

ECM 화면내 예측 및 부호화 기술

□ 강재하, 김지영, 한희지, 최해철 / 한밭대학교

요약

ECM(Enhanced Compression Model)은 VVC(Versatile Video Coding) 표준 제정 이후, VVC를 확장하거나 새로운 표준을 정립하기 위한 기술 탐색의 일환으로 JVET(Joint Video Experts Team)에서 개발 중인 참조 소프트웨어이다. ECM은 VVC 대비 다양하고 효과적인 기술을 포함하고 있으며, 특히 부호화 효율성 측면에서 현저한 개선을 보여주고 있다. 본 고에서는 VVC와 비교하여 ECM에서 채택된 새로운 화면내 예측 기술들을 소개한다. ECM에서는 MPM(Most Probable Mode) 및 MRL(Multiple Reference Line)의 후보 개수가 증가되었으며, 세분화된 Planar 모드와 밝기 및 색상 성분 간 상관관계를 활용한 다양한 CCLM(Cross Component Linear Model) 기술이 도입되었다. 이 외에도 현재 부호화 블록 주변의 복원된 화소를 템플릿으로 사용하여 현재 블록을 예측하고, 템플릿 기반으로 추가 전송 비트 없이 복호기에서 필요한 정보를 유도하는 여러 기술이 적용되었다. 이러한 ECM의 화면내 부호화 기술은 VVC 대비 All Intra 부호화 조건에서 평균 12.49%의 부호화 이득을 제공한다. 그러나 이러한 유도 기술과 복잡한 부호화 방법은 인코더와 디코더의 복잡도를 각각 867.2%, 454.4% 증가시켰다. 따라서, 부호화 효율을 향상시키는 동시에 복잡도를 감소시키기 위한 추가 연구 및 최적화 방안 개발이 필요하다.

I. 서론

ISO/IEC의 MPEG(Moving Picture Experts Group)과 ITU-T의 VCEG(Video Coding Experts Group)은 비디오 부호화 표준 연구를 위해 공동으로 JVET(Joint Video Experts Team)을 구성하였다. JVET은 기존의 VVC(Versatile Video Coding) 비디오 부호화 표준을 2020년에 성공적으로 제정한 이후, VVC의 성능을 뛰어 넘는 새로운 비디오 부호화 기술 개발을 목표로 기술 탐색을 진행하고 있다. 2021년 1월에 열린 JVET 회의는 첫 번

째 탐색 실험(Exploration Experiment)의 시작으로, 그 이후 지속적으로 새로운 부호화 성능 향상 기술을 탐구하고 있다.

현재 진행 중인 참조 소프트웨어는 ECM(Enhanced Compression Model)[1][2]으로 명명되었으며, VVC[3] 기술에 비해 다수의 진보된 기능이 포함되어 있다. ECM-10.0은 AI(All Intra) 부호화 조건에서 VVC 대비 평균 12.49%, RA(Random Access) 조건에서는 약 22.23%의 BD-rate 이득을 보이는 등 우수한 성능을 나타내고 있다 [4]. 본 논문에서는 ECM의 비디오 부호화 기술 중 특히 화

면내 예측 기술과 관련하여 VVC 대비 새롭게 채택된 기술들을 소개하고자 한다.

