

I 슬라이스에서 복호화기 예측을 이용한 예측 모드 SKIP 부호화 모드

*김지연 *노대영 **이진호 **정세윤 *오승준
**한국전자통신연구원, *광운대학교 VIA-멀티미디어 센터

*eony@media.kw.ac.kr

Prediction Mode SKIP Mode using Decoder-side Prediction in a I-slice

*Jieon Kim *Dae-Young Noh **Jinho Lee **Seyoon Jeong *Seoung-Jun Oh
**ETRI, *VIA-Multimedia Center, Kwangwoon University

요약

H.264/AVC의 화면내 예측 부호화 기술에서 예측 모드 정보를 부호화하기 위해 최우선 모드를 이용하며 최우선 모드의 선택율은 매우 높다. 또한 일반적으로 자연 영상이나 동영상의 경우 균일한 특성을 나타내는 영역을 많이 포함하고 있으며, 이러한 영역은 주변 블록과의 상관도가 매우 높다. 따라서 주변 블록의 예측 모드, 화소 에지의 방향성을 이용하면 복호화기에서도 현재 블록의 최적의 예측 모드를 결정할 수 있다. 본 논문에서는 화면내 부호화 효율을 향상시키기 위해 예측 모드 정보를 전혀 전송하지 않는 복호화기 예측을 이용한 화면내 예측 모드 SKIP 부호화 모드를 제안한다. 제안하는 방법은 주변 블록의 정보만을 이용하여 예측 모드를 결정하고 기존의 예측/변환 방법을 이용하여 부호화를 실시하며 예측 모드 정보는 전혀 전송하지 않는다. 실험 결과 제안하는 방법은 H.264/AVC의 참조 소프트웨어인 JM 17.0에 비하여 CIF 영상에서 1.40%, 720p 영상에서는 3.24%의 비트 감소를 나타내었다.

1. 서론

H.264/AVC 화면내 부호화를 통한 정보들은 크게 모드 부호화(Mode Coding), 예측 모드 부호화(Prediction mode coding), 영상 부호화(Texture coding)의 세 종류로 구분될 수 있다. 특히 부호화된 비트스트림 내의 예측 모드 정보는 낮은 비트율로 갈수록 영상 정보에 비해 상대적으로 많은 부분을 차지하게 된다. 이는 예측 모드 부호화 기술이 전체적인 압축율을 향상시킬 수 있는 중요한 요소임을 의미한다.

H.264/AVC 표준에서의 화면내 부호화에서는 예측 모드 정보를 부호화 하는데 소요되는 비트량을 감소시키기 위해 주변 블록이 가지는 예측 모드들 중 작은 값으로 얻어진 최우선 모드(Most Probable Mode)와 현재 블록의 모드 정보와의 일치 여부를 이용하는 부호화 방법을 사용한다^[1]. 이러한 이유는 9개의 화면내 예측 모드를 발생 가능성이 높은 순서에 따라 작은 화면내 예측 모드 번호를 할당했기 때문이다.

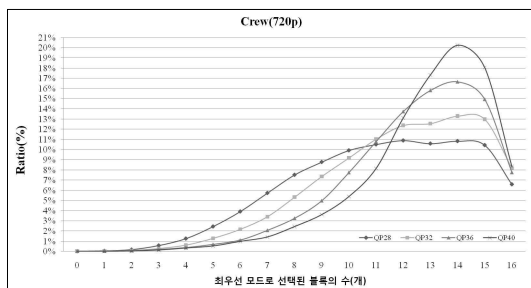


그림 1. 매크로블록에서 최우선 모드로 결정된 4×4 블록 수의 비율

그림 1은 720p 해상도의 'Crew' 영상에서 화면내 4×4 예측 부호화 모드일 때 매크로블록내에 최우선 모드로 결정된

블록 수의 비율을 나타낸 것이다. 가로축은 최우선 모드의 블록 수를 나타내고 세로축은 블록 수의 비율을 나타낸다. 그림 1에서 알 수 있듯이 매크로블록에서 최우선 모드의 수가 14~16개 되는 블록은 양자화 계수에 따라 약 27.8%~46.6% 정도를 차지하고 있다.

