

## 4x4 블록의 Multiple Partition 예측을 이용한 개선된 H.264/AVC 무손실 인트라 압축 방법

이상헌 조남익

서울대학교 전기컴퓨터공학부

\*leesh007@ispl.snu.ac.kr

### Improved H.264/AVC Intra Lossless Compression Using Multiple Partition Prediction For 4x4 Intra Block

\*Sang Heon Lee Nam Ik Cho

INMC, Dept. of EECS, Seoul National University

#### 요약

H.264/AVC 무손실 인트라 압축을 위하여 사용되는 픽셀 예측 방법은 Sample by Sample DPCM (SbS DPCM) 으로서 이 방법에서는 각각의 픽셀을 주변 픽셀로부터 예측하고 그 오차를 전송한다. 본 논문에서는 4x4 블록에 대한 Multiple Partition 예측과 SbS DPCM을 이용하여 H.264/AVC의 무손실 인트라 압축 효율을 증가시키는 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 각 4x4 블록을 4x4, 4x2, 2x4, 2x2, 1x1 크기의 sub-partition 을 가지는 다양한 partition 으로 예측한다. 이 때 각 sub-partition 들은 SbS DPCM을 이용하여 예측되고 이 때 사용하는 예측 방향의 개수는 예측 방향 정보량을 고려하여 sub-partition 크기에 따라 조절한다. 실험 결과에 의하면 제안하는 방법은 기존 H.264/AVC에 비하여 최대 17.02 %p, 평균 13.29 %p의 압축을 개선을 보여주며 SbS DPCM만 사용하는 방법에 비하여 최대 4.74 %p, 평균 3.62 %p 정도의 압축을 개선을 보여준다.

#### 1. 서론

H.264/AVC는 손실 비디오 압축에서 가장 뛰어난 성능을 보이는 영상 압축 표준이다. 비록, H.264/AVC가 손실 압축을 위하여 설계된 부호화기이지만 의료 영상 압축 등과 같은 무손실 영상 압축을 위하여 H.264/AVC에 기반한 무손실 압축에 대한 연구도 필요하다. 손실 압축에서 중요한 요소 중 하나인 변환 (Transform) 부호화를 무손실 압축에 사용할 경우 변환을 거치지 않고 바로 신호를 전송하는 것에 비해 많은 데이터 양을 발생시킨다. 이를 극복하기 위하여 H.264/AVC의 무손실 압축은 차분 신호에 대한 변환 부호화를 생략하거나 이 문제를 해결한 새로운 변환을 사용함으로써 이루어진다. 그러나, H.264/AVC의 무손실 압축 성능은 JPEG-LS나 JPEG2000 Lossless 같은 무손실 압축 표준 [1, 2]에 비해 그 성능이 떨어진다고 알려져 있다.

따라서, 최근에는 H.264/AVC의 무손실 압축 성능을 높이기 위한 연구가 활발히 진행되었다. 구체적인 예로 복호화 과정에서 손실이 발생하지 않는 새로운 변환이 [3]에서 제안되었다. 또한, 기존 H.264/AVC의 블록 기반 인트라 예측의 한계를 극복하기 위하여 픽셀 단위의 예측을 수행하는 SbS DPCM [4, 5]이 제안되었다. 그리고, 무손실 압축에 최적화 된 새로운 엔트로피 부호화 기법도 [6]에서 제안되었다.

본 논문에서는 픽셀 단위로 예측을 하는 SbS DPCM이 4x4 블록

내부의 인트라 예측 방향을 모든 픽셀에 대해 동일하게 결정한다는 한계점에 주목하여 무손실 인트라 압축의 성능을 개선하는 새로운 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 4x4 블록을 4x4, 4x2, 2x4, 2x2, 1x1 크기의 sub-partition 을 가지는 다양한 partition 으로 예측한다. 제안하는 방법은 각 partition의 sub-partition에 대하여 각각 인트라 예측을 수행하기 때문에 4x4 블록의 각 픽셀들이 각각 다른 인트라 예측 방향을 가질 수 있어서 예측 오차의 감소를 기대할 수 있다. 물론, 각 sub-partition 들에 대하여 인트라 예측 방향 정보가 추가되기 때문에 sub-partition의 크기가 작을수록 차분 신호 이외의 전송해야 하는 데이터가 증가한다는 단점이 있다. 이 문제를 보완하기 위하여 제안하는 방법에서는 작은 크기의 sub-partition 을 가지는 partition에 대해서는 적은 수의 예측 방향만 사용하여 예측 방향을 부호화할 때 필요한 정보량을 감소시킨다. 실험 결과에 의하면 제안하는 방법은 기존 H.264/AVC 대비 최대 17.02 %p, 평균 13.29 %p의 압축을 개선 효과를 보이며 SbS DPCM을 독립적으로 사용하는 방법과 비교해서도 최대 4.74 %p, 평균 3.62 %p 정도의 압축을 개선을 보여준다.

