정규논문 (Regular Paper)

방송공학회논문지 제18권 제2호, 2013년 3월 (JBE Vol. 18, No. 2, March 2013)

<http://dx.doi.org/10.5909/JBE.2013.18.2.249>

ISSN 2287-9137 (Online) ISSN 1226-7953 (Print)

Large Block을 적용한 SVC 부호화 및 성능분석

박운기^{a)}, 최해철^{b)}, 강정원^{c)}, 김재곤^{a)†}

Scalable Video Coding Using Large Block and its Performance Analysis

Un-Ki Park^{a)}, Haechul Choi^{b)}, Jung Won Kang^{c)}, and Jae-Gon Kim^{a)†}

요약

고해상도의 고품질 비디오 서비스가 보편화됨에 따라 최근 초고해상도(UHD) 비디오 부호화를 위한 HEVC(High Efficiency Video Coding) 표준이 마무리되었으며, 향후 융합환경에서 HD 및 UHD 비디오를 동시에 제공하기 위한 스케일러블 확장 HEVC 표준화도 진행되고 있다. 본 논문에서는 UHD/HD 비디오를 동시에 제공하기 위한 H.264/SVC의 확장 부호화 기법을 제시한다. 즉, HEVC의 대표적인 부호화 톨인 Large Block 개념을 H.264/SVC에 적용함으로써 계층간 예측 및 선택 부호화 등의 부호화 효율성을 개선한 부호화 기법을 제시하고 그 부호화 성능을 분석한다. 실험결과 Large Block을 적용한 SVC가 기존의 H.264/SVC에 비하여 평균 4.53% 내외의 비트 감소의 이득이 있음을 확인하였다.

Abstract

Recently, High-Efficiency Video Coding (HEVC) has been developed as a new video coding standard mainly focusing on the coding of ultra high definition (UHD) videos as the high resolution and high quality videos are getting more popular. Furthermore, the scalable extension of HEVC is being standardized for more efficient provision of HD and UHD services in the communications-broadcasting convergence environment. In this paper, we propose an improved scalable video coding method of H.264/AVC to achieve high coding efficiency particularly for UHD and HD videos. The basic idea is to allow large block size in H.264/AVC SVC, which results in more efficient inter-layer prediction and syntax elements coding. The experimental results show that it achieves an average 4.53% reduction in BD-rate relative to H.264/AVC SVC.

Keyword : Scalable video coding (SVC), large block, ultra-high definition (UHD)

a) 한국항공대학교 항공전자 및 정보통신공학부(School of Elec., Telecom. & Comp. Eng., Korea Aerospace Univ.)

b) 한밭대학교 정보통신공학과(Dept. of Info. and Comm. Eng., Hanbat National Univ.)

c) 한국전자통신연구원 방통융합미디어연구부 실감미디어연구실(Realistic Media Research Team, ETRI)

† Corresponding Author : 김재곤 (Jae-Gon Kim)

E-mail: jgkim@kau.ac.kr

Tel: +82-2-300-0414

※ 이 논문은 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학IT연구센터육성 지원사업(NIPA-2012-H0301-12-1006) 및 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업(2011-0023182) 지원을 받아 수행된 것임.

· Manuscript received December 31, 2012 Revised February 7, 2013 Accepted February 7, 2013

I. 서론

디지털방송, 인터넷 등을 통하여 고해상도 비디오 서비스가 보편화됨에 따라 초고해상도 (Ultra HD: UHD) 비디오^[1]가 새로운 비디오 서비스로 부각되고 있으며 이를 위한 연구개발이 국내외적으로 활발히 진행 중이다. HD 및 UHD의 고해상도 비디오 부호화를 위한 새로운 비디오 코덱 표준인 HEVC(High Efficiency Video Coding)^[2]가 ITU-T VCEG과 ISO/IEC MPEG의 공동작업으로 JCT-VC (Joint Collaboration Team on Video Coding)에서 표준화 완료되었다. 특히, 방송분야에서는 IPTV, 위성, 케이블, 지상파 등에서 UHD를 서비스하기 위한 기술개발이 본격화되고 있다.

또한 융합환경에서 UHD의 성공적인 도입을 위해서는 기존의 HD 비디오와 새롭게 도입될 UHD 비디오 서비스가 동시에 효율적으로 제공되는 것이 요구되며, 이를 위해서는 스케일러블 비디오 코덱이 활용될 것으로 예상된다^[3]. 최신 스케일러블 비디오 표준 코덱인 H.264/AVC의 스케일러블 확장 코덱인 SVC^[3]는 UHD 비디오를 부호화하기에는 부호화 효율성이 충분하지 않으며, UHD급의 초고해상도 비디오의 스케일러블 부호화를 위한 스케일러블 HEVC 확장 표준화가 진행되고 있다^[4].

HEVC는 동일한 주관적 화질에서 기존의 H.264/AVC 대비 50%의 비트를 절감함으로써 목표로 했던 2배의 부호화 효율을 제공하고 있다. HEVC는 기존의 기본 부호화 단위인 16x16 화소 크기의 매크로블록(MB: macroblock) 보다 큰 최대 64x64 화소 크기의 부호화 트리 단위(CTB: Coding Tree Unit)를 도입함으로써 특히 고해상도에서의 부호화 효율을 획기적으로 개선하고 있다^[5].