일반적으로 많은 자연 영상에서 균일한 특성을 나타내는 블록들이 많이 존재한다. 특히 영상의 해상도가 높아질수록 화면내 물체의 크기가 커지게 되며 이 때문에 균일한 특성을 나타내는 매크로블록의 개수가 증가하게 된다. 균일한 특성을 나타내는 블록은 주변 블록과의 상관도가 높아 주변 블록만을 가지고 현재 블록의 예측이 가능하다. 따라서 상기 특징들을 반영하여 모든 4×4 블록의 예측 모드를 항상 복호화기가 결정하는 새로운 부호화 모드가 있다면, 복호화기로 예측 모드를 전송하지 않아도 되기 때문에 보다 향상된 부호화 효율을 달성할 수 있음을 의미한다.

본 논문에서는 복호화기 예측을 이용한 화면내 예측 모드 SKIP 부호화 모드(Intra Prediction Mode SKIP Mode using Decoder-side Prediction : ISKIP)를 제안한다. 최적 예측 모드를 결정하는 방법은 항상 최우선 모드로 결정하는 방법 또는 항상 주변 블록 화소의 에지 정보를 이용하는 방법을 사용하고 기존의 예측/변환 방법을 이용하여 부호화를 실시한다. ISKIP은 복호화기 예측을 통해 예측 모드를 결정할 수 있기 때문에 예측 모드 정보는 전혀 전송하지 않는다.

2. 제안하는 화면내 예측 모드 SKIP 부호화 모드

본 논문에서는 주변 블록과 현재 블록의 높은 상관 관계를 이용하여 복호화기가 예측 모드를 결정하고 부호화기는 모드 정보를 전혀 보내지 않는 예측 모드 SKIP 부호화 모드를 제안한다. 제안하는 ISKIP은 복호화기에서 최적 예측 모드를 결정

하게 된다. 따라서 부호화기는 오직 주변 블록의 정보만을 이용하여 부호화 과정을 거치게 된다. ISKIP에 이용되는 주변 블록의 정보로는 최우선 모드와 화소의 에지 방향성이다.

입력 영상의 4x4 블록은 항상 최우선 모드로 부호화 하는 방법(ISKIP using MPM : ISKIP_MPM)과 주변 블록 화소의 에지 방향성에 의해 부호화 하는 방법(ISKIP using Edge's Direction : ISKIP_ED)으로 부호화를 실시한다. 이때 예측 모드 정보는 부호화를 생략한다. 복호화기는 부호화가 생략된 예측 모드에 대해 주변 블록의 정보를 이용하여 부호화기와 동일하게 결정한다.

가. 최우선 모드로 부호화 하는 방법(ISKIP_MPM)

앞에서 살펴본 바와 같이 화면내 4x4 부호화 모드에서 최우선 모드로 선택될 확률이 매우 높음을 확인하였다. 따라서 항상 최우선 모드를 최적 예측 모드로 결정하는 부호화 방법인 ISKIP_MPM 방법을 제안한다.

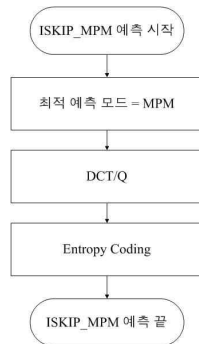


그림 2. ISKIP_MPM 순서도

그림 2는 제안하는 ISKIP_MPM의 순서도를 나타낸다. 4x4 블록이 입력되면 항상 최우선 모드를 최적의 예측 모드로 결정하고 기존의 예측/변환 방법을 이용하여 부호화를 실시한다.

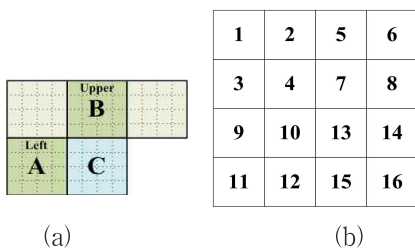


그림 3. (a) 현재 블록과 주변 블록들 (b) ISKIP_MPM 예측 순서

최우선 모드는 그림 3(a)에서처럼 상위 블록과 좌측 블록의 예측 모드 가운데 값이 작은 예측 모드 값으로 정의하고 부호화 순서는 그림 3(b)와 같은 순서로 한다.

