일반논문-10-15-6-11

H.264/AVC에서 성능 향상을 위한 단방향의 4×4 인트라 예측 모드

정 광 수^{a)}, 박 시 내^{a)}, 심 동 규^{a)*}, 이 윤 진^{b)}, 박 광 훈^{b)}, 오 승 준^{a)}, 정 세 윤^{c)}, 최 진 수^{c)}

Uni-directional 4×4 Intra Prediction Mode for H.264/AVC Coding Efficiency

Kwang Su Jung^{a)}, Sea Nae Park^{a)}, Dong Gyu Sim^{a)*}, Yoon Jin Lee^{b)}, Gwang Hoon Park^{b)},
Seoung Jun Oh^{a)}, Sey Yoon Jeong^{c)}, and Jin Soo Choi^{c)}

요 약

본 논문에서는 H.264/AVC의 성능향상을 위해 단방향 예측에 의한 4×4 인트라 부호화 방법을 제안한다. 최신의 동영상 압축 표준인 H.264/AVC에서는 16×16과 4×4 인트라 예측 방법을 사용하고 있다. 4×4 인트라 예측 방법은 예측 블록의 크기가 작기 때문에 16×16 예측 방법과 비교하여 상대적으로 복잡한 영역에서 보다 정밀한 예측이 가능하고, 16×16 인트라 예측 방법은 4×4 예측 방법에 비해 상대적으로 큰 예측 블록을 사용하여 예측 방향정보를 적게 전송함으로써 평편한 영역에서 보다 높은 효율로 부호화할 수 있는 특징이 있다. 제안하는 방법은 매크로블록(Macroblock)을 부호화하기 위해 4×4 블록 단위로 예측하여 예측블록의 정밀도를 높이고, 동시에 모두 같은 방향으로 예측하여 예측 방향 정보를 줄임으로써 부호화 효율을 높이는 효과가 있다. 실험 결과, 제안하는 단방향의 4×4 인트라 예측 방법은 기존 H.264/AVC의 16×16 예측 방법과의 틀 단위 성능 비교에서 약 10.47% 정도의 비트 감소를 보인다. 또한, 16×16 및 4×4 예측 방법을 모두 적용한 것과 두 가지 방법에 제안한 방법을 추가로 적용했을 때의 성능 비교에서는 평균적으로 약 1.57% 정도의 비트 감소가 있음을 확인할 수 있다.

Abstract

In this paper, we propose a new 4×4 intra coding method by unidirectional prediction for improvement of intra-frame coding efficiency of H.264/AVC. There are 4×4, 8×8, and 16×16 intra prediction modes in the current H.264/AVC. For the 4×4 intra prediction, coding efficiency is achieved by accurate prediction with small block size in relatively complicated regions, and the 16×16 intra prediction method can predict more accurately compared to 4×4 intra prediction with only one directional information in relatively homogeneous regions. We propose a unidirectional 4×4 intra prediction method adopting a small-size prediction and one directional prediction approaches. In order to improve coding efficiency, the proposed method is conducted by 4×4 block and their prediction directions are all the same, resulting that we need to send only one directional information for each macroblock. For intra-frame coding setting, we achieve 10.47% and 1.57% coding efficiency in BD-bitrate for only 16×16 intra mode and 4×4, 16×16 intra mode, respectively.

Keyword: H.264/AVC, intra prediction, uni-directional prediction

a) 광운대학교 VIA-멀티미디어 센터

Dept. of Computer Engineering, Kwangwoon University

b) 경희대학교 전자정보대학

College of Electronics and Information, Kyung Hee University

c) 한국전자통신연구원

ETRI

* 교신저자 : 심동규(dgsim@kw.ac.kr)

※ 본 연구는 지식경제부, 방송통신위원회 및 한국산업기술평가관리원의 산업원천기술개발사업(정보통신)의 일환으로 수행하였음. [KI001932, 차세대 DTV 핵심기술 개발]

· 접수일(2010년3월4일), 수정일(1차:2010년5월17일, 2차:9월20일), 게재확정일(2010년10월19일)

I. 서론

비디오 압축 표준화 작업은 지난 몇 십 년 동안 국제 표준화 단체에 의해 활발히 진행되어 왔으며, 현재 가장 널리 사용되는 최신 압축 표준으로 H.264/AVC가 있다. H.264/AVC는 ITU-T Video Coding Expert Group (VCEG)과 ISO/IEC Moving Picture Experts Group (MPEG) 으로 구성된 Joint Video Group (JVT)에 의해 공동으로 개발된 결과로 기존의 비디오 압축 표준보다 화질의 손상 없이 평균적으로 약 50% 더 높은 압축 성능을 보이고 있다^{[1][2][3][4]}. 기존 코덱들과 비교하여, H.264/AVC가 가지는 주요한 특징으로는 효율적으로 적용된 프레임 내의 예측 기술, 개선된 움직임 보상 기법, 시간적인 화질열화를 최소화하는 방법, 그리고 부호화하는 정보의 특징에 따라 적용되는 가변 부호화 기술 등이 있다^{[5][6][7][8]}.

H.264/AVC의 여러 부호화 기술 중에서 부호화 프레임 내의 신호만을 사용하여 예측하는 인트라 예측 부호화 방법은 한 영상 내의 이웃한 블록 간에 상관도가 높다는 점을 이용하여 현재 블록의 이웃한 블록을 예측 블록으로 이용함으로써, 중복 데이터를 제거하여 정밀한 예측을 수행한다. 또한, 인트라 예측 부호화 방법은 한 프레임만을 이용하여 프레임 내에서 예측 및 부호화하기 때문에 여러 전파를 방지하는 효과가 있다^[9].

H.264/AVC의 인트라 예측 부호화 방법에는 예측 블록의 화소 단위에 따라서 16×16, 8×8, 그리고 4×4 화소 단위 예측 방법이 있다^[10]. 4×4 화소 단위 인트라 예측 부호화 방법의 경우, 예측 블록의 크기가 작기 때문에 16×16 또는 8×8 예측 방법보다 상대적으로 복잡한 영역에서 예측 블록의 정밀도가 더 높지만 예측 모드에 대한 부호화 정보가 많다는 특징이 있다. 반면, 16×16 화소 단위 인트라 예측 부호화 방법의 경우, 예측 블록의 크기가 다른 방법에 비해 상대적으로 크기 때문에 예측 블록의 정밀도는 더 낮지만, 예측 모드에 대한 부호화 정보가 상대적으로 더 작기 때문에 평평한 영역에서 보다 높은 효율로 부호화할 수 있다.

