

특집논문-11-16-2-01

# JM KTA 소프트웨어에서 인트라 및 인터 예측블록이 혼합된 코딩 방법

김민재<sup>a)</sup>, 서찬원<sup>a)</sup>, 장명훈<sup>a)</sup>, 한종기<sup>a)‡</sup>

## Adaptive Combination of Intra/Inter Predictions in JM KTA Software

Min-Jae Kim<sup>a)</sup>, Chan-Won Seo<sup>a)</sup>, Myung-Hun Jang<sup>a)</sup>, and Jong-Ki Han<sup>a)‡</sup>

### 요약

본 논문에서는 KTA 소프트웨어의 부호화 효율을 향상시키기 위하여 인트라 예측과 인터 예측을 적응적으로 혼합하여 사용하는 방법을 제안한다. 제안하는 알고리즘은 확장된 매크로 블록 내에서 인터 예측 블록들을 먼저 부호화 및 복호화한 후 그 복원값들을 인트라 예측 부호화 과정에서 이용한다. 기존의 인트라 예측 방법에서는 현재 블록의 우측과 하단에 위치한 화소들을 이용하지 못하였으나, 제안 알고리즘에서는 현재 부호화하려는 블록의 상단과 좌측뿐만 아니라 우측 또는 하단의 복호화가 완료된 화소를 이용하여 양방향 인트라 예측을 수행한다. 이를 위해서 양방향 예측 필터를 디자인하였고, 확장 매크로블록 내의 매크로블록들의 적응적인 코딩 순서 정보를 전달하기 위해서 선택스 구조를 수정하였다. 컴퓨터 실험 결과를 통하여 제안하는 방법이 기존 기술에 비해 압축효율을 향상시키는 것을 알 수 있었다.

### Abstract

We propose an adaptive combination scheme of intra and inter prediction modes, where uni-directional intra prediction, bi-directional intra prediction, and inter prediction method are adaptively selected in an EMB (extended macro block). For each EMB, after all inter blocks have been encoded and decoded, the reconstructed blocks are used as reference data for bi-directional intra prediction of other blocks. Whereas conventional intra coding scheme does not use the right and below side pixels of the current block as reference data, the proposed method uses those for bi-directional intra prediction mode. In this paper, we propose three advanced techniques; (a) filter design for bi-directional prediction, (b) adaptive coding order scheme which increases the chance to use the bi-directional intra prediction mode, (c) modification of syntax to represent coding order. The information for the coding order is informed to the decoder by using the modified syntax structure without adding any additional flag. The simulation results show that the proposed scheme reduces the BD-Rate by 0.5%, on average, compared to KTA.

Keyword: H.264/AVC, KTA, Intra/Inter prediction, Extended macroblock, Bi-Intra prediction

## 1. 서론

a) 세종대학교 정보통신공학과  
Sejong University

‡ 교신저자 : 한종기 (hjk@sejong.ac.kr)

※ 본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 "IT융합 고급인력과정 지원 사업"의 연구결과로 수행되었음 (NIPA-2010-C6150-1001-0013)

· 접수일(2010년12월17일), 수정일(2011년2월11일), 게재확정일(2011년2월11일)

VCEG(Video Coding Expert Group)에서는 부호화 및 복 잡도 효율이 향상된 코덱의 표준화를 수행하고자 새로운 비디오 부호화 알고리즘에 대한 탐구를 진행해 왔다. VCEG 회의에서는 지금까지 보간 필터, 양자화기, 후처리

필터, 변환기, 움직임 정보 부호화, 엔트로피 부호화 등 비디오 코덱 전반에 걸친 새로운 부호화 알고리즘들이 논의되어 왔다. 이 제안 기술들 가운데 우수한 연구 결과물들을 취합하여 KTA 소프트웨어를 개발하였으며, 이를 현재까지 개선시켜오고 있다. KTA 소프트웨어는 H.264/AVC<sup>[1]</sup>의 참조 소프트웨어인 JM 11.0<sup>[2]</sup>에 기반하여 만들어졌으며, 여기에 압축 효율 및 복잡도 효율이 향상된 부호화 툴(tool)들을 수용하였다. 이렇게 개발된 KTA 소프트웨어는 2010년 10월 현재 KTA 2.7<sup>[3]</sup> 버전까지 만들어졌다. 지금까지 부호화 효율을 높이기 위하여 포함된 개선 기술들로는 확장된 매크로 블록(Extended Macroblock)<sup>[4]</sup>, MDDT<sup>[5]</sup> (Mode dependant directional transform), QALF(Quad-tree adaptive loop filter)<sup>[6]</sup>, AIF<sup>[7]</sup>(Adaptive interpolation filter), RDOQ(Rate distortion optimized quantization)<sup>[8]</sup>, MVC<sup>[9]</sup> (Motion vector competition) 등이 있다.

KTA에서 지원하는 32×32 또는 64×64 블록들과 같은 확장된 매크로 블록 단위로 부호화를 수행하면, 기존의 부호화 기법에서와 다른 통계적인 특징들이 다양하게 발생한다. 예를 들면, 고해상도 영상에서 움직임이 많거나 공간적으로 복잡한 형태의 신호가 있는 경우, 확장된 매크로 블록 내의 매크로블록들은 인터 예측과 인트라 예측을 혼용하여 부호화 할 때 압축 효율을 향상시킬 수 있다. 이 특성을 이용하기 위해서, KTA에서는 확장된 매크로블록 내에 매크로블록 단위로 인터와 인트라 예측부호화가 혼용되어 사용된다. 그렇지만, KTA의 매크로블록 내부에서는 인터와 인트라 예측기술들이 혼용되어 사용될 수 없다. 확장된 매크로블록 또는 매크로블록 내부에서 인터 예측과 인트라 예측 기술을 혼용하여 사용할 때, 현재 블록의 왼쪽 화소와 위쪽 화소뿐만 아니라 아래의 화소와 오른쪽에 위치한 화소들도 같이 이용하면 양방향 인트라 예측이 가능하고, 이로써 압축 효율을 높일 수 있게 된다. KTA에서는 양방향 인트라 예측 기법을 사용하지 않고 한방향 인트라 예측 기법만이 지원된다. 본 논문에서는 고해상도 영상에 대하여 인터 프레임 내에 발생하는 인트라 예측을 효율적으로 수행할 수 있는 양방향 인트라 예측 방법을

제안한다.

과거에도 양방향 인트라 예측에 관하여 많은 연구가 진행되었는데, Y. Ye<sup>[10-12]</sup>는 16×16 크기의 매크로 블록 내에 인트라 8×8 및 4×4 예측을 수행하는 경우에 양방향 예측 기술을 적용하였다. 이 연구들에서는 매크로블록 내에 우측 하단의 블록을 먼저 부호화 하고 복호화한 후, 나머지 블록들을 양방향 인트라 예측한다. 이러한 Y. Ye의 방법에서는 양방향 인트라 16×16 예측이 사용되지 않으며, 기존의 인트라 예측 모드 외에 양방향 인트라 예측 모드를 나타내는 플래그를 추가로 전송해야하기 때문에 발생 비트량이 증가되는 단점이 발생하였다.

본 논문에서 제안하는 알고리즘은 확장된 매크로 블록(EMB) 내의 각 매크로 블록을 인트라 또는 인터 예측 부호화할 수 있으며, 인터 예측과 인트라 예측 방법들의 최적 조합은 확장된 매크로블록 단위로 윌-왜곡 비용함수를 계산하여 비용함수 값이 최소가 되는 조합으로 결정한다. 확장된 매크로블록 내의 매크로블록들을 부호화할 때, 먼저 모든 인터 매크로블록들을 예측 부호화 및 복호화한 후 나머지 인트라 매크로블록들을 부호화한다. 인트라 매크로블록을 예측 부호화하는 과정에서는 먼저 부호화 및 복호화 과정을 거친 주위 화소값들을 이용하여 양방향 인트라 예측 기법을 사용한다. 이러한 적응적인 부호화 순서 정보를 디코더에 전달해야하는데, 추가적인 비트를 전송하지 않고 비트스트림의 구조를 수정하여 해당 정보를 복호화기에 전송하고 있다. 그리고 기존의 한방향 예측 방법과 양방향 인트라 예측 방법의 사용을 구별 하는 1bit flag를 확장된 매크로 블록 단위로 추가하여, 비트 발생량을 최소화 시키면서 다양한 인트라 예측 방법을 지원하게 하였다.

본 논문의 제 II장에서는 인트라 및 인터 예측블록의 혼합 코딩 알고리즘을 제안한다. 제 III장에서는 양방향 인트라 예측 방법을 설명하고, 제 IV장에서는 양방향 인트라 예측을 위한 필터 설계 방법을 제안한다. 제 V장에서는 제안한 방법의 실험 결과를 분석하고, 마지막으로 VI장에서 결론을 맺는다.