그림 4의 (a)는 4x4 블록 단위로 주변 블록의 모드 정보를 나타낸 예이다. 주변 블록들이 그림 4(a)와 같은 경우 ISKIP_MPM 방법은 그림 4(b)와 같이 예측 모드를 결정할 수 있다. 그림 4(b)에서 점선은 부호화 순서를 의미한다.

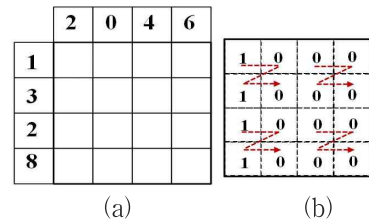


그림 4. (a) 주변 블록의 예측 모드 정보 (b) ISKIP_MPM의 예

나. 주변 블록 화소의 에지 방향성에 의해 부호화 하는 방법(ISKIP_ED)

일반적으로 자연 영상에서 균일한(Homogeneous) 특성을 나타내는 블록들이 존재 한다. 균일한 특성을 나타내는 블록은 주변 블록과의 상관도가 높아 주변 블록만을 가지고 현재 블록의 예측이 가능하다. 따라서 이러한 일반적인 사실을 이용하여 주변 블록 화소의 에지 방향성을 이용하여 현재 블록을 예측하는 방법인 ISKIP_ED 방법을 제안한다.

ISKIP_ED 방법에서는 8가지 방향 성분과 DC 성분에 대한 예측 블록들을 생성하여 부호화를 실시한다. 일반적으로 예측 블록의 크기가 작을수록 주변 블록과 현재 블록의 상관도는 높기 때문에 예측 블록의 크기는 4x4로 한다.

그림 5의 (a)에서 LUX, UX, LX, X, A~D, I~L, UA~UD, LI~LL는 이전에 압축-복원된 화소들로서 예측 블록의 이웃한 주변 블록에 속하고 현재 예측하고자 하는 블록의 화소들의 예측에 사용된다. 최적의 화면내 예측 모드를 결정하는 방법은 그림 5의 (b)~(i)에 도시한 바와 같이 8가지 방향에 대해 각 방향별 총 8번의 미분 연산을 수행한 후 그 합을 구한다. 또한 방향성을 가지고 있지 않는 DC 모드의 미분 연산은 식(1)과 식(2)를 이용한다. 따라서 현재 블록의 최적의 예측 모드는 9가지 모드에 대한 미분 연산을 통해 구한 합 중 가장 작은 값을 가지는 모드로 정한다.

$$\overline{M} = (A + B + C + D + I + J + K + L + 4) \gg 3 \quad (1)$$

$$S^{DC} = |A - \overline{M}| + |B - \overline{M}| + |C - \overline{M}| + |D - \overline{M}| + |I - \overline{M}| + |J - \overline{M}| + |K - \overline{M}| + |L - \overline{M}| \quad (2)$$

다. 구문 변환

제안하는 ISKIP_MPM과 ISKIP_ED 방법 즉, ISKIP은 기존의 비디오 부호화 방법에는 없었던 새로운 방법이기 때문에 이를 나타내기 위한 구문(syntax)이 필요하다. 제안하는 ISKIP의 모드를 표기하기 위하여 화면내 슬라이스의 매크로블록 타입을 정의한다.

mb_type이 '0'이면 화면내 4x4 예측 부호화 방법을, '1'이면 제안하는 새로운 부호화 모드인 ISKIP 부호화 모드를 나타낸다. 그리고 '2'~'25'일 경우에는 화면내 16x16 예측 부호화 방법을 나타낸다. 또한 ISKIP 모드일 때 제안하는 두 가지 방법을 구분하기 위하여 ISKIP 모드를 나타내는 비트 정보 다음에 1비트의 'ISKIP_flag'를 추가하여 '0'이면 화소의 에지 정보를 이용한 방법이고 '1'이면 최우선 모드를 이용한 방법을 나타낸다.

