

SVC 공간적 향상 계층에서 빠른 인트라 예측 모드 결정 방법

조미숙⁰¹ 강진미² 정기동²

¹부산대학교 멀티미디어협동과정, ²부산대학교 컴퓨터공학과
{mscho⁰, wolff98, kdchung}@pusan.ac.kr

Fast Mode Decision Algorithm for Intra Prediction in Spatial Enhancement Layer of SVC

Misook Cho⁰¹ Jinmi Kang² Kidong Chung²

¹Department of Multimedia, Pusan National University

²Department of Computer Science and Engineering, Pusan National University

요 약

H.264/AVC의 확장 표준으로 제정된 SVC는 공간적 확장성의 압축 효율을 높이기 위해 기존 H.264/AVC에서 제공하는 인트라 예측과 인터 예측뿐만 아니라 계층 간 예측을 추가로 수행한다. SVC 표준의 인트라 예측 과정은 부호화가 가능한 모든 모드를 부호화한 후에 최적의 RD(Rate Distortion) 값을 갖는 모드를 선택하기 때문에 계층 간 예측이 추가되어 연산량이 더욱 증가되는 문제점이 있다. 본 논문에서는 공간적 향상 계층에서 인트라 예측 시 연산량을 효과적으로 감소시킬 수 있는 빠른 인트라 예측 모드 결정 방법을 제안한다. 매크로블록 내 경계의 평탄 여부를 조사하여 미리 Intra_BL 모드를 결정하는 방법으로 모드 선택에 따른 RD 값 비교 과정을 줄임으로써 SVC 표준의 인트라 예측 방법보다 연산량이 크게 감소되었다.

1. 서 론

SVC(scalable video coding)는 멀티미디어 환경에 맞게 네트워크 환경이나 단말 성능에 따라 공간적, 시간적, 화질의 관점에서 계층적으로 부호화하여 한 번의 부호화로 다양한 환경의 네트워크와 단말기에 복호화할 수 있는 동영상 압축 방식이다[1]. ISO/IEC와 ITU-T 공동으로 구성된 JVT(joint video team)에 의해 최근 H.264/AVC의 확장 규격으로 SVC가 국제 표준으로 완성되었다[2]. 따라서 다양한 통신망에 따른 멀티미디어 서비스와 수신자 환경에 적응적인 특징을 가진 SVC가 많이 사용될 것이다. 하지만 다양한 멀티미디어 서비스에 SVC를 적용하기에는 부호화 과정의 연산량이 너무 많은 문제점이 있기 때문에 SVC 고속화 알고리즘에 대한 연구가 요구된다.

SVC는 공간적 확장성의 압축 효율을 높이기 위해 기존 H.264/AVC에서 제공하는 인트라 예측(intra prediction)과 인터 예측(inter prediction)뿐만 아니라 계층 간 예측(layer) 간의 중복성(redundancy)을 제거하는 계층 간 예

측(inter-layer prediction)을 추가로 수행한다[3]. 계층 간 예측 방법은 계층 간 텍스처 예측(inter-layer intra texture prediction), 계층 간 움직임 예측(inter-layer motion prediction), 계층 간 잔여신호 예측(inter-layer residual prediction)이 있다.

H.264/AVC의 높은 압축 효율은 RD 최적화(rate-distortion optimization)방식에 의해 이루어진다. RD 최적화 방식은 부호화가 가능한 모든 매크로블록을 부호화한 후에 최적의 RD 값을 갖는 모드를 선택하는 방법이다. 이렇게 함으로써 가장 적은 비트율로 높은 화질을 얻을 수 있지만, 부호화기에서 많은 연산량을 필요로 한다. 또한, H.264/AVC의 인트라 예측은 Intra4x4 모드에서 9가지, Intra8x8 모드에서 4가지, Intra16x16 모드에서 4가지를 제공한다. 더욱이 SVC의 공간적 향상 계층에서는 H.264/AVC의 인트라 예측 모드를 모두 사용할 뿐만 아니라 계층 간의 상관성을 이용한 계층 간 예측 방법인 계층 간 텍스처 예측이 추가되었기 때문에 연산량을 감소시킬 수 있는 방법에 대한 연구가 필요하다.

