

일반논문-10-15-5-05

스케일러블 비디오 부호화를 위한 효율적인 엔트로피 부호화 방법

최 효 민^{a)}, 남 정 학^{a)}, 심 동 규^{a)‡}, 최 병 두^{b)}, 조 대 성^{b)}

Efficient Entropy Coding Method for Scalable Video Coding

Hyo Min Choi^{a)}, Jung Hak Nam^{a)}, Dong Gyu Sim^{a)‡}, Byeong Doo Choi^{b)}, and Dae Sung Cho^{b)}

요 약

일반적으로 현재 사용되는 비디오 코덱들은 모두 시간적 공간적 특성을 적절히 고려하여 차분 신호를 엔트로피 부호화한다. 스케일러블 비디오 부호화(SVC, Scalable Video Coding)는 계층 간의 중복성을 제거하고자 새로운 3가지 예측 기술을 도입하였음에도 계층 간 예측된 신호에는 여전히 이전의 엔트로피 부호화 방법을 그대로 사용하고 있다. 실험결과에 따르면 계층 간 예측 방법을 이용하여 취득한 차분신호는 기존의 시간적 공간적 예측 방법을 통하여 얻은 차분 신호와는 다른 특성을 갖고 있다. 본 논문에서는 계층 간 예측 기술을 통해 얻은 차분신호에 대하여 엔트로피 부호화시 해당 차분 신호가 갖는 특성이 적절히 고려된 엔트로피 부호화 방법을 제안한다. 계층 간 텍스처 예측을 통해 얻은 차분 신호를 엔트로피 부호화하기 위하여 부호화된 블록 패턴(Coded Block Pattern, CBP) 표를 재설계한다. 이에 대한 실험 결과는 새롭게 재설계된 CBP 표가 기존의 JSVM 9.18 대비 4CIF 해상도의 영상에 대해 평균 2.20%, CIF 해상도의 영상에 대해 평균 1.14%의 BD-Bitrate가 감소된다.

Abstract

Generally existing video codec employs entropy coding to deal with residual signals with considering temporal and spatial properties. Scalable Video Coding(SVC) which is extension of H.264/AVC has three technical concepts for removing redundancies between inter-layers. In spite of using novel prediction method between inter-layers in SVC, it is still using same entropy coding method to residual signals. According to the studies, the residual obtained by inter-layer prediction technique has different features of residual signal acquired by spatial or temporal prediction technique. In this paper, we propose an efficient entropy coding method which codes the residual signal obtained by inter-layer prediction with regarding its features adequately. We re-designed the Coded Block Pattern(CBP) table suitably for inter-layer texture prediction. The experiments show that the proposed method can further reduce the BD-Bitrate up to average 2.20% in 4CIF and 1.14% in CIF resolution compared to the existing JSVM 9.18.

Keyword: SVC, CBP, Inter-layer texture prediction, Inter-layer intra prediction

1. 서 론

a) 광운대학교 컴퓨터공학과

Dept. of Computer Engineering, Kwangwoon University

b) 삼성전자

Samsung Electronics

‡ 교신저자 : 심동규(dgsim@kw.ac.kr)

※ 이 논문은 삼성전자(주)의 지원에 의해 수행된 연구임.

· 접수일(2010년5월27일), 수정일(2010년8월11일), 게재확정일(2010년8월24일)

ITU-T 비디오 부호화 전문가 그룹(VCEG, Video Coding Experts Group)과 ISO/IEC의 동영상 전문가 그룹(MPEG, Moving Picture Experts Group)이 함께 JVT(Joint Video Team)을 구성하여, MPEG-4 Part10 Advanced Video

Coding(또는 H.264/AVC) 표준화를 완료 한 후에도 비디오 부호화 분야는 새로운 비디오 부호화 기술을 위해 많은 노력을 기울여 왔다. 최근 들어 네트워크의 발전과 비디오 재생이 가능한 많은 기기들의 개발 그리고 다양한 콘텐츠들의 등장은 스케일러블 비디오 부호화(Scalable Video Coding)에 대한 필요성을 다시 대두시켰다. 사실 이미 지난 20년 동안 SVC에 대한 연구와 표준화는 진행되어왔다. H.262/MPEG-2 Video, H.263, MPEG-4 Visual은 스케일러블 프로파일로써 SVC 기술을 지원했지만 복잡도가 매우 높았고, 비 스케일러블 프로파일들에 비해 성능에 있어서도 효과적이지 않아 거의 사용되지 않았다.

H.264에 확장된 SVC(Scalable extension of H.264/AVC)에서는 보다 효율적인 스케일러블 비디오 부호화를 위해 기존의 비디오 코덱에서 공간적, 시간적 특징을 이용한 예측 신호를 통해 중복성을 제거한 후 차분 신호를 부호화하는 방식 외에 계층 간 특성을 이용, 그에 따른 중복성을 제거하여 차분신호를 부호화하는 방식을 채택하여 사용하고 있다. 계층 간 중복성을 가질 수 있는 파라미터로는 텍스처 정보, 움직임 정보, 차분신호 정보가 있다. SVC에서는 이러한 파라미터 별로 계층 간 중복성을 최소화하기 위해 노력했으며, 이들 세 가지 파라미터들의 중복성 제거를 위한 기술은 각각 계층 간 텍스처 예측 혹은 계층 간 화면 내 예측, 계층 간 움직임 예측 그리고 계층 간 차분신호 예측이라고 불린다. 계층 간 중복성 제거를 통해 생성된 차분 값은 이전의 공간적, 시간적 특성을 고려한 예측기술에 의해 얻어진 차분신호와는 다른 특성을 가질 수 있다. 그럼에도 불구하고 이러한 차분신호에 대해 기존의 공간적, 시간적 특성만이 고려된 엔트로피 부호화 방식을 동일하게 이용하고 있다. 이에 본 논문에서는 계층 간 예측기술을 이용하여 얻은 차분신호의 특성을 파악하고, 그에 알맞은 엔트로피 부호화 방법을 제안하고자 한다.

본 논문에서는 SVC의 세 가지 계층 간 예측기술 중 계층 간 텍스처 예측 혹은 계층 간 화면 내 예측에 의해 얻어진 차분신호에 대해 지금보다 효과적으로 엔트로피 부호화 할 수 있는 방법을 소개하고 있으며, 그 순서는 다음과 같다. 2장에서는 계층 간 예측 기술 세 가지에 대하여 각각 설명하고, SVC에서의 차분신호 엔트로피 부호화 방법을 이

기하며, 계층 간 화면 내 예측에 있어서 차분신호 엔트로피 부호화시의 문제점을 제기한다. 3장에서는 2장에서 제기한 문제에 따라 실험적 통계에 의한 데이터 분석을 통해 계층 간 화면 내 예측에 의해 생성된 차분신호의 특성을 알아보고 새롭게 제안하는 방법을 소개한다. 4장에서는 3장의 실험결과를 통계적 특성에 따라 정리하고, 이를 제안한 방법에 따라 적용하여 기존의 SVC와 부호화 성능을 비교한 실험결과를 제시한다. 5장에서 결론 내며 논문을 마친다.