본 논문에서는 H.264/AVC의 인트라 예측 부호화 방법에서 하나의 방향정보를 사용하면서 이미 부호화 후 복원된 주변신호를 이용하여 4×4 화소 단위로 예측하는 단방

향의 4×4 화소 단위 인트라 예측 부호화 모드를 제안한다. 기존 H.264/AVC의 인트라 부호화 방법 중 16×16 화소 단위 인트라 예측 부호화 방법에서는 현재 매크로블록의 이웃한 주변 매크로블록들을 이용하여 예측하고, 예측 후 생성되는 차분신호에 대해서 4×4 블록 단위로 16번의 4×4 화소 단위 정수 변환을 수행한다. 즉, 16×16 화소 단위 인트라 예측 부호화 방법에서는 4×4 화소 단위 인트라 예측 방법에서와 같이 4×4 블록 단위로 현재 매크로블록 내의 이전에 이미 부호화된 신호를 현재 4×4 블록의 예측 블록으로 이용할 수가 있다. 따라서 제안하는 단방향의 4×4 화소 단위 인트라 예측 부호화 방법에서는 16×16 화소 단위 인트라 예측 모드일 경우에 4×4 단위로 모두 동일한 방향에 대해 영상을 예측하고 부호화를 수행하는 것이다. 기존 논문에서는 단방향의 예측을 8×8 화소 단위 인트라 예측 부호화 방법에 적용한 것이라면, 본 논문에서는 단방향의 예측 방법을 16×16 화소 단위 인트라 예측 방법에 적용함으로써 16×16 화소 단위 인트라 예측 모드에서 단방향 예측 방법의 자체 성능 평가를 목적으로 한 것이다^[11]. 성능 검증을 위한 부호화 실험에서 제안하는 단방향의 인트라 예측 방법은 기존 H.264/AVC의 인트라 예측 부호화 방법보다 더 높은 부호화 성능을 나타낸다. 특히, HD급 이상의 영상에 대한 실험 결과에서 제안하는 방법의 부호화 성능이 더 높게 나타남을 확인할 수 있다.

논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 H.264/AVC의 인트라 예측 부호화 방법에 대해서 기술하고 알고리즘을 분석한다. III장에서는 II장에서 분석한 내용을 바탕으로 본 논문에서 제안하는 단방향 예측에 의한 4×4 인트라 예측 알고리즘을 자세히 설명한다. IV장에서는 실험을 통해 제안하는 방법과 기존 방법과의 부호화 효율을 비교하며, 마지막으로 V장에서는 결론 및 향후 연구 방향을 기술한다.

II. H.264/AVC의 인트라 예측 부호화 방법

H.264/AVC에서는 인트라 프레임을 부호화할 때 이웃한 블록 간의 화소상관도가 높은 특징을 이용하여, 블록 간의 중복 데이터를 제거함으로써 압축률을 향상시키는 인트라

예측 부호화 기술을 적용하고 있다. 인트라 예측 부호화 방법은 MPEG-4에서 이미 제안된 기술이지만, 예측을 수행하는데 있어서 많은 차이가 있다. 먼저, MPEG-4에서는 주파수 영역에서 이웃한 주변 블록의 DC성분과 일부 저주파영역의 AC성분을 예측 데이터로 이용하는 반면, H.264/AVC에서는 화소 영역에서 이웃한 주변 블록의 모든 화소 값을 예측 데이터로 사용하기 때문에 예측 가능한 성분의 수가 더 많다. 또한, 예측을 위해 참조 가능한 블록의 수가 MPEG-4에서는 좌측, 상단, 좌측 상단으로 세 가지였지만, H.264/AVC에서는 좌측, 상단, 우측 상단, 좌측 상단 블록을 예측 블록으로 이용함으로써 예측 블록의 정밀도가 향상되었다. 그리고 H.264/AVC에서는 블록마다 최적의 예측 방향을 선택하여 부호화하기 때문에 자동적으로 예측 방향을 결정하는 MPEG-4보다 더 높은 효율로 부호화할 수 있다. 마지막으로 MPEG-4에서는 예측 블록으로 8×8 화소 단위만을 이용하지만, H.264/AVC에서는 16×16, 8×8, 그리고 4×4의 세 가지 화소 단위 예측 블록을 이용하여, 복잡한 영역은 4×4 화소 단위와 같은 작은 크기의 블록 단위로 예측하고 평평한 영역은 16×16 화소 단위와 같은 큰 매크로블록 단위로 예측하기 때문에 8×8 화소 단위만으로 예측하는 MPEG-4 보다 높은 효율로 부호화할 수 있다^[12].

1. 4×4 화소 단위 인트라 예측 부호화 방법

H.264/AVC의 인트라 예측 방법 중 4×4 화소 단위 인트라 예측 부호화 방법은 예측 블록의 크기가 작기 때문에 복잡한 영상에서 큰 화소 단위 예측 방법보다 상대적으로 정밀한 예측이 가능한 특징이 있다. 4×4 화소 단위 인트라 예측 부호화 방법에서는 하나의 매크로블록을 16개의 4×4

그림 1. 4×4 화소 단위 인트라 예측 모드의 예측 방향 및 참조블록
Fig 1. Intra 4×4 prediction mode directions and reference blocks.

블록으로 나누어 부호화를 수행한다. 각각의 4×4 블록은 그림 1에 나타난 것과 같이 0부터 8까지의 9가지 예측 방향 중 최적의 방향을 선택한 다음 A, B, ..., M까지의 주변참조 블록을 이용하여 예측 블록을 생성하고 예측한 후 부호화를 수행한다. 각각의 4×4 블록은 모드 정보 이외에 예측 방향에 대한 정보가 부호화되어야 한다. 즉, 4×4 화소 단위 인트라 예측 부호화 방법에서는 매크로블록마다 16개의 예측 방향 정보가 전송된다.

2. 16×16 화소 단위 인트라 예측 부호화 방법

16×16 화소 단위 인트라 예측 부호화 방법은 4×4 화소 단위 인트라 예측 부호화 방법보다 상대적으로 예측 블록의 크기가 크며, 평평한 영역에서 예측 방향 정보를 더 작게 이용함으로써 높은 효율로 부호화할 수 있다.

16×16 화소 단위 인트라 예측 부호화 방법에서는 그림 2에 나타난 것과 같이 16×16 화소 단위로 예측을 수행하기 때문에 4×4 화소 단위 예측 방법과 다르게 매크로블록마다 1개의 예측 방향 정보가 전송되며, 0부터 3까지의 4가지 예측 방향 중 최적의 방향을 선택한 후 A1, ..., A16, B1, ..., B16, C의 주변참조블록을 이용하여 예측 및 부호화를 수행한다. 현재 H.264/AVC에서는 4×4 화소 단위 정수 변환을

그림 2. 16×16 화소 단위 인트라 예측 모드
Fig 2. Intra 16×16 prediction mode.

사용하기 때문에 16×16 화소 단위로 예측을 하더라도 4×4 화소 단위로 부호화가 수행된다. 즉, 16×16 화소 단위 인트라 예측 부호화 방법에서도 4×4 화소 단위 인트라 예측 부호화 방법과 같이 이미 부호화 후 복원된 이웃한 4×4 화소 단위 신호들을 현재 4×4 화소 단위 블록의 예측 블록으로 이용할 수 있지만, 그림 2와 같이 각각의 4×4 블록들은 모두 동일하게 이전 매크로블록을 예측 블록으로 사용한다. 예측 블록의 위치가 현재 부호화되는 블록과 가까울수록 현재 블록과의 상관도가 더 높기 때문에 16×16 화소 단위 인트라 예측 부호화에서도 같은 매크로블록 안의 이미 부호화된 주변신호를 예측 블록으로 사용한다면 부호화 효율을 향상시킬 수 있을 것이다.