본 논문에서는 공간적 향상 계층에서 연산량을 효과적

으로 감소시킬 수 있는 빠른 인트라 예측 모드 결정 방법을 제안한다. 매크로블록 내 경계의 평탄 여부를 판단하여 미리 Intra_BL 모드를 결정함으로써, 부호화가 가능한 모든 모드를 부호화한 후에 최적의 RD 값을 갖는 모드를 선택하는 방법보다 연산량을 크게 감소시킨다.

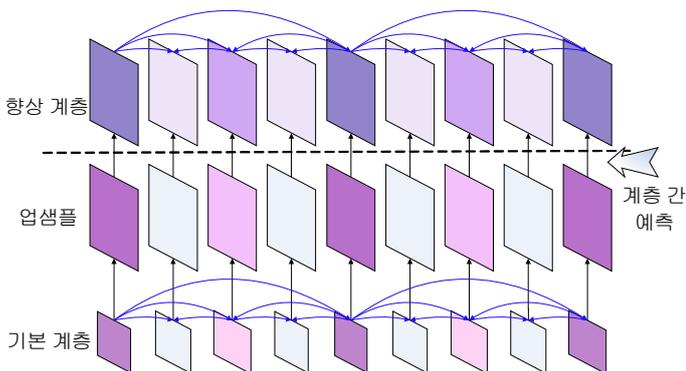
본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 SVC 공간적 확장성의 계층 간 텍스처 예측 방법에 대해 살펴보고 3장에서는 본 논문에서 제안하는 빠른 인트라 예측 모드 결정 방법에 대해 알아본다. 4장에서는 제안 방법에 대한 성능을 평가하고 5장에서는 결론과 향후 연구에 대해 밝히도록 한다.

2. 관련 연구

본 장에서는 SVC의 공간적 확장성을 지원하기 위한 계층 간 예측 방법 중 계층 간 텍스처 예측에 대해 알아보고, 공간적 향상 계층에서 인트라 모드의 통계적 분석을 살펴본다.

2.1 계층 간 텍스처 예측

SVC는 공간적 확장성을 지원하기 위하여 원 영상을 여러 개의 계층(layer)으로 나누어 부호화하는 계층적 부호화 방식을 추가하였다. [그림 1]과 같이 공간적으로 가장 낮은 해상도의 계층을 기본 계층(base layer)이라고 하며, 그 위의 계층을 향상 계층(enhancement layer)이라고 구분한다.



[그림 1] 공간적 확장성

SVC의 기본 계층은 H.264/AVC와의 호환을 위하여 H.264/AVC 표준에 따라 부호화하고, 향상 계층은 압축 효율을 높이기 위해 계층 간 예측 방법을 추가로 이용한다. 기본 계층의 인트라 예측은 Intra4x4 모드에서 9가지, Intra8x8 모드에서 4가지, Intra16x16 모드에서 4가

지를 수행하고, 공간적 향상 계층에서는 기본 계층에서 사용하는 인트라 예측 모드와 함께 계층 간 예측인 텍스처 예측 모드가 추가로 수행된다. 텍스처 예측 모드는 현재 부호화하려는 향상 계층의 매크로블록에 대응하는 기본 계층의 블록이 인트라 예측 모드로 부호화된 경우 기본 계층의 해당 블록을 이용하는 예측 방법이다. 기본 계층의 해당 블록을 복원하고 현재 계층의 매크로블록 해상도로 업샘플하여 예측 신호를 생성한 후, 부호화하려는 매크로블록과의 중복된 정보를 제거하여 잔여데이터를 부호화한다. 이러한 방법을 Intra_BL 모드라 한다. Intra_BL 모드는 공간적 향상 계층에서 SVC의 부호화 효율을 향상시키는 방법이지만, 그에 따른 연산량도 증가하였다. 따라서 영상의 화질을 유지하면서 Intra_BL 모드 때문에 가중된 연산량을 감소시키는 방법이 필요하다.

2.2 공간적 향상 계층에서 인트라 모드 분석

일반적으로, 인트라 부호화 과정에서 결정되는 모드는 블록의 평탄함 정도와 매우 연관성이 있다[4]. 세부적이고 복잡한 정보를 가지고 있는 매크로블록은 Intra4x4 모드로 부호화되고, 움직임이 적고 정보의 변화량이 적은 매크로블록은 Intra8x8, Intra16x6 모드로 부호화된다.