## II. 적응적인 인터/인트라 예측블록 조합

### 1. 알고리즘 구성

본 논문에서 제안하는 기술에서는 확장된 매크로블록 내의 각 매크로블록들이 인터 또는 인트라 예측 모드로 부호화 될 수 있다. 예를 들면 그림 1에서와 같이 32×32 크기의 확장된 매크로블록을 사용할 때, 사용 가능한 16가지의 인트라 및 인터 매크로블록들의 조합을 고려할 수 있다. 그림 1에서 진한 색으로 표시한 블록들은 인터 매크로블록이며, 흰색으로 나타낸 블록은 인트라 매크로블록이다. 그림 1에서 각 조합 경우마다 매크로블록 내의 숫자는 부호화 순서를 나타낸 것이다. 각 조합에서 부호화 순서 결정방법은 다음과 같다. 먼저 확장된 매크로블록을 16×16 크기의 매크

로블록들의 조합으로 분할한 다음, 인터 매크로블록부터 먼저 부호화 한다. 그리고 나머지 인트라 매크로블록들에 대하여 인트라 예측 부호화 시 주위 최소 값의 참조 가능한 경우를 고려한다. 참조가능한 면의 수가 높은 매크로블록부터 낮은 매크로블록으로 부호화 순서가 결정된다. 부호화 순서가 결정될 때, 참조가능한 면의 수가 동일한 매크로블록들이 발생하면, 양방향으로 참조 가능한(좌측과 우측, 또는 상단과 하단이 모두 참조 가능한) 면의 수가 높은 매크로블록부터 인트라 예측 부호화를 진행한다. 양방향 참조가 가능한 면의 수가 같은 매크로블록들이 복수 개 존재할 때는, 그 매크로블록 중에서 raster scan 순서상 가장 먼저 스캔되는 블록부터 부호화한다.

16개 조합 중에서 최적의 조합을 선택하는 방법은 다음과 같다. 32×32 크기의 확장된 매크로블록을 분할하여

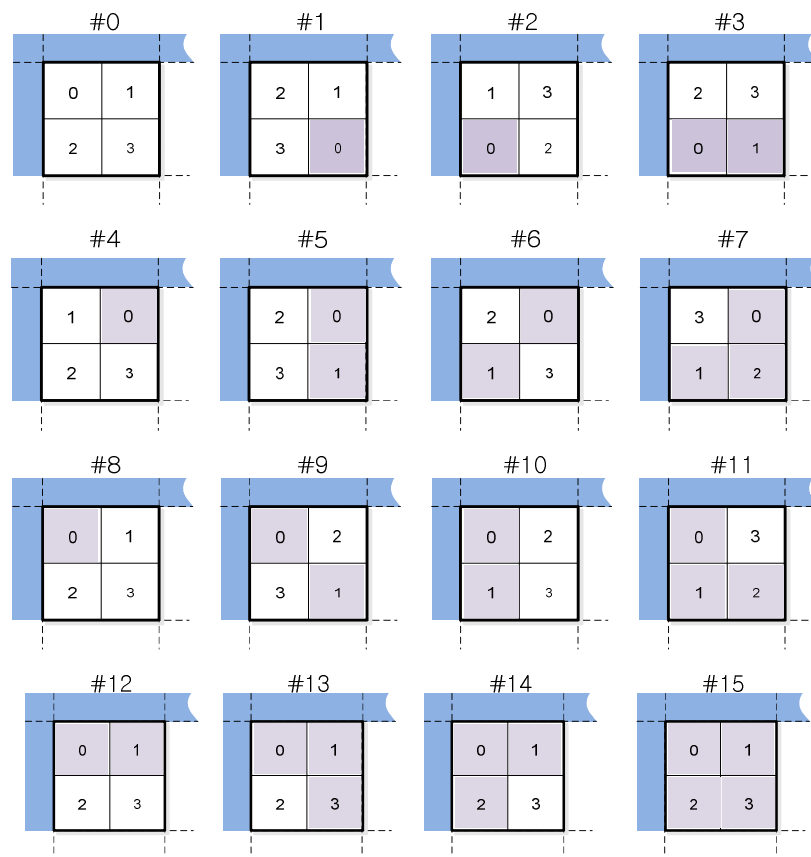


그림 1. 확장된 매크로 블록 내에서 인트라 및 인터 매크로 블록의 혼용 방법  
 Fig. 1. Adaptive combinations of intra/inter coding blocks in an Extended Macroblock

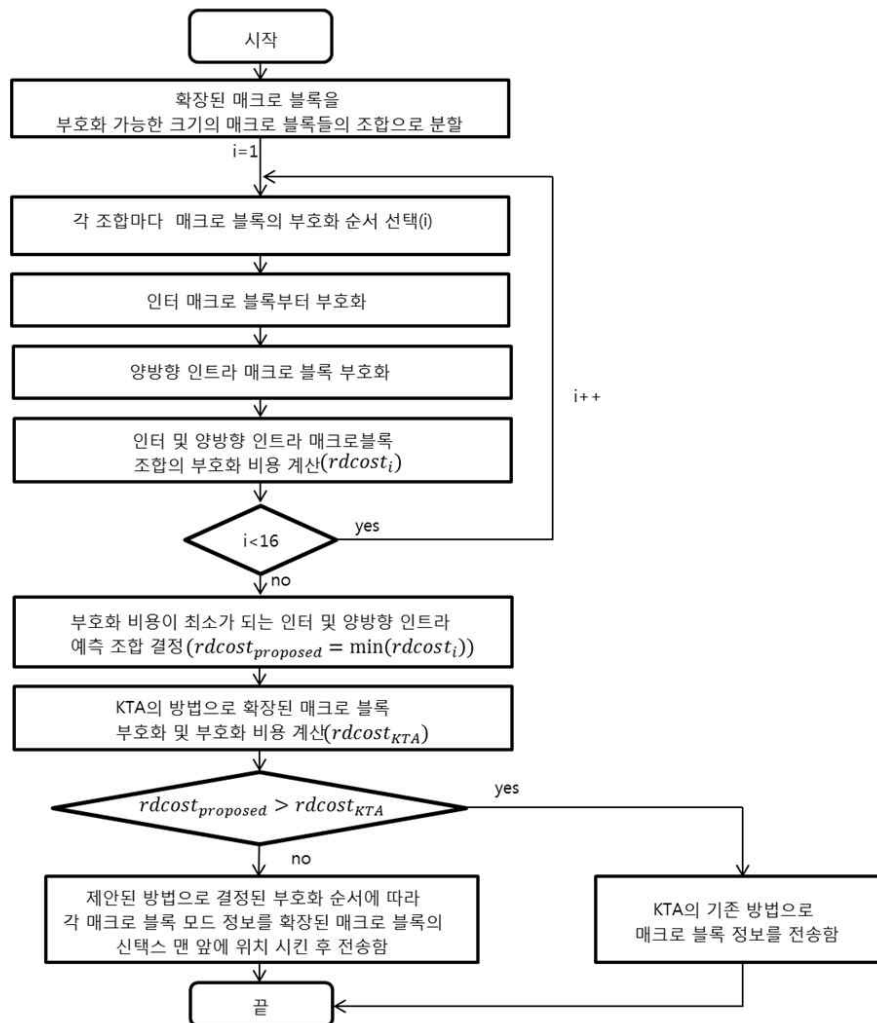


그림 2. 제안하는 인트라 및 인터 예측블록 혼합 코딩 알고리즘  
 Fig. 2. The proposed algorithm for coding an EMB with the mixed modes of Intra and Inter predictions

16×16 크기의 매크로블록들의 조합 16개를 구성한 후, 각 조합별로 인터 매크로 블록과 인트라 예측 블록들을 부호화한다. 이 과정에서 부호화 순서는 앞 문단에서 설명한 방법을 사용하고, 인트라 매크로블록들은 양방향 인트라 예측 부호화 방법으로 부호화된다. 양방향 인트라 예측 방법에 대한 자세한 기술은 다음 장에서 설명하기로 한다. 제안하는 예측방법으로 16가지 경우들을 모두 부호화한 후 그것들 중에서 유효 비용함수 값이 최소화되는 조합을 선택한다. 이렇게 함으로써 16가지 경우들 가운데 최적의 인

터 및 인트라 예측 블록 조합을 결정할 수 있다. 이 과정을 그림 2에 도식적으로 정리하였다.

## 2. 적응적인 부호화 순서를 지원하는 선택스 구조

앞 절에서 제안한 적응적인 부호화 순서 결정 방법을 사용하기 위해서는 확장된 매크로블록 내에 결정된 인트라 및 인터 매크로 블록의 코딩 순서 정보를 전송해 주어야 한다. 이렇게 확장된 매크로블록 내부의 부호화 순서를 전

송해 주게 되면, 추가적인 비트가 많이 발생하므로 압축효율이 떨어진다. 이 문제점을 해결하기 위해 기존의 비트스트림 구조를 수정함으로써 추가적인 비트를 전송하지 않고도 수신단에서 매크로블록들의 부호화 순서를 알 수 있도록 하였다.