본 논문에서는 UHD/HD 부호화를 위한 SVC 부호화 성능 개선을 위하여 HEVC의 대표적인 부호화 톨인 CTB의 Large Block(LB) 개념^[5,6]을 적용한 SVC의 확장 부호화 기법^[7]을 제시하고 그 성능을 분석한다. 구현 및 성능분석을 위하여 ITU-T VCEG KTA(Key Technology Area)의 EMB(Extended Macro Block)^[8,9]을 기반으로 LB를 SVC의 참조 소프트웨어인 JSVM(Joint Scalable Video Model) 9.18^[10]에 구현하고 그 성능을 분석하였다. LB를 적용한

SVC의 확장 코덱 구현을 위하여 움직임 예측 단위의 크기 확장이 가장 크게 고려되었고, 현재블록과 주변블록의 크기에 따른 정보 접근이 움직임 예측 및 엔트로피 부호화에서 사용되었다. 또한 LB 사용여부를 알려주는 선택스가 추가되었고, LB의 적용에 따라 양자화 행렬의 확장과 디블록킹 필터의 적용범위 변경 등이 고려되었다.

본 논문의 2 장에서 LB의 개요와 JSVM 기반의 LB 구현 내용을 기술하고, 3 장에서는 LB를 적용한 SVC의 부호화 성능분석을 기술한다. 마지막으로 4 장에서 결론을 맺는다.

II. LB를 적용한 SVC

1. LB(Large Block) 개요

UHD와 같은 초고해상도 비디오의 경우 기본 부호화 단위를 기존의 16x16 화소 크기의 MB 보 큰 Large Block을 도입함으로써 평탄한 영역의 부호화를 보다 효율적으로 하게 되고 전체적으로 부호화 효율을 향상시킬 수 있다^[8,9].

그림 1. 확장된 블록 크기를 적용한 부호화 구조
Fig. 1. Block partitions of 32x32 large block (LMB)

먼저 그림 1과 같이 기존의 16x16으로 제한된 MB 크기를 32x32까지 확장 정의하였다. 따라서, 기존과 동일한 MB 사용과 더불어 16x32, 32x16, 32x32 블록이 추가적으로 적용된다. 구체적으로, 화면내 예측의 경우에는 기존에 보고된 바와 같이 LB로 인한 부호화 성능 개선효과가 적으므로^[11], 화면간 예측의 경우에만 LB를 사용한다.

그림 2. LB 적용 유무에 따른 계층간 예측

Fig. 2. Spatial correspondence and inter-layer prediction of SVC w/o LB

이러한 LB의 적용은 다음 두 가지 측면에서 부호화 성능 향상 효과를 기대할 수 있다. 첫째는, 기본계층(Base Layer: BL)에 LB를 적용할 경우 보다 우수한 BL의 부호화 성능을 얻을 수 있다. 따라서, 계층간 예측(inter-layer prediction)시 향상계층(Enhancement Layer: EL)에서 상대적으로 우수한 BL의 정보를 이용하므로, EL에서도 성능향상을 가져 올 수 있다. 즉, 계층간 예측 자체의 성능 향상이 있을 수 있다. 둘째는 BL에서 기존과 동일한 MB 크기를 사용하면, 그림 2의 (a)와 같이 계층간 예측 시 상향 표본화된 BL의 MB이 EL의 LB의 크기와 매칭이 된다. 이는 그림 2의 (b)와 같이 BL의 MB이 EL에서 4개의 16x16 크기의 MB으로 나누어져 매칭되는 기존의 계층간 예측보다 부호화 시 필요한 헤더정보를 줄일 수 있다. 이것은 계층내 예측에서도 마찬가지로 적용되지만, 계층간 예측에서 보다 빈번히 발생할 수 있고 SVC의 부호화 효율 이득의 원인이 된다.

2. LB를 적용한 확장 SVC 코덱 구현

LB를 SVC에 적용하기 위해서 KTA와 동일한 단일계층 내에서의 LB와 SVC 기술인 계층간 예측에서의 LB를 구현 하였다. LB는 BL와 EL 둘 모두에서 개별적으로 적용 될 수 있도록 하여, LB의 적용여부에 따른 다양한 조합이 가능하도록 하였다.

2.1 LB 부호화 구조

본 논문에서는 JSVM 9.18[10]을 사용하여 LB가 적용된

그림 3. LB를 포함한 MB 레벨의 부호화 구조

Fig. 3. Coding structure of MB-level including LB

확장 SVC 코덱을 구현하였다. 기존의 JSVM은 4x4에서 16x16 크기의 다양한 정사각형 또는 직사각형 구조의 부호화 블록 크기를 제공한다. 여기에 그림 1과 같이 LB를 추가적인 부호화 블록으로 사용하기 위해서, MB의 부호화 과정에 최대 32x32의 부호화 블록 크기를 제공하는 부호화 과정을 추가하였다. 확장된 부호화 과정은 그림 3과 같다.