[표 1]은 공간적 향상 계층에서 QP가 24일 때 인트라 모드를 통계적으로 분석한 결과이다[5].

[표 1] 공간적 향상 계층에서 인트라 모드 분포 확률

시퀀스	Intra_BL	Intra4x4	Intra8x8	Intra16x16
BUS_CIF	65.84%	30.85%	2.25%	1.06%
FOOTBALL_CIF	87.23%	10.10%	2.19%	0.47%
FORMAN_CIF	76.48%	19.88%	1.39%	2.25%
MOBILE_CIF	67.51%	30.59%	1.13%	0.77%
CITY_4CIF	90.23%	6.04%	2.87%	0.86%
CREW_4CIF	91.73%	2.98%	2.45%	2.84%
HARBOUR_4CIF	95.95%	3.26%	0.58%	0.22%
SOCCER_4CIF	89.32%	6.12%	2.86%	1.69%

분석 결과를 살펴보면, 공간적 향상 계층에서 인트라 매크로블록은 Intra16x16, Intra8x8 모드의 경우 최적의 예측 모드로 결정될 확률은 4~5% 정도로 미미한 수준이다. 영상의 움직임이 적고 정보의 변화량이 적은 매크로블록은 Intra16x16, Intra8x8 모드 보다 대부분 Intra_BL 모드로 부호화 하는 것이 좀 더 효율적이기 때문이다. 따라서 SVC의 복잡도를 고려할 때 향상 계층에서 인트라 예측 시 Intra16x16, Intra8x8 모드를 제외하고 Intra_BL, Intra4x4 두 가지의 모드로 축소시킬 수 있

다. 또한 Intra_BL 모드로 결정되어지는 매크로블록을 미리 결정하면 인트라 예측 모드의 연산량을 줄일 수 있다.

3. 제안하는 빠른 인트라 예측 모드 결정 방법

3.1 매크로블록의 평탄함 측정

본 논문에서는 공간적 향상 계층의 부호화 과정에서 매크로블록 경계의 평탄함을 조사하여 빠르게 Intra_BL 모드를 선택하는 방법을 제안한다. Intra_BL 모드는 기본 계층의 해당 블록을 복원하고, 복원된 블록을 현재 계층의 매크로블록의 해상도로 업샘플하여 예측 신호로 사용한다. 업샘플링할 때 휘도 값에 대한 보간 과정은 4 taps 필터를 사용하며, 색차 값에 대한 보간 과정은 bi-linear 필터를 사용한다[6]. 따라서 영상 정보의 변화량이 적고 평탄한 경우, 기본 계층을 업샘플링한 매크로블록은 향상 계층의 매크로블록과의 오차가 거의 없기 때문에 Intra_BL 모드 예측의 부호화 효율이 높아져서 Intra_BL 모드로 선택될 것이다.

본 논문에서는 이러한 특성에 따라 향상 계층의 인트라 예측 과정에서 매크로블록의 평탄함을 이용하여 Intra_BL 모드를 미리 결정하는 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 다음과 같다. 먼저 매크로블록을 4x4 블록 단위로 나누어, 4x4 블록 간의 Edge Amplitude 값을 이용하여 매크로블록의 평탄함 정도를 결정한다. Edge Amplitude 값은 블록 경계의 차이를 나타내는 값으로, (식 1)과 같이 Sobel 연산자를 이용하여 Edge Vector를 계산한 후 Edge Vector의 절대치로 측정된다[7]. Sobel 연산자는 비선형 연산자로 양 끝단에 속한 화소들 사이의 합의 차이를 구한 후, 이를 수평과 수직 방향에 대하여 평균 크기를 구함으로써 경계 부분의 세기를 나타낸다. 계산한 Amplitude 값이 임계값 보다 작으면 최적의 인트라 예측 모드를 Intra_BL 모드로 인트라 예측하고, 그렇지 않으면 Intra4x4 모드로 인트라 예측을 결정한다.