II. 화면내 부호화 방법

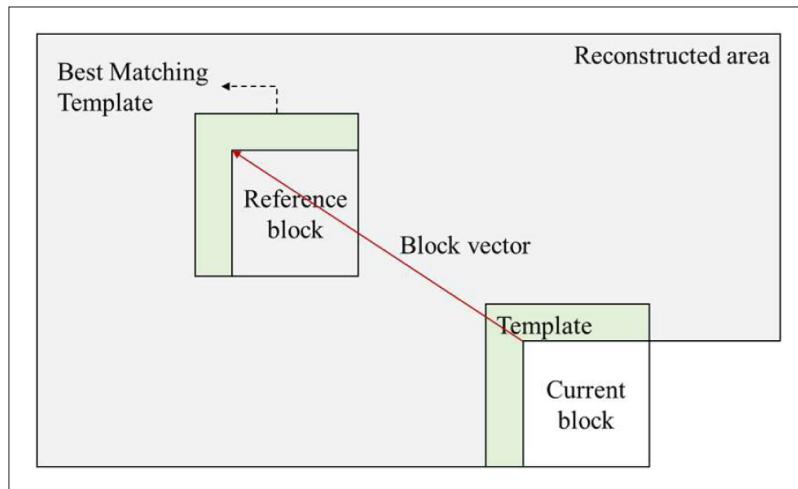
본 장에서는 ECM의 화면내 부호화 기술의 개요를 설명한다. 우선, VVC에서 사용되는 기법을 기반으로 하여 다양한 기능을 확장하고 개선한 기술을 주목한다. ECM에서는 MPM(Most Probable Mode)[5] 및 MRL(Multiple Reference Line)[6] 기술의 리스트 크기가 확장되었다. 또한, 기존의 Planar 모드는 Horizontal Planar, Vertical Planar 및 Directional Planar로 세분화 및 확장되어, 보다 정밀한 예측을 가능하게 하였다[7]. 이와 더불어, 전송 효율성 증가를 위해 다양한 화면내 예측 모드 유도 기술이 도입되었다. IntraTMP(Intra Template Matching Prediction) 기술은 템플릿 기반 참조 블록 탐색을 통해 디코더에서 참조 블록을 암시적으로 얻는 방법을 제공한다. DIMD(Decoder Side Intra Mode Derivation)[8] 기술은 템플릿 영역 내 기울기 분석을 통해 HoG(Histogram of Oriented Gradient)를 기반으로 예측 모드를 유도한다. TIMD(Template-based Intra Mode Derivation)[9] 기술은 템플릿의 참조 영역을 이용하여 템플릿을 예측해 봄으로써 현재 부호화 블록의 예측 모드를 얻는다. 또한, MRL 리스트의 확장으로 다양한 참조 라인 활용이 가능해진 점도 중요한 개선이다. Intra prediction fusion[10] 기술은 확장된 MRL을 기반으로 두 개의 참조 라인을 결합하는 방식을 채택한다. TMRL(Template-based Multiple Reference Line)[11] 화면내 예측 기술은 확장된 MRL 리스트와 화면내 예측 모드의 조합을 통해 새로운 리스트를 구성한다. 색차 성분 관련 기술로는 CCLM(Cross-Component Linear Model)을 확장한 MMLM(Multi-Model Linear Model)[12] 기술, 7-tap 합성곱 연산을 적용한 CCCM(Convolutional Cross-Component intra prediction Model)[13] 기술, 그리고 휘도 성분에서 색차 성분으로 확장된 DBV(Direct

Block Vector for chroma block)[14] 기술이 도입되었다. 이러한 화면내 예측 기술들은 비디오 부호화의 효율성과 정확도를 크게 향상시키는 데 기여하였다. 이들 기술에 대한 개략적인 설명과 분석을 제공함으로써, 해당 분야의 연구와 개발에 도움을 주고자 한다.

1. Intra template matching

IntraTMP(Intra Template Matching Prediction) 기술은 현재 부호화 블록의 상단 및 좌측 4개 라인을 템플릿으로 지정하고, 이 템플릿과 유사한 템플릿을 현재 프레임의 복호화된 영역에서 탐색한 후, 해당 템플릿에 대응되는 블록을 예측 블록으로 활용하는 방법이다. IntraTMP 기술은 여러 서브 모드를 포함하고 있는데, 이에는 단일 예측자(single predictor), 다중 예측자의 융합(fusion of multiple predictors), 서브 퍽셀 정밀도(sub-pel precision), 선형 필터 모델(linear filter model)로 총 4가지 모드가 있다. 각 모드는 RD(Rate-Distortion) 최적화 과정을 거쳐 최적의 서브 모드를 선정하며, 선정된 모드를 통해 예측 및 시그널링을 수행한다.

단일 예측자 모드에서는 유사한 템플릿 탐색 과정이 두 단계로 진행된다. 첫 번째 단계에서는 3개 화소 간격으로 탐색을 수행하여 30개의 유사한 템플릿을 가리키는 블록 벡터를 후보 리스트에 포함시킨다. 두 번째 단계에서는 후보 리스트의 30개 블록 벡터 중에서 주변 3×3 영역에서 1개 화소 간격으로 세밀한 탐색을 수행하여 최종적으로 19개의 블록 벡터를 선정한다. 이후 RD 과정을 통해 이들 중 최적의 참조 블록을 선정하고, 최종적으로 선택된 블록 벡터의 후보 리스트 인덱스를 시그널링한다. 다중 예측자의 융합 모드는 여러 참조 템플릿 및 참조 블록을 가중치 결합하여 사용한다. 서브 퍽셀 정밀도 모드는 1/2-Pel, 1/4-Pel, 3/4-Pel의 정밀도를 기반으로 유사한 템플릿을 탐색한다. 선형 필터 모델 모드는 십자 모양의 5-tap 필터에 편향(bias)을 추가한 6-tap 필터를 활용하여 예측 블록을 필터링하는데, 이 필터 계수는 현재 템플릿과 참조 템플릿



<그림 1> Intra template matching

간의 관계를 기반으로 계산되며, 생성된 필터를 적용한 참조 블록을 이용하여 현재 부호화 블록을 예측한다.