이러한 점에 착안하여 본 논문에서는 16×16 화소 단위 인트라 예측 부호화 방법에서 부호화 성능을 높이기 위해 기존의 4×4 화소 단위 인트라 예측 부호화 방법과 같이 이미 부호화 후 복원된 이전의 4×4 신호를 현재블록의 참조블록으로 사용하도록 하는 단방향의 4×4 인트라 예측 모드를 제안한다.

III. 제안하는 단방향의 4×4 인트라 예측 모드

본 논문에서는 H.264/AVC의 인트라 예측 부호화 방법에서 부호화 효율을 높일 수 있는 단방향의 4×4 인트라 예측 모드를 제안한다. 제안하는 알고리즘은 기존 H.264/AVC의 인트라 예측 부호화 중 16×16 화소 단위 인트라 예측 부호화 방법과 비교하여, 보다 정밀한 예측 블록을 사용함으로써 부호화 효율을 높일 수 있는 인트라 예측 부호화 방법이다.

기존의 16×16 화소 단위 인트라 예측 부호화 방법에서는 4×4 화소 단위 정수 변환을 사용하기 때문에 현재 매크로블록을 부호화하는데 있어서 이미 부호화된 이전의 4×4 신호들을 예측 블록으로 사용할 수 있음에도 불구하고 각각의 4×4 화소 단위마다 이전에 부호화된 매크로블록만을 참조하여 부호화를 수행한다. 제안하는 단방향의 4×4 인트라 예측 모드에서는 매크로블록을 raster scan 방식에 따라 4×4 화소 단위로 부호화하며, 기존 16×16 인트라 예측 모드와 다르게 이전에 부호화된 주변 매크로블록만을 참조블록으로 사용하

는 것이 아니라 현재 매크로블록 내에 이미 부호화된 4×4 신호들을 예측 블록으로 사용한다. 단, 각각의 4×4 화소 단위 블록들의 예측 방향에 대한 부호화 정보를 추가적으로 사용하지 않기 위해 모두 동일한 방향정보를 사용한다. 즉, 매크로블록 내 16개의 4×4 화소 단위 블록들에 대해서 수직, 수평, 평균, 중 하나의 방향으로 모두 동일한 예측 방향을 적용하고, 이웃한 4×4 화소 단위 블록을 예측 블록으로 이용하여 부호화한다. 평면 모드에 대해서는 모드 선택 비율이 낮은 점을 고려하여 제안한 알고리즘을 적용하지 않았다.

1. 모드에 따른 단방향 예측 방법

제안하는 단방향의 4×4 인트라 예측 방법에서는 수직, 수평, 그리고 평균 모드에 대해 인트라 예측 부호화를 수행한다.

수직 모드는 그림 3과 같이 매크로블록 중 상위 네 개의 4×4 화소 단위 블록에 대해서 기존 H.264/AVC의 16×16 화소 단위 인트라 예측 부호화에서와 같이 이미 부호화된 상위 매크로블록을 예측 블록으로 사용한다. 하지만, 두 번째 행에 위치한 네 개의 4×4 화소 단위 블록들은 이미 부호화된 상단의 4×4 화소 단위 블록들을 각각의 예측 블록으

그림 3. 수직 모드에 대한 단방향의 4×4 인트라 예측 부호화 방법
Fig 3. Unidirectional 4×4 intra prediction for a vertical mode.

로 사용하여 부호화한다. 세 번째와 네 번째 행에 위치한 4×4 화소 단위 블록들도 두 번째 행과 동일한 방법으로 이미 부호화된 상단의 블록들을 각각의 예측 블록으로 사용하여 부호화한다.

그림 4는 제안한 방법의 수평 모드에 대한 예측 방법을

그림 4. 수평 모드에 대한 단방향의 4×4 인트라 예측 부호화 방법
Fig 4. Unidirectional 4×4 intra prediction for a horizontal mode.

나타낸 것이다. 수평 모드는 수직 모드와 비교하여 예측 방향만 다를 뿐 동일한 과정으로 부호화한다. 매크로블록 중 좌측 네 개의 4×4 화소 단위 블록들은 기존 H.264/AVC의 16×16 화소 단위 인트라 예측 부호화에서와 같이 이미 부호화된 좌측 매크로블록을 예측 블록으로 사용한다. 그리고 두 번째 열에 위치한 네 개의 4×4 화소 단위 블록들은 부호화할 때, 이미 부호화된 좌측 네 개의 4×4 화소 단위 블록들을 각각의 예측 블록으로 사용한다. 세 번째와 네 번째 열에 위치한 4×4 화소 단위 블록들도 모두 두 번째 열과 같은 방법으로 이미 부호화된 좌측 네 개의 블록들을 각각의 예측 블록으로 사용하여 부호화한다.

마지막으로 평균 모드에 대한 처리이다. 평균 모드에서는 그림 5와 같이 매크로블록을 부호화 순서에 따라 4×4 화소 단위로 처리하며, 수직과 수평 모드에서와 같이 각각의 4×4 화소 단위 블록마다 이미 부호화 후 복원된 이전의 이웃한 4×4 화소 단위 블록을 예측 블록으로 사용한다.

2. CBP에 따른 모드 선택 방법

제안하는 단방향의 4×4 인트라 예측 부호화 방법은 기존

그림 5. 평균 모드에 대한 단방향의 4×4 인트라 예측 부호화 방법
Fig 5. Unidirectional 4×4 intra prediction for a DC mode.

H.264/AVC의 16×16 화소 단위 인트라 예측 부호화 방법의 Code Block Pattern (CBP) 결과에 따라 동작 여부가 다르게 결정된다. 기존 방법을 수행한 결과에서 만약 CBP 값이 존재하면, 기존 방법과 상관없이 제안한 방법을 수행하고, 그렇지 않은 경우에는 제안한 방법을 수행하지 않고 기존 방법만을 수행한다. CBP는 H.264/AVC의 선택 요소 중 하나로서 밝기 값 블록과 색차 값 블록에 대해서 8×8 단위로 각각 1bit씩 사용하며, 각 매크로블록마다 전체 6 bit를 할당한다. 현재 8×8 블록에 대한 CBP 값이 0일 경우에는 정수 변환 및 양자화 후에 발생한 변환 계수가 없음을 의미하고, 반대로 1인 경우에는 변환 계수가 있음을 의미한다.

그림 6. H.264/AVC의 16×16 화소 단위 인트라 부호화에서 DC 변환 계수에 대한 4×4 하다마드 변환

Fig 6. 4×4 hadamard transform for DC coefficients of H.264/AVC Intra 16×16 prediction.