$P_{i,j}$: 휘도나 색차 픽셀

$D_{i,j}$: Edge Vector

$$d_{x,i,j} = P_{i-1,j+1} + 2P_{i,j+1} + P_{i+1,j+1} - P_{i-1,j-1} - 2P_{i,j-1} - P_{i+1,j-1}$$

$$d_{y,i,j} = P_{i+1,j-1} + 2P_{i+1,j} + P_{i+1,j+1} - P_{i-1,j-1} - 2P_{i-1,j} - P_{i-1,j+1}$$

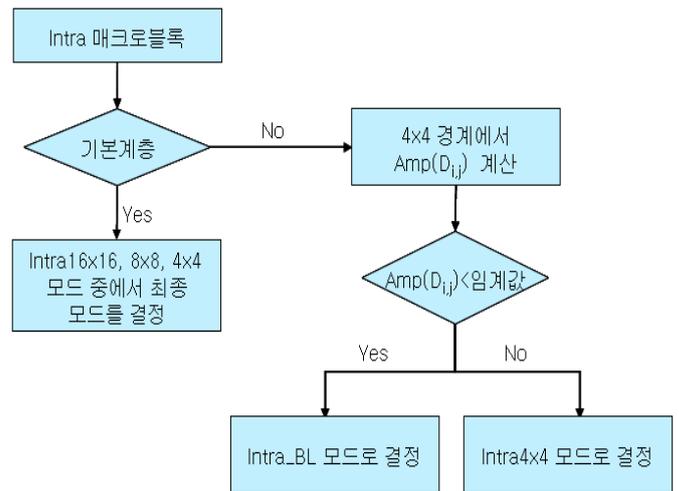
$$D_{i,j} = d_{x,i,j}, d_{y,i,j}$$

$$Amp(\vec{D}_{i,j}) = |d_{x,i,j}| + |d_{y,i,j}| \quad (\text{식 1})$$

3.2 빠른 인트라 예측 모드 결정

[그림 2]는 본 논문에서 제안하는 빠른 인트라 예측 모드 결정 방법을 도식화한 알고리즘이다. 먼저 현재의 매크로블록이 기본 계층이면 Intra16x16, Intra8x8, Intra4x4 모드를 수행하여 최적의 모드를 선택하고, 향상 계층이면 제안하는 방법을 적용한다. 따라서 향상 계층에서는 Amplitude 값을 계산한 후 임계값보다 작으면 현재 매크로블록을 Intra_BL 모드로 결정하고, 그렇지 않으면 Intra4x4 모드로 결정한다.

앞서 살펴본 바와 같이 기존의 SVC 공간적 향상 계층에서 인트라 예측 과정은 Intra_BL 모드와 Intra16x16, Intra8x8, Intra4x4 모드를 모두 부호화한 후 최적의 RD 값을 구한 후 모드를 결정한다. 제안하는 방법은 매크로블록의 평탄함을 이용하여 Intra_BL 모드와 Intra4x4 모드 중 하나의 모드로 선택하도록 하기 때문에 기존의 과정보다 연산량을 감소시킨다.



[그림 2] 제안하는 빠른 인트라 예측 모드 결정 알고리즘

4. 성능 평가

본 장에서는 제안한 빠른 인트라 예측 모드 결정 알고리즘에 대한 연산량의 성능을 평가한다. SVC 표준의 인트라 예측 모드 결정 알고리즘을 비교 대상으로 하고 모드를 결정하기 위한 RD 값의 계산 횟수를 측정하여 비교한다.

SVC의 공간적 향상 계층에서 인트라 예측 과정에서는 최적의 모드를 선택하기 위해서 모든 모드에 대해 RD 값을 계산한다. 성능 평가에서는 향상 계층의 복잡도를 고려한 Intra_BL, Intra4x4 두 가지의 모드를 선택하는

경우를 비교 대상으로 한다.

Intra4x4 모드는 각 휘도 예측 모드 9가지에 색차 예측 모드 4가지를 수행하고 1개의 매크로블록마다 4x4 블록의 개수인 16번씩 계산된다. Intra_BL 모드는 휘도, 색차 예측 모드 각각 1가지를 수행하고 1개의 매크로블록 크기와 같기 때문에 1번 계산된다. 따라서 향상 계층에서 인트라 예측 모드 과정의 RD 값 계산 횟수(NRD)는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} NRD_{Intra4x4} &= 4 \times 9 \times 16 = 576 \\ NRD_{Intra_BL} &= 1 \times 1 \times 1 = 1 \\ \text{매크로블록 1개당 } NRD &= 576 + 1 = 577 \end{aligned}$$