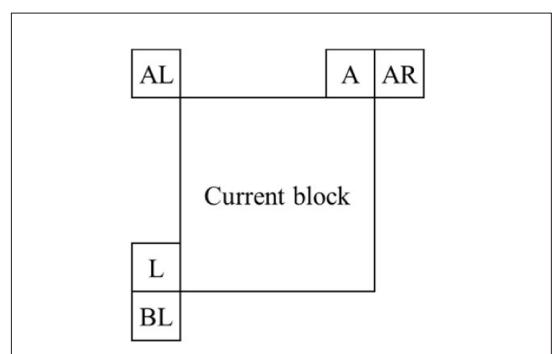
IntraTMP의 템플릿 탑입에는 L자형, 상단형(Top), 좌측형(Left) 등이 포함된다. 템플릿 탐색 영역은 인코더와 디코더에서 사전에 정의되며, 최근 표준화 회의에서는 IntraTMP의 탐색 영역이 지속적으로 확장되고 있다는 점이 강조된다.

2. Primary and Secondary MPM

비디오 부호화 과정에서 현재 부호화 블록은 주변 블록들과 텍스처의 방향성이 유사한 특성을 자주 보인다. 이를 바탕으로 VVC는 주변 블록들의 모드를 반영하여 MPM 리스트를 구성하고, 이 리스트를 사용하여 현재 부호화 중인 블록의 최적의 화면내 예측 모드를 시그널링함으로써 화면내 모드 전송을 위한 비트 할당을 최소화한다. VVC에서는 현재 부호화 중인 블록의 좌측 및 상측 블록의 모드를 기준으로 6개의 후보 모드를 포함하는 MPM 리스트를 구성한다. 반면, ECM에서는 이 리스트의 크기를 확장하여 22개의 모드를 포함하는 MPM 리스트를 구성한다. 이 리스트는 PMPM(Primary MPM)과 SMPM(Secondary MPM)

두 부분으로 나뉘는데, PMPM 리스트에는 6개의 모드가, SMPM 리스트에는 16개의 모드가 각각 포함된다[5].

PMPM 리스트는 인접한 지점의 화면내 예측 모드를 기반으로 구성되며, <그림 2>에 나타난 L, A, BL, AR, AL 지점의 모드를 참조한다. 구체적으로, PMPM 리스트의 첫 번째 모드는 Planar 모드로 설정되고, 이어서 L, A, BL, AR, AL 지점의 모드가 순차적으로 추가되어 총 6개의 모드로 이루어진다. SMPM 리스트는 DIMD(Decoder side Intra Mode Derivation) 기술을 통해 유도된 5개의 모드를 SAD(Sum of Absolute Differences) 비용이 낮은 순서



<그림 2> 현재 부호화 블록의 인접 블록 (L, A, BL, AR, AL)

대로 추가하며, 이미 MPM 리스트에 포함된 모드 넘버에 지정된 오프셋을 더한 모드를 추가가 삽입한다. 만약 리스트가 아직 충분히 채워지지 않았다면, 사전에 정의된 디폴트 모드들을 리스트가 완성될 때까지 추가한다.

3. Decoder side intra mode derivation

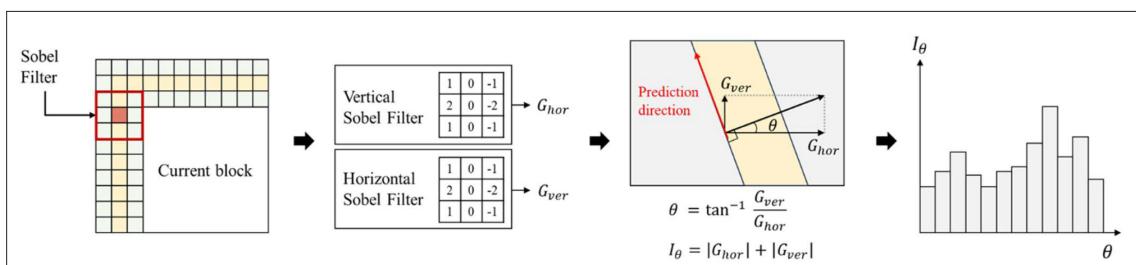
DIMD[8] 기술은 복원된 좌측 및 상측의 3개 라인으로 구성된 템플릿 영역을 기반으로 5개의 화면내 예측 모드를 유도하는 방법을 제시한다. 이 기술은 템플릿 영역 내에서 수직 및 수평 방향의 기울기를 분석하여 각도(orientation) 및 크기(magnitude) 정보를 추출한다. 이를 위해, 3×3 크기의 수직 및 수평 Sobel 필터를 적용하여 각각의 방향성에 따른 기울기 값을 계산한다. 이 과정은 <그림 3>에 상세히 나타나 있다. 계산된 각도와 크기 정보는 HoG(Histogram of Oriented Gradient)를 생성하는 데 사용되며, HoG는 각도를 x축, 크기를 y축으로 누적하여 구성된다. HoG 상에서 누적 크기 값이 상대적으로 높은 5개의 각도를 유도하여 이에 해당하는 화면내 예측 모드를 결정한다. 이렇게 유도된 5개의 예측 모드와 추가적으로 Planar 모드를 가중치 결합하여 최종적인 예측 블록을 형성한다. 생성된 이 5개의 DIMD 모드는 이후 MPM 리스트 생성 시에 활용되며, 이 리스트는 부호화 과정에서 화면내 예측 모드 선택에 기여한다.