그림 3은 JSVM의 부호화 과정에서 슬라이스 단위의 부호화 함수인 encodeSliceSVC() 함수내부를 보여 주고 있

다. 이 함수에서 슬라이스 내의 모든 MB의 부호화를 수행하게 되는데, I-슬라이스 이거나 LB를 사용하지 않을 경우, 좌측의 Original-mode를 통하여 모든 MB를 부호화하게 된다. Original-mode는 기존의 MB 부호화 방법을 그대로 사용하는 것이다. LB를 사용하게 되면, 변수 UseLB를 1로 할당하여 우측의 LB_Coding-mode를 수행하게 된다. 이 모드에는 기존과 동일한 16x16 모드 부호화 과정과 확장된 크기의 부호화 블록을 이용하는 32x32 모드가 있다. 32x32 모드에는 Large Skip, 32x32, 32x16, 16x32 등의 부호화 모드가 존재하며, 여기서 결정된 최적 모드는 16x16 모드에서 결정된 최적 모드와 R-D(율-왜곡) 관점에서 비교하여 더 우수한 것을 최종 모드로 결정한다. 여기에서, 기존의 SVC에 비해 LB를 적용한 SVC가 R-D 관점에서 더 높은 부호화 효율을 보이는 특성을 확인할 수 있다.

MB의 부호화 과정은 움직임 예측/보상, 변환 부호화, 양자화, 디블록킹 필터, 엔트로피 부호화 등으로 구성되는데, LB를 추가하기 위하여는 모든 MB의 부호화 과정을 확장하여야 한다. 움직임 예측/보상 시에는 주변블록에 대한 접근이 필요한데, LB를 적용하게 되면 접근해야 할 주변블록의 주소가 달라지게 된다. 마찬가지로, 엔트로피 부호화도 상단과 좌측 블록의 선택스를 보고, 현재 선택스의 확률모델을 결정하므로 LB를 고려한 주변블록에 대한 접근이 필요하다. 또, 확장된 변환 부호화 커널 사용에 따라 확장된 크기의 양자화 행렬 사용과 변환 부호화 크기를 고려한 디블록킹 필터 적용범위에 대한 수정이 필요하게 된다. 각 단계의 확장 구현된 내용은 다음과 같다.

2.2 움직임 예측 및 보상

H.264/SVC의 가변 블록의 크기의 움직임 예측에서 최소 단위는 4x4 블록이다. JSVM에서는 움직임 예측단위의 크기에 상관없이 움직임 예측을 통해 결정된 모든 움직임 벡터(MV)는 4x4 크기로 저장한다. 그리고, MB의 움직임 예측을 위하여 현재블록과 주변블록의 4x4 단위 주소가 요구된다. 즉, 참조 프레임에서 현재블록의 동일 위치를 가리키기 위한 현재블록의 주소값과 MVP(MV Predictor) 예측 시 사용되는 주변블록의 주소값이 필요하

다. 기존의 경우 최대 16x16 MB 크기를 제공하므로, 하나의 MB에는 16개의 4x4 블록이 존재하고, 이들 각각에 대해 레스터 스캔 방향으로 주소값을 할당한다. 여기에서, 식 (1)을 이용하여 할당 받은 주소값을 가로 및 세로에 해당하는 X, Y 방향으로 구분하여 4x4 블록 접근에 사용한다. LB에서도 동일하게, 32x32의 LB에 대한 총 64개의 4x4 블록에 대해 레스터 방향으로 순차적 주소값을 할당하고, 증가한 X방향과 Y방향을 고려하여 4x4 블록의 구분은 식 (2)를 이용한다. 수식에서 index는 MB내의 4x4 블록 주소값을 나타낸다.

$$\begin{aligned} X_{4 \times 4} &= \text{index} \& 3 \\ Y_{4 \times 4} &= \text{index} \div 2 \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} X_{4 \times 4, LB} &= \text{index} \& 7 \\ Y_{4 \times 4, LB} &= \text{index} \div 3 \end{aligned} \quad (2)$$

그림 4. MB와 LB에서의 PMV 예측

Fig. 4. Block accessing for motion vector prediction in MB and LB

이러한, 4x4 블록 인덱싱이 필요한 대표적인 예로는 MVP 예측이 있다. MVP 예측은 그림 4와 같이 일반적으로 현재 MB의 좌측 상단을 기준으로 좌측, 상단, 우측 상단에 위치한 4x4 블록을 이용한다. 이들 블록의 MV를 획득하기 위해서는 각각의 4x4 블록에 접근할 수 있어야 한다. 그림 4와 같이 16x16 블록의 우측 상단에 위치한 4x4 블록의 MV를 취하기 위해, 현재 MB의 (3,0) 4x4 블록에 접근하여 우측 상단에 있는 MV를 가져온다. 반면, LB의 경우는 (7,0) 4x4 블록에 접근하여 우측 상단에 있는 MV를 가져와

야 한다.

2.3 변환 부호화

일반적으로 해상도가 증가하면 화소 간 상관도가 증가하며 더 큰 블록의 DCT 변환이 효과적이게 된다^[8,9]. 따라서, 기존의 4x4, 8x8 이상의 16x8, 8x16, 16x16 DCT 변환을 구현 하였다. 16x8 변환은 16x8 블록에 사용하고 8x16 변환은 8x16 블록에만 사용한다. 16x16 블록과 LB는 16x16을 추가적으로 사용한다. 새롭게 구현된 변환들은 기존의 4x4, 8x8 변환에 추가적으로 사용하고, R-D 비용에 의해서 적응적으로 사용됨으로 성능향상을 가져올 수 있게 된다. 블록의 크기에 따라 사용되는 변환 부호화 크기는 다음 표 1에서 나타낸다.