그림 3은 기존의 KTA에서 확장된 매크로블록을 사용할 때의 비트스트림 구조를 나타내었다. KTA에서 확장된 매크로블록을 사용할 때 가장 먼저 확장된 매크로블록 정보(EMB\_TYPE, Extended macroblock type)를 전송한다. 이

플래그는 비트 스트림 구조가 (a) 32×32, 32×16, 16×32 크기의 인터 예측 블록들로 구성되었는지, 아니면 (b) 4개의 16×16 크기의 매크로 블록으로 인트라 및 인터 예측의 조합을 구성하고 있는지 알려준다. 확장된 매크로블록이 4개의 매크로블록들로 부호화 되었다면, 확장된 매크로블록 모드정보 다음에 각 매크로블록의 예측 모드 정보(MB\_TYPE), MVD(Motion vector difference), Residual 등을 매크로블록 단위로 순차적으로 전송하고 있다.

제안하는 방법에서는 앞의 KTA 신택스 구조와 다르게

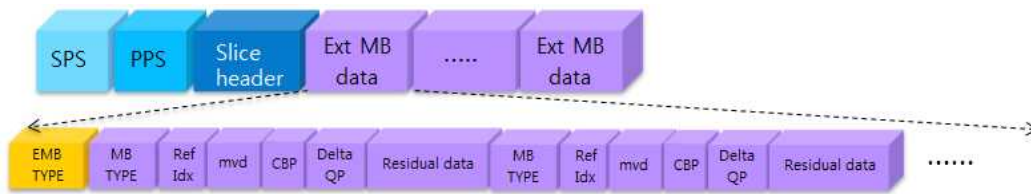


그림 3. KTA에서 확장된 매크로블록 사용을 위한 비트스트림 구조  
Fig. 3. KTA bitstream structure using EMB

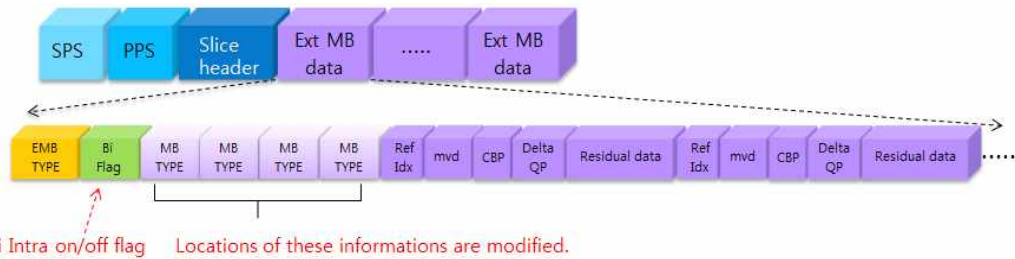


그림 4. 제안하는 비트스트림 구조  
Fig. 4. The proposed bitstream structure using the mixed Inter/Intra MBs

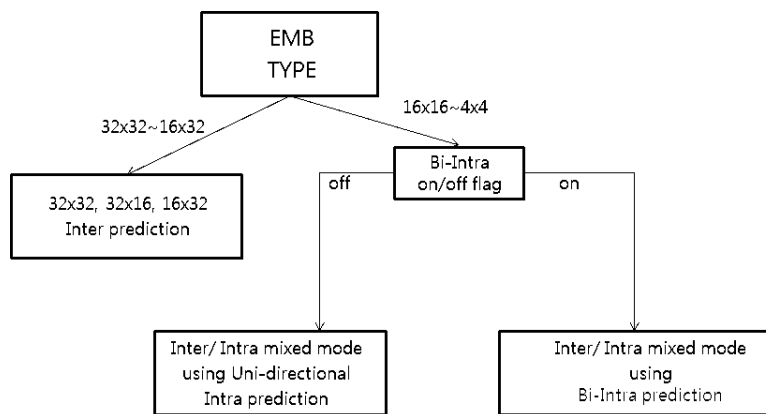


그림 5. 제안하는 알고리즘의 복호화 과정  
Fig. 5. Decoding process for the proposed coding scheme

그림 4와 같이 각 매크로블록의 MB\_TYPE 정보들을 모아 서 먼저 전송하고, 나머지 정보들은 적응적으로 결정된 부호화 순서로 전송한다. 이 MB\_TYPE 정보들을 모아서 전송할 때, 모으는 순서는 확장된 매크로블록 내에서 매크로블록의 raster scan 순서로 전송한다.

제안하는 방법은 확장된 매크로 블록이 4개의 매크로 블록 단위로 나뉘지고 각 매크로블록이 양방향 인트라 예측 또는 인터 예측으로 부호화될 때 만 적용 가능하므로, 기존의 한방향 인트라 예측 필터링 방법과 제안하는 양방향 인트라 예측 필터링 방법의 사용유무를 확장된 매크로 블록 단위로 표시한다. 이를 위해서 그림 4에서와 같이 1 bit flag 를 전송한다. 그림 5는 제안된 구조의 신덱스를 수신하였을 때, 수신단의 복호화 과정을 나타내었다.

### 3. 예측 움직임 벡터의 이용

예측 움직임 벡터(PMV)는 움직임 벡터를 효율적으로 부호화 하기 위해서 주변 블록들의 움직임 벡터들을 이용하여 결정한다. 본 논문의 제안 알고리즘에서도 확장된 매크로블록 내부의 인트라블록들은 예측움직임 벡터(PMV)를 이용하여 움직임 벡터를 부호화한다. 예측움직임 벡터는 주변에 이미 부호화된 블록의 움직임 벡터를 이용하여 만드는 방법으로 만약 주변에 블록들이 움직임 벡터가 없이 코딩되었다면 (예, 인트라 모드 블록) 그 블록들은 움직임 벡터를 만들 때 사용하지 않는다. 본 알고리즘도 같은 방법으

로 움직임 벡터를 예측한다. 예를 들어 그림 1에 #3의 0번 인트라 블록은 위쪽의 주변 블록이 아직 부호화 되어있지 않기 때문에 왼쪽과 왼쪽위의 블록의 움직임 벡터를 가지고 움직임 벡터를 만든다. 그리고 옆에 1번 인트라 블록은 주변에 부호화된 블록이 왼쪽 하나밖에 없기 때문에 왼쪽의 움직임 벡터를 이용하여 예측움직임 벡터로 사용한다.

### III. 양방향 인트라 예측 방법

제안하는 부호화 방법에서는 확장된 매크로블록 내에 존재하는 인트라 매크로블록의 예측 부호화 효율을 향상시키기 위하여 인트라 매크로 블록의 부호화 및 복호화를 우선적으로 수행한 후 인트라 예측 부호화를 수행한다. 이 경우, 인트라 매크로블록의 예측 과정에서 하단 및 우측의 화소들을 추가로 사용할 수 있기 때문에 인트라 예측 효율을 높일 수 있는 장점이 있다. 이때, 우측과 하단의 이용 가능한 화소들은 확장된 매크로 블록의 내에 이미 부호화 한 인트라 예측 매크로 블록들이다. 이용 가능한 화소들의 개수 및 위치에 따라서 다양한 인트라 예측 필터링 방법들이 존재한다.

그림 6은 그림 1의 여러 가지 구성들 중에서 7번 조합일 때, 적용 가능한 양방향 인트라 16×16 예측 방법을 나타낸다. 이 그림에서 확장된 매크로 블록 내 각 매크로블록의 우측 상단에 위치한 번호는 각 매크로 블록의 부호화 순서

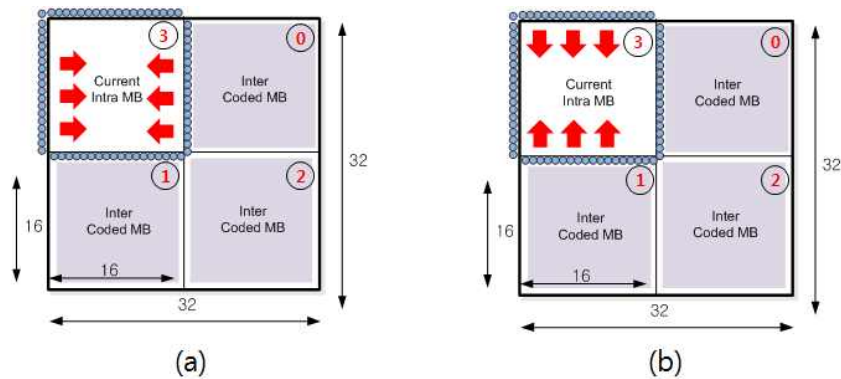


그림 6. 적응적인 부호화 순서 결정방법을 이용한 16×16 양방향 인트라 예측 방법의 예  
 Fig. 6. An example of 16×16 bi-directional intra prediction using with adaptive coding order

를 나타낸 것으로 인터 매크로 블록부터 부호화를 진행 하며, 인터 매크로 블록이 부호화가 끝나면 인트라 매크로 블 록을 부호화 한다. 그림 6에서 (a)는 Horizontal 방향으로 양방향 인트라 예측을 적용하는 경우를 나타냈고, (b)는 Vertical 방향으로 양방향 인트라 예측을 적용하는 경우를 나타냈다.