II. 스케일러블 비디오 부호화 기술

1. 계층 간 예측 기술

SVC에서 계층 간에 보다 효율적인 부호화를 위해 새로운 세 가지 기술을 도입하였다. 그 세 가지 계층 간 예측기술은 계층 간 움직임 예측, 계층 간 차분신호 예측, 계층 간 화면 내 예측이다. 이와 연계적으로 항상 계층 부호화를 위해 SVC에서는 새로운 매크로 블록 (MB, MacroBlock) 타입을 정의하였다. 추가적으로 모드 번호를 부여하지 않으며, 문법적으로 MB 레벨 단위로 보내지는 `basemode_flag` 를 통해 추론된다. 새로운 타입으로 부호화되는 MB는 차분신호 외에 공간 내 예측 모드 및 움직임 정보 등은 전송하지 하지 않는다. 예를 들어 항상계층의 MB의 `basemode_flag` 가 1로써 부호화 되었다면, 항상 계층 복호화 단계에서는 참조 계층에 각각 대응되는 MB 정보들을 사용하게 된다. 복호화 된 참조 계층의 MB가 화면 내 예측 방법을 사용하여 부호화 되었다면, 항상 계층에 대응되는 MB는 II.1.3 절에 소개할 방법으로 복호화 과정을 진행하게 된다. 그렇지 않고, 화면 간 예측 모드로 부호화 되었다면, II.1.1 절에서 언급할 내용에 따라 복호화 과정이 진행되게 된다.

1.1. 계층 간 움직임 예측

`basemode_flag` 가 1로 기술된 MB의 블록 정보는 단순히 대응되는 계층 블록의 부호화 단위에 가로, 세로 확대되어 부호화 되어야 한다. 항상 계층에서의 MB에 있어서 부호화 될 단위는 최대 16×16 을 넘을 수 없으며 최소 8×8 보

다 작을 수 없다. H.264/AVC는 최대 부호화 가능한 블록의 크기를 16×16에서, 최소 4×4로 각각 정의하였기 때문에 H.264/AVC의 확장 개념이라고 할 수 있는 SVC도 이를 반영하여야 한다. 따라서 일반적으로 영상의 해상도가 가로 세로 각각 2배씩 확장되었을 때, 참조할 기본계층의 부호화 블록크기를 M×N이라고 가정 하였을 경우 향상 계층의 부호화 블록크기는 (2M)×(2N)이라고 말할 수 있다. 향상 계층의 MB에 대해 동일 계층의 움직임 보상을 위한 참조 영상의 인덱스 정보 또한 기본 계층에 대응되는 MB의 참조 영상 인덱스 정보를 그대로 사용하게 된다. 그리고 움직임 벡터는 참조할 기본 계층에 대응되는 MB의 움직임 벡터 정보에 2배의 비례 확대를 통해 얻어진다. 이 비례 확대된 움직임 벡터는 향상 계층에서 예측된 움직임 벡터(PMV)로 사용될 수도 있으며, 실제 움직임 벡터라고 가정하고, 움직임 예측 없이 움직임 보상을 통해 바로 예측신호를 얻을 수 있다. 이는 motion_prediction_flag로 기술된다.

1.2. 계층 간 차분신호 예측

계층 간 예측을 위한 또 다른 기술은 계층 간 차분신호 방법으로, 위에서 언급한 SVC에서 추가된 MB 타입을 사용하거나 혹은 사용하지 않던 간에 향상계층에서 화면 간 예측 방법을 사용하여 얻은 차분신호에 대해 적용할 수 있다. 이 방법은 계층 간에 대응되는 위치의 MB를 보다 효과적으로 부호화함에 있어서 각각의 계층이 화면 간 예측 방법으로 부호화 되었을 경우에만 적용가능하다. 따라서 각 계층에서 화면 간 예측을 통해 차분신호를 얻고, 향상 계층에서 참조 계층에 대응되는 블록 위치의 차분신호를 향상 계층의 해상도에 맞게 확대 시킨 뒤, 향상 계층에서 얻은 차분신호에 확대 되어진 참조 계층의 차분신호를 예측 차분신호로 사용하게 된다. 따라서 향상 계층에서는 참조 계층에 의한 예측 차분신호와 향상계층에서의 차분신호의 차이만을 엔트로피 부호화하게 된다. SVC에서 차분 신호 확대는 양방향 선형 필터를 사용하며, residual_prediction_flag 에 의해 문법적으로 기술되어 진다. residual_prediction_flag 가 1일 경우 계층 간 차분신호 예측 방법을 수행 할 수 있으며, residual_prediction_flag 가 0 일 경우는 기존의 계층 내에서 화면 간 예측 방법을 통해 얻은 차분신

호를 각각 엔트로피 부호화하게 된다.

1.3. 계층 간 화면 내 예측

향상 계층의 임의의 블록이 앞서 말한 basemode_flag 가 1로써 부호화 되고, 참조 계층으로 대응되는 위치의 블록이 화면 내 예측 모드로 부호화 되었을 때, 계층 간 화면 내 예측모드(IntraBL)를 통해 해당 블록을 복호화하게 된다. 이는 꼭 참조 계층에 대응되는 위치의 블록이 화면 내 예측으로 부호화 되었을 경우에만 수행 된다. 참조 계층에서 향상 계층 블록에 대응되는 위치의 블록 텍스처 정보는 향상 계층 해상도에 맞도록 확대되어지며, 확대된 텍스처 정보는 기존의 텍스처에 1차원의 4-탭 필터를 가로, 세로에 적용하여 얻어지게 된다. 단, 색차 텍스처 정보는 양방향 선형 필터를 적용한다.

2. SVC에서의 차분 신호 엔트로피 부호화 방법

SVC의 엔트로피 부호화 과정은 H.264/AVC의 확장 개념으로써 기존의 엔트로피 부호화 방식과 동일하게 이루어진다. 실제 부호화할 차분 신호는 이산 코사인 변환(DCT) 및 양자화 과정을 수행한 후, 계수들에 대해 지그재그 스캐닝 방법을 이용하여 엔트로피 부호화 과정을 수행한다. 보다 효율적인 엔트로피 부호화를 위해 하나의 MB 안에 4개의 8×8 블록에 대하여 0이 아닌 계수들이 분포하는 패턴을 구하고 이를 미리 통계적 실험에 의해 표준으로 정의되어진 부호화된 블록 패턴(CBP : Coded Block Pattern) 표에 대응시켜 해당 코드번호를 전송하게 된다. CBP 표는 서로 다른 예측 방법, 화면 내 예측, 화면 간 예측을 통해 얻어 지는 차분신호의 특성이 엄연히 다르기 때문에 각각의 예측 방법을 통해 얻은 차분신호에 맞춰 CBP 표를 적용하게 된다.