표 1. 블록모드별 적용되는 변환 종류

Table 1. Transform types according to block mode

Block mode	Transform types
32x32, 32x16, 16x32, 16x16	4x4, 8x8, 16x16
16x8	4x4, 8x8, 16x8
8x16	4x4, 8x8, 8x16
8x8	4x4, 8x8

LT(Large Transform)이 새롭게 구현됨에 따라 이에 대한 추가적인 시그널링은 기존에 변환부호화 크기를 알려주기 위해 사용하던 transform_size_8x8_flag를 확장하여 이용한다. 즉, 기존에는 하나의 이진변수로 표현되던 플래그를 최대 2개의 bin으로 확장하여 LT를 시그널링 한다. 문맥기반 이진산술 부호화(Context Adaptive Binary Arithmetic Coding: CABAC)로 부호화 시 항상 2 개의 bin을 사용하는 것을 방지하고자, 이진화 방법 중 MB 타입의 이진화에 사용되는 비구조 이진화(Unstructured binarization)방법을 사용한다.

2.4 디블록킹 필터

H.264/AVC에서는 변환부호화 단위의 크기에 따라 디블록킹 필터의 적용 범위를 그림 5와 같이 결정한다. LT의

경우 기존과 동일하게 디블록킹 필터를 16x16 화소 단위로 수행하되, 확장된 변환부호화 크기를 고려하여 그림 6과 같이 디블록킹 필터를 적용하도록 한다.

그림 5. H.264/AVC의 디블록킹 필터 적용 경계
Fig. 5. Edges to be filtered in H.264/AVC

그림 6. LT를 고려한 디블록킹 필터 적용 경계
Fig. 6. Edges to be filtered in SVC with LB

2.5 CBP 부호화

MB 크기의 확장에 따라 기존에는 16x16 블록을 구성하는 4개의 8x8의 서브블록 단위로 양자화 계수의 존재여부를 고려하고, 16x16 블록단위로 시그널링되던 CBP(Coded Block Pattern)를 더 큰 크기의 블록을 고려하는 1 비트 플래그(cbp32, cbp16)를 추가하여 표현하였다. cbp32는 32x32블록에 cbp16은 16x16 블록에서 사용된다. 즉, 32x32 블록에서 잔여신호의 양자화 계수가 존재하지 않는다면, cbp32 플래그는 0으로 할당된다. 따라서 기존에 16x16 블록마다 6 개의 bin으로 전송되던 선택스를 생략할 수 있다. 또, cbp32가 1로 전송되어, 하위 4개의 16x16 블록의 잔여신호를 확인하는 경우에도 cbp16 플래그를 확인하여 비트 절감 효과를 얻을 수 있다. 16x16 블록에서 잔여신호가 존재하지 않는다면, cbp16을 0으로 할당한다. 이 경우 역시 기존의 경우 6개의 bin으로 표현되던 선택스를 생략 할 수

있다. 만약, 잔여신호가 존재하는 경우에는 기존의 방식에 비해 최대 5비트의 손실을 볼 수 있으나, 평균적으로 부호화 시 잔여신호가 없는 경우가 많이 발생하므로 비트율 감소에 효과적이다.

2.6 엔트로피 부호화(CABAC)

KTA의 EMB와 같이 본 논문의 LB도 기존의 선택스를 대부분 그대로 사용하고 엔트로피 부호화는 CABAC을 사용한다. 기존과 동일한 선택스를 사용하지만, 확률모델은 주변블록을 참조하여 결정되므로 확률모델 결정과정의 확장이 필요하다. H.264/SVC의 4 가지의 확률모델 결정방법^[12] 중 아래의 2 가지의 확률모델 결정방법의 확장이 필요하다. 먼저, 좌측과 상단 블록의 선택스 값을 이용하여 현재 블록의 확률모델을 결정하는 경우에는 주변 블록과 현재 블록이 LB인지 아닌지에 따라 접근해야 할 주변 블록의 주소가 달라지게 된다. 따라서, 이를 고려하기 위해, 본 논문에서는 부호화기 내부에서 LB 판단 플래그를 정의하여 사용한다. LB 판단 플래그는 모든 MB마다 할당되어, 확률모델 결정과정에서 사용된다. 다음으로, 잔여신호 엔트로피 부호화를 위한 `significant_coeff_flag`와 `last_significant_coeff_flag`와 같이 주사경로의 위치에 따라 확률모델을 결정하는 경우, 잔여신호의 엔트로피 부호화가 최적으로 선택된 변환부호화 크기마다 적용되므로, 앞서 언급한 LT가 최적 변환부호화 모드로 선택될 경우 두 선택스에 대해 확장된 주사경로의 위치에 따른 확률모델을 적용한다.

