 큰 경우에는 인터 예측의 결과의 문턱 값에 이용하지 않기 위하여, INTRA_MAX_TH를 구한다.

$$INTRA_MAX_TH$$

$$= \min(\beta * avg_inter_cost, INTRA_HIGH_TH) \quad (1)$$

여기에서 avg_inter_cost는 바로 이전 P 픽처에서 구한 인터 예측 비용의 평균값이고, β 와 INTRA_HIGH_TH는 상수이다. 이제 각 매크로블럭마다 인트라 예측을 수행하여 그 결과 값(intra_cost) 구한다. 그 값이 INTRA_MAX_TH보다 작은 것들의 평균인 avg_intra_cost를 구한다.

P 픽처를 부호화 하기 전에 문턱값 INTRA_LOW_TH

와 INTER_TH를 다음과 같이 구한다.

$$\begin{aligned} & \text{INTRA_LOW_TH} \\ & = \max(\alpha * \text{avg_inter_cost}, \text{INTER_LOW_TH}) \quad (2) \\ & \text{INTER_TH} \\ & = \max(\text{avg_intra_cost}, \text{INTRA_LOW_TH}) \quad (3) \end{aligned}$$

여기에서 avg_inter_cost와 avg_intra_cost는 각각 현재 picture에서 가장 최근의 P 픽처와 I 픽처에서 구한 평균 값이고, α 와 INTER_LOW_TH는 상수이다. 위에서 구한 INTER_TH를 P 픽처에서 이용하는 방법(그림 3-(c))은 P 픽처에서 인터 예측을 수행하여 그 값이 가장 작은 인터 예측 비용 inter_cost를 구한다.

$$\text{inter_cost} < \text{INTER_TH} + \tau \quad (4)$$

이때 인터 예측을 수행한 결과가 충분히 작으므로, 인터 모드로 선택될 가능성이 높다. 그리고 인트라 예측 비용과 인터 예측 비용이 거의 비슷하여 인터 모드로 선택을 해도 성능에서 영향을 거의 미치지 않으므로 이 경우는 인트라 예측을 스킵하여 계산량을 줄인다. 아닌 경우는 인트라 예측을 수행한 이후 그 비용을 인터 예측 비용과 비교하여 그 값이 작은 모드로 선택한다. 여기서 τ 는 오프셋 값이다.

III-2. 인트라 예측에서 인트라 16x16 예측 스킵

인트라 16x16 예측은 평탄한 영역에서 주로 선택된다. 동영상 시퀀스마다 다르지만, 인트라 16x16 예측보다 인트라 4x4 예측이 많이 선택되고, 인트라 16x16으로 선택되는 매크로블럭은 인트라 예측 비용이 작고 인트라 4x4 예측을 수행했을 경우, 매크로블럭 안에서 동일한 인트라 4x4 모드가 많이 발생되는 경향이 있다. 따라서 본 논문에서는 인트라 4x4 예측 비용을 이용하여 인트라 16x16 예측을 스킵함으로써 인트라 예측을 수행하는데 드는 계산량을 줄이고자 한다. 제안한 방법의 순서도는 그림 4와 같다. 전체 인트라 예측을 수행하는 매크로블럭에서 16개의 4x4 블럭마다 정해진 순서대로 인트라 4x4 예측을 수행하여 16개의 4x4 블럭에 대해 예측 비용이 가장 작은 모드를 정한다. 각각의 4x4 블럭의 예측 비용을 더하여 전체 매크로블럭의 인트라 4x4 예측 비용을 구하여, 인트라 4x4 예측 비용이 문턱값 INTRA_4x4_TH(상수)보다 크면 평탄한 영역이 아니라고 판단되므로 인트라 4x4 예측으로 수행될 가능성이 높으므로 인트라 16x16을 수행하지 않고 인트라 4x4 예측 모드로 선택한다. 아닐 경우, 16개의 4x4 블럭에서 선택된 모드를 살펴보면, 가장 많이 선택된 모드의 빈도수 n 과 서로 다른 모드의 개수 m 을 구한다. 이때,

$$n \geq N \text{ or } m \leq M \quad (5)$$

이때 인트라 16x16 예측을 수행한다. 이때 인트라 16x16의 예측 결과 값이 일정한 값(INTRA_16x16_TH) 이하이면, 평탄한 영역이라 판단되므로 인트라 4x4보다 인트라 16x16 모드로 결정된다. 아닌 경우는, 인트라 4x4 예측 비용과 인트라 16x16 예측 비용을 비교하여 최종 모드를 결정한다. 아닐 경우는 인트라 16x16 예측을 스킵함으로써, 인트라 예측의 계산량을 줄인다. 여기서 N 와 M 는 실험으로 구해진 상수이다.