그림 7은 그림 1의 여러 가지 구성들 중에서 7번 조합일 때, 적용 가능한 양방향 인트라 8×8 예측 방법을 나타낸 것이다. 그림 7에서 (a)는 Vertical 방향으로 양방향 인트라 8×8 예측을 적용하는 경우를 나타내었고, (b)는 Horizontal 방향으로 양방향 인트라 8×8 예측을 적용하는 경우를 나타

내었다. 인트라 8×8 내부에서는 raster scan 순서로 내부 블 록들을 부호화한다. 그림 7에서 블록 ③와 ④ 같은 경우에는 기존의 좌측 및 상단 화소만을 이용한 한방향 인트라 8×8 예측을 수행 하며, 블록 ⑤와 ⑥ 같은 경우에만 양방향 인트라 8×8 예측을 수행하므로, 매크로 블록 내에서 기존의 한방향 인트라 예측 방법과 제안하는 양방향 인트라 예측 방법이 혼용되어 사용된다.

그림 8은 앞에서 설명한 7번 조합일 때, 적용 가능한 양 방향 인트라 4×4 예측 방법을 나타낸 것이다. 그림 8에서 (a)는 Vertical 방향으로 양방향 인트라 4×4 예측 부호화를 적용하는 경우이고, (b)는 Horizontal 방향으로 양방향 예측

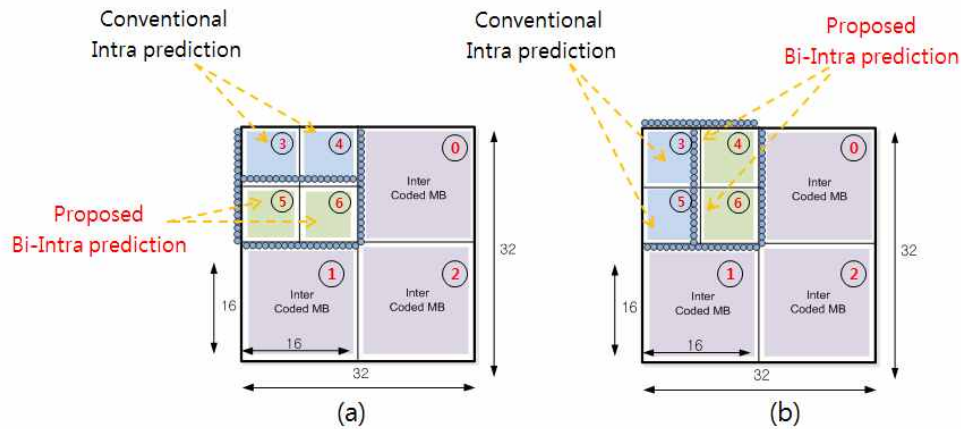


그림 7. 적응적인 부호화 순서 결정방법을 이용한 8×8 양방향 인트라 예측 방법의 예  
 Fig. 7. An example of 8×8 bi-directional intra prediction using with adaptive coding order

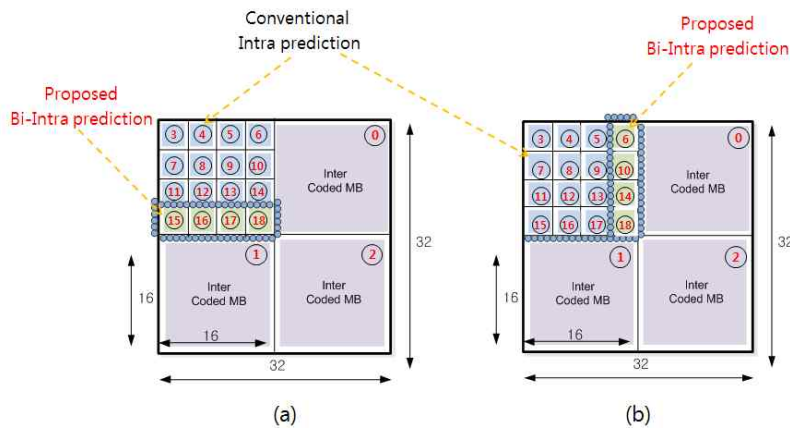


그림 8. 적응적인 부호화 순서 결정방법을 이용한 4×4 양방향 인트라 예측 방법의 예  
 Fig. 8. An example of 4×4 bi-directional intra prediction using with adaptive coding order

부호화를 적용하는 경우이다. 인트라 4×4 블록들은 raster scan 순서로 부호화됨으로, 그림 8 (a)에서 블록 ③ ~ ④의 경우에는 현재 블록 주변의 좌측 및 상단 화소만을 이용한 기존의 한방향 인트라 4×4 예측 부호화를 수행하며, 블록 ⑮ ~ ⑯를 부호화할 때만 양방향 인트라 예측 부호화를 수행한다. 따라서 매크로 블록내의 세부 블록들에 대해 한 방향 인트라 예측 방법과 양방향 인트라 예측 방법이 혼용되어 사용 된다.

앞의 그림들에서는 그림 1의 7번 조합에 대한 수평 및 수직 예측 부호화에 대해서 설명했으나, 다른 예측 방향(총 4가지 또는 9가지 방향)에 대해서도 제안하는 개념을 확장해서 적용할 수 있다. 또한, 7번 조합 외 다른 조합들에 대해서도 유사한 방법으로 제안 기술을 적용할 수 있을 것이다.

#### IV. 양방향 인트라 예측을 위한 필터 설계

기존의 JM 또는 KTA 소프트웨어에서 인트라 예측 부호화 방법의 성능을 높이기 위해서 다양한 방향의 예측 모드를 지원하고 있다. 인트라 16×16 예측 부호화에서는 4가지,

인트라 8×8 및 4×4 예측 부호화에서는 총 9가지의 예측 모드들을 사용 하고 있다. 본 논문에서는 인트라 예측 기법의 성능을 향상시키기 위해 다음과 같이 4가지 또는 9가지의 양방향 인트라 예측 부호화 기술을 제안한다.

##### 1. 인트라 16×16 예측

그림 9은 기존의 JM 또는 KTA에서 사용되는 인트라 16×16 예측 부호화의 4가지 예측 모드들을 나타내고 있다. 제안하는 양방향 인트라 예측 방법에서도 16×16 크기의 블록에 대해서 4가지 양방향 예측 모드들을 사용한다. 그림 10은 16×16 블록의 양방향 인트라 예측 부호화를 수행하는 경우, 각각의 모드에 따라 제안하는 예측 방향을 나타내고 있다. 이때, 각 방향 모드의 예측 필터 구성은 기존의 한방향 예측 필터를 왼쪽과 위쪽 주변 화소들에도 적용하고, 동시에 오른쪽과 아래쪽 주변 화소들에도 적용한 후, 그 두 결과를 예측 화소 위치에 따른 선형 보간법(bi-linear interpolation)을 이용하여 결합한다. 예를 들어 그림 11과 같이 Mode 0 (Vertical mode)로 부호화 할 때, 현재블록의 상단과 하단의 화소들이 이용 가능하다면, 이 화소들을 이용하

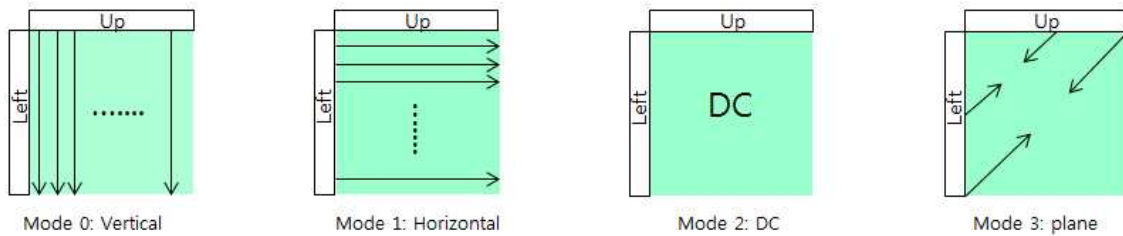


그림 9. KTA의 16×16 크기의 인트라 예측 모드들  
Fig. 9. Conventional 16×16 Intra prediction modes in KTA