기존 H.264/AVC의 16×16 화소 단위 인트라 예측 부호화 방법에서는 그림 6에 나타난 것과 같이 16개의 4×4 화소 단위 블록에 대한 정수 변환 결과에서 DC 변환 계수들을 모두 모아 4×4 하다마드 변환을 수행한다. 16×16 인트라 예측의 경우, 일반적으로 영상 블록이 평평한 특성이 있기 때문에 정수 변환 후에는 DC 부분에 큰 값이 분포하게 되며, 이러한 DC 값들을 모아서 한 번 더 하다마드 변환을 수행함으로써 부호화 정보를 줄이는 효과가 있다. 또한, 기존 H.264/AVC의 16×16 화소 단위 인트라 예측 부호화 방법에서는 DC 그리고 AC 변환 계수를 별도로 부호화하고 있으며, DC 변환 계수의 경우에는 그 값을 무조건 전송하게 되고, AC 변환 계수의 경우에는 CBP 값에 따라서 전송 여부가 결정된다. 즉, 기존 방법의 경우에는 전체 계수 중에

서 DC 변환 계수를 제외한 AC 변환 계수만을 보고 CBP 값을 결정한다. 하지만, 제안하는 단방향의 인트라 예측 부호화 방법에서는 4×4 블록 단위로 이전에 이미 부호화 후 복원된 값을 예측 블록으로 사용하기 때문에 하다마드 변환을 수행할 수 없게 되어 DC 변환 계수와 AC 변환 계수를 모두 보고 CBP 값을 판단한다. 따라서, 기존 방법의 경우에는 DC 변환 계수가 있음에도 불구하고 AC 변환 계수가 모두 없다면 CBP 값이 0으로 결정되지만, 제안하는 단방향의 예측 방법에서는 DC 변환 계수와 AC 변환 계수를 모두 보고 CBP 값을 결정하기 때문에 제안하는 방법이 기존의 방법보다 CBP 값이 0이 아닌 경우가 더 많이 발생하여 성능 저하의 원인이 된다. 결국, CBP에 따라 기존의 방법과 제안하는 방법을 선택적으로 수행하는 단방향의 예측 방법을 제안한다.

제안하는 단방향의 4×4 인트라 예측 부호화 방법은 그림 7과 같은 순서에 따라 수행되며, 자세한 과정은 다음과 같다. 먼저, 기존 H.264/AVC의 16×16 화소 단위 인트라 예측 부호화 방법에 의해 예측 부호화가 수행된다. 기존 방법에서는 네 가지 모드 중 최적의 모드를 결정하기 위해 Sum of absolute transform difference (SATD) 방법을 사용한다. SATD는 각 모드로 원영상과 예측 영상 간의 차분 신호에 대해 직교변환을 수행한 후 그 결과의 절대 합을 구하고, 그 에너지 합이 가장 작은 것을 최적의 모드로 결정하는 방법이다. SATD를 통해 최적의 모드가 결정되면, 선택된 최적의 모드에 대해서 기존 16×16 화소 단위 인트라 예측 부호화를 수행한다. 그 다음 기존 방법의 부호화 결과에서 CBP 값이 0인지 아닌지를 판단하고 그 값에 따라 기존의 방법과 제안한 방법 중 하나를 선택한다. CBP 값이 0인 경우에는 제안하는 단방향의 예측 방법을 수행하지 않고, 기존 방법에 의한 부호화 값을 최종 결과로 이용한다. 반대로 CBP 값이 0이 아닌 경우에는 기존 방법에 의해 수행된 결과에 상관없이 제안하는 단방향의 예측 부호화 방법을 수행한다. 제안하는 단방향의 예측 방법에서는 수직, 수평, 평균 모드에 대해서 SATD가 아닌 비트율-왜곡 최적화 기법 (Rate-distortion optimization)을 적용하여, 최적의 비용을 갖는 모드를 선택하고 그에 대해 수행한 부호화 값을 최종 결과로 사용한다.

그림 7. 단방향의 4×4 화소 단위 인트라 예측 방법의 동작 순서도
Fig 7. Flow chart of the Unidirectional 4×4 intra prediction method.

위와 같이 본 논문에서 제안하는 단방향의 예측 알고리즘은 기존 방법인 단방향의 8×8 인트라 예측 모드와 비교하여 다음과 같은 차이점이 있다. 먼저, 제안하는 방법과 기존 방법은 서로 다른 최적의 모드 결정 방법을 적용한다. 본 논문에서 제안하는 단방향의 4×4 인트라 예측 방법은 기존 16×16 예측 방법의 결과를 바탕으로 수행 여부가 자동적으로 결정되기 때문에 기존 H.264/AVC의 8×8 모드와 단방향 8×8 모드를 모두 수행하고 최적 모드를 선택하는 기존 논문의 예측 방법에 비해 인코더의 추가적인 복잡도가 더 낮다. 다음으로 제안하는 방법과 기존 방법 간에는 모드정보 전송 방식에 차이가 있다. 기존 방법은 H.264/AVC의 8×8 예측 방법과 단방향 8×8 예측 방법 중 최적의 모드에 대한 추가적인 모드 정보를 전송해야하지만, 제안하는 단방향 예측 방법에선 추가적인 정보를 사용하지 않고도 H.264/AVC의 16×16 모드 선택스 정보만을 이용하여 단방향 예측 모드인지를 판단하기 때문에 추가비트를 최소화할 수 있다.

제안하는 단방향의 4×4 인트라 예측 부호화 방법은 다양

한 종류의 영상에 대한 실험 결과에서 기존 인트라 예측 부호화 방법과 비교하여 보다 높은 부호화 성능을 나타낸다. 특히, 고해상도의 고화질 영상에서 보다 높은 효율을 보인다.

IV. 실험 환경 및 결과

1. 실험 환경

본 논문에서 제안하는 단방향의 4×4 인트라 예측 부호화 방법의 성능 평가를 위해 표준화 단체에서 제공하는 KTA 참조 소프트웨어에 제안하는 방법을 구현하였다^[13]. KTA는 ITU-T SG16/Q6 VCEG에서 H.264 이후의 H.264+ 또는 H.265 표준화 진행을 위한 사전 작업으로 관련 핵심 기술들을 발굴하기 위해 운영하는 일련의 활동을 의미하며, 압축 효율 개선, 복잡도 개선, 피드백 기반 에러 강인성, 3개의 분야로 나누어 진행되고 있다^[14]. 실험은 표준화 단체에

서 권고하는 실험 조건에 맞추어 진행하였다^[15]. 또한, 실험 결과에 대한 성능 검증을 위해 현재 표준화 단체에서 채택하고 있으며, 비디오 압축 분야에서 널리 이용되고 있는 부호화 성능 측정도구인 BDPSNR과 BDBitrate를 이용하여 부호화 효율을 측정하였다. BDPSNR과 BDBitrate는 R-D 곡선 상에서의 성능을 정량적인 수치로 표현해주는 방법이다^[16]. 성능 분석에 있어서 BDBitrate가 (-) 값을 가지는 경우 비트율 감소를 의미하며, BDPSNR이 (+) 값을 가지는 경우 PSNR의 증가를 나타낸다.