일반적으로 부호화시 차분 신호는 율-왜곡 최적화 과정을 통해 가장 적은 값을 가질 때의 차분 신호를 실제 부호화할 차분 신호로 선택하게 된다. 본 논문에서는 개념적 차분신호의 특성만을 이야기 한다. 율 최적화의 과정은 식 (1), (2)에서 제외하여 표현하였다.

$$E(x,y,t) = \min(O(x,y,t) - R(MVx_i, MVy_j, t-1)) \quad (1)$$

$$(-16 \leq i \leq 16, -16 \leq j \leq 16)$$

$$E(x,y,t) = \min(O(x,y,t) - R(x_k,y_k,t)) \quad (2)$$

$(k=1,2,3,4)$

영상은 블록의 x, y 좌표와 함께 시간 축 좌표 t 를 사용하여 나타내었다. 식(1)은 화면 간 예측에 의한 차분신호를 표현한 것이다. 화면 간 예측 방법은 이전에 복원된 영상에서 현재 부호화할 블록을 찾고, 그 위치를 움직임 벡터(MV)로 나타낸다. 이후 움직임 보상을 통해 원본 영상과 차를 내어 차분 신호를 얻게 된다. 일반적으로 참조할 영상을 부호화할 영상 이전 혹은 이후 시간의 화면으로 생각할 수 있으며, 참조 화면 내에서 모든 픽셀들에 대해 찾기는 매우 높은 복잡도를 요구하기 때문에 i, j , 요소로써 그 예측 가능한 범위를 제한시키게 된다. 이러한 방식으로 화면 간 예측의 차분신호는 얻어지며, 이렇게 얻어진 신호를 부호화하고, 다시 복원시킴으로써, 다음 화면의 예측 신호로 쓰이게 된다. 식(2)에서는 화면 내 예측에 의한 차분신호를 수식으로 표현하였다. 차분신호를 결정하는 방법에 있어서는 화면 간 예측에 의한 차분신호를 얻을 때와 마찬가지로 울-왜곡 최적화 과정을 통해 가장 적은 값을 가질 때의 차분신호를 부호화하는데 사용하게 된다. 식(2)에서도 식(1)에서의 마찬가지로 울-최적화를 생략하였다. 식(1)의 화면 간 예측 방법과 다른 점은 이미 복원되어진 $t-1$ 시간 축 상에 위치한 다른 화면 내 블록을 사용하지 않고, 현재 부호화하고 있는 t 시간 화면 내에 부호화 된 주변 블록들을 사용한다는 것에 기인한다. 주변 블록들에 대한 표현은 $k=1,2,3,4$ 에 의해 x, y 집합의 블록 좌표가 선택되어져 부호화될 블록의 주변 블록의 특성에 의한 참조 연산 방법에 의해 계산되어져 원본신호와 차를 내게 된다. 화면 간 예측 방법에 의한 차분신호와 화면 내 예측 방법에 의한 차분신호는 예측신호를 얻는 방법에 의해 그 특성이 달라진다는 것을 알 수 있다. 이미 복원되어진 이전 시간의 영상을 참조신호로써 사용할 경우와, 부호화할 화면 내에서 이미 복원된 블록들의 연산을 통해 참조 신호로 사용 하였을 경우 각각은 다음과 같은 특성을 갖는다. 전자 경우 일반적으로 비디오 영상은 1/30초씩의 아주 작은 시간 간격으로 촬영되어지는 특성 때문에 화면 간 유사성이 높아 화면 간 예측에 의한 차분 신호의 엔트로피는 작다. 반면, 후자의 경우 화면

내에서 주변 픽셀 값의 유사성만을 사용하기 때문에 단조로운 영역에 대해서는 예측 성능이 높지만 복잡한 영역에 대해서는 예측 오차가 크게 된다. 따라서 화면 내 예측 방법에 의한 차분신호는 화면 간 예측 방법에 비해 상대적으로 높은 엔트로피 확률을 갖는다. 이후 양자화 과정을 거치거나 엔트로피가 작은 화면 간 예측의 차분신호들은 엔트로피가 높은 화면 내 예측 방법에 비해 많은 계수들이 0으로 나타난다. 이러한 패턴들이 실험적 통계에 의해 예측 방법에 따라 각기 다른 특성을 갖는 두 종류의 CBP 표로써 정리되어 표준으로 정해져 부·복호화기에서 사용된다.

CBP 표에 따라 부호화시 각각의 패턴에 코드 번호를 연결시켜 부호화를 수행한다. 각각의 MB는 휘도 성분의 8x8 블록 4개로 나누어 총 16가지의 경우로, 색차 신호는 Cb, Cr 구분 없이 DC 성분만이 존재하거나 아니면 AC 성분이 존재하거나 혹은 모두 존재하지 않을 경우로 구분, 3가지 경우로 나누어, 총 48가지 패턴이 정의된다. 앞서 언급한 바와 같이 예측 방법에 따라 표를 나누어 각각의 경우에 대해 잘 나오는 조합을 작은 수의 코드 번호로 연결 지어 부호화 한다. 코드 번호는 가변 길이로써 부호화되어 작은 수의 코드 번호 일수록 적은 비트를 할당받게 된다. 코드 번호 및 CBP 정보는 표 1과 같으며, 상위 16가지의 경우에 대해서만 적어놓았다.

표 1. 부호화된 블록 패턴 표
Table 1. Coded block pattern(CBP) table

code num	Intra_4x4 & Intra_8x8	Inter
0	47	0
1	31	16
2	15	1
3	0	2
4	23	4
5	27	8
6	29	32
7	30	3
8	7	5
9	11	10
10	13	12
11	14	15
12	39	47
13	43	7
14	45	11
15	46	13

예를 들어 화면 내 예측 방법을 통해 얻어진 차분신호에 대하여 DCT 변환 후 양자화된 계수의 CBP 값이 47이라는 의미는 하위 4비트가 모두 1로 그리고 상위 2비트는 1 0으로 해당 MB의 휘도성분의 계수가 모두 존재하며, 색차 신호 Cb, Cr의 AC 성분 역시 존재한다는 것을 의미하고 통계적으로 화면 내 예측 방법에 의한 차분신호의 엔트로피 부호화시 이러한 특성이 제일 많이 나오기 때문에 가장 작은 코드 번호를 할당 한다. 그러나 화면 간 예측 방법에서는 휘도 및 색차 성분 계수가 모두 존재하지 않는 경우가 통계적으로 제일 많기 때문에 이에 해당하는 CBP 값 0을 제일 작은 코드 번호로 할당한다.