2.7 계층간 예측

LB를 적용한 SVC에서 우수한 부호화 효율을 얻기 위해서는 단일계층내의 LB 동작도 중요하지만 계층간 예측에서 LB가 효과적으로 동작해야 한다. SVC의 계층간 예측기법 중에서 계층간 화면내 예측을 제외한 계층간 움직임 예측과 계층간 잔여신호 예측에 대해 LB를 적용하였다. 먼저, 계층간 잔여신호 예측은 기존과 동일하게 기본계층을 프레임 단위로 상향 표본화 하여 향상계층 부호화 시 참조 프레임으로 사용한다. 즉, 향상계층내의 현재 부호화 블록과 동일 위치에 있는 상향 표본화된 참조 프레임의 블록의 잔여

신호와 현재 부호화 블록의 잔여신호의 차이를 최종 잔여신호로 부호화 한다. 만약, EL의 부호화하고자 하는 블록이 LB이면, 32x32, 32x16, 16x32 등의 더 큰 블록 크기로 잔여신호 정보를 취하여야 하고, 참조 프레임 내의 현재 부호화 블록과 동일 위치 블록의 데이터를 접근하기 위한 주소값을 확장 정의한다.

또한 계층간 움직임 예측에서는 향상계층의 부호화 블록이 LB일 경우 기본계층의 동일 위치 블록이 갖는 움직임 벡터를 상향 표본화하여 좌측상단에 있는 움직임 벡터를 사용하도록 한다. 예를 들면, 그림 7과 같이 32x32 블록의 경우 4 개의 움직임 벡터 중 좌측상단 16x16 블록의 움직임 벡터를 사용하고, 32x16의 경우 각각 2 개의 움직임 벡터 중 좌측 16x16 블록의 움직임 벡터를 사용한

그림 7. LB를 이용한 계층간 움직임 예측
Fig. 7. Inter-layer motion prediction using LB

2.8 선택스 확장

LB를 구현하기 위하여 먼저 PPS(Picture Parameter Set)에서 LB의 사용유무를 나타내는 선택스인 `mb_ext_level`을 1 비트의 플래그를 사용한다. KTA의 EMB에서는 LB의 적용 여부를 시그널링하기 위하여 MB 레벨의 선택스에서 MB의 부호화 모드를 시그널링 해주는 `mb_type`을 그대로 사용한다. 이 방법은 LB 모드인 경우에 선택스 추

가 없이 LB를 표현 할 수 있는 반면, 16x16 모드에서는 LB가 서브 블록으로 나뉘어 진다는 정보를 추가적으로 전송하여야 한다. KTA에서는 이 모드정보를 p8x8로 표현하고, CABAC으로 엔트로피 부호화 시 P-픽처에서 4개의 bin, B-픽처에서 6개의 bin으로 부호화 한다. 따라서, 최대 6비트 이상의 추가적인 비트를 발생한다. 이를 개선하기 위하여 본 논문에서는 LB의 시그널링을 MB레벨에 새로운 선택스인 mb32_flag를 정의하여 사용한다. 이 선택스는 모든 LB마다 하나의 bin으로 표현되지만, CABAC에서 skip_flag와 동일하게 좌측 및 상단의 선택스 값을 이용하는 확률모델 결정방식을 사용하여 1 비트 또는 0 비트로 부호화되어 기존 KTA 방식보다 적은 비트를 사용한다. 또한, SVC의 향상계층에서 기존의 KTA 방식으로 LB를 시그널링하면, BL_Skip 모드의 경우에는 mb_type을 추가로 보내야 하는 문제점이 발생하지만, 본 논문에서 사용한 방식을 이용하면, mb_type의 추가적인 전송이 불필요 하게 된다.

III. LB를 적용한 SVC 성능 분석

본 논문에서 제안하고 있는 LB를 적용한 SVC 확장 코덱의 성능을 확인하기 위하여, LB를 적용한 SVC의 부호화 성능을 기존 SVC와 비교하였다. 또한, 부호화 모드 분석을 통해 LB 적용 시 발생하는 최적모드의 분포의 변화를 확인하였다.

1. 실험 조건

실험에서는 LB를 구현한 JSVM 9.18을 사용하였고, 테스트 시퀀스는 KTA에서 사용한 Traffic(1600p, 30Hz)^[13]과 HEVC 표준화의 공통실험 조건^[14]에서 제시된 Class B의 BQTerrace(1080p, 60Hz), Parkjoy(1080p, 50Hz)를 사용하였다. PC 플랫폼은 Quadcore 2.66 GHz, 12GB RAM을 사용하였다.

실험 조건은 KTA의 공통실험 조건[13]에서 I only 구조를 제외한 IPPP 구조와 계층적-B(Hierarchical B) 구조를

이용하고, 구체적인 부호화 파라미터는 표 2과 같다. LB인 경우에 LT가 사용되며 CABAC을 사용한다. SVC는 두 개의 공간적 계층을 가지며, 공간적 계층 간 참조는 적응적으로 허용하도록 한다. 이때, 두 개의 공간적 계층에서는 LB의 on-off에 따른 다양한 조합에 대해 실험하고, 이에 대한 결론을 도출한다.

표 2. 실험에 사용한 파라미터

Table 2. Coding parameters

Encoding parameters	IPPP	계층적-B
GOP Size	1	8
intra period	-1 (only first)	
NumberReferenceFrames	4	
Search Mode	4 (Fast mode)	
Search Range	64	
LoopFilterDisable	0 (on)	
Symbol mode	1 (CABAC)	
Enable8x8Transform	1	
EnableExtendedTransform	1	
InterLayerPred	EL : 2 (adaptive)	
Quantization Parameter	BL : 27 (fix) EL : 22, 27, 32, 37	

2. 실험 및 성능분석

실험은 크게 부호화 성능 비교와 부호화 최적모드 분포 분석을 수행한다. 부호화 성능은 단일계층 내에서의 LB 성능과 SVC 향상 계층에서의 LB 성능을 확인하고, 부호화 최적모드 분포 분석을 통하여, LB 적용에 따른 최적모드 분포의 변화를 관찰한다.