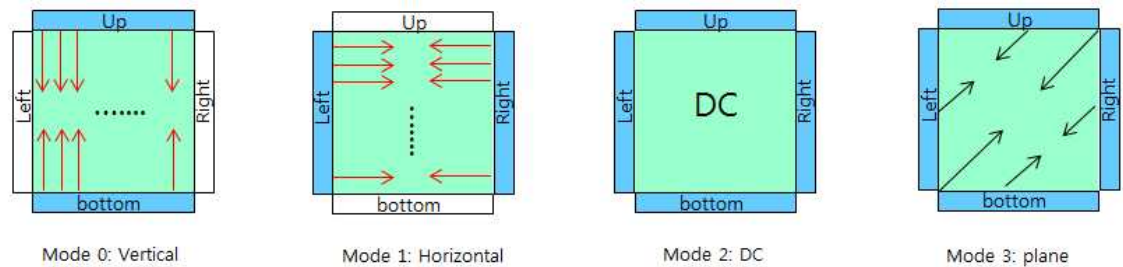


그림 10. 제안하는 16×16 크기의 인트라 예측 모드들  
Fig. 10. The proposed 16×16 Intra prediction modes



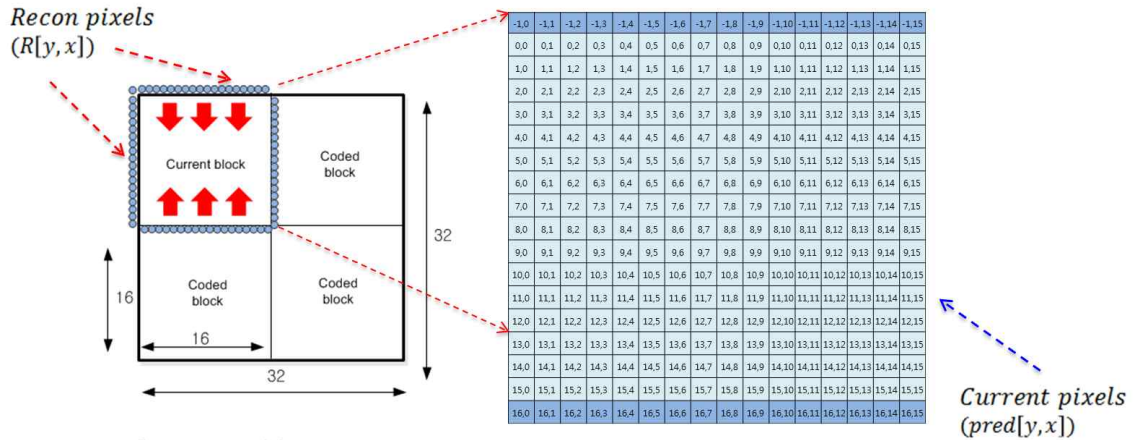


그림 11. Mode 0의 16x16 양방향 인트라 예측 방법  
 Fig. 11. The proposed bi-directional Intra prediction for Mode 0 in a 16x16 block

여 수식 (1)과 같이 Bi-linear 방법을 통해 양방향 예측을 수행한다. 하지만 상단과 하단의 화소들 중에 하나라도 사용가능하지 않는다면 한방향 인트라 예측을 수행한다.

$$pred[y,x] = \frac{[(16-y)*R[-1,x] + (y+1)*R[16,x] + 8.5]}{17} \quad (1)$$

$(0 \leq y, x < 16)$

그림 10의 다른 예측 방향 모드들에 대해서도 기존의 예측 필터들과 선형보간법을 사용하여 양방향 예측 필터들을 구성할 수 있다. 16x16 크기의 블록에 대해 사용되는 4가지

예측 모드들의 모든 예측 필터를 예측 샘플 위치마다 모두 나열하기에는 그 분량이 너무 많고, 수식 (1)의 개념을 확장해서 구현할 수 있기 때문에 본 논문에서는 서술을 생략한다. 자세한 사항을 참고하고자하는 독자들은 [13]에 공개한 수식을 참고하기 바란다.

### 2. 인트라 8x8 및 4x4 예측

기존의 인트라 8x8 및 4x4 크기 블록에 대한 예측 부호화 방법에서는 9가지의 예측 모드를 사용한다. 본 논문에

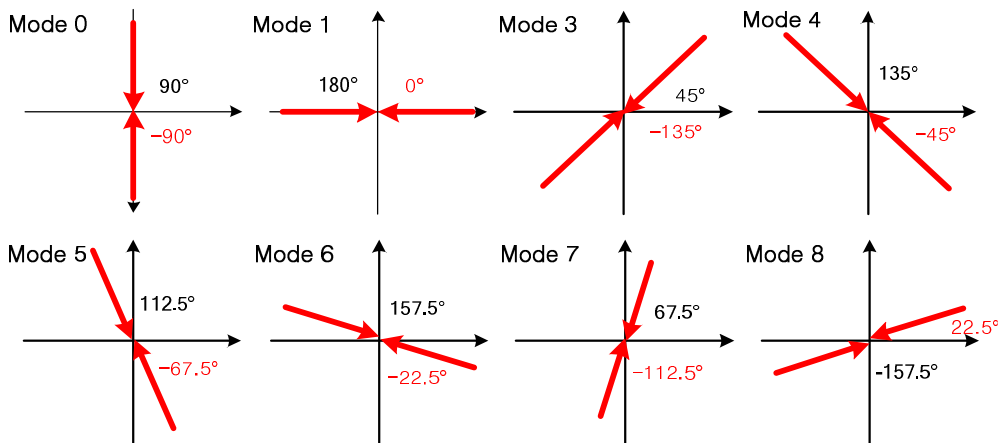


그림 12. 제안하는 4x4 또는 8x8 크기의 인트라 예측 모드들  
 Fig. 12. The proposed 4x4 or 8x8 Intra prediction modes

서 제안하는 방법은 그림 12와 같이 9가지 양방향 예측 방법을 사용한다. 제안하는 인트라 8×8 및 4×4 예측 방법에서는 현재 블록의 상단과 좌측 화소뿐만 아니라 우측과 하단의 화소도 이용가능하다면, 이들을 모두 사용하여 양방향 인트라 예측을 수행한다. 우측과 하단의 화소가 이용가능하지 않다면 기존의 한방향 인트라 예측을 수행한다.

이때, 각 방향 모드의 예측 필터 구성은 기존의 한방향 예측 필터를 왼쪽과 위쪽 주변 화소들에도 적용하고, 동시에 오른쪽과 아래쪽 주변 화소들에도 적용한 후, 그 두 결과를 예측 화소 위치에 따른 선형 보간법(bi-linear interpolation)을 이용하여 결합한다. 예를 들어, 그림 13과 같이 인트라 4×4 예측에서 Mode 3 (Diagonal down left)을 고려할 때, 예측 위치 (3,0), (2,1), (1,2), (0,3)에서의 예측값은 기존의 JM 또는 KTA에서는 수식 (2)와 같이 계산하지만, 제안하는 양방향 예측 기법에서는 수식 (3)을 이용하여 계산한다. 그림 13에서 영문 알파벳으로 표시된 블록들은 예측에 사용할 이미 부호화 된 화소이고, 숫자로 표시된 블록은 예측신호를 만들어야하는 샘플 위치이다. 기존의 방법인 수식 (2)를 이용하는 경우, D, E, F 화소를 이용하여 예측 위치 (3,0), (2,1), (1,2), (0,3)에서 모두 동일한 예측 신호를 만들지만, 제안하는 양방향 예측 필터를 사용하는 경우에는 D, E, F 화소 외에도 L, V, Q 화소를 이용하여 샘플 위치마다 다른 예측값을 만들게 된다.

$$pred[y,x] = \frac{D+(2 * E)+F+2}{4} \cdot [y,x] = \{(0,3), (1,2), (2,1), (3,0)\} \tag{2}$$

X	A	B	C	D	E	F	G	H
I	0,0	0,1	0,2	0,3	M			
J	1,0	1,1	1,2	1,3	N			
K	2,0	2,1	2,2	2,3	O			
L	3,0	3,1	3,2	3,3	P			
V	Q	R	S	T	W			

그림 13. 4×4 크기의 양방향 인트라 예측을 위한 필터링 방법의 예  
Fig. 13. An example for bi-directional Intra prediction in 4×4 block

$$w_0 = (D+(2 * E)+M), w_1 = (L+(2 * V)+Q)$$

$$pred[0,3] = \frac{((4 * w_0)+(1 * w_1)+10)}{20}$$

$$pred[1,2] = \frac{((3 * w_0)+(2 * w_1)+10)}{20} \tag{3}$$

$$pred[2,1] = \frac{((2 * w_0)+(3 * w_1)+10)}{20}$$

$$pred[3,0] = \frac{((1 * w_0)+(4 * w_1)+10)}{20}$$

그림 13에서 수식 (3)으로 설명한 (3,0), (2,1), (1,2), (0,3)의 예측값 외에 다른 위치의 예측값들은 (3)에서 사용된 방법과 유사한 방법으로 예측 필터를 구현할 수 있다. 또한, 그림 12의 다른 예측 방향 모드들에 대해서도 기존의 예측 필터들과 선형보간법을 사용하여 양방향 예측 필터들을 구성할 수 있다. 4×4 및 8×8 크기의 블록에 대해 사용되는 9가지 예측 모드들의 모든 예측 필터를 모든 예측 샘플 위치마다 나열하기에는 그 분량이 너무 많고, 수식 (3)의 개념을 확장해서 구현할 수 있기 때문에 본 논문에서는 자세한 서술을 생략한다. 자세한 사항을 참고하고자하는 독자들은 [13]에 공개한 수식을 참고하기 바란다.