4. Fusion for template-based intra mode derivation

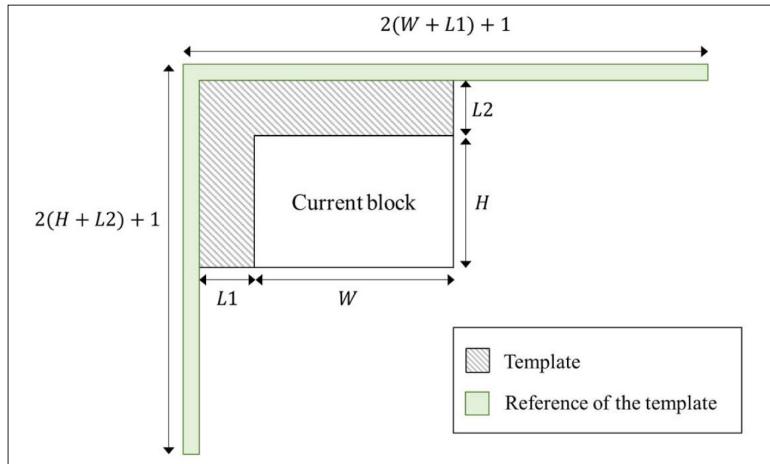
TIMD[9] 기술은 현재 부호화 블록 주변의 복원된 좌측 및 상측 영역을 템플릿으로 활용하여, 해당 템플릿 참조 영역을 기반으로 MPM 리스트의 화면내 예측 모드를 적용하는 방식으로 예측을 수행한다. 이 템플릿 영역은 이미 복원된 영역이기 때문에, 예측된 템플릿 값과 실제 복원된 템플릿 값 사이의 SATD(Sum of Absolute Transformed Differences) 비용을 계산한다. 이 비용을 기반으로 최소 비용을 나타내는 모드와 두 번째로 낮은 비용을 나타내는 모드를 선택한다. 선택된 두 TIMD 모드의 가중치 결합 여부는 식 (1)에 따라 결정된다. 이 식에 따르면, 최적 TIMD 모드의 SATD 비용이 두 번째 모드보다 2배 이상 낮을 경우에는 단독 모드를 사용하고, 그렇지 않을 경우 두 TIMD 모드의 예측 신호를 가중치 결합하여 사용한다. 이때의 가중치는 식 (2)에 따라 SATD 비용이 낮은 모드에 높은 가중치를 부여한다. 템플릿 영역의 크기는 현재 부호화 중인 블록의 크기에 기반하여 결정된다. 가로 또는 세로 길이가 8보다 큰 블록의 경우 <그림 4>와 같이 템플릿 크기 L1 또는 L2를 4로 설정하고, 8 이하인 경우에는 2로 설정한다.

$$\text{costMode2} < 2 * \text{costMode1} \quad (1)$$

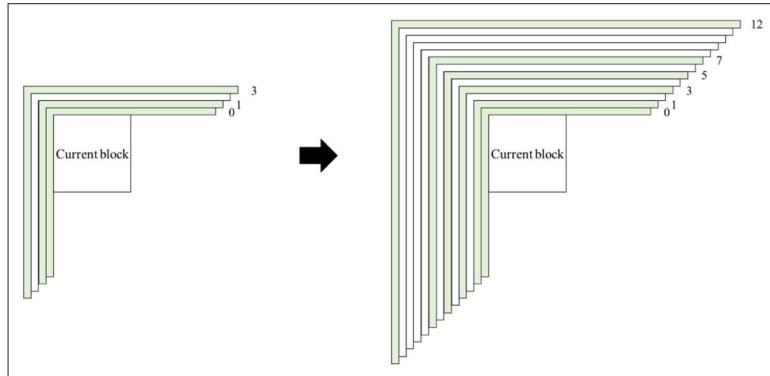
$$\begin{cases} \text{weight1} = \text{costMode2}/(\text{costMode1} + \text{costMode2}) \\ \text{weight2} = 1 - \text{weight1} \end{cases} \quad (2)$$



<그림 3> DIMD의 템플릿 기반 화면내 예측 모드 도출 방법



<그림 4> TIMD 기술의 템플릿 영역 및 템플릿의 참조 영역



<그림 5> VVC 대비 확장된 MRL 리스트 후보

5. Extended multiple reference line list

기존 VVC에서는 <그림 5> 좌측과 같이 0, 1, 3번째 라인을 화면내 예측을 위한 참조 라인으로 사용하였으나, ECM은 이를 확장하여 <그림 5> 우측과 같이 0, 1, 3, 5, 7, 12번째 라인을 사용할 수 있도록 개선하였다[6]. 더 많은 참조 라인을 활용하여 화면내 부호화 예측을 수행함으로써 예측 정확도를 향상시킬 수 있다.