그림 1은 JSVM 9.18 부호화기에 구현되어져 있는 CBP 표의 선택 방법을 추상화시킨 흐름도이다.

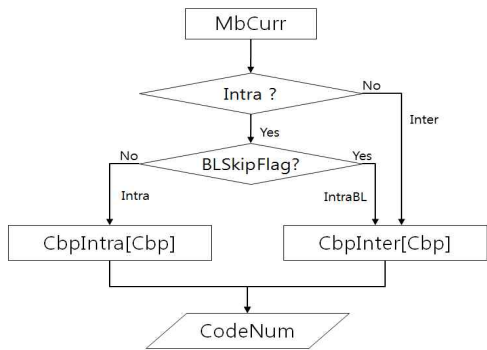


그림 1. 부호화된 블록 패턴 표 선택 방법
Fig 1. The method to select the coded block pattern table

현재 부호화 할 MB에 대하여 CBP 선택 시 먼저 화면 내 예측 방법을 사용하였는지 사용하지 않았는지에 대해 확인하게 된다. 만일 공간 내 예측 방법을 사용하지 않았다면, 화면 간 예측 방법을 사용한 것이므로 화면 간 예측 방법에 의해 통계적으로 정리되어진 CBP 표에서 6비트로 표현 되어진 CBP 값을 인덱스로 넣어 연결된 코드 번호를 가변 길이로 부호화 한다. 만일 화면 내 예측 방법을 통해 예측되었다 하더라도, 화면 내 예측 방법에 있어서 기본 계층을 참조하여 화면 내 예측을 하였는지 확인하게 된다. 이는 BLSkipFlag에 따르며 계층 간 IntraBL을 사용하였는지를 확인한다. IntraBL은 화면 간 예측 방법의 경우와 동일한 표에서 해당 CBP 값을 인덱스로 갖는 코드 번호를 부호

화 하게 된다.

만일 48가지 조합의 CBP 값 중 하나의 코드 번호를 가변 길이로 부호화함에 있어서 통계적 특성이 다른 표를 사용한다면 매우 비효율적인 부호화를 수행함을 의미한다. 현재 IntraBL의 경우 CBP를 화면 간 예측 방법과 동일한 통계적 특성을 갖는 것으로 가정하여 부호화하게 되는데, 계층 간 화면 내 예측 방법이 화면 간 예측 방법을 위한 CBP 표의 특성과 다름에도 불구하고 동일한 표를 사용한다면 비효율적 엔트로피 부호화라고 말 할 수 있다.

III. 제안하는 계층 간 화면 내 예측에 의한 차분신호 엔트로피 부호화 방법

스케일러블 비디오 부호화(SVC)에서는 계층 간 화면 내 예측 방법을 엔트로피 부호화함에 있어서 CBP를 화면 간 예측 방법 시와 동일한 통계적 특성에 근거한 CBP 표를 사용하고 있다. 만일 계층 간 화면 내 예측 방법과 화면 간 예측 방법에 의해 얻어진 차분신호의 특성이 다름에도 불구하고 현재와 같이 동일 표를 사용한다면, 가변 길이로 부호화하는 코드 번호에 있어서 매우 비효율적 결과를 가져올 수 있다.

이미 II절의 식(1)에서 화면 간 예측에 의한 차분 신호를 표현 하였고, 식(2)에서 화면 내 예측에 의한 차분 신호를 표현해 보았다. 이를 이용하여 계층 간 화면 내 예측 방법에 의한 차분신호는 위 두 가지 수식을 이용하여 다음 식(3)과 식(4)로 간단하게 표현 할 수 있다.

$$E(x,y,t,l) = O(x,y,t,l) - U(O'(x',y',t,l-1)) \quad (3)$$

$$O'(x',y',t,l-1) = E(x',y',t,l-1) + R(x',y',t,l-1) \quad (4)$$

식(3)은 계층 간 화면 내 예측 방법을 나타내었다. II절의 식(1)과 식(2)에서는 차분신호를 나타내는 파라미터로 블록의 위치를 나타내는 x, y 좌표 및 시간 정보 t 로써만 나타내었지만, 스케일러블 비디오 부호화에 있어서는 l 파라미터를 추가함으로써 계층의 의미를 부여하였다. 따라서 식(3)에서 의미하는 l 은 부호화하고자 하는 상위 계층을 의미

하며 $l-1$ 은 참고하고자 하는 하위 기본계층을 의미한다. 식 (3)에 따라 l 계층의 t 시간에 위치한 블록 (x, y) 위치에 존재하는 차분신호를 계층 간 화면 내 예측 방법을 통해 얻는 방법은 다음과 같다. 얻고자 하는 차분신호의 계층 l 및 시간적 위치 t 에서의 블록 위치 (x, y) 에 해당하는 원본 신호에 참조할 계층 $l-1$ 에서의 동일 시간 t 에 존재하는 얻고자 하는 신호의 블록 위치 (x, y) 에 대응되는 (x', y') 의 복원된 O' 신호를 U 함수를 통해 확대필터를 취한 후 차를 내어 얻게 된다. 복원된 O' 신호는 식(4)에서 표현되며 이는 화면 내 예측 방법에 의한 차분신호를 표현한 II절의 식(2)를 복원신호 기준으로 표현한 것이다. 따라서 동일한 t 시간에서 부호화 하고자 하는 계층 l 에 대응 되는 참조할 계층 $l-1$ 에서의 블록 위치 (x', y') 에 해당하는 복원된 신호를 얻을 수 있다. 따라서 계층 간 화면 내 예측 방법을 수행함에 있어서 화면 간 예측 방법의 특성 반영되었음을 식(4)가 식(3)에 대입됨으로써 고려될 수 있다. 다시 식(3)을 II절의 식(1)과 비교해 보면 화면 간 예측 방법과 동일하지는 않지만 유사한 특성을 가질 수 있다는 것을 알 수 있다. 화면 간 예측 방법은 이미 복원된 이전 화면들에서 현재 부호화할 블록의 원본 신호와 가장 유사한 블록을 예측신호로 사용하고 원본 신호와 차를 내어 부호화한다. 이러한 점에서 앞선 식(4)에 의해 복원된 신호를 예측신호로 사용하는 것은 화면 간 예측 방법과 유사한 특성을 가질 수 있다고 볼 수 있다. 계층 간 화면 내 예측 방법에서는 움직임 벡터를 사용하지 않지만 이는 계층 간 화면 내 예측 방법의 특성상 부호화할 예측 블록의 대응되는 참조 계층의 블록을 떼어냄으로써 움직임 벡터를 $(0, 0)$ 으로 생각 할 수 있다. 따라서 계층 간 화면 내 예측 방법에서는 복원된 이전 시간 $t-1$ 이 아닌 복원된 참조 계층 $l-1$ 에서 예측 신호를 사용함으로써 화면 간 예측 방법과 유사한 특성을 가질 수 있다고 말할 수 있다. 또한 예측신호로 사용될 참조 계층의 블록 해상도가 부호하고자 하는 계층의 해상도와 다르기 때문에 확대필터를 적용하여 블록을 U 함수를 통해 확대 보간 후 사용하게 된다.