2.1 부호화 성능

단일계층의 실험은 기존에 LB를 적용한 KTA의 EMB 성능과 SVC 단일계층에서의 LB 성능을 비교한다. 그림 8

(a) Traffic(IPPP)

(a) ParkJoy(IPPP)

그림 8. 단일계층의 RD 성능

Fig. 8. R-D performance of single layer coding

은 Traffic과 ParkJoy 시퀀스에서 KTA 공통 시험조건 중 IPPP 구조^[13]를 사용했을 때 SVC의 단일계층의 LB 적용여부에 따른 R-D 부호화 성능을 KTA와 비교한 것이다. 그림 8에서 “0”과 “1”은 16x16과 32x32의 블록 크기를 각각 나타낸다.

표 3은 그림 8에서 보인 LB 적용 여부에 따른 부호화 성능 차이를 BD-PSNR, BD-Rate^[15]으로 나타낸 것이다. LB 적용에 따른 부호화 성능 이득이 시퀀스에 따라서 차이가 많이 나지만, SVC 단일계층에서 LB로 인한 이득이

KTA에서의 이득과 유사함을 알 수 있다. 즉, SVC 단일계층에서의 LB의 적용이 기존에 KTA에서의 LB의 적용과 비슷한 부호화 성능을 확인할 수 있다.

2 가지 공간계층의 SVC에서 각 계층별 LB 적용에 따른 부호화 성능을 분석한다. 그림 9는 계층별 LB 적용에 따른 부호화 성능을 나타낸 것으로, 기본계층(BL)과 향상계층(EL)의 조합 (BL, EL)로 LB의 적용 여부를 표기한다. 즉 (0, 1)은 BL에 LB를 적용하지 않고 EL에만 LB를 적용한 경우를 나타낸다. 표 4는 그림 9의 부호화 성능에 대한 BD-PSNR과 BD-Rate을 나타낸 것이다.

표 3. KTA와 단일계층의 R-D 성능 (IPPP)

Table 3. Performance of KTA and SVC with LB for single layer coding (IPPP)

	KTA		(0) v.s. (1)	
	BD-PSNR	BD-rate	BD-PSNR	BD-rate
Traffic	0.45	-11.45	0.33	-8.94
ParkJoy	0.13	-2.78	0.15	-2.84
Average	0.29	-7.12	0.24	-5.89

표 4. SVC LB 조합의 R-D 성능 (IPPP)

Table 4. Performance of SVC with LB for multi-layer coding (IPPP)

	(0,0) v.s. (0,1)		(0,1) v.s. (1,1)		(0,0) v.s. (1,1)	
	BD-PSNR	BD-rate	BD-PSNR	BD-rate	BD-PSNR	BD-rate
Traffic	0.26	-5.96	0.06	-1.47	0.31	-7.34
ParkJoy	0.14	-2.10	0.02	-0.27	0.14	-2.24
Average	0.20	-4.03	0.04	-0.87	0.23	-4.79

그림 9. SVC 향상계층의 RD 성능
Fig. 9. R-D performance of SVC with LB

위의 결과에서 보듯이, 모든 시퀀스에서 EL에만 LB를 적용하거나 모든 계층에 LB를 적용한 경우 LB 적용으로 인한 성능 이득을 보인다. 여기서 EL에만 LB를 적용한 (0, 1)의 성능 향상은 EL내의 화면간 예측에서 LB의 사용에 따른 성능향상과 더불어, 계층간 예측에서 BL의 상향 표본화된 MB이 EL에서의 LB와 매칭됨에 따라 MB 헤더의 오버헤드의 감소에 따른 것으로 볼 수 있다. 또한, (0, 1)의 성능향상은 단일계층의 성능 향상보다 적은데, 이는 EL이 이미 계층간 예측을 통해 단일계층의 계층내 예측 보다 우수한 부호화 효율을 얻고 있는 것에 기인한다^[3]. 즉, LB에 의한 성능향상은 4개의 MB이 하나의 LB가 되면서 얻게 되는 비트감소가 가장 큰 비중을 차지하는데, 이미 EL에서는 계층간 예측을 통하여 비트감소에 대한 이득을 많이 얻고 있으므로, 이러한 계층간 예측모드들이 LB가 되더라도, 계층내 예측의 LB 보다 적은 비트감소 이득을 얻게 된다.

또한, 모든 계층에 LB를 적용한 (1, 1)의 성능이 미미하지만 (0, 1)의 성능보다 우수한데, 이는 앞서 설명한 (0, 1)에서의 성능향상 이유와 더불어 BL에서 LB의 적용에 의한 화질향상에 따라 이를 참조하는 계층간 예측에서 보다 나은 성능을 얻기 때문이다. 표 5는 계층적-B 구조에서의 실험

결과를 나타내고 있으며, IPPP 구조와 유사한 양상을 보이는 것을 알 수 있다.