6. Intra Prediction Fusion

Intra Prediction Fusion 기술[14]은 MRL의 선택된 참

조 라인과 그 상단 라인을 활용하여 각각 두 개의 예측 블록을 생성하는 방법을 제안한다. 생성된 두 예측 블록은 가중치 결합을 통해 최종 예측 신호로 활용된다. MRL 기술에서는 참조 라인의 1, 3, 5, 7, 12번 라인에 대해 RD 최적화 과정을 수행한다. 이 과정에서 현재 활용 중인 참조 라인과 상단 라인을 기반으로 DIMD 및 TIMD의 화면내 예측 모드를 적용하여 예측 블록을 생성한다. 이후, 생성된 예측 블록은 가중치 결합 과정을 거쳐 최종 예측 블록으로 완성된다. 이때, 참조 라인과 상단 참조 라인에 대한 가중치는 각각 3/4과 1/4로 설정된다. TIMD의 블렌딩 모드에서는 최적의 TIMD 모드가 선택될 경우 MRL 참조 라인을 사용하고, 두 번째로 우수한 TIMD 모드가 선택될 경

우 MRL의 상단 라인을 사용하여 예측 블록을 형성한다.

7. Template-based multiple reference line intra prediction

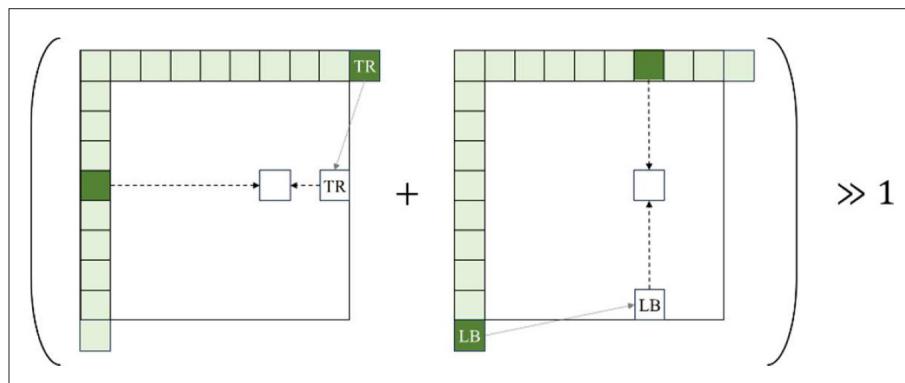
확장된 MRL 리스트를 활용함에 따라 증가하는 복잡도 및 전송 비트량을 최소화하기 위해, TMRL(Template-based Multiple Reference Line Intra Prediction)[11] 기술이 도입되었다. 이 기술은 화면내 예측 모드와 참조 라인 인덱스를 결합하여 {참조 라인, 화면내 예측 모드}의 형태로 후보 리스트를 구성한다. 후보 리스트 구성 시 사용 가능한 참조 라인은 {1, 3, 5, 7, 12}로 총 5개의 참조 라인을 고려하며, 화면내 예측 모드는 선별된 총 10개를 이용한다. 이 모드 중 첫 5개는 현재 부호화 중인 블록에 인접한 지점(L, A, BL, AR, AL)의 예측 모드를 포함하며, 나머지 5개는 DIMD 기술을 통해 유도된다. 만약 동일한 모드가 이미 후보 리스트에 존재한다면, 중복 삽입을 피하기 위해 DIMD 기술로부터 유도된 모드 넘버에 $\pm 1 \sim \pm 4$ 의 오프셋을 적용하여 추가 모드를 생성한다. 또한, 비인접 블록의 모드도 고려되며, 인접 블록이나 비인접 블록이 SGPM(Split Group Prediction Mode) 혹은 GPM(Group Prediction Mode)으로 부호화된 경우, 해당 블록에서 사용된 분할 각도에 대응하는 화면내 예측 모드도 활용한다.