### V. 실험 결과 및 분석

제안된 기술의 성능을 평가하기 위하여 알고리즘들을 KTA 2.7에 구현하였으며 실험 조건으로 표 1과 같이 설정 후 실험 하였다. 그 외의 KTA에서 제안된 기술들은 모두 사용하지 않았다.

표 1. 컴퓨터 실험을 위한 조건들

Table 1. Condition set for computer simulations

GOP 구조	Hierarchical B
Profile	High profile
확장된 매크로 블록 크기	32×32
양자화 파라미터	I Slice : 22, 27, 32, 37 P Slice : 23, 28, 33, 38 B Slice : 24, 29, 34, 39
울-왜곡 최적화 방법	고 복잡도 모드
부호화 영상의 수	150장

1. 부호화 성능비교

제안하는 알고리즘의 성능은 BD-Rate<sup>[14]</sup> 값을 이용하여 동일 조건의 KTA와 비교하였다. 제안하는 방법을 사용하면 기존의 한방향 인트라 예측뿐만 아니라 양방향 인트라 예측도 수행되므로, 기존의 인트라 예측 보다 훨씬 더 정밀

한 예측을 수행하게 되어 예측잔차신호의 양을 줄이게 된다. 표 2와 3에서 확인 할 수 있듯이 모든 영상에서 성능향상이 나타나고 있으며 특히 720p 크기의 “City” 영상에서 가장 좋은 성능을 보인다. 영상의 크기가 커지고 양자화 파라미터가 작을수록 인트라 발생 비율이 높아지므로, 이때 제안 하는 방법의 성능이 조금 더 증가하는 것을 알 수 있다.

표 2. 제안한 방법의 실험 결과 (HD, 720p)  
Table 2. Simulation results (HD,720p)

Size	Sequence	QP (I/P/B)	KTA 2.7		Proposed		BDPSNR	BDRATE
			Bitrate(Kbps)	PSNR (Y)	Bitrate(Kbps)	PSNR (Y)		
HD 1920×1080	Kimono	37/38/39	1167478	33.18	1168677	33.19	0.019631	-0.51324
		32/33/34	2324717	36.03	2323049	36.06		
		27/28/29	4625829	38.87	4626910	38.88		
		22/23/24	9032299	41.18	9041745	41.20		
	ParkScene	37/38/39	932869	31.27	933733	31.27	0.020264	-0.64178
		32/33/34	2077934	33.77	2060682	33.79		
		27/28/29	4731950	36.41	4733203	36.42		
		22/23/24	10944635	39.03	10950660	39.04		
	Cactus	37/38/39	2385306	31.27	2362604	31.27	0.016395	-0.56404
		32/33/34	4835559	33.63	4841176	33.64		
		27/28/29	10540376	35.92	10540596	35.94		
		22/23/24	27997780	37.88	27981282	37.90		
	BasketballDrive	37/38/39	2362653	33.15	2359445	33.17	0.017595	-0.51897
		32/33/34	4288049	35.46	4294841	35.48		
		27/28/29	8539551	37.56	8534539	37.58		
		22/23/24	20250122	39.29	20270122	39.29		
	BQTerrace	37/38/39	1855102	30.10	1911017	30.10	0.007891	-0.40955
		32/33/34	4491243	32.19	4547412	32.21		
		27/28/29	13461424	34.42	13416196	34.44		
		22/23/24	50166084	37.34	50156356	37.36		
720p 1280×720	City	37/38/39	362049	30.51	371152	30.50	0.018094	-0.67369
		32/33/34	761002	33.09	768204	33.13		
		27/28/29	1811305	35.50	1809193	35.55		
		22/23/24	5662147	38.17	5649365	38.21		
	Nights	37/38/39	752914	30.67	731877	30.68	0.019227	-0.51717
		32/33/34	1499720	33.41	1495465	33.41		
		27/28/29	3228257	36.22	3226315	36.22		
		22/23/24	7572660	39.21	7575901	39.22		

표 3. 제안한 방법의 실험 결과 (WVGA, WQVGA)  
Table 3. Simulation results (WVGA, WQVGA)

Size	Sequence	QP (I/P/B)	KTA 2.7		Proposed		BDPSNR	BDRATE
			Bitrate (Kbps)	PSNR (Y)	Bitrate (Kbps)	PSNR (Y)		
WVGA 832×480	BasketballDrill	37/38/39	691545	30.72	689342	30.73	0.019682	-0.48296
		32/33/34	1341480	33.24	1341195	33.25		
		27/28/29	2775392	36.12	2780871	36.14		
		22/23/24	5660822	39.19	5683474	39.24		
	BQMall	37/38/39	1022426	29.57	1012622	29.55	0.021893	-0.50057
		32/33/34	2023766	32.46	2013671	32.45		
		27/28/29	4037714	35.56	4011530	35.56		
		22/23/24	7986523	38.58	7960219	38.59		
	PartyScene	37/38/39	1294997	26.38	1294806	26.43	0.029248	-0.63897
		32/33/34	3041901	29.16	3036181	29.20		
		27/28/29	6743069	32.55	6745803	32.56		
		22/23/24	13985830	36.48	14009638	36.48		
	RaceHorses	37/38/39	850277	28.08	857718	28.08	0.015817	-0.32506
		32/33/34	1863113	30.98	1869129	30.98		
		27/28/29	3920058	34.29	3920040	34.31		
		22/23/24	8075129	37.97	8076348	38.13		
WQVGA 416×240	BasketballPass	37/38/39	218322	30.22	218545	30.22	0.011983	-0.27289
		32/33/34	436554	33.10	435942	33.11		
		27/28/29	880460	36.39	877190	36.40		
		22/23/24	1661880	39.89	1668485	39.89		
	BQSquare	37/38/39	217396	26.51	218155	26.52	0.016174	-0.39694
		32/33/34	520238	29.15	518673	29.16		
		27/28/29	1312562	32.62	1314310	32.64		
		22/23/24	3185208	36.87	3183628	36.88		
	BlowingBubbles	37/38/39	183835	28.05	182055	28.05	0.01311	-0.37023
		32/33/34	411197	30.58	409906	30.59		
		27/28/29	950701	33.55	950123	33.55		
		22/23/24	2173190	36.99	2174026	36.99		
	RaceHorses	37/38/39	216751	27.94	218304	27.96	0.007706	-0.17094
		32/33/34	459976	30.70	461970	30.72		
		27/28/29	975857	34.15	975057	34.16		
		22/23/24	1881363	37.82	1882984	37.86		

2. 양방향 인트라 예측 선택 비율

표 4는 기존 한방향 인트라 예측 방법을 사용 하였을 경우와 제안하는 양방향 인트라 예측 방법을 사용하였을 경우

에 대해서, 인트라 및 인터 매크로 블록의 선택 비율을 비교하고 있다. 기존 방법을 사용하였을 때는 모든 영상에 대해서 인터 매크로 블록의 선택률이 약 90% 정도로 인트라 매크로 블록으로 결정되는 것 보다 압도적으로 높음을

표 4. 인트라 및 인터 매크로 블록 선택 비율 (KTA vs the proposed scheme)  
 Table 4. Percentage of Inter/Intra MBs (KTA vs the proposed scheme)