지금까지 언급해 온 바에 따르면, 계층 간 화면 내 예측은 화면 내 예측 방법의 특성을 반영하고 있으며, 화면 간 예측 방법과 유사한 특성을 함께 반영하고 있다는 것을 알 수

있다. 따라서 계층 간 화면 내 예측 방법을 사용하여 얻은 차분신호의 특성은 화면 간 예측 방법 및 화면 내 예측 방법을 통한 차분신호의 특성들과는 동일하지 않을 수 있음을 고려해 볼 수 있다. 만일 계층 간 화면 내 예측 방법에 의한 차분신호 부호화된 블록 패턴의 특성이 통계적으로 현재 사용하고 있는 화면 간 예측 방법의 특성이 고려된 CBP와 다를 경우 계층 간 화면 내 예측 방법을 위한 계층 간 화면 내 예측 방법의 특성이 고려된 새로운 표를 설계하고, 엔트로피 부호화 시 반영되어야 한다. 이를 증명하기 위해 간단한 실험을 하였으며 표 2의 실험환경에 따라 수행하였다.

표 2. 통계적 특성을 얻기 위한 실험 환경
Table 2. Experimental condition for obtaining statistical features

참조 소프트웨어 : JSVM 9.18	
실험 영상 개수 : 5개 Soccer(300), Ice(240), Harbour(300), Football(260), Bus(150)	
파라미터	설정 값
계층 수	3 계층
0 계층 해상도	QCIF
1 계층 해상도	CIF
2 계층 해상도	4CIF
계층 별 QP	동일
QP 종류	22,27,32,37
GOP 구조	All intra
계층 간 예측	기본 적용

참조 소프트웨어 JSVM 9.18을 사용하여 총 5개의 영상 (Soccer, Ice, Harbour, Football, Bus)에 대하여 표 2와 같이 3계층으로 나누어 QCIF, CIF, 4CIF 해상도를 갖도록 설정하였으며, 계층 별 QP값은 모두 동일 값으로 설정하였다. QP의 종류는 22, 27, 32, 37로 모든 영상에 각각 적용하였다. 부호화 프레임 수는 각각의 영상 이름 오른쪽 괄호 안 숫자만큼 수행하였다. 모든 프레임에 대해 화면 내 예측 방법만을 사용하도록 하였으며, 계층 간 예측 방법을 기본적으로 적용하도록 설정하였다. 0 계층과 1계층 사이에서 얻은 계층 간 화면 내 예측 방법을 통한 CBP 값들의 통계와 1계층과 2계층 사이에서 얻은 계층 간 화면 내 예측 방법을 통한 CBP 값들의 통계를 누적시켰다. 이를 5개의 영상 각각에 동일하게 수행하였으며, 다시 5개의 영상에서 얻은 통

계치를 모두 누적시켰다. 화면 간 예측 방법에 의한 차분신호의 CBP 표를 사용하고 있는 계층 간 화면 내 예측 방법에 의한 차분신호의 CBP 값들의 실제 발생확률을 각각의 값들에 연결 지어 그 통계를 비교해 보았다.

표 3의 결과는 전체 47 가지 CBP 값들 중 상위 20 가지의 경우에 대해서만 나열하였다. 이러한 결과에 따르면 IntraBL 모드인 경우 실제로 CBP 값이 0일 확률이 6.95%밖에 되지 않으며, 제일 많이 나오는 CBP 값은 15로 화면 간 예측 방법에 따르는 패턴 표에서는 11번에 연결되어져 있다. 두 번째로 많이 나오는 패턴 값으로 25.83%를 차지하는 31번에 해당하는 코드 번호는 19번에 연결되어 있다. 이에 모든 CBP 값들의 반 이상을 차지하는 15와 31번의 경우가 높은 코드 번호에 할당되어 현재 매우 비효율적인 CBP 표를 IntraBL 모드에 사용되어 지고 있음이 증명되었다.

표 3. 부호화된 블록 패턴 통계 분석
Table 3. CBP statistical analysis

code num	Inter	IntraBL
0	0	6.95%
1	16	0.58%
2	1	0.81%
3	2	0.77%
4	4	0.80%
5	8	0.79%
6	32	0.01%
7	3	1.10%
8	5	1.08%
9	10	1.03%
10	12	1.03%
11	15	27.18%
12	47	13.89%
13	7	1.85%
14	11	1.80%
15	13	1.85%
16	14	1.82%
17	6	0.48%
18	9	0.48%
19	31	25.83%
...

위에서 얻은 통계적 특성의 확률값들을 이용하여 shanon의 정보이론을 따르는 식 (5)을 통해 엔트로피를 구하면 약 3.44 비트가 나온다. 통계적 특성을 반영하여 새롭게 엔트로피를 구한 값과 기존의 JSVM9.18에 구현되어진 방법을 따라 얻은 엔트로피 값은 영상을 부호화함으로써 얻은 CBP 값들의 발생 빈도는 거의 다르지 않기 때문에 비슷하다. 하지만 이러한 CBP 값들을 실제 부호화할 코드 번호에 연결함에 있어 연결 순서에 따라 코드 번호를 부호화 할 때의 평균 비트량에 차이가 날 수 있다. 코드 번호는 지수 곱셈 형태의 가변길이를 표현 되며, 표 4를 따라 실제 비트를 쓰게 된다. 평균 비트량은 식 (6)을 이용하여 각 코드 번호의 확률과 코드 번호의 가변길이 변환 시의 비트 수를 곱한 합을 통해 얻을 수 있다. 결과적으로 기존의 JSVM 9.18에 구현되어진 방식에 따라 IntraBL 모드의 블록을 부호화함에 있어 CBP를 표현하는 평균 비트량이 약 7.46 비트인 반면, 실험을 통해 얻은 표3의 정보를 이용하여 임의로 CBP에 코드 번호를 발생빈도의 내림차순으로 할당하여 평균 비트를 계산했을 경우 약 3.78 비트가 소요된다. 따라서 IntraBL 모드를 위한 CBP 표를 설계한다면 현재 보다 더 나은 율-왜곡 성능을 낼 것으로 기대하였다.