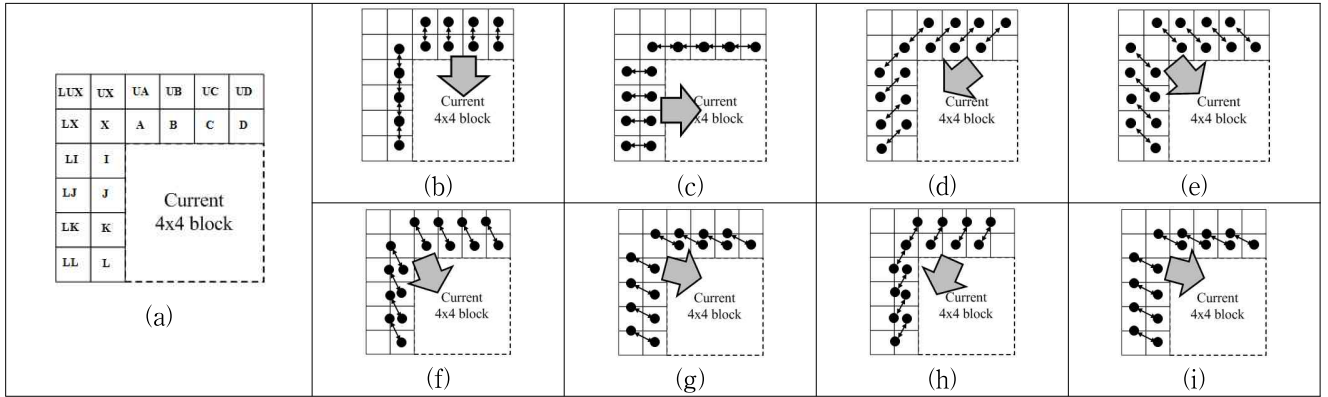


그림 5. 주변블록의 방향성 검출을 위한 마스크 : (a) 주변 블록의 화소 (b) 모드 0 (c) 모드 1 (d) 모드 3 (e) 모드 4 (f) 모드 5 (g) 모드 6 (h) 모드 7 (i) 모드 8

다. 율-왜곡 최적화를 통한 화면내 예측 모드 선택 방법

H.264/AVC에서는 부호화 성능을 향상하기 위해서 영상을 부호화할 때 주어진 비트율에서 영상의 화질을 나타내는 왜곡을 최적화하는 율-왜곡 최적화를 사용할 수 있다. 식(3)을 통해 화면내 예측 매크로블록 타입에서 16x16 블록 단위로 최적의 율-왜곡 비용을 가지는 매크로타입이 최적의 타입이 된다.

$$J(s, c | QP, \lambda_{INTRA}, mb_type) = SSD(s, c | QP) + \lambda_{INTRA} R(s, c | QP, mb_type) \quad (3)$$

$$\lambda_{INTRA} = 0.85 \times 2^{(QP - 12)/3} \quad (4)$$

여기서, s 와 c 는 각각 현재 부호화하는 매크로블록 단위의 원 영상 블록과 복원된 블록을 나타낸다. 또한 QP 는 양자화 계수 (Quantization Parameter)를 나타내며, $SSD(s, c | QP)$ 는 원 영상 블록과 복원된 블록의 왜곡인 제곱 차이 합(Sum of Squared Difference)를 나타낸다. λ_{INTRA} 는 화면내 부호화에 사용되는 라그랑지 승수를 나타내고 식(4)를 통해 계산된다.

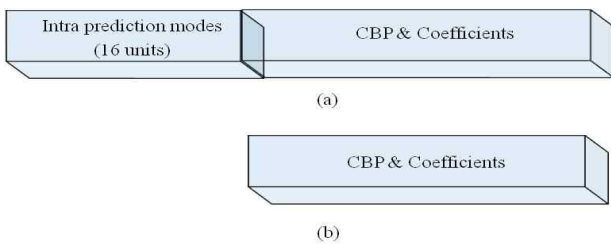


그림 6. 비트스트림 : (a) 화면내 4x4 부호화 모드 (b) 제안하는 화면내 부호화 모드

그림 6(a)는 현재 H.264/AVC의 화면내 4x4 부호화 모드의 비트스트림 구조이다. 그림과 같이 16개의 블록에 대한 예측 모드 정보가 부호화된 후 CBP(Coded Block Pattern)와 변환 계수가 순서대로 부호화된다. 그러나 제안된 화면내 모드 정보 SKIP 부호화 모드는 예측 모드를 전송하지 않기 때문에 그림 6(b)와 같이 CBP 정보와 변환 계수만을 부호화기로 전송하게 된다.