Size	Sequence	KTA 2.7(%)		Proposed(%)		
		Inter MB	Intra MB	Inter MB	Intra MB	Bi-Intra MB
HD 1920×1080	Kimono	92.91	7.09	90.04	3.55	6.40
		91.67	8.33	88.28	4.43	7.29
		90.31	9.69	86.85	5.07	8.08
		87.86	12.14	83.31	7.06	9.63
	ParkScene	91.70	8.30	85.88	6.26	7.86
		90.67	9.33	87.02	5.17	7.81
		89.97	10.03	86.77	5.22	8.02
		88.53	11.47	83.15	6.30	10.54
	Cactus	91.18	8.82	89.02	5.01	5.96
		90.27	9.73	87.66	5.43	6.91
		89.30	10.70	85.96	6.16	7.89
		88.96	11.04	81.58	8.33	10.11
	BasketballDrive	88.98	11.02	86.24	5.51	8.25
		86.80	13.20	84.19	5.72	10.09
		84.58	15.42	81.34	6.88	11.78
		81.77	18.23	76.12	9.42	14.50
	BQTerrace	92.27	7.73	91.81	3.09	5.14
		91.37	8.63	91.46	3.21	5.33
90.78		9.22	85.23	6.14	8.63	
89.23		10.77	84.27	7.18	8.55	
WVGA 832×480	BasketballDrill	91.95	8.05	89.65	3.32	7.04
		90.35	9.65	87.75	3.80	8.46
		90.56	9.44	86.52	4.34	9.14
		89.57	10.43	85.17	5.28	9.55
	BQMall	94.00	6.00	90.84	2.90	6.25
		93.26	6.74	89.50	4.03	6.47
		92.79	7.21	88.37	4.98	6.70
		92.22	7.78	86.30	6.81	6.94
	PartyScene	93.04	6.96	91.73	2.78	5.50
		91.26	8.74	89.15	4.09	6.76
		90.03	9.97	86.17	6.16	7.67
		89.03	10.97	82.81	8.08	9.11
RaceHorses	90.16	9.84	89.65	3.32	7.04	
	89.46	10.54	87.75	3.80	8.46	
	89.31	10.69	86.52	4.34	9.14	
	89.03	10.97	85.17	5.28	9.55	
WQVGA 416×240	BasketballPass	92.65	7.35	91.74	2.76	5.50
		91.09	8.91	89.70	3.68	6.62
		90.40	9.60	88.11	4.85	7.04
		89.91	10.09	86.93	5.85	7.21
	BQSquare	96.49	3.51	95.60	1.50	2.90
		96.20	3.80	94.57	2.03	3.40
		95.81	4.19	93.01	3.39	3.59
		95.51	4.49	89.84	3.85	6.31
	BlowingBubbles	96.33	3.67	95.60	1.50	2.90
		96.03	3.97	94.57	2.03	3.40
		95.65	4.35	93.01	3.39	3.59
		95.34	4.66	89.84	3.85	6.31
	RaceHorses	91.80	8.20	91.74	2.76	5.50
		91.09	8.91	89.70	3.68	6.62
		90.40	9.60	88.11	4.85	7.04
		90.00	10.00	86.93	5.85	7.21

알 수 있다. 하지만 양자화 파라미터 값이 작은 경우나 움직임이 많거나 복잡한 영상일 때 텍스처 정보가 움직임 정보보다 많이 발생하므로, 인트라 매크로 블록 선택비율이 증가되고 있는 경향을 확인 할 수 있었다. 특히 'Racehorses' 영상의 경우, 이런 특징들이 반영되어 다른 영상들 보다 인트라 선택 비율이 높은 것을 알 수 있다. 하지만 표 3의 실험결과에서 알 수 있듯이 'Racehorses' 영상에서 성능향상은 가장 적은 것으로 확인되었다. 이러한 특징을 나타내는 이유는 'Racehorses' 영상은 인트라 예측으로 결정된 매크로 블록이 연속적으로 많이 발생하므로, 영상의 중간에 인터 예측으로 결정된 매크로 블록의 수가 적어, 제안하는 양방향 인트라 예측 방법의 효과가 잘 나타나지 않고 있다. 하지만 움직임이 많으면서 인트라 예측으로 결정된 매크로 블록의 비율이 높은 'Basketball Drive', 'Party Scene', 'Basketball drill' 등의 영상에서는 제안된 양방향 인트라 예측 부호화 방법이 효율적으로 사용되어 부호화 효율이 향상됨을 확인 할 수 있다.

실험결과를 살펴보면 영상의 해상도가 커질수록 인트라 모드의 발생 비율이 높아지는 것을 알 수 있다. 이는 영상의 크기가 커지면서 화면 내 매크로블록들 사이의 공간적 영상 상관도가 높아졌기 때문이다. 이는 같은 영상이면서 해상도가 다른 WVGA와 WQVGA급의 'Racehorses'들을 살펴보면 영상의 크기가 커지면서 좀 더 인트라 발생 빈도수가 높아짐을 알 수 있다. 이는 영상이 커지면서 매크로 블록사이의 상관도가 높아졌기 때문이다.

본 기술은 확장된 매크로 블록에 인터 블록과 인트라 블록이 혼재 되어있을 경우 효과적이다. 이렇게 확장된 매크로 블록 내의 매크로 블록들이 인터 모드와 인트라 모드가 혼재되어 선택되는 경우는 (a) 확장된 매크로 블록과 참조 영상 사이에서 특정 매크로 블록만 시간적 영상 상관도가 높으면서 동시에 확장된 매크로 블록 내에서 공간적 영상 상관도가 높을 경우이거나, 또는 (b) 확장된 매크로 블록과 참조영상 사이에서 시간적 영상 상관도가 낮고, 확장된 매크로 블록 내에서도 공간적 영상 상관도 역시 낮을 경우이다. 후자 (b)의 경우는 코딩하기가 매우 힘든 경우로 보통의 경우 확장된 매크로 블록내의 대부분의 매크로 블록들은 인트라 모드로 부호화되어진다. 이러한 상황을 가장 잘 반

영하는 영상이 'Racehorses'이다. 이렇게 부호화하기 곤란한 영상인 경우에도 제안하는 알고리즘이 조금이나마 성능을 향상시킬 수 있었다. 전자 (a)의 경우는 제안하는 알고리즘의 성능이 가장 크게 나오는 경우로써 HD급 해상도의 'ParkScene'이 그 대표적인 영상이다. 이 'ParkScene' 영상의 경우, 제안하는 알고리즘의 선택율은 같은 해상도의 영상인 'BasketballDrive'보다도 적지만 'BasketballDrive' 영상의 경우보다 더 큰 성능 향상을 나타내고 있다. 이는 'BasketballDrive'가 앞의 (b)의 경우에 해당하여 제안 알고리즘의 선택율은 높지만 그 효과가 작은 영상이고, 'ParkScene' 영상은 (a)의 경우에 해당하는 영상으로써 제안 알고리즘의 효과가 크기 때문이다.

표 4에서 보면, 제안 하는 방법을 사용 하면 기존의 인터 매크로 블록으로 결정되었던 매크로 블록들이 양방향 인트라 예측 부호화 되어 인트라 및 양방향 인트라 매크로 블록으로 선택되는 비율이 증가하였다. 인트라 및 양방향 인트라 예측 모드로 선택된 비율의 합이 기존의 한방향 인트라로 선택된 비율 보다 적게는 약 3%에서 많게는 10% 정도 증가하는 것을 확인 할 수 있었다. 이러한 인트라 예측 모드로 선택된 매크로 블록의 증가는 (a) 제안하는 적응적인 부호화 순서 계산 방법 및 (b) 양방향 인트라 예측 방법, 그리고 (c) 인터 및 인트라 혼용 방법을 이용한 제안 알고리즘이 기존 방법보다 예측 성능을 높여 발생 비트를 감소시키는 것을 의미한다.

### 3. 확장된 매크로 블록 및 병렬화

실시간 응용분야에서 비디오 코덱을 사용하기 위해서는 매크로블록 단위로 병렬처리가 가능해야한다. 본 논문에서 제안하는 알고리즘은 매크로 블록단위로 순서가 섞이기 때문에 병렬처리가 어려우며 이로 인해 처리시간 지연(delay)이 발생할 수 있다. 하지만 고해상도 영상을 압축하기 위해 표준화(JCT-VC)가 진행되고 있는 HEVC 코덱의 경우에도 본 논문의 제안 기술과 마찬가지로 확장된 매크로 블록을 사용하고 있으며, 이 표준화 과정에서 알려진 바로는 기존의 매크로 블록보다 확장된 매크로 블록의 사용이 코덱의 압축 효율을 증가시킨다고 알려져 있다. 따라서 현재 표준

화 추세는 본 논문에서 사용하고 있는 것과 마찬가지로 확장된 매크로 블록을 사용하고 있고, 프로세스의 병렬화 역시 매크로 블록 단위가 아닌 확장된 매크로 블록 단위로 이뤄지는 추세이다. 결국 현재 진행되는 표준화 과정처럼 확장된 매크로 블록단위로 병렬처리가 이루어지면 위에서 언급한 본 논문의 제안기술에 대한 병렬화 및 지연 문제는 해결될 것으로 생각한다.