$$H(X) = \sum_{i=0}^{47} P(X_i) \times \log_2\left(\frac{1}{P(X_i)}\right) \tag{5}$$

$$C(X) = \sum_{i=0}^{47} P(X_i) \times Bits(X_i) \tag{6}$$

표 4. 코드 번호 범위에 따른 비트열 형태 및 비트 수
Table 4. Bit strings form with the number of bits and assignment to codeNum ranges

Bit string form	CodeNum	Number of bits
1	0	1
0 1 X ₀	1-2	3
0 0 1 X ₁ X ₀	3-6	5
0 0 0 1 X ₂ X ₁ X ₀	7-14	7
0 0 0 0 1 X ₃ X ₂ X ₁ X ₀	15-30	9
0 0 0 0 0 1 X ₄ X ₃ X ₂ X ₁ X ₀	31-62	11
...

제안 하는 방법에 의해 화면 예측 방법에 따라 선택 할

수 있는 표가 3가지로 늘어나, II절 그림 1과 달리 새로운 방법으로 표를 선택한다. 제안하는 방법이 추가된 SVC 엔트로피 부호화시의 CBP 표 선택 방법은 그림 2와 같다.

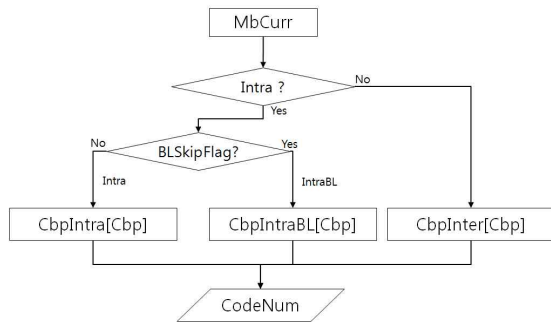


그림 2. 제안된 부호화된 블록 패턴 표 선택 방법
Fig 2. The proposed method to select the coded block pattern table

제안된 CBP 표 선택 방법을 JSVM 9.18의 부호화기 및 복호화기에 구현하기 위해 실제 계층 간 화면 내 예측 방법을 위한 CBP 표는 표 2를 따르는 실험결과를 사용하였으며, 이에 대한 자세한 설계 과정 및 실제 반영 후 부호화 성능은 다음 절에서 다룬다.

IV. 실험 결과

본 절에서는 앞서 제안한 방법을 스케일러블 비디오 부·복호화기 참조 소프트웨어인 JSVM 9.18에 적용하기 위하여 표 2를 따르는 실험결과를 정리하여 기존의 CBP 표와 그 특성을 비교해 보았다. 표 5는 실험결과에 따라 계층 간 화면 내 예측 방법을 수행하여 얻은 차분신호의 CBP 값들에 대해 각각의 확률에 따라 내림차순으로 정렬하였다. 계층 간 화면 내 예측 방법, IntraBL에 의한 차분신호의 특성은 CBP 값이 15 인 경우가 제일 많고, 31인 경우가 그 다음으로 많았으며, 이 두 가지 경우에 대해 이미 50%가 넘는 결과를 보여주고 있다. 또한 3번째로 많이 나오는 경우인 47의 확률까지 합치면 약 67%로 계층 간 화면 내 예측 방법에 의한 차분신호의 패턴 값 대부분을 표현할 수 있다. 위에서 언급했듯이 현재 사용하고 있는 화면 간 예측

방법의 패턴 순위와는 많이 다르며 화면 내 예측 방법의 패턴 순위와도 달라 IntraBL 모드를 위한 CBP 표를 사용할 경우 어느 정도 성능이 나올 것이라는 것을 알 수 있다. 표 6은 기존의 Intra 모드 및 Inter 모드일 경우와 함께 제안된 IntraBL 모드를 위한 CBP 값들에 대하여 할당된 코드 번호 48가지 경우 모두를 나열하였다. IntraBL의 CBP 값들의 경우 단순히 높은 확률을 갖는 패턴 값들을 내림차순으로 정렬한 표 5와는 다르게 CBP 값들이 의미하는 블록의 규칙들을 적절히 고려하여 1% 미만의 확률차가 나는 패턴 값들에 대해서는 그 순서를 적절히 조절하였다. 이후 각각의 코드 번호는 이전과 동일한 표 4의 가변 길이 부호화 방법을 통하여 부호화 된다.

표 5. 계층 간 화면 내 예측에 따른 패턴 통계
Table 5. Statistics of the Coded Block Pattern

CBP	IntraBL	CBP	IntraBL	CBP	IntraBL
15	27.18%	1	0.81%	46	0.24%
31	25.83%	4	0.80%	25	0.23%
47	13.89%	8	0.79%	18	0.22%
0	6.95%	2	0.77%	24	0.22%
13	1.85%	21	0.60%	22	0.21%
7	1.85%	16	0.58%	37	0.16%
14	1.82%	9	0.48%	42	0.13%
11	1.80%	19	0.48%	35	0.08%
23	1.31%	6	0.48%	44	0.08%
29	1.23%	26	0.45%	40	0.03%
27	1.19%	28	0.42%	36	0.03%
30	1.15%	39	0.29%	33	0.02%
3	1.10%	17	0.28%	41	0.02%
5	1.08%	45	0.27%	34	0.01%
12	1.03%	20	0.25%	38	0.01%
10	1.03%	43	0.24%	32	0.01%

기존의 표준을 따르는 화면 간 예측과 화면 내 예측 방법에 대한 CBP 값들이 왼쪽에서부터 1번째, 2번째 열에, 그리고 새롭게 IntraBL 모드를 통해 얻은 차분신호를 위한 패턴 값들이 오른쪽에 정리되어져 있다. 상위부터 작은 수의 코드번호를 할당하며, CBP 값만으로는 해당 예측 방

표 6. 최종 부호화된 블록 패턴 표
Table 6. The final CBP Table

Codenum	Intra4x4 & Intra8x8	Inter	IntraBL	Codenum	Intra4x4 & Intra8x8	Inter	IntraBL
0	47	0	15	24	28	33	26
1	31	16	31	25	35	34	9
2	15	1	47	26	37	36	6
3	0	2	0	27	42	40	39
4	23	4	7	28	44	39	45
5	27	8	13	29	1	43	46
6	29	32	14	30	2	45	43
7	30	3	11	31	4	46	17
8	7	5	23	32	8	17	20
9	11	10	29	33	17	18	24
10	13	12	30	34	18	20	18
11	14	15	27	35	20	24	25
12	39	47	3	36	24	19	22
13	43	7	5	37	6	21	37
14	45	11	12	38	9	26	42
15	46	13	10	39	22	28	35
16	16	14	1	40	25	23	44
17	3	6	4	41	32	27	36
18	5	9	8	42	33	29	40
19	10	31	2	43	34	30	33
20	12	35	16	44	36	22	34
21	19	37	19	45	40	25	41
22	21	42	21	46	38	38	38
23	26	44	28	47	41	41	32