이러한 방식으로, 5개의 참조 라인과 10개의 화면내 예측 모드의 조합으로 총 50개의 후보 리스트를 구성한다. 이 50개의 {참조 라인, 화면내 예측 모드} 조합은 템플릿을 이용하여 다시 다음의 선별 과정을 거친다. 이 선별 과정에서, 0번째 라인은 템플릿 영역으로 지정되며, 후보 리스트의 조합을 통해 템플릿 영역을 예측해 본다. 예측 값과 템플릿 값 사이의 SAD 비용을 계산하여, SAD 비용이 낮은 순서대로 TMRL 최종 후보 리스트에 최대 20개의 조합을 포함시킨다. 후보 리스트에서 사용된 조합의 인덱스를 복호기로 전송하여 화면내 예측 모드 및 참조 라인을 명시적으로 표현한다.

8. Directional Planar

VVC 표준에서의 Planar 기술은 현재 부호화 중인 블록에 대해 참조 라인을 활용하여 수직 및 수평 방향으로 평활화(smoothing)하는 방식을 채택한다. 이 기술은 (그림 6)에 나타난 바와 같이, 수평 방향 계산에는 현재 부호화 중인 블록의 우상단 참조 라인 화소 값과 해당 y 위치의 좌측 참조 라인 화소 값을 사용하며, 수직 방향 계산에는 좌하단 참조 라인 화소 값과 해당 x 위치의 상측 참조 라인 화소 값을 사용한다. 이후, 이 두 계산 값의 평균을 취하여 현재 부호화 중인 블록을 예측한다.

Directional Planar[7] 기술은 기존의 Planar 기술을 확



<그림 6> VVC의 Planar 예측 기술

장하여 두 가지 추가 모드를 도입한다. 첫 번째는 수직 방향 계산에만 의존하는 Planar Vertical 모드이며, 두 번째는 수평 방향 계산에만 의존하는 Planar Horizontal 모드이다. Planar Vertical 모드로 예측이 수행된 경우, 변환 과정에서는 Horizontal 모드에 해당하는 변환 커널을 사용한다. 반대로, Planar Horizontal 모드로 예측이 수행된 경우에는 Vertical 모드에 해당하는 변환 커널을 사용한다.

9. Multi Model Linear Model

MMLM[12] 기술은 VVC 표준에 채택된 CCLM 기술의 확장된 형태이다. CCLM 기술은 복원된 흑도 블록을 활용하여 (그림 7) 및 식 (3)에 설명된 바와 같이 선형 필터링을 적용, 색차(chroma) 블록을 예측하는 방식이다. 이 과정에서 사용되는 선형 필터링 계수는 현재 부호화 중인 색차 블록과 해당하는 흑도 블록의 인접 템플릿 간 차이를 최소화하도록 유도된다.

MMLM 기술은 CCLM과 달리 두 개의 선형 필터링 모델을 사용한다는 점에서 차별화된다. MMLM에서는 현재 부호화 중인 색차 블록의 인접 템플릿 영역의 평균값을 임

계값으로 설정한다. 이후, 이 임계값을 기준으로 하여 두 가지 경우의 선형 필터링 계수를 찾아낸다. 하나는 임계값보다 작은 값에 대한 계수이며, 다른 하나는 임계값보다 큰 값에 대한 계수이다. 이로써 두 개의 선형 모델이 구축된다. 색차 블록을 예측하는 과정에서 현재 부호화 중인 색차 블록의 위치에 대응하는 흑도 블록의 샘플값이 임계값보다 작을 경우, 식 (4)에 정의된 선형 필터를 사용하여 필터링을 수행한다. 반면, 샘플값이 임계값을 초과할 경우, 식 (5)에 정의된 다른 선형 필터를 적용하여 필터링을 수행한다.

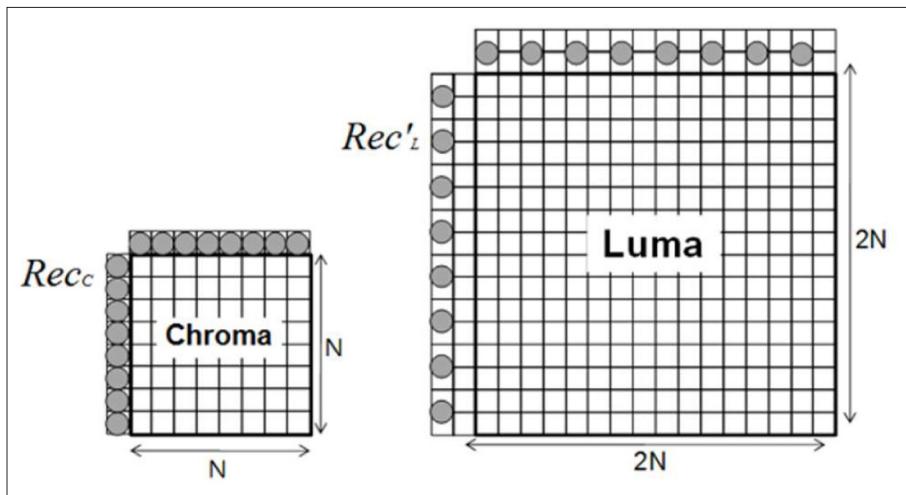
$$pred_c(i,j) = a \cdot rec'_L(i,j) + \beta \quad (3)$$

$$Pred_c[x,y] = a_1 \times Rec'_L[x,y] + \beta_1 \text{ if } Rec'_L[x,y] \leq Threshold \quad (4)$$