#### 2. 기존의 압축 방법

H.264/AVC의 4x4 블록 인트라 예측은 총 9가지의 예측 방향을 가진다. 손실 압축에서는 블록 단위의 변환이 필요하기 때문에 각 4x4 블록에 대한 인트라 예측은 이미 복호화된 주위 블록의 픽셀들 (그림

1의 회색 픽셀들)을 이용하여 수행한다. 각 방향에 대한 예측 결과들에 대하여 비트율-왜곡 비용을 계산하고 그 중 최소의 비트율-왜곡 비용을 가지는 예측 방향을 선택하여 4x4 블록에 대한 부호화가 진행된다.

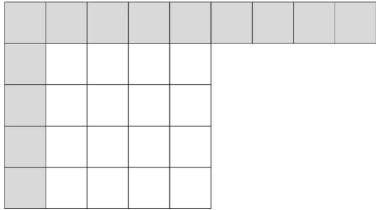


그림 1. 인트라 예측을 위한 4x4 블록과 그 주위 참조 픽셀들

이런 블록 기반의 예측 방식은 변환 압축을 사용하지 않아도 되는 무손실 압축에서는 매우 비효율적이다. 따라서 [4]에서는 픽셀 단위로 인트라 예측을 수행하는 SbS DPCM 기법을 제안하였다. [4]에서 제안된 SbS DPCM은 총 2가지 (Vertical, Horizontal) 또는 4가지 인트라 예측 방향 (Vertical, Horizontal, Diagonal Down Left, Diagonal Down Right)에 대하여 적용된다. SbS DPCM을 이용한 예측은 아래와 같은 식으로 정의된다.

$$\begin{aligned} pred_{i,j}^0 &= p_{i,j-1} \\ pred_{i,j}^1 &= p_{i-1,j} \\ pred_{i,j}^2 &= p_{i+1,j-1} \\ pred_{i,j}^3 &= p_{i-1,j-1} \end{aligned} \quad (1)$$

위 식에서  $pred_{i,j}^{mode}$ 는 픽셀 위치 (i,j)에 대하여 mode 값에 해당하는 방향의 예측 값이고,  $p_{i,j}$ 는 픽셀 위치 (i,j)에서 복원된 픽셀 값이다. [4]에서 제안된 SbS DPCM 방법은 2 가지 또는 4 가지 방향에 대하여서만 픽셀 단위 예측을 수행하지만 최근에 제안된 [5]의 방법에서는 9가지 방향 모두에 대하여 픽셀 단위 예측을 수행할 수 있다. 본 논문에서는 [4]의 SbS DPCM에 기반하여 실험을 수행하였다.

### 3. 제안하는 방법

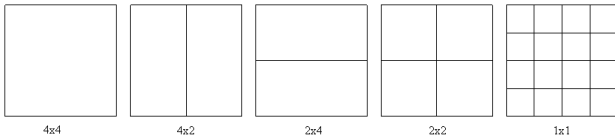


그림 2. 제안하는 방법에서 사용하는 partition 들

제안하는 방법은 4x4 블록을 그림 2와 같은 5가지 형태의 sub-partition을 가지는 partition으로 예측한다. 각 partition의 sub-partition들에 대하여 각각 인트라 예측을 수행하고 그 중 예측 오차 (SSD)가 가장 작은 예측 방향을 최적의 인트라 예측 방향으로 결정한다. 5 가지 partition 중 최적의 partition은 아래의 식에 의해 결정된다.

$$p_{i,j}^{best} = \operatorname{argmin} R(l, b_{i,j}) \quad (2)$$

여기서  $p_{i,j}^{best}$ 는 4x4 블록 위치 (i,j)에서의 최적의 인트라 예측 partition을 의미하고  $l$ 은 각 partition,  $R(l, b_{i,j})$ 는 블록  $b_{i,j}$ 를 partition  $l$ 을 이용하여 부호화 하는데 필요한 비트량을 의미한다.  $R(l, b_{i,j})$ 는 다음의 식으로 정의된다.