16의 예측 결과 값이 일정한 값(INTRA_16x16_TH) 이하이면, 평탄한 영역이라 판단되므로 인트라 4x4보다 인트라 16x16 모드로 결정된다. 아닌 경우는, 인트라 4x4 예측 비용과 인트라 16x16 예측 비용을 비교하여 최종 모드를 결정한다. 아닐 경우는 인트라 16x16 예측을 스킵함으로써, 인트라 예측의 계산량을 줄인다. 여기서 N 와 M 는 실험으로 구해진 상수이다.

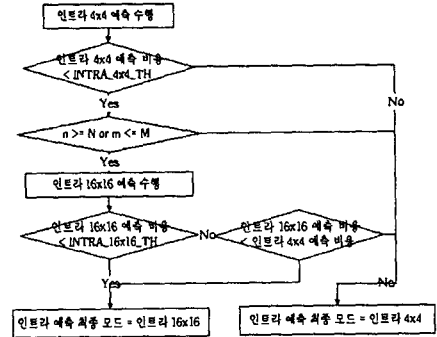


그림 4. 인트라 16x16 예측 스킵 순서도

IV. 실험 환경 및 결과

실험에 사용한 JVT 소프트웨어는 JM6.1e를 사용했다 [3]. P 픽처에서 인트라 예측 스킵 실험은 인트라 예측 모드가 비교적 많이 선택되는 720x480@30Hz의 시퀀스를 사용하여, I 픽처의 주기를 15(프레임 기준)로 하여 필드 코딩을 하였다. 인트라 16x16 예측 스킵의 결과를 비교하기 위해서는 352x288@30Hz의 시퀀스를 사용하여, 모두 intra 예측을 수행하는 I 픽처 코딩을 하였다. 두 경우 모두 H.264/AVC에서 사용하는 Rate Distortion(RD) Optimization 방법과, Rate Control을 사용하지 않고, 고정 QP를 사용하였다.

IV-1. P 픽처에서 인트라 예측 스킵

테스트 시퀀스는 football, susie를 사용하여, QP는 bit rate이 2Mbps 근처가 되도록하여 I 픽처의 QP는 P 픽처의 QP보다 2 작은 값으로 하였다. 상수 $\alpha = 1$, $\beta = 4$, $\tau = 100$, INTRA_HIGH_TH = 4000, INTER_LOW_TH = 1000으로 선택하여 총 코딩 프레임의 수는 150장(필드로 300장)으로 실험하였다. football인 경우, P 픽처에서 실제 인트라 모드로 결정되는 경우는 3~8% 정도이고 susie의 경우는 0.1~0.2% 정도이다. 이 알고리즘을 사용하였을 경우, 인트라 예측 스킵 비율은 표 1에 나타나 있다. 이 알고리즘에 대한 RD 그래프(그림 5)에서 보여주는 것처럼 제안한 알고리즘을 사용했을 경우, PSNR 성능은 영향을 미치지 않으면서 인트라 예측에 대한 계산량은 줄일 수 있다.

표 1. P 픽처에서 인트라 예측 스킵 비율

Sequence	인트라 예측 스킵(%)
football	80 ~ 84
susie	99

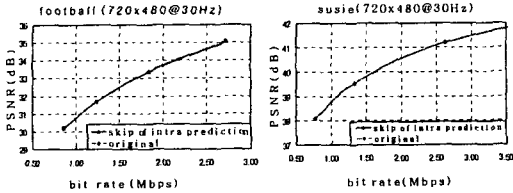


그림 5. 인트라 예측 스킵 RD 비교 그래프

IV-2. 인트라 예측에서 인트라 16x16 예측 스킵

테스트 시퀀스 akiyo, coastguard, containership, foreman, hall monitor, mother and daughter, news, silent를 사용하였다. 이때 QP는 16, 20, 24, 28을 사용하였다. 실험으로 구한 상수 값은 INTRA_4x4_TH = 1500, INTRA_16x16_TH = 1500, N = 12, M = 3을 이용하였다. 본 알고리즘에 대한 RD그래프(그림 6)에서 보여주는 것처럼 PSNR 성능은 비슷하거나 조금 좋아지면서, 계산량은 상당히 줄일 수 있다. 각각의 시퀀스에 대한 인트라 16x16 예측의 스킵 비율은 표 2와 같다.