Intra4x4 & Intra 8x8	Inter	IntraBL
2 +	0 +	0 +
1 +	1 +	1 +
0 +	0 +	2 +
0 +	0 +	0 +
1 +	0 +	0 +
1 +	0 +	0 +
1 +	2 +	0 +
1 +	0 +	0 +
0 +	0 +	1 +
0 +	0 +	1 +
0 +	0 +	1 +
2 +	2 +	0 +
2 +	0 +	0 +
2 +	0 +	0 +
2 +	0 +	0 +

그림 3. 블록 패턴 특성 비교표
Fig 3. A comparative table on the characteristics of block patterns

법을 따르는 차분신호의 특성을 한 눈에 알아보기가 쉽지 않아 그림 3과 같이 상위 15개의 값들에 대해서만 도식화 해보았다. 그림 3에 표현된 각각의 값 및 그림이 의미하는 바는 다음과 같다. 앞쪽에 “0 +”, “1 +”, “2 +” 식으로 표현된 것의 의미는 하나의 MB 안에 색차 신호의 AC 성분이 존재 할 경우 2, DC 성분만 존재할 경우 1, 둘 다 존재하지 않을 경우 0을 의미한다. 이 후 뒤에 따라오는 블록은 MB를 의미하며 각 4개의 사각형은 8x8 블록을 가리키며, 음영 처리 되어진 블록은 해당 블록에 휘도 신호의 차분 계수가 존재한다는 것을 의미한다. 공백인 곳은 어느 곳에도 차분 계수가 존재하지 않는다는 것을 의미한다.

앞서 II절에서 언급한 바와 같이 화면 간 예측에 의한 차분 신호의 엔트로피는 적으며, 화면 내 예측 방법에 의한 차분신호는 화면 간 예측 방법에 비해 상대적으로 높은 엔트로피 확률을 갖는다. 이는 양자화 과정 이후에도 남아 있을 계수들이 존재 할 확률이 화면 내 예측 방법을 사용하였

을 경우가 높다는 것을 말한다. 따라서 그림 3의 화면 내 예측 방법에서는 휘도 성분들이 각각의 8×8 블록들에 모두 존재하는 경우가 상당히 위쪽으로 배치되어 있으며, 화면 간 예측 방법에서는 휘도 성분들이 각각의 8×8 블록들에 모두 존재하지 않는 경우가 위쪽으로 배치되어 있다. 반면 계층 간 화면 내 예측 방법의 경우 기존의 스케일러블 비디오 부호화에서 고려된 바와 달리 오히려 화면 내 예측 방법에 치우쳐진 상태로 화면 간 예측의 특성 역시 가지고 있다. 표 6의 값들을 그림 2와 같은 선택 방법을 통해 해당 CBP 표를 참조할 수 있도록 JSVM 9.18에 적용하였다. 복호화기에서는 부호화기의 역 과정으로 원래의 CBP 값을 알아 낼 수 있도록 표를 조정하였으며, 그 선택과정은 부호화기와 동일하다.

표 7. 실험 환경
Table 7. Experimental condition

참조 소프트웨어 : JSVM 9.18	
실험 영상 개수 : 4개 Crew(300), City(300), Foreman(300), Mobile(150)	
파라미터	설정 값
계층 수	3 계층
0 계층 해상도	QCIF
1 계층 해상도	CIF
2 계층 해상도	4CIF
계층 별 QP	동일
QP 종류	22,27,32,37
GOP 구조	All intra
계층 간 예측	기본 적용

최종적으로 제안한 방법이 고려된 부호화기의 성능을 알아보는 실험은 표 7의 환경을 따라 수행하였다. 실험 영상의 경우 계층 간 화면 내 예측 방법에 의한 차분신호의 CBP의 통계를 구하고자 사용했던 5개의 영상을 제외하고 새로운 Crew, City, Foreman, Mobile 영상을 사용하였다. 이외에 다른 조건들은 III절 표 2에서 설명한 바와 같다. 각 영상에 대한 실험 결과는 BD-Bitrate, BD-PSNR 관점에서 표 8과 같이 정리하였다. 각각의 영상에 대해 총 3 계층을 실험하였다. 실제로 최하위 계층은 참조할 하위 계층이 없기 때문에 계층 간 화면 내 예측 방법을 이용하여 부호화 할 수가 없으므로, Bitrate와 PSNR 값이 동일하여 표 8의 결과에서 제외 하였다. BD-PSNR은 참조 JSVM 9.18 부호화기 대비 제안된 방법을 이용한 부호화 비트 율, 왜곡 율 성능에 대해 동일 비트율에서의 왜곡 율을 비교한 값이며, BD-Bitrate는 동일 왜곡 율에서의 비트 율을 비교한 값이다. 각각의 영상에 대해 CIF 해상도에서 BD-Bitrate가 최대 1.73%의 비트율 감소 성능이 있었으며, 최소 0.53%의 비트율 감소가 있었다. 또한 가로, 세로로 2배씩 큰 4CIF 해상도에서 각각의 영상에 대한 BD-Bitrate 성능은 최대 2.57% 비트율 감소가, 최소 1.97%의 감소가 있었다.

추가적으로 HD급 이상의 해상도가 큰 영상에 대해 실험해 보았으며 실험 환경은 표 7을 따라 수행하였다. 실험 영상의 경우 가로 2560 세로 1600의 영상 People OnStreet 및 Traffic 그리고 가로 1920 세로 1080의 영상 Cactus, Kimono, ParkScene을 사용하였다. 기본계층은 원본 영상을 가로 세로 2배씩 줄여 사용하였다. 각 영상에 대한 실험 결과는 BD-Bitrate, BD-PSNR 관점에서 표 9와 같이 정리하였다. 2560×1600 해상도에서 BD-Bitrate가 최대 1.61%

표 8. 제안된 방법의 부호화 성능
Table 8. Coding performance of proposed method

Sequence	Resolution	BDPSNR (dB)	BDBitrate (%)	Resolution	BDPSNR (dB)	BDBitrate (%)
Crew	CIF	0.07	-1.20	4CIF	0.10	-2.06
City	CIF	0.11	-1.73	4CIF	0.13	-1.97
Foreman	CIF	0.07	-1.09	4CIF	0.21	-2.57
Mobile	CIF	0.05	-0.53	4CIF	0.30	-2.20
평균	CIF	0.08	-1.14	4CIF	0.19	-2.20

의 비트율 감소가 있었으며, 1920×1080 해상도에서 BD-Bitrate가 최대 1.56%의 비트율 감소가 있었다.