#### 4. 복잡도 비교 및 분석

기존 부호화 방법과 제안 부호화 알고리즘의 복잡도를 비교하기 위해서, 각 방법을 구성하는 핵심 모듈들을 그림 14와 같이 표시하였다. 기존 방법인 KTA 코덱에서는 부호화 시 확장된 매크로 블록단위로 부호화를 진행한다. 확장된 매크로블록 내부의 16x16 크기의 각 매크로블록에 대해서 인터 예측 및 인트라 예측 부호화를 수행한 후, 최소의 윌-왜곡 비용 값을 갖는 모드로 결정한다. 이 과정을 거치면 인터 또는 인트라 예측 모드로 결정된 매크로블록들의 조합이 결정된다. 이 때 사용되는 부호화 순서는 raster scan 방법이다. 그리고 위의 단계가 끝나면, 확장된 매크로블록을 32x32, 32x16, 16x32 크기 블록으로 나눈 후, 각 블록별로 인터 예측을 수행한다. 이런 다양한 부호화 조합들에 대해서 윌-왜곡 비용값을 계산하고 비교한 후, 최적의 모드

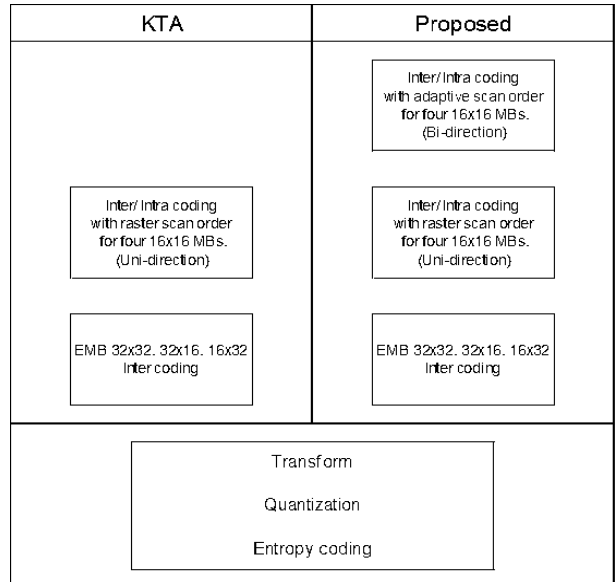


그림 14. KTA와 제안하는 방법에서의 인코더의 모듈들 비교  
Fig. 14. Comparison between modes of KTA and the proposed scheme

조합을 결정한다.

이에 비해 제안하는 코딩 방법에서는 앞에서 서술한 KTA의 부호화 과정 외에 추가적으로 적응적인 부호화 순서 결정 방법을 이용한 적응적 인터 및 양방향 인트라 예측을 수행 하는 단계를 추가 하였다. 그림 2에서 표현했듯이,

표 5. 제안하는 방법의 인코더 및 디코더 복잡도 비교 (KTA vs the proposed scheme)  
Table 5. Comparison between complexities of KTA and the proposed scheme

Size	Sequence	QP (I/P/B)	Encoder	Decoder
Class B	Kimono	37/38/39	578	104
		32/33/34	572	106
		27/28/29	580	108
		22/23/24	593	112
Class C	BasketballDrill	37/38/39	589	103
		32/33/34	526	105
		27/28/29	619	107
		22/23/24	666	110
Class D	BasketballPass	37/38/39	547	103
		32/33/34	568	104
		27/28/29	579	106
		22/23/24	650	109

기존 KTA 방법과 제안하는 방법의 율-왜곡 함수를 비교하여 최적의 부호화 모드 조합을 선택하도록 구현하였기 때문에 부호화기의 복잡도가 증가하였다.

표 5은 컴퓨터 실험을 통해서 측정된 부호화기와 복호화기의 복잡도를 나타낸다. 제안 하는 방법은 기존 KTA 코덱에 비해 인코더 복잡도가 평균적으로 5배 정도 증가 하였으며, 복호화기는 최소 3%에서 최대 12% 정도의 복잡도가 증가 되었다. 본 논문에서 제안하는 압축 알고리즘의 인코더 복잡도가 지나치게 높은 단점이 있어 향후 이를 개선하는 기술이 개발될 필요가 있다.

## VI. 결 론

본 논문에서는 KTA를 이용하여 확장된 매크로블록을 사용하였을 때, 효율적인 인트라 및 인터 블록 혼합 부호화 방법을 사용하여 부호화 효율을 높이도록 부호화 알고리즘을 제안하였다. 제안하는 방법에서는 확장된 매크로 블록 내의 인터 매크로블록부터 먼저 부호화 및 복호화한 후, 그 복원 정보를 인트라 매크로블록 예측 시 참조 화소로 사용한다. 이런 과정을 통해 제안 부호화 기술에서는 기존의 한 방향 인트라 예측 외에 양방향 인트라 예측을 추가로 사용할 수 있도록 제안하였다. 또한 결정된 인트라 및 인터 매크로 블록 조합에 대한 부호화 순서 정보를 복호기에 추가적인 비트 없이 전송해주기 위해서, 기존의 KTA 비트스트림 구조를 수정하였다. 컴퓨터 실험을 통해 제안하는 부호화 방법이 기존의 KTA보다 평균 0.5%의 BD-Rate를 감소시키는 것을 확인하였다.

## 참 고 문 헌

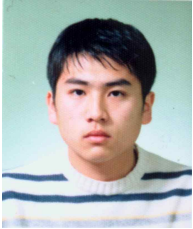
- [1] ITU-T Rec. H.264 and ISO/IEC 14496-10, "Advanced Video Coding for Generic Audiovisual Services", Nov. 2007.
- [2] K. Suehring, H.264/AVC reference software (JM16.1) <http://iphome.hhi.de/suehring/tml/download/>
- [3] K. Suehring, KTA software(2.7) <http://iphome.hhi.de/suehring/tml/download/>
- [4] P. Chenn, Y. Ye, and M. Karczewicz, "Video coding using extended block sizes", ITU-T Q.6/SG16 VCEG, COM16-C123, Geneva, CH, January 2009.
- [5] Y. Ye, H. Wang, and M. Karczewicz, "Simulation Results for Mode Dependent Directional Transform(MDDT) and Comments on Intra Coding,"ITU-T SG16/Q.6 Doc. VCEG-AJ24, San Diego, USA, Oct. 2008.
- [6] T. Chujoh, A. Tanizawa and T. Yamakage, "Adaptive Loop Filter for Improving Coding Efficiency," ITU-T SG16 Contribution, C402, Geneva, April 2008.
- [7] Y. Vatis and J. Ostermann, "Comparison of complexity between two-dimensional non-separable adaptive interpolation filter and standard wiener filter", ITU-T SGI 6/Q.6 Doc. VCEG-AA11, Nice, France, October 2005.
- [8] E.-H. Yang and X. Yang, "Rate distortion optimization of H.264 with main profile compatibility," pp282 - 286, ISIT, July 2006
- [9] J. Jung and G. Laroche, Competition-Based Scheme for Motion Vector Selection and Coding. VCEG Contribution VCEG-AC06, Klagenfurt (July 2006)
- [10] Y. Ye and M. Karczewicz, "Improved Intra Coding," ITU-T Q.6/SG16, C257, Geneva, Switzerland, June 2007.
- [11] Y. Ye and M. Karczewicz, "Improved intra coding," ITU-T Q.6/SG16 VCEG, VCEG-AG11, Shenzhen, China, October 2007.
- [12] Y. Ye and M. Karczewicz, "Improved h.264 intra coding based on bi-directional intra prediction, directional transform, and adaptive co-efficient scanning" Image Processing, 2008. ICIP 2008. 15th IEEE International Conference
- [13] M.-J. Kim and J.-K. Han, "Supplementary information to design filters for bi-directional intra predictions", [http://msp.sejong.ac.kr/document/bifiltering\\_map.pdf](http://msp.sejong.ac.kr/document/bifiltering_map.pdf)
- [14] G. Bjontegaard, "Calculation of average PSNR differences between RD-curves," VCEG Contribution VCEG-M33, Austin, Apr, 2001



---

저 자 소 개

---



김민재

- 2009년 : 세종대학교 정보통신공학과 학사
- 2010년 ~ 현재: 세종대학교 정보통신공학과 석사 과정
- 주관심분야 : HEVC, H.264/AVC, 영상처리



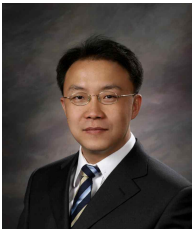
서찬원

- 2007년 : 세종대학교 정보통신공학과 학사
- 2009년 : 세종대학교 정보통신공학과 석사
- 2010년~ 현재: 세종대학교 정보통신공학과 박사 과정
- 주관심분야 : HEVC, H.264/AVC, SVC



장명훈

- 2010년 : 세종대학교 정보통신공학과 학사
- 2010년 ~ 현재: 세종대학교 정보통신공학과 석사 과정
- 주관심분야 : HEVC, H.264/AVC, 영상처리



한종기

- 1992년 : 한국과학기술원(KAIST) 전기 및 전자공학과 학사
- 1994년 : 한국과학기술원(KAIST) 전기 및 전자공학과 석사
- 1999년 : 한국과학기술원(KAIST) 전기 및 전자공학과 박사
- 1999년 2월 ~ 2001년 8월: 삼성전자 DM 연구소 책임 연구원
- 2001년 9월 ~ 2006년 2월: 세종대학교 정보통신공학과 조교수
- 2006년 3월 ~ 현재 : 세종대학교 정보통신공학과 부교수
- 주관심분야 : HEVC, H.264/AVC, SVC, DVC, Transcoding, 영상처리, 신호처리