표 5. SVC LB 조합의 R-D 성능 (계층적-B)
Table 5. R-D performance of SVC with LB (Hierarchical-B)

	(0,0) v.s. (0,1)		(0,1) v.s. (1,1)		(0,0) v.s. (1,1)	
	BD-PSNR	BD-rate	BD-PSNR	BD-rate	BD-PSNR	BD-rate
Traffic	0.21	-5.18	0.06	-1.66	0.27	-6.75
ParkJoy	0.10	-1.69	0.03	-0.63	0.12	-2.31
Average	0.16	-3.44	0.05	-1.12	0.20	-4.53

2.2 모드 분석

부호화 모드 분석은 부호화 과정에서 MB 단위로 결정되는 부호화 모드의 분포를 확인하는 것으로, LB의 적용에 따른 부호화 모드 분포의 변화를 관찰하여 이를 바탕으로 부호화 성능 향상의 원인을 확인한다. LB의 부호화 모드 수는 선택된 수를 4배로 스케일링 하여 사용하여, 기존 크기의 부호화 모드 수와 타당하게 비교한다.

그림 10은 단일계층 부호화(IPP) 구조 사용)에서 LB의

그림 10. 단일계층 모드분포 (Traffic, IPPP)

Fig. 10. Coding mode distributions of macroblock and LB in the single layer coding (Traffic, IPPP)

적용유무에 따른 부호화 모드 분포를 보여주는 것이다. LB를 적용함에 따라 화면내 예측모드(Intra_4x4, Intra_16x16)와 16x16모드의 수가 감소하고, 32x16, 16x32 등의 LB 모드가 증가함을 알 수 있다.

그림 11은 LB를 적용한 단일계층 부호화에서 부호화 모

그림 11. 단일계층에서의 LB 선택비율 (Traffic, IPPP)

Fig. 11. Portions between LB-based modes and MB-based modes in the single layer coding (Traffic, IPPP)

드별 LB의 선택 비율을 보여주는 것으로, LB를 선택함에 따라 다수의 Large Skip 모드(Skip_32x32)와 32x32, 32x16, 16x32 등의 LB 모드가 발생한다. 발생한 다수의 LB 모드는 기존의 모드들과 R-D 비용 측면에서 더 우위에 있는 것으로 선택된 모드들이다. 특히, 다수 발생한 Skip_32x32는 CABAC 부호화에서 기존에 최소 4 개의 bin으로 표현되던 것을 1 개의 bin으로 줄인 결과이다. 따라서, 기존의 단일계층 예측보다 R-D 성능이 더 우수하다.

그림 12는 ParkJoy 시퀀스의 SVC 부호화 모드 분포를 나타낸 것으로, BL 또는 EL에서 LB 적용에 따라 변화하는 모드 분포를 확인 할 수 있다. (0, 1)과 (1, 1)은 유사한 분포를 가지며, (0, 0)에 비해 화면간 예측모드와 화면내 예측모드가 감소하고, 계층간 예측모드가 증가하는 것을 확인할 수 있다.

그림 12. SVC 향상계층 모드분포 (ParkJoy, IPPP)

Fig. 12. Coding mode distributions of the enhancement layer (ParkJoy, IPPP)

그림 13은 (0,1)에서의 LB 선택 비율을 나타낸 것으로, 계층간 예측모드에서 LB가 많이 선택된 것을 확인 할 수 있다. 따라서, LB가 계층간 예측모드에서 효율적으로 사용되고, R-D 성능향상에 영향을 주고 있음을 확인 할 수 있다.

그림 13. (0,1)의 LB 선택비율 (ParkJoy, IPPP)
Fig. 13. Portions between LB-based modes and MB-based modes in the case of (0,1) (ParkJoy, IPPP)

IV. 결 론

본 논문에서는 LB(Large Block)을 적용한 SVC 부호화 기법을 제시하고 성능분석을 통하여 부호화 성능이 개선됨을 확인하였다. 기존의 단일계층에서 LB가 HD급 이상의 고해상도 비디오 부호화에서 확인한 성능 개선을 보이는 것이 보고되었으며^[8], 본 논문에서는 SVC의 부호화 알고리즘에서도 LB가 효과적임을 확인하였다.

SVC의 참조 소프트웨어 JSVM을 이용하여 SVC 코덱에 LB를 설계 구현한 내용을 기술하고, 최적 부호화 모드 분포의 분석을 통하여 LB가 계층간 부호화에서의 성능 개선의 요인임을 확인하였다. 실험결과에서 LB를 적용할 경우 평균 4.53%의 비트 절감의 부호화 효율이 개선됨을 확인하였다. 또한, 공간 계층별 LB 적용한 실험을 통하여 향상계층에만 LB를 적용한 부호화 성능과 기본계층 및 향상계층 모두에 LB를 적용한 성능이 유사함을 확인하였다. 따라서, 기본계층은 H.264/AVC와의 호환성을 유지하면서 향상계층에만 LB를 적용하는 구조가 더 효과적이라고 할 수 있다.