$NRD_{Intra4x4}$: Intra4x4 모드에서 RD 최적화 계산 횟수
 NRD_{Intra_BL} : Intra_BL 모드에서 RD 최적화 계산 횟수

프레임의 해상도가 CIF(352x288)인 경우 1개의 프레임은 $22 \times 18 = 396$ 개의 매크로블록으로 이루어졌기 때문에 공간적 향상 계층에서 인트라 예측 모드 시 다음과 같은 RD 값 계산 횟수가 필요하다.

$$NRD_{CIF} = 396 \times 577 = 228492$$

NRD_{CIF} : CIF 1 프레임 당 인트라 예측 시 RD 값 계산 횟수

다음은 본 논문에서 제안한 빠른 인트라 예측 모드 결정 알고리즘을 적용하여 미리 Intra_BL 모드를 선택함으로써 감소될 수 있는 RD 값 계산 횟수를 나타낸다.

[표 1]의 통계적 분포에 따르면 Intra4x4 모드가 최적으로 선택될 확률은 대략 14% 이며, Intra_BL 모드가 선택될 확률은 86%이다. 그러므로 미리 Intra_BL 모드를 선택하면 전체적인 연산량이 다음과 같이 감소될 수 있다.

$$\begin{aligned} NRD_{CIF_Intra_BL} &= (396 \times 0.86) \times 1 = 341 \\ NRD_{CIF_Intra4x4} &= (396 \times 0.14) \times 576 = 31934 \\ NRD_{CIF} &= 341 + 31934 = 32275 \end{aligned}$$

$NRD_{CIF_Intra_BL}$: 제안한 Intra_BL 모드 선택 시 RD 값 계산 횟수
 $NRD_{CIF_Intra4x4}$: 제안한 Intra4x4 모드 선택 시 RD 값 계산 횟수

5. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 SVC의 공간적 향상 계층에서 인트라 예측 시 Intra_BL 모드와 Intra4x4 모드를 모두 조사함에 따라 생기는 복잡한 연산과정을 줄이기 위해, 매크로블록 내 경계의 평탄함 여부를 조사하여 미리 Intra_BL 모

드를 선택하는 방법을 제안하였다. 제안한 방법은 SVC 공간적 향상 계층에서 인트라 예측 부호화 과정과 RD 값 계산 횟수를 통해 성능을 비교한 결과 연산량을 크게 감소시킬 수 있었다. 향후에는 제안한 방법을 SVC의 참조 소프트웨어인 JSVM에 적용하는 실험을 수행하고, 그 결과를 SVC 표준과 비교하여 인트라 예측 처리 시간, PSNR 등의 성능을 평가하도록 하겠다.

참고 문헌

- [1] H. Schwarz, D. Marpe, T. Wiegand, "Overview of the Scalable Video Coding Extension of the H.264/AVC Standard," IEEE Trans. Circuits Syst. Video Techno., Sep. 2007.
- [2] Joint Video Team(JVT) of ISO/IEC MPEG and ITU-T VCEG (ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 and ITU-T SG16 Q.6), "Joint Draft 10 of SVC Amendment," JVT-W201, San Jose, Apr. 2007.
- [3] H. Huang, W. Peng, T. Chiang, H. Hang, "Advances in the scalable amendment of H.264/AVC," IEE Communications Magazine, vol.45, pp.68-76, Jan. 2007.
- [4] Yu-Kun Lin, and Tian-Sheuan Chang, "Fast Block Type Decision Algorithm for Intra Prediction in H.264 FExt," Image Processing, 2005. ICIP 2005. IEEE International Conference, vol. 1, pp. 585-8, Sep. 2005.
- [5] L. Yang, Y. Chen, J. Zhai, F. Zhang "Low Complexity Intra Prediction for enhancement layer," JVT-Q084, Nice, France, Oct. 2005.
- [6] C. Andrew Segall, and Gary J. Sullivan, "Spatial Scalability Within the H.264/AVC Scalable Video Coding Extension," IEEE Trans. Circuits Syst. Video Techno., Sep. 2007.
- [7] F. Pan, X. Lin, and S. Rahardja, et al. "Fast Mode Decision Algorithm for Intraprediction in H.264/AVC Video Coding," IEEE Trans. Circuits Syst. Video Techno., July 2005.