표 9. 제안된 방법의 고해상도에서의 부호화 성능
Table 9. Coding performance of proposed method in high resolution

Sequence	Resolution	BDPSNR (dB)	BDBitrate (%)
PeopleOnStreet	2560x1600	0.10	-1.61
Traffic	2560x1600	0.08	-1.39
평균	2560x1600	0.09	-1.50
Cactus	1920x1080	0.04	-1.13
Kimono	1920x1080	0.05	-1.30
ParkScene	1920x1080	0.07	-1.56
평균	1920x1080	0.06	-1.33

V. 결론

앞서 IV절에서의 실험결과는 제안한 방법이 스케일러블 비디오 부호화기의 엔트로피 부호화에 있어서의 효과적임을 나타내었다. 실험을 수행한 모든 영상에 대해서 4CIF 해상도에서 평균 BD-Bitrate로 2.20%의 비트율 감소가, CIF 해상도에서 평균 1.14%의 감소가 있었으며, BD-PSNR은 4CIF 해상도에서 평균 0.19dB, CIF 해상도에서 0.08dB 증가하였다. HD 이상의 해상도를 갖는 영상의 경우 2560×1600 해상도에서 평균 BD-Bitrate 1.50%의 비트율 감소가, 1920×1080 해상도에서 BD-Bitrate가 평균 1.33%의 비트율 감소가 있었다. BD-PSNR은 각각의 해상도에서 0.09dB 그리고 0.06dB 증가하였다.

본 논문에서 제안하는 방법을 소개하기까지 가정한 계층간 화면 내 예측에 의한 차분신호의 특성은 화면 내 예측에 의한 차분신호의 특성에 가까우면서 동시에 화면 간 예측에 의한 차분신호의 특성을 가지고 있음을 증명할 수 있었

다. 스케일러블 비디오 부호화를 보다 효율적으로 함에 있어서 본 논문이 제안하는 방법은 매우 효과적이다.

참고 문헌

- [1] H.Schwarz, D.Marpe, T.Wiegand, "Overview of the Scalable Video Coding Extension of the H.264/AVC Standard," IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology, vol. 17, no. 9, pp. 1103-1119, Sep. 2007.
- [2] T. Wiegand, G. J. Sullivan, G. Bjontegaard, A. Luthra, "Overview of the H.264/AVC Video Coding Standard," IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology, vol. 13, no. 7, pp. 560-576, Jul. 2003.
- [3] M.Wien, H.Schwarz, and T.Oelbaum, "Performance analysis of SVC," IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology, vol. 17, no. 9, pp. 1194-1203, Sep. 2003
- [4] H.Schwarz, D.Marpe, T.Wiegand, "Constrained inter-layer prediction for single-loop decoding in spatial scalability," in Proc. ICIP, Genoa, Italy, vol. 2, pp. 807-873, Sep. 2005.
- [5] Joint Video Team (JVT) of ITU-T VCEG and ISO/IEC MPEG, "Draft ITU-T Recommendation H.264 and ISO/IEC 14496-10 AVC," May 2003.
- [6] I. Richardson, "H.264 and MPEG-4 Video Compression: Video Coding for Next-generation Multimedia," John Wiley & Sons, 2003.
- [7] M. Narroschke, H.G. Musmann, "Adaptive prediction error coding in spatial and frequency domain for H.264/AVC," ITU-T SG16/Q6 Document VCEG-AB06, Bangkok, Thailand, January 2006.
- [8] H.Kirchhoffer, D.Marpe, H.Schwarz, T.Wiegand "A low-complexity approach for increasing the granularity of packet-based fidelity scalability in scalable video coding," PCS 2007, Lisbon, Portugal, Nov7, Sep.
- [9] T.Wiegand, H.Schwarz, A.Joch, F. Kossentini, and G. J. Sullivan, "Rate-Constrained Coder Control and Comparison of Video Coding Standard," IEEE Trans, CVST, vol. 13, no. 7, pp. 688-703, July 2003.
- [10] H.Schwarz, D.Marpe, and T.Wiegand, "Further results on constrained inter-layer prediction," Joint Video Team, Doc, JVT-0074, Busan, KR, April 2005.
- [11] Peter Amon, Thomas Rathgen, and Davide Singer, "File Format for Scalable Video Coding," IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology, vol. 17, no. 9, pp. 1174-1185, Sep. 2007.

저 자 소 개



최 효 민

- 2010년 2월 : 광운대학교 컴퓨터공학과 학사
- 2010년 3월 ~ 현재 : 광운대학교 컴퓨터공학과 석사
- 주관심분야 : 비디오 신호처리, 비디오 압축



남 정 학

- 2006년 2월 : 광운대학교 컴퓨터공학과 학사
- 2008년 2월 : 광운대학교 컴퓨터공학과 석사
- 2008년 3월 ~ 현재 : 광운대학교 컴퓨터공학과 박사과정
- 주관심분야 : 비디오 압축, 멀티프로세서



심 동 규

- 1999년 2월 : 서강대학교 전자공학과 공학박사
- 1999년 ~ 2000년 : (주) 현대 전자
- 2000년 ~ 2002년 : (주) 바로 비전
- 2002년 ~ 2005년 : Univ. of Washington
- 2005년 ~ 현재 : 광운대학교 컴퓨터공학과 (부교수)
- 주관심분야 : 영상신호처리, 영상압축, 컴퓨터 비전



최 병 두

- 2007년 2월 : 고려대학교 전자컴퓨터공학과 박사
- 2007년 ~ 2008년 : 독일 Fraunhofer Heinrich-Hertz-Institut 연구소 방문 연구원
- 2009년 : 고려대학교 BK21 연구 교수
- 2009년 ~ 현재 : 삼성전자 DMC 연구소 멀티미디어 연구팀 책임연구원
- 주관심분야 : 영상처리, 영상압축



조 대 성

- 1994년 2월 : 서강대학교 전자공학과 학사
- 1996년 2월 : 서강대학교 전자공학과 석사
- 1996년 ~ 2008년 : 삼성종합기술원 컴퓨팅랩 전문연구원
- 2008년 ~ 현재 : 삼성전자 DMC 연구소 멀티미디어 연구팀 수석연구원
- 주관심분야 : 영상처리, 영상압축