본 논문의 LB를 적용한 SVC 확장 코덱은 부호화 성능

향상된 SVC 코덱으로 활용할 수 있으며, 또한 향상계층에만 LB를 적용하는 구조는 기본 계층은 H.264/AVC로 부호화된 HD를 제공하고 향상계층에 UHD를 제공하는 시나리오에 활용될 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- [1] SMPTE 2036-1 UHDTV - Image Parameter Values for Program Production, 2007.
- [2] B. Bross, W.-J. Han, J.-R. Ohm, G. J. Sullivan, and T. Wiegand, High efficiency video coding (HEVC) text specification draft10, Doc. JCTVC-L1003, ITU-T/ISO/IEC Joint Collaborative Team on Video Coding (JCT-VC), Jan. 2013.
- [3] H. Schwarz, D. Marpe, and T. Wiegand, "Overview of the scalable video coding extension of the H.264/AVC standard," IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., vol. 17, no. 9, pp. 1103-1120, Sep. 2007.
- [4] Joint Preliminary Call for Proposals on Scalable Video Coding Extensions of High Efficiency Video Coding (HEVC), Geneva, Switzerland, May 2012.
- [5] G. J. Sullivan, J.-R. Ohm, W.-J. Han, and T. Wiegand, "Overview of the High Efficiency Video Coding (HEVC) Standard," IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., vol. 22, no. 12, pp. 1649-1668, Dec. 2012.
- [6] JCT-VC, "Scalable structures and inter-layer predictions for HEVC scalable extension," JCTVC-F096, JCT-VC 6th meeting, Torino, July, 2011.
- [7] U.-K. Park, H. Choi, J. W. Kang, and J.-G. Kim, "Scalable Video Coding with Large Block for UHD Video," IEEE Trans. Consumer Electronics, vol. 58, no. 3, pp. 932-940, Aug. 2012.
- [8] P. Chen, Y. Ye and M. Karczewicz, "Video Coding Using Extended Block Sizes", ITU-T SG16/Q6, Doc. VCEG-AJ23, San Diego, USA, Oct. 2008.
- [9] S. Ma and C.-C. Kuo, "High-definition video coding with super-macroblocks", in Proc. SPIE Visual Comm. Image Processing, vol. 6508, pp. 6508, Jan. 2007.
- [10] Joint Scalable Video Model, Joint Video Team (JVT) of ISO/IEC MPEG & ITU-T VCEG, Doc. JVT-X202, Jul. 2007.
- [11] S. Naito and A. Koike, "Efficient coding scheme for super high definition video based on extending H.264 high profile," in Proc. SPIE Visual Comm. Image Processing, vol. 6077, Jan. 2006.
- [12] D. Marpe, H. Schwarz, and T. Wiegand, "Context-adaptive binary arithmetic coding in the H.264/AVC video compression standard," IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., vol. 13, pp. 620 - 636, July 2003.
- [13] T.K. Tan, G. Sullivan, and T. Wedi, "Recommended Simulation Common Conditions for Coding Efficiency Experiments Revision 4," ITU-T SG16/Q.6, Doc. VCEG-AJ10r1, July 2008.
- [14] JCT-VC, "Common test conditions and software reference configurations," JCTVC-F900, JCT-VC 6th meeting, Torino, July, 2011.
- [15] G. Bjontegaard, "Improvements of the BD-PSNR Model," ITU-T SG16/Q6, Doc. VCEG-AI11, Berlin, Germany, July, 2008.

저 자 소 개

박 윤 기

- 2010년 2월 : 한국항공대학교 항공전자 및 정보통신공학부 학사
- 2012년 2월 : 한국항공대학교 항공전자공학과 석사
- 2012년 2월 ~ 현재 : 삼성전자 연구원
- 주관심분야 : 영상처리, 비디오부호화

최 해 철

- 1997년 2월 : 경북대학교 전자공학과 학사
- 1999년 2월 : 한국과학기술원 전기및전자공학과(공학석사)
- 2004년 8월 : 한국과학기술원 전기및전자공학과(공학박사)
- 2004년 9월 ~ 2010년 2월 : 한국전자통신연구원(ETRI) 방송미디어연구부 선임연구원
- 2010년 3월 ~ 현재 : 한밭대학교 정보통신공학과 조교수
- 주관심분야 : 영상통신, 비디오 부호화, 패턴 인식

강 정 원

- 1993년 2월 : 한국항공대학교 항공전자공학과 학사
- 1995년 2월 : 한국항공대학교 항공전자공학과 석사
- 2003년 8월 : Georgia Institute of Technology Department of ECE 박사
- 2003년 10월 ~ 현재 : 한국전자통신연구원(ETRI) 방송통신융합연구부 선임연구원
- 2007년 3월 ~ 현재 : 과학기술연합대학원 대학교 이동통신 및 디지털방송공학겸임 조교수
- 주관심분야 : 비디오 신호처리, 비디오 부호화, 비디오 적응변환, 디지털방송 미디어, 미디어 컨버전스

김 재 곤

- 1990년 2월 : 경북대학교 전자공학과 학사
- 1992년 2월 : KAIST전기 및 전자공학과 석사
- 2005년 2월 : KAIST전기 및 전자공학과 박사
- 1992년 3월 ~ 2007년 2월 : 한국전자통신연구원(ETRI) 선임연구원/팀장
- 2001년 9월 ~ 2002년 11월 : 뉴욕 콜롬비아대학교 연구원
- 2007년 9월 ~ 현재 : 한국항공대학교 항공전자 및 정보통신공학부 부교수
- 주관심분야 : 비디오 신호처리, 비디오 부호화, 디지털방송 미디어, 멀티미디어 통신