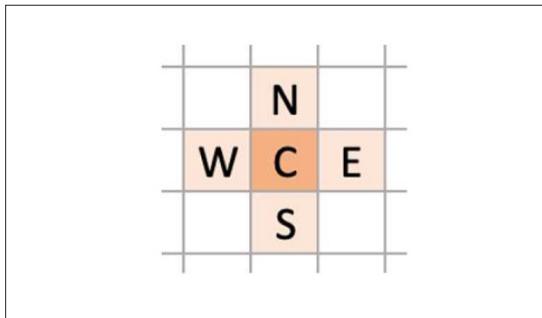
$$Pred_c[x,y] = a_2 \times Rec'_L[x,y] + \beta_2 \text{ if } Rec'_L[x,y] > Threshold \quad (5)$$

10. Convolutional cross-component intra prediction model

CCCM[13] 기술은 복원된 흑도 신호로부터 색차 신호를



<그림 7> Cross Component Linear Model[12]



<그림 8> CCCM의 5-tap 필터[13]

예측하기 위해 7-tap 합성곱 필터를 적용하는 기법이다. 이 필터는 5개의 휘도 신호 샘플, 하나의 비선형 항, 그리고 하나의 편향 항으로 구성된다. 5개의 휘도 신호 샘플은 <그림 8>에 표시된 바와 같이 현재 부호화 중인 색차 성분 샘플에 해당하는 휘도 성분 샘플의 중앙(C), 상단(N), 하단(S), 좌측(W), 우측(E) 값을 포함한다. 비선형 항 P는 식 (6)에 따라 중앙(C) 값에 기반하여 결정되며, 편향 항은 식 (7)에 따라 휘도 범위의 중간값, 예를 들어 10비트 비디오에서는 512로 설정된다. 7-tap 합성곱 필터의 출력은 식 (8)에 따라 필터 계수 c_i 와 입력 샘플 간의 합성곱 연산을 통해 계산되며, 이때 색차 성분의 유효 범위를 초과

하지 않도록 자르는 과정이 포함된다. 필터 계수 c_i 는 <그림 9>에 나타난 참조 영역에서 예측된 색차 성분과 복원된 샘플 간의 MSE(Mean Square Error)를 최소화하는 방식으로 유도된다. 추가적으로, 가장자리 샘플에 대해 십자(+) 부호 모양의 필터 합성곱 연산을 지원하기 위한 패딩 과정이 수행된다.

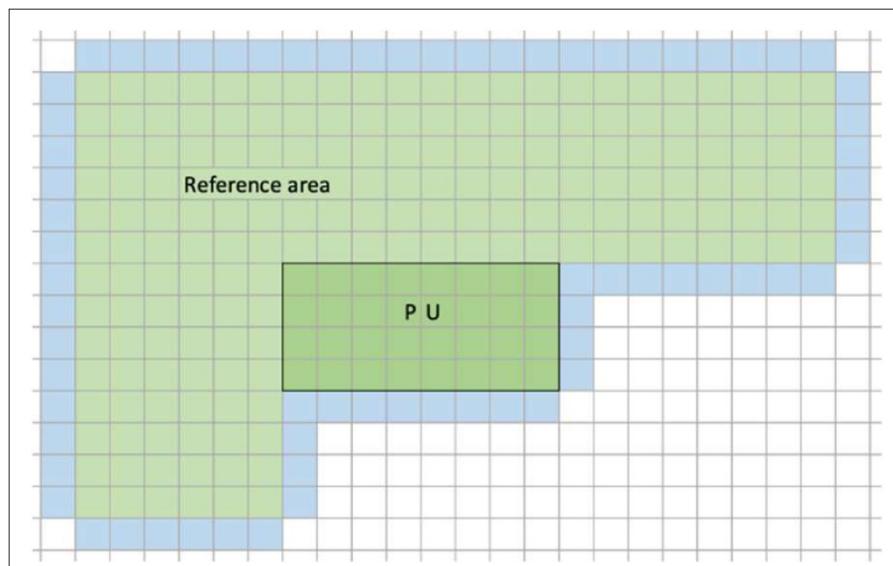
$$P = (C*C + midVal) \gg bitDepth \quad (6)$$