표 1. 실험 조건

Table 1. Test conditions

프로파일	베이스라인 프로파일
GOP 부호화 구조	All intra coding
프레임 수	50 - 300 frames
엔트로피 부호화 방법	CAVLC
양자화 파라미터 (QP)	22, 27, 32, 37, 42
Rate Distortion Optimization (RDO)	사용
8×8 transform	사용 안함

표 2. 실험 영상

Table 2. Test sequences.

Sequence	Size	Num Frames
Paris	CIF 352×288	150
Foreman		300
Mobile		300
Tempete		260
City	720p60 1280×720	150
Crew		150
Night		150
ShuttleStart		150
Sunflower	1080p60 1920×1080	50
Riverbed		50
RushHour		50
Station2		50

제안된 방법의 성능 검증을 위한 실험의 실험 조건은 표 1과 같다. 그리고 실험에서 사용된 영상은 표 2와 같으며, 표준화 단체에서 권고하는 CIF 크기 (352×288)의 Paris, Foreman, Mobile, Tempete와 HD 크기 (1280×720)의 Big-Ships, City corr, Crew, Night, ShuttleStart 영상 그리고 Full HD 크기 (1920×1080)의 Sunflower, Riverbed, Rush-Hour, Station2 영상 등이 포함된다. 성능 평가에서는 참고

논문에서 제안하는 단방향의 8×8 예측 부호화 방법과 별도로 본 논문에서 제안하는 단방향의 4×4 인트라 예측 부호화 방법의 자체 성능 검증을 위해서 두 가지 - 기존 16×16 예측 방법과의 톨 단위 비교와 기존 16×16에 4×4 예측 방법을 같이 적용한 것과의 비교 - 경우로 나누어 실험을 진행하였다. 또한, HD 급 영상에 대해서 Frext의 8×8 화면 내 예측 방법과 정수변환을 포함하여 추가실험을 수행하였다.

2. 실험 결과

표 3은 베이스라인 프로파일, I only GOP 부호화 구조에서 QP를 22, 27, 32, 37로 하고 16×16 화소 단위 인트라 예측 부호화 방법만 켜 있을 때, 기존 방법과 제안하는 방법과의 BDPSNR 및 BDBitrate 성능을 비교하여 나타낸 것이다. 기존의 방법과 제안한 방법에서 모두 16×16 화소 단위 인트라 예측 부호화 방법만 실행하여 실험한 결과 CIF 영상에 대해서는 제안한 방법이 기존의 방법보다 평균적으로

표 3. 16×16 화소 단위 인트라 예측 부호화 방법에서 BD 성능 비교

Table 3. Comparison of BD-performance in Intra 16×16 prediction mode.

Sequence	Size	Num Frames	BD_PSNR (dB)	BD_Bitrate (%)
Paris	CIF 352×288	150	0.98	-9.86
Foreman		300	0.74	-10.74
Mobile		300	0.57	-5.02
Tempete		260	0.76	-8.09
CIF Average			0.76	-8.43
BigShips	720p60 1280×720	150	0.68	-12.13
City		150	0.81	-10.99
Crew		150	0.44	-10.59
Night		150	0.87	-11.70
ShuttleStart		150	0.46	-11.34
HD Average			0.65	-11.35
Sunflower	1080p60 1920×1080	50	0.39	-8.99
Riverbed		50	0.83	-15.27
RushHour		50	0.35	-11.58
Station2		50	0.57	-13.25
Full-HD Average			0.54	-12.27
HD + Full-HD Average			0.59	-11.81
Total Average			0.67	-10.47

약 8.43% 정도의 BD_Bitrate 감소가 있음을 확인 할 수 있다. 그리고 HD급 영상과 Full-HD급 영상에 대해서는 각각 11.35% 와 12.27% 정도의 BD_Bitrate 감소가 있다. 실험영상 전체에 대해서는 평균적으로 약 10.47% 의 BD_Bitrate 감소가 있음을 확인 할 수 있으며, 전체적으로 해상도가 높은 영상에서 더 높은 부호화 효율이 있음을 확인 할 수 있다.

표 4는 베이스라인 프로파일, I only GOP 부호화 구조에서 QP를 22, 27, 32, 37로 하고 4×4 화소 단위와 16×16 화소 단위 인트라 예측 부호화 방법을 켜둘 때, 기존 방법과 제안하는 방법과의 BDPSNR 및 BDBitrate 성능을 비교하여 나타낸 것이다. 기존 방법의 경우에는 4×4 와 16×16 화소 단위 인트라 예측 부호화 방법이 수행되고 제안한 방법의 경우에는 기존 4×4, 16×16 화소 단위 인트라 예측 부호화 방법과 제안하는 단방향의 4×4 인트라 예측 부호화 방법이 수행된다. 표 4의 실험 결과를 보면 CIF 영상에 대해서는 제안한 방법이 기존의 방법보다 평균적으로 약 0.43% 정도의 BD_Bitrate 감소가 있음을 확인 할 수 있으며, HD 급 영상과 Full-HD급 영상에 대해서는 각각 1.84%, 2.29%

표 4. 4×4, 16×16 화소 단위 인트라 예측 부호화 방법에서 BD 성능 비교
Table 4. Comparison of BD-performance in 4×4 and 16×16 intra prediction mode.

Sequence	Size	Num Frames	BD_PSNR (dB)	BD_Bitrate (%)
Paris	CIF 352×288	150	0.05	-0.54
Foreman		300	0.05	-0.76
Mobile		300	0.01	-0.08
Tempete		260	0.03	-0.35
CIF Average			0.04	-0.43
BigShips	720p60 1280×720	150	0.10	-1.86
City		150	0.08	-1.16
Crew		150	0.09	-2.11
Night		150	0.08	-1.18
ShuttleStart		150	0.11	-2.89
HD Average			0.09	-1.84
Sunflower	1080p60 1920×1080	50	0.08	-1.77
Riverbed		50	0.13	-2.40
RushHour		50	0.08	-2.55
Station2		50	0.11	-2.44
Full-HD Average			0.11	-2.29
HD + Full-HD Average			0.1	-2.06
Total Average			0.07	-1.57

정도의 BD_Bitrate 감소가 있음을 확인할 수 있다. 그리고 실험영상 전체에 대해서는 제안한 방법이 기존 방법보다 평균적으로 약 1.57% 의 BD_Bitrate 감소가 있음을 확인 할 수 있다.

본 논문에서 제안하는 단방향의 4×4 인트라 예측 부호화 방법은 상대적으로 HD 이상의 고화질 영상에서 좀 더 높은 부호화 효율을 보인다. 영상의 크기가 커질수록 영상 내에 평평한 영역이 증가하게 되어 작은 예측 블록을 사용하는 방법보다 큰 예측 블록을 사용하는 예측 부호화 방법이 상대적으로 더 높은 효율을 나타낸다. 따라서 고해상도의 고화질 영상에서는 기존 4×4 화소 단위 인트라 예측 부호화 방법 보다 기존 16×16 화소 단위 인트라 예측 부호화 방법의 선택 비율이 더 높게 나타나고, 상대적으로 기존 16×16 화소 단위 인트라 예측 부호화 방법보다 부호화 효율이 높은 제안하는 단방향의 인트라 예측 방법의 선택 비율이 증가하게 되어 저 화질 영상에서보다 고화질 영상에서 향상된 부호화 효율을 보이게 된다.