$$R(l, b_{i,j}) = R(r_{i,j}) + R(l) + \sum_{k=0}^{N(l)} R(i_k) \quad (3)$$

여기서  $R(r_{i,j})$ 는 블록 위치 (i,j)의 차분 신호  $r_{i,j}$ 를 부호화하는데 필요한 비트량,  $R(l)$ 는 partition 정보를 부호화하는데 필요한 비트량,  $R(i_k)$ 는 k 번째 sub-partition의 인트라 예측 방향을 전송할 때 필요한 비트량이다.  $R(r_{i,j})$ 는 H.264/AVC 방법을 그대로 이용하여 계산되고,  $R(l)$ 는 표 1에 의해 각 partition 종류를 이진화 한 후 전송할 때 발생하는 비트로 계산된다.

표 1. 제안하는 partition들의 부호화를 위한 이진화 방법

Partition Mode	Binarization
4x4	0
4x2	100
2x4	101
2x2	110
1x1	111

$R(i_k)$ 의 경우 partition 종류에 따라 다르게 정의되는데 자세한 방법은 아래와 같다. 4x4, 4x2, 2x4 partition의 경우에는 각 sub-partition에 대해 H.264/AVC와 동일한 9가지의 방향을 사용하여 인트라 예측을 수행하고 H.264/AVC에서 사용한 방법 (mostProbable mode를 이용한 방법)으로 인트라 예측 방향을 전송한 후 그 비트량을 계산한다. 하지만 2x2와 1x1 partition의 경우에는 9가지 방향을 모두 사용할 경우 인트라 예측 방향에 대한 정보가 과도하게 증가할 수 있다. 이를 방지하기 위하여 제안하는 방법에서는 2x2와 1x1 partition에서의 인트라 예측 방향의 개수를 각각 4개 (Vertical, Horizontal, DC, Diagonal Down Left)와 2개 (Vertical, Horizontal)로 제한한다. 실험에 의하면 SbS DPCM을 사용할 경우 대부분의 인트라 예측 방향이 수직 (vertical) 또는 수평 (horizontal) 방향으로 결정되기 때문에 (그림 3) 인트라 예측 방향의 개수를 줄여서 이에 대한 정보량을 줄이는 것이 압축 성능 개선에 기여할 수 있다. 따라서, 2x2 partition에서는 인트라 예측 방향을 2 비트, 1x1 partition에서는 인트라 예측 방향을 1 비트로 이진화하여 전송한 후 발생하는 데이터 양을 계산한다.

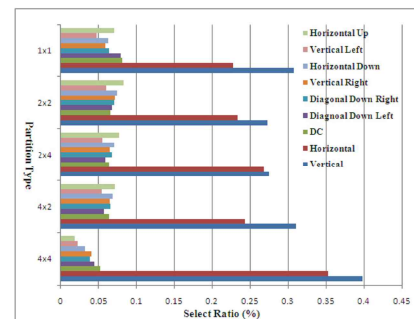


그림 3. Mobile 영상에서 각 partition에 대한 인트라 예측 방향 선택 비율

### 4. 실험 결과

제안하는 방법을 H.264/AVC JM 15.0 를 이용하여 테스트 하였다. 실험에서는 4:2:0 색차 포맷을 가진 8가지 영상을 사용하였고, 엔트로피 부호화는 CABAC 을 사용하였다. 실험 결과는 표 2 와 같다. 실험 결과에 따르면 제안하는 방법은 H.264/AVC에 비해 평균적으로 12.74%p, 최대 15.23%p 까지 비트량을 감소시킬 수 있으며 Sbs DPCM 만을 사용하는 방법에 비해 평균적으로 약 3.62 %p, 최대 4.74 %p 까지 비트량을 감소시킬 수 있다. 그림 4는 각 영상에 대하여 선택 되는 partition 종류의 비율을 나타낸다. 결과에 의하면 약 60% 정도가 4x4 partition으로 부호화하고 나머지는 4x4 보다 작은 크기의 partition 종류로 부호화함을 알 수 있다. 특히 가장 좋은 성능을 나타내는 grass 영상의 경우는 4x4 partition 의 선택 비율이 40% 로 가장 낮다. 이는 grass 영상의 텍스처 성분이 상대적으로 매우 강하기 때문으로 해석할 수 있다.