3. 실험 결과

제안하는 방법의 부호화 성능 향상을 비교하기 위해서 JM 17.0^[2] 소프트웨어를 사용하였으며, 표 1은 실험에 사용된 실험 조건을 나타낸다. 제안하는 방법은 JM 17.0을 기반으로 구현하였으며 기존 H.264/AVC의 화면내 예측과 비교 실험하였다. 각 알고리즘의 성능을 비교하기 위해 BDBR(Bjonteggard Delta BitRate)와 BDPSNR(Bjonteggard Delta PSNR)^[3]을 이용하였으며, 이하의 비트율 절감(Bitrate Reducton)은 기준 (Anchor) 실험 결과인 JM 17.0의 결과와 제안된 방법 간의 BDBR을 의미한다. 기존 방법 대비 제안하는 방법의 성능이 향상될 경우, BDBR은 음수의 값을 가진다.

표 1. 실험 조건

GOP Structure	Only I
Entropy Profile	CAVLC
Profile	Baseline Profile
Coding Frame	100

양자화 계수에 따른 성능 측정을 위하여 두 개의 군으로 나누어 실험을 실시하였다. 표 2는 중간 비트율 대역(양자화 계수 22, 27, 32, 37)과 저 비트율 대역(양자화 계수 27, 32, 37, 42)의 각 영상에 따른 실험 결과를 나타낸 것이다.

표 2. 영상에 따른 제안 방법의 BDBR과 BDPSNR

해상도	영상	중간 비트율 대역		저 비트율 대역	
		BDBR (%)	BDPSNR (dB)	BDBR (%)	BDPSNR (dB)
720p	Bigships	-1.96	0.10	-3.54	0.16
	City	-1.37	0.10	-2.84	0.16
	Crew	-3.04	0.12	-3.74	0.15
	Night	-1.67	0.12	-2.84	0.18
	Average	-2.01	0.11	-3.24	0.17
CIF	Foreman	-1.39	0.08	-2.61	0.15
	Mobile	-0.17	0.02	-0.38	0.03
	Paris	-0.81	0.07	-1.43	0.11
	Tempete	-0.54	0.05	-1.19	0.08
	Average	-0.73	0.06	-1.40	0.09

실험 결과 ISKIP을 적용한 JM17.0에서 중간 비트율 대역일 경우, CIF 영상에 대해서는 0.73%의 비트 감소와 0.06 dB의 화질 개선을 나타내었다. 해상도가 큰 720p 영상에 대해서는 평균적으로 약 2.01%의 비트 감소율과 0.11 dB의 화질 개선을 나타내었다. 저 비트율 대역일 경우 CIF 영상에 대해서는 1.40%의 비트 감소와 0.09 dB의 화질 개선을 나타내었다. 특히 720p 영상은 평균적으로 3.24%의 비교적 높은 비트 감소율과 0.17 dB의 화질 개선을 나타내었다.

표 3. 제안하는 방법에 의하여 부호화되는 매크로블록의 비율

해상도	영상	양자화 계수				
		22	27	32	37	42
CIF	Foreman	18.3%	30.5%	36.1%	35.3%	30.1%
	Mobile	6.6%	8.7%	12.5%	16.3%	25.1%
	Paris	22.8%	27.9%	32.3%	33.0%	33.4%
	Tempete	15.7%	19.2%	21.9%	28.2%	38.4%
720p	Bigships	16.6%	28.2%	38.9%	37.5%	26.0%
	City	17.8%	23.0%	30.4%	37.9%	36.2%
	Crew	31.4%	31.7%	25.1%	17.4%	8.9%
	Night	22.9%	27.0%	30.3%	32.7%	26.6%

표 3은 실제 실험 조건에 의하여 부호화를 실시하였을 경우 영상과 양자화 계수에 따라 ISKIP으로 부호화된 매크로블록의 선택 비율을 나타낸 표이다. 실험 결과 CIF 영상에서 ISKIP으로 부호화된 매크로블록의 선택 비율이 중간 비트율 대역일 경우 6%~36%로 나타났으며 저 비트율 대역에서는 최대 38%까지 나타났다. 해상도가 큰 720p 영상에서는 중간 비트율 대역에서도 ISKIP으로 부호화된 매크로블록의 비율이 최대 약 39% 나타났다.