그림 8은 HD급 영상 중 ‘City corr’와 ‘Crew’ 영상에 대한 성능 결과와 인트라 모드의 선택 비율을 각각 나타낸 것이고, 그림 9는 ‘City corr’와 ‘Crew’ 영상의 공간적인 복잡도를 확인하기 위해 웨이블릿 변환을 수행한 결과이다.

먼저, 그림 8을 보면 (a)와 (b)는 각각 HD급 영상 중 ‘City corr’와 ‘Crew’ 영상에 대해서 성능 결과와 각 모드 별 선택 비율을 나타낸 것이다. 그림에서 각 영상의 좌측 상단에 표시된 % 값은 기존 방법 대비 제안하는 방법의 비트 감소율을 나타내며, 각 영상의 하단에 나타난 그래프는 인트라 부호화 모드의 선택 비율을 양자화 파라미터 값에 따라 나타낸다. 그래프 하단의 ‘22, 27, 32, 37’ 값은 양자화 파라미터 값이며, ‘UNI’는 제안하는 방법에 의한 선택 비율이고 ‘I16×16’은 기존 16×16 화소 단위 인트라 예측 부호화 방법에 의한 선택 비율이다. 그리고 ‘I4×4’는 기존 4×4 화소 단위 인트라 예측 부호화 방법에 의한 선택 비율이다. 그림에 나타난 두 영상의 성능 결과를 보면, ‘City corr’영상보다 ‘Crew’영상에서 제안하는 단방향의 4×4 인트라 부호화 예측 방법의 부호화 효율이 약 1% 정도 더 높게 나타난다. 이와 같은 결과는 ‘Crew’ 영상이 ‘City corr’ 영상보다 공간적인 복잡도가 낮아 ‘Crew’ 영상 내에 평평한 영역이 더

그림 8. City corr와 Crew-HD 영상에 대한 모드 선택 비율

Fig. 8. The ratio of mode selection for Crew and ShuttleStart-HD sequence.

(a) City corr

(b) Crew

그림 9. City corr와 Crew-HD 영상에 대한 Wavelet 변환

Fig. 9. Wavelet transform for Crew and ShuttleStart-HD sequence.

많이 분포하여, 기존 16×16 인트라 부호화 예측 방법보다 부호화 성능이 좋은 제안하는 단방향의 인트라 예측 모드 선택 비율이 상대적으로 더 증가하기 때문이다. 두 영상 간의 공간적인 복잡도는 그림 9에 나타나 있으며, 'City corr' 영상이 'Crew' 영상보다 상대적으로 높은 주파수 신호를 더 많이 포함하고 있기 때문에 공간적으로 더 복잡함을 확인 할 수 있다. 그리고 두 영상의 양자화 파라미터 값에 따른 모드 선택 비율 그래프를 비교해 보면, 'City corr' 영상에서보다 'Crew' 영상에서 제안하는 단방향의 인트라 예측 모드가 더 많이 분포함을 확인 할 수 있다. 또한, 양자화 파라미터 값이 커질수록 상대적으로 더 많은 방향 정보를 이용하여 정밀하게 예측하는 기존 4×4 화소 단위 인트라

예측 부호화 방법의 선택 비율이 작아지고, 더 작은 방향 정보를 이용하여 부호화하는 기존 16×16 화소 단위 인트라 예측 부호화 방법과 제안하는 단방향의 인트라 예측 방법의 선택 비율이 증가하는 것을 확인 할 수 있다.

그림 10은 기존 방법과 본 논문에서 제안하는 단방향 예측 부호화 방법에 따라 최적의 모드로 선택되어진 모드 선택 비율을 전체 실험영상에 대해 평균적으로 나타낸 것이다. 그림에서 기존 16×16 화소 단위 인트라 예측 부호화 방법은 'I16x16 mode'로 표시하고, 기존 4×4 화소 단위 인트라 예측 부호화 방법은 'I4x4 mode'로 표시하였으며 제안하는 단방향의 4×4 화소 단위 인트라 예측 부호화 방법은 'UNI mode'로 나타내었다. 그림에서 (a)는 기존 H.264/

(a) 기존 방법

(b) 제안하는 방법

그림 10. 기존의 방법과 제안한 방법의 모드 선택 비율

Fig. 10. Mode selection ratio of original and proposed method.

AVC의 4×4 화소 단위와 16×16 화소 단위의 인트라 예측 부호화 방법만을 수행했을 때, 각 모드에 따른 선택 비율을 나타낸 것이고 (b)는 기존 H.264/AVC의 4×4 화소 단위 예측 방법과 16×16 화소 단위 예측 방법 그리고 제안하는 단방향의 4×4 화소 단위 인트라 예측 부호화 방법을 같이 수행했을 때 모드에 따른 선택 비율을 나타낸 것이다.

그림 (a)에서는 실험 영상 전체에 대해서 전체 모드 중 기존 4×4 화소 단위 인트라 예측 부호화 방법이 평균적으로 약 68% 정도 선택되었고 기존 16×16 화소 단위 인트라 예측 부호화 방법이 약 32% 정도 선택되었다. 그림 (b)의 경우에는 전체 모드 중 기존 4×4 화소 단위 인트라 예측 부호화 방법이 약 54% 정도 선택되었고, 기존 16×16 화소 단위 인트라 예측 부호화 방법이 약 22% 정도 그리고 단방향의 4×4 화소 단위 인트라 예측 부호화 방법이 약 24% 정도 각각 선택되었다. 즉, 제안하는 단방향의 예측 부호화 모드는 기존 4×4 화소 단위 인트라 예측 모드 중 약 14% 정도와 기존 16×16 화소 단위 인트라 예측 모드 중 약 10% 정도를 R-D 경쟁에서 이기고 선택됨을 확인 할 수 있다.

추가적으로 HD 급 영상에 대하여 Frext의 8×8 화소 단위 인트라 예측 모드를 같이 적용하였을 때 제안한 방법의 부호화 성능 확인을 위한 실험을 진행하였다. 본 실험은 기존의 4×4, 8×8, 16×16 화소 단위 인트라 예측 모드를 포함한 실험 결과와 4×4, 8×8, 단방향의 예측 모드를 포함한 제안한 방법의 실험 결과를 비교하였다. 실험 조건에서는 4×4 및 8×8 정수변환을 적용하였고, 모두 인트라 픽처로 구성된 부호화 구조를 사용하였다. 그리고 4개의 양자화 파라미

터 27, 32, 37, 42를 이용하여 CAVLC로 엔트로피 부호화 하였다. 표 5는 추가실험에 대한 제안한 방법의 부호화 효율을 나타낸 것이다.

표 5. 4×4, 8×8, 16×16 화소 단위 인트라 예측 부호화 방법에서 BD 성능 비교

Table 5. Comparison of BD-performance in 4×4, 8×8 and 16×16 intra prediction mode.