두 알고리즘을 모두 사용한 경우의 RD 그래프(그림 7)에서 나타나는 것처럼 PSNR 성능은 비슷하면서 계산량은 상당히 줄인다. 실험은 SD급의 시퀀스 football과 susie를 이용하였다.

표 2. 인트라 16x16 예측 스킵 비율

Sequence	인트라 16x16 예측 스킵(%)
akiyo	50 ~ 67
coastguard	92 ~ 93
containership	60 ~ 86
foreman	74 ~ 88
hall monitor	50 ~ 82
mother and daughter	54 ~ 69
news	54 ~ 75
silent	81 ~ 91

V. 결론

본 논문에서는 P 픽처에서 움직임 추정을 통해 나온 인트라 예측 비용, 이전 P픽처와 I 픽처에서 나온 평균 인트라 예측 비용과 평균 인트라 예측 비용을 이용하여, P 픽처에서 16x16 매크로블럭에 대해서 인트라 예측을 스킵함으로써 인트라 예측의 계산량을 줄이는 방법을 제시했다. 그리고 인트라 예측을 수행하는 매크로블럭에 대해서 인트라 4x4 예측 비용과 모드를 이용하여 인트라 16x16 예측을 스킵함으로써 인트라 예측 매

크로블럭의 계산량을 줄이는 방법을 제시했다. 이 제안한 두 알고리즘으로 압축 효율은 유지하면서 인트라 예측의 계산량을 줄일 수 있다.

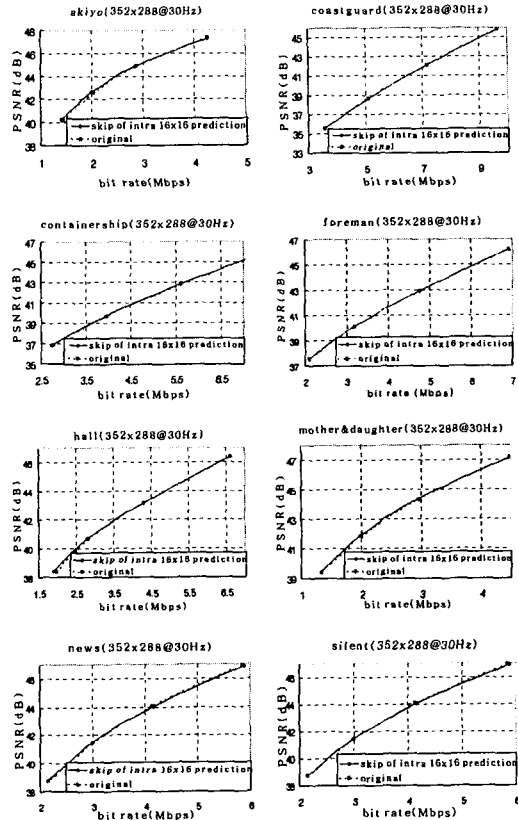


그림 6. 인트라 16x16 예측 스킵 RD 비교 그래프

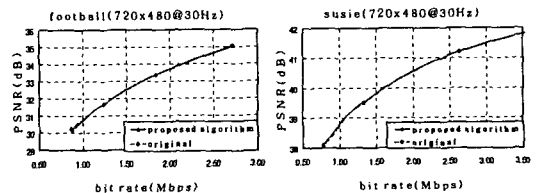


그림 7. 제안한 알고리즘의 RD 비교 그래프

참고문헌

- [1] Draft ITU-T Recommendation and Final Draft International Standard of Joint Video Specification (ITU-T Rec. H.264 | ISO/IEC 14496-10 AVC), Document JVT-G050r1, May 2003.
- [2] Iain E G Richardson, H.264 / MPEG-4 Part 10 White Paper : intra prediction, June 2003.
- [3] Joint Video Team(JVT) software JM 6.1e