전체적으로 저 비트율 대역에서 ISKIP으로 부호화된 매크로블록의 선택 비율이 높았으며 720p 영상과 같은 높은 해상도 영상에서 제안하는 방법으로 부호화 된 매크로블록의 비율이 높았다. 제안하는 ISKIP은 균일한 특성을 나타내는 블록에 대하여 부호화 성능 향상을 가정하였다. 영상 특성상 높은 해상도에서 균일한 특성을 나타내는 블록들이 많이 나타나며 또한 양자화 과정에서 높은 양자화 계수로 부호화를 실시하게 되면 양자화 스텝에 의하여 고주파 영역의 신호가 많이 제거 되므로 상대적으로 균일한 특성을 가지는 블록들이 많이 나타나게 된다.

ISKIP은 부호화기에서 기존 화면내 예측 부호화 모드 이외에 두 개의 예측 부호화 모드에 대해서 부호화를 수행하여 최적의 매크로블록 타입을 선택하기 때문에 평균 1.25%의 부호화 시간이 증가한다. 이는 전체 부호화기의 계산 복잡도 중 아주 적은 양에 해당되며, 제안하는 방법을 통해서 부호화기에서는 큰 계산 복잡도 증가 없이 부호화 성능을 얻을 수 있음을 확인할 수 있다. 그러나 제안하는 방법으로 부호화 될 경우 부호화기는 주변 블록의 에지 성분을 검출하거나 모드 정보를 확인하는 과정을 부가적으로 수행해야 한다.

그림 7은 JM 17.0과 제안하는 방법 간의 전체 복호화 시간을 비교한 그래프이며, 단위는 초를 사용했다. 그림을 통해 전체적으로 부호화 시간이 늘어났음을 확인할 수 있다. 전체 부호화기의 계산 복잡도에서 제안하는 방법이 많은 부분을 차지

하고 있음을 나타내며 추후 이 부분을 개선하는 연구가 필요함을 의미한다.

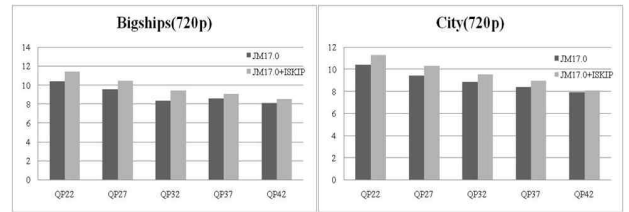


그림 7. JM 17.0과 제안하는 방법의 전체 복호화 시간 비교

4. 결론

본 논문에서는 부호화기의 예측을 이용한 새로운 화면내 예측 부호화 모드를 제안하였다. 제안하는 ISKIP에서는 부호화기의 예측을 이용하여 부호화를 실시하였다. 부호화기는 주변 블록 화소의 에지 방향성 정보를 이용하거나 최우선 모드를 이용하여 현재 블록의 예측 블록을 생성할 수 있다. 이렇게 부호화된 블록의 예측 모드 정보는 부호화 되어 전송되지 않는다. 실험 결과 해상도가 큰 영상과 높은 양자화 계수로 부호화 시 높은 부호화 효율을 나타내었다.

본 논문에서는 부호화기 스스로 최적의 화면내 예측 모드를 선택함으로써 부호화기의 복잡도가 증가하게 된다. 따라서 추후 연구를 통하여 부호화기의 복잡도 감소에 대한 연구가 필요하다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부, 방송통신위원회 및 한국산업기술 평가관리원의 산업원천기술개발사업(정보통신)의 일환으로 수행한 연구[과제관리번호:KI001932, 과제명:차세대DTV핵심 기술 개발], 지식경제부와 한국산업기술진흥원의 전략기술인력양성사업, 2010년도 교내학술연구비 지원으로 수행된 결과임

참고문헌

[1] JVT of ISO/IEC MPEG and ITU-T VCEG, Draft ITU-T Recommendation and Final Draft International Standard of Joint Video Specification, ITU-T Rec. H.264, ISO/IEC 14496-10 AVC, 2003.
 [2] http://iphome.hhi.de/suehring/tml/download/old_jm/17.0.zip
 [3] G. Bjonteggard, "Calculation of Average PSNR Differences between RD-curves," Doc. VCEG-M33, Apr. 2001.