Sequence	Size	Num Frames	BD_PSNR (dB)	BD_Bitrate (%)
BigShips	720p60 1280×720	150	0.05	-1.23
City		150	0.04	-0.61
Crew		150	0.05	-1.16
Night		150	0.06	-0.92
ShuttleStart		150	0.04	-0.91
Total Average			0.05	-0.97

표 5의 실험 결과를 보면 HD 영상에 대해서는 제안한 방법이 기존의 방법보다 평균적으로 약 0.97% 정도의 BD_Bitrate 감소가 있음을 확인 할 수 있다. 그리고 실험 영상 중 “BigShips”에서 최대 1.23%의 BD_Bitrate 감소가 있음을 확인 할 수 있다. 결과적으로 8×8 화소 단위 인트라 예측 모드를 추가함으로써 제안한 방법의 부호화 성능이 상대적으로 감소하였지만, 최근 모바일 환경을 고려했을 때 고화질의 고해상도 동영상 서비스를 위해 Frext가 제외된 CAVLC 기반의 고속화된 압축방식이 일반적으로 많이 사용되고 있기 때문에 이와 같은 환경에서 제안하는 단

(a) 기존 방법

(b) 제안하는 방법

그림 11. 기존의 방법과 제안한 방법의 모드 선택 비율

Fig. 11. Mode selection ratio of original and proposed method.

방향의 인트라 예측 방법이 적용된다면 더 높은 부호화 효율을 이룰 수 있다.

그림 11은 그림 10에서와 같이 기존 방법과 제안한 방법에서 최적의 모드로 선택되어진 모드 선택 비율을 평균적으로 계산하여 나타낸 것이다. 그림에서 (a)는 기존 방법에 따른 모드 선택 비율을 나타낸 것이고 (b)는 제안하는 방법으로 수행했을 때 모드에 따른 선택 비율을 나타낸 것이다. 기존 방법에서는 전체 모드 중 기존 4×4 인트라 예측 모드가 19%, 기존 8×8 인트라 예측 모드가 38%, 그리고 기존 16×16 인트라 예측 모드가 43%의 선택율을 보인다. 제안한 방법에서는 전체 모드 중 기존 4×4 인트라 예측 모드가 14%, 기존 8×8 인트라 예측 모드가 35%, 기존 16×16 인트라 예측 모드가 36% 그리고 단방향의 4×4 인트라 예측 모드가 14% 정도 선택되었다. 즉, 제안하는 단방향의 예측

부호화 모드는 기존 4×4 인트라 예측 모드 중 5%, 기존 8×8 인트라 예측 모드 중 3%, 그리고 기존 16×16 인트라 예측 모드 중 7% 정도를 R-D 경쟁에서 이기고 선택됨을 확인 할 수 있다.

제안하는 방법을 추가함으로써 증가되는 연산 복잡도 비중을 확인하기 위하여 부호화기와 복호화기에서 각각 기존 방법과 제안한 방법의 실행 시간을 측정하였다. 아래 표 6은 HD 및 Full-HD급 영상에 대하여 부호화기에서 제안한 방법과 기존방법의 실행 시간을 비교하여 나타낸 것이고, 표 7은 동일한 실험 영상에 대하여 기존 방법의 복호화기와 제안하는 방법의 복호화기의 연산 복잡도를 비교하여 나타낸 것이다.

표 6을 보면, 부호화기에서 단방향의 4×4 화소 단위 인트라 예측 부호화 방법의 연산 복잡도가 기존 16×16 화소 단

표 6. 부호화기에서의 제안한 방법과 기존 방법과의 연산 복잡도 비교

Table 6. Comparison of computational complexity between 16×16 intra prediction and unidirectional 4×4 intra prediction in encoder.

Sequence	Size	16×16 Intra Prediction (ms/frame)	Unidirectional 4×4 Intra Prediction (ms/frame)
BigShips	720p60 1280×720	8.45	9.6
City		9.04	10.32
Crew		7.52	8.26
Night		8.65	9.81
ShuttleStart		7.03	7.43
HD Average		8.14	9.1
Sunflower	1080p60 1920×1080	11.21	12.72
Riverbed		9.84	10.54
RushHour		10.45	11.53
Station2		10.12	10.93
Full-HD Average		10.4	11.43
HD + Full-HD Average		9.27	10.26
Average Time Saving		-9.6 %	

표 7. 제안한 방법과 기존 방법의 복호화기에 대한 연산 복잡도 비교

Table 7. Comparison of computational complexity between original decoder and proposed decoder.

Sequence	Size	H.264/AVC Decoder (ms/frame)	Proposed Decoder (ms/frame)
BigShips	720p60 1280×720	11.36	11.32
City		11.74	11.71
Crew		9.54	9.5
Night		11.61	11.55
ShuttleStart		8.75	8.71
HD Average		10.6	10.56
Sunflower	1080p60 1920×1080	14.58	14.55
Riverbed		11.91	11.87
RushHour		13.13	13.08
Station2		12.65	12.59
Full-HD Average		13.07	13.02
HD + Full-HD Average		11.83	11.79
Average Time Saving		0.36 %	

위 인트라 예측 부호화 방법보다 평균적으로 약 9.6% 정도 더 증가함을 확인할 수 있다. 그리고 표 7에서와 같이, 복호화기에서는 제안하는 방법이 기존 방법보다 동일한 연산 복잡도를 차지함을 확인할 수 있다. 즉, 제안하는 방법은 부호화 성능 관점에서 기존 방법보다 향상된 압축 효율을 보이고, 연산 복잡도 관점에서는 부호화기에서 약간의 연산 복잡도 증가를 보이지만 복호화기에서 거의 동일한 복잡도를 갖는다.

V. 결 론

본 논문에서는 기존 H.264/AVC의 인트라 예측 부호화에서 부호화 효율을 높일 수 있는 단방향의 인트라 예측 방법을 제안하였다. 제안한 알고리즘은 4×4 화소 단위 인트라 예측 부호화 방법의 정밀함과 상대적으로 작은 부호화 정보를 이용하는 16×16 화소 단위 인트라 예측 부호화 방법의 장점을 고려하여, 16×16 화소 단위 인트라 예측 부호화에서 이미 부호화된 이전의 4×4 화소 단위 블록들을 현재 블록의 예측 블록으로 사용하고 추가적인 예측 방향 정보를 사용하지 않기 위하여 기존 4×4 화소 단위 예측 부호화 방법과 다

르게 오직 단방향 예측만을 사용하여 부호화함으로써 부호화 효율을 높이는 방법이다. 제안한 방법에 대한 성능 검증을 위해 최신 동영상 압축 표준인 H.264/AVC와 비교하였으며, 표준화 단체에서 권고하는 실험 조건에 따라 표준 실험영상을 이용하여 실험하였다. 실험 결과를 통하여 제안하는 단방향의 인트라 예측 방법이 기존 H.264/AVC의 인트라 예측 방법에 비하여 평균적으로 약 1.57%의 비트 감소율을 보였다. 특히, HD급 이상의 영상에 대한 실험결과에서는 평균적으로 약 2%의 비트 감소율을 보였다.