### 5. 결론

본 논문에서는 4x4 블록의 multiple partition 예측과 Sbs DPCM 에 기반한 새로운 무손실 인트라 압축 방법을 제안하였다. 제안하는 방법은 4x4 블록을 5가지 방법으로 쪼개고 각 sub-partition 들에 대하여 Sbs DPCM 을 수행하여 보다 영상의 내용을 잘 반영하는 예측이 되도록 하는 것이다. 또한, 작은 크기의 sub-partition 을 가지는 partition 에서 인트라 예측 방향에 대한 비트가 과도하게 소모되는 것을 방지하기 위하여 통계적인 성질을 이용하여 사용 가능한 인트라 예측 방향의 수를 조절하였다. 그 결과 제안하는 방법은 기존 H.264/AVC는 물론 Sbs DPCM 을 단독적으로 쓰는 방법에 비하여 우

수한 압축 성능 향상 효과를 얻을 수 있었다.

### 감사의 글

본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음. (NIPA-2010-(C1090-1011-0003))

### 6. 참조 문헌

[1] W. B. Pennebaker and J. L. Mitchell, *JPEG : Still Image Data Compression Standard*, Van Nostrand Reinhold, New York, 1992.  
 [2] D. S. Taubman and M. Marcellin, *JPEG2000 : Image Compression Fundamentals, Standards and Practice*, Kluwer Academic Publishers, 2002.  
 [3] S. Takamura and Y. Yashima, "H.264-based lossless video coding using adaptive transforms," in *Proc. IEEE ICASSP*, Mar. 2005, pp. 301-304.  
 [4] Y. L. Lee, K. H. Han, and G. J. Sullivan, "Improved lossless intra coding for H.264/MPEG-4 AVC," *IEEE Trans. Image Process.*, vol. 15, pp. 2610-2615, Sept, 2006.  
 [5] S. T. Wei, S. R. Shen, B. D. Liu and J. F. Yang, "Lossless Image And Video Coding Based On H.264/AVC Intra Predictions With Simplified Interpolations," in *Proc. IEEE ICIP*, Oct. 2009, pp. 633-636.  
 [6] J. H. S. H. Kim and Y. S. Ho, "Improved CAVLC for H.264/AVC Lossless Intra Coding", *IEEE Trans. Circuits and Systems for Video Tech.*, vol. 20, pp. 213-222, Feb, 2010.

표 2. 제안하는 방법의 압축 성능

Sequences	Resolution	Original Bits	H.264/AVC	Sbs DPCM		Proposed	
			Total Bits	Total Bits	Saving(%)	Total Bits	Saving(%)
Foreman	QCIF	30412800	18821456	17148080	8.89%	16628680	11.65%
Grass	QCIF	30412800	35199072	33668800	4.35%	32000744	9.09%
Silent	QCIF	30412800	21330624	18855280	11.60%	18014400	15.55%
Mobile	CIF	103065600	117380656	110503336	5.86%	107059704	8.79%
Waterfall	CIF	103065600	104083088	94386792	9.31%	90173696	13.36%
Tempete	CIF	103065600	102301240	91233216	10.82%	87312952	14.65%
Flower	CIF	103065600	94631440	82893976	12.40%	78526208	17.02%
Bus	CIF	103065600	74896152	64313344	14.13%	62727584	16.25%
Average					9.67%		13.29%

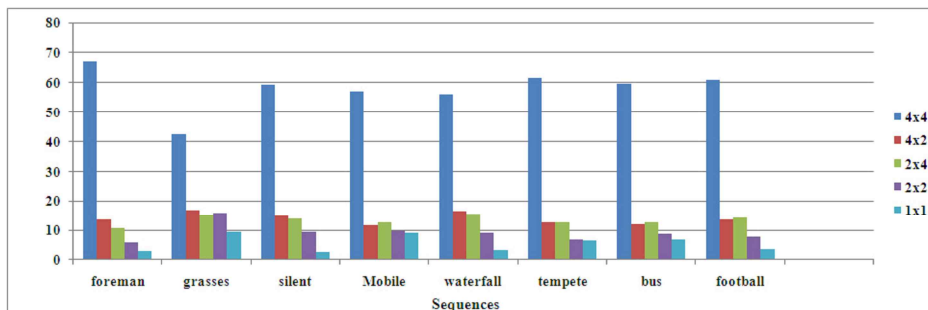


그림 4. 각 영상에서의 partition 종류 별 선택 비율