추후 연구 진행 과제로는 향후 연구 및 개발되는 UHD 이상의 초 고화질 영상에서 보다 높은 효율로 부호화할 수 있는 단방향의 인트라 예측 방법을 모색해야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] ISO/IEC, "ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 Coding of Moving Picture and Audio," Draft of version 4 of ISO/IEC 14496-10(E) MPEG/N7081, Apr. 2005.
- [2] T. Wiegand, G. J. Sullivan, G. Bjontegaard, and A. Luthra, "Overview of the H.264/AVC video coding standard," IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., pp. 560-576, July 2003.
- [3] ITU-T, "H.261: Video Codec for Audiovisual Services," version 2,

- Mar. 1993.
- [4] ITU-T, "H.263+: Video Coding for Low Bit-rate Communications," 1998.
- [5] ISO/IEC, "Coding of Moving Picture and Associated Audio for Digital Storage Media at up to about 1.5 Mbps - Part 2," ISO/IEC/JTC1/SC29/WG11 1993.
- [6] ISO/IEC, "Generic Coding of Moving Pictures and Associated Audio - Part 2: Video," ISO/IEC 13818-2, 2000.
- [7] Detlev Marpe, "Context-Based Adaptive Binary Arithmetic Coding in the H.264/AVC Video Compression Standard," IEEE Trans. Circuits and Systems for Video Technology, vol. 13, pp. 560-576, July 2003.
- [8] Detlev Marpe, Heiko Schwarz, Gabi Blattermann, Guido Heising, and Thomas Wiegand "Context-Based Adaptive Binary Arithmetic Coding JVT/H.26L," IEEE International Conference on Image Processing (ICIP'02), vol. 2, pp. 513-516, Sept. 2002.
- [9] Thomas Wiegand, Gary J. Sullivan, Gisle Bjontegaard, and Ajay 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, July 2003.
- [10] Arundhati Tamhankar and K. R. Rao, "An Overview of H.264/MPEG-4 part 10," 4th EURASIP Conference on Video/Image Processing and Multimedia Communications, vol. 1, pp. 1-51, June 2003.
- [11] 국승용, 박광훈, 이윤진, 정광수, 심동규, 최해철, 최진수, 임성창, "H.264에서 성능향상을 위한 Uni-directional 8x8 인트라 예측," 방송공학회논문지, 제 14권 제 5호, pp. 589-600, 2009년 9월.
- [12] 정제창 역, "H.264/AVC 비디오 압축 표준," 홍릉과학출판사, pp. 124-131, 2005년.
- [13] KTA reference software from <http://iphome.hhi.de/suehring/tml/download/KTA/jm11.0kta1.8.zip>
- [14] 정세윤 외, "H.264 이후의 차세대 비디오 부호화 표준화 동향 및 전망," 전자통신동향분석, 제 23권, 1호, pp. 122-129, 2008년.
- [15] TK Tan, G. Sullivan, T. Wedi, "Recommended Simulation conditions for Coding Efficiency Experiments", ITU-T SC16/Q6, 34th VCEG Meeting, Antalya, Turkey, 12th-13th January, 2008, Doc. VCEG-AH10r3.
- [16] Gisle Bjontegaard, "Calculation of Average PSNR Differences between RD curves", ITU-T SC16/Q6, 13th VCEG Meeting, Austin, Texas, USA, April 2001, Doc. VCEG-M33.

저 자 소 개

정 광 수

- 2008년 2월 : 광운대학교 컴퓨터공학과 학사
- 2010년 2월 : 광운대학교 컴퓨터공학과 석사
- 주관심분야 : 비디오 신호처리, 비디오 압축, 영상 화질측정

박 시 내

- 2004년 2월 : 광운대학교 컴퓨터공학과 학사
- 2006년 2월 : 광운대학교 컴퓨터공학과 석사
- 2008년 2월 : 광운대학교 컴퓨터공학과 박사과정
- 주관심분야 : 비디오 신호처리, 3차원 영상 압축

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

저 자 소 개

이 윤 진

- 1999년 2월 : 연세대학교 전산학과 학사
- 2001년 8월 : 연세대학교 전산학과 석사
- 2002년 ~ 2007년 : (주) 넷앤티비
- 2001년 9월 ~ 현재 : 경희대학교 컴퓨터공학과 박사과정
- 주관심분야 : 비디오 신호처리, 멀티미디어, 멀티미디어 시스템

박 광 훈

- 1985년 2월 : 연세대학교 전자공학과 학사
- 1987년 2월 : 연세대학교 전자공학과 석사
- 1991년 1월 : Case Western Reserve University, Dept. of EEAP 석사
- 1995년 1월 : Case Western Reserve University, Dept. of EEAP 박사
- 1995년 3월 ~ 1997년 2월 : 현대전자 멀티미디어연구소 책임연구원
- 1997년 3월 ~ 2001년 2월 : 연세대학교 문리대학 전산학과 부교수
- 2001년 3월 ~ 현재 : 경희대학교 컴퓨터공학과 교수
- 주관심분야 : 멀티미디어, 비디오 신호처리, 패턴인식, 영상처리, 계산지능

오 승 준

- 1980년 2월 : 서울대학교 전자공학과 졸업(학사)
- 1982년 2월 : 서울대학교 전자공학과 대학원 졸업(석사)
- 1988년 5월 : 미국 Syracuse University 전기/컴퓨터공학과 졸업(박사)
- 1982년 3월 ~ 1992년 8월 : 한국전자통신연구원 근무(멀티미디어연구실 실장)
- 1986년 7월 ~ 1986년 8월 : NSF Supercomputer Center 초청 학생연구원
- 1987년 5월 ~ 1988년 5월 : Northeast Parallel Architecture Center 학생연구원
- 1992년 3월 ~ 1992년 8월 : 충남대학교 컴퓨터공학부 겸임교수
- 1992년 9월 ~ 현재 : 광운대학교 전자공학부 교수 (VIA-Multimedia Center 멀티미디어연구실)
- 2002년 3월 ~ 현재 : SC29-Korea 의장 및 MPEG Forum 부의장
- 주관심분야 : 비디오 데이터 처리, 비디오 코덱 시스템, 비디오 및 영상압축, 멀티미디어시스템

정 세 윤

- 1995년 2월 : 인하대학교 전자공학과 학사
- 1997년 2월 : 인하대학교 전자공학과 석사
- 2006년 ~ 현재 : 한국과학기술원 전기및전자공학과 박사과정
- 1997년 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 선임연구원
- 주관심분야 : HEVC 비디오 부호화 표준, UHD/3DTV 비디오 코덱

최 진 수

- 1990년 2월 : 경북대학교 전자공학과 공학사
- 1992년 2월 : 경북대학교 전자공학과 공학석사
- 1996년 2월 : 경북대학교 전자공학과 공학박사
- 1996년 5월 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 책임연구원, 실감미디어연구팀장
- 주관심분야 : 영상통신, UHD/3DTV방송, 3DTV방송, 데이터방송