$$midVal = 512(bitDepth = 10, for 10 - bit content.) \quad (7)$$

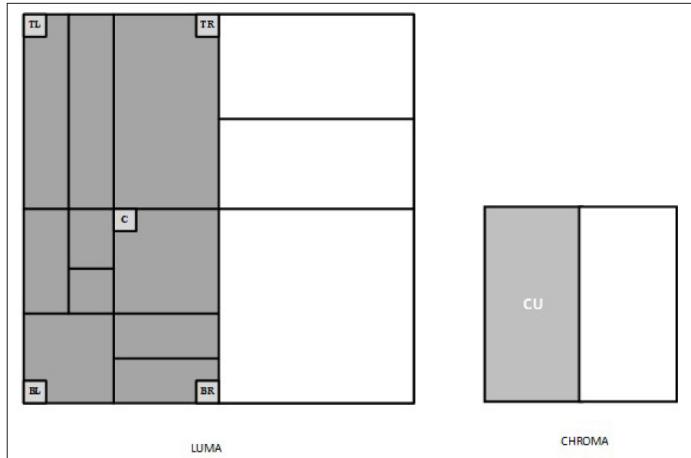
$$predChromaVal = c_0C + c_1N + c_2S + c_3E + c_4W + c_5P + c_6B \quad (8)$$

11. Direct block vector for chroma block

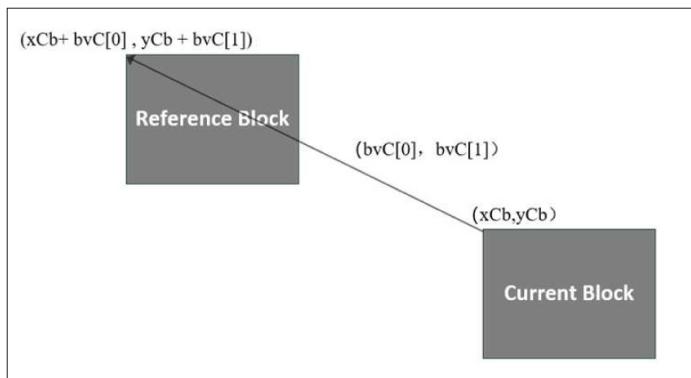
DBV[14] 기술은 I 슬라이스 내에서 색차 이중 트리 분할 모드의 예측 과정에 적용된다. 이 기술은 IBC(Intra Block Copy) 모드가 색차 예측에서 단일 트리 분할 모드에만 국한되어 사용된 것을 확장한다. DBV는 <그림



<그림 9> CCCM 참조 영역[13]



<그림 10> 색차 블록벡터를 위한 재구성된 휘도 샘플의 위치[14]



<그림 11> DBV 기술을 사용한 IBC 예측[14]

10)에 제시된 바와 같이, 5개 위치의 휘도 성분이 IBC 모드 또는 IntraTMP 모드로 부호화된 경우, 이의 블록 벡터(bvL)를 색차 블록 벡터(bvC)로 스케일링하여 활용함으로써 색차 성분의 부호화 효율을 개선한다. 이 과정에

<표 1> DBV 시그널링[14]

intra_chroma_pred_mode	bin string	chroma intra mode
0	11100	list[0]
1	11101	list[1]
2	11110	list[2]
3	11111	list[3]
4	110	DIMD chroma
5	10	DM
6	0	DBV

서, <그림 11>에서 보여지는 것처럼 현재 색차 블록의 위치(x_{Cb} , y_{Cb})와 파생된 블록 벡터(bvC)를 결합하여 해당 오프셋 위치를 결정하고 해당 참조 블록을 예측 블록으로 활용한다. DBV 모드의 적용 여부는 <표 1>에 나타난 바와 같이 CU(Coding Unit) 레벨에서 플래그를 통해 시그널링한다.

III. 결 론

본 고에서는 ECM에 통합된 화면내 예측 기술들에 대해 개략적으로 소개하였다. ECM은 VVC의 기존 기술들

인 MPM 리스트, MRL 리스트, CCLM, 그리고 Planar 모드를 확장하여 다양한 예측 메커니즘을 통해 예측 정확도를 향상시키는 새로운 접근법을 제시한다. 추가적으로, ECM은 IntraTMP, DIMD, TIMD, TMRL 등의 기술을 도입하여, 현재 부호화 블록의 주변 영역인 템플릿 영역을 기반으로 암시적으로 디코더에서 필요한 정보를 유도하는 방식을 채택하고 있다. 이러한 접근법은 VVC 대비 ECM의 부호화 효율을 향상시키는 중요한 요소로 작용하고 있다. 그러나 예측 모드의 많은 종류, 아직 최적화되지 않은 복

잡한 처리 방식, 특히 유도 기반의 예측 기법들은 인코더 및 디코더의 복잡도를 증가시키는 결과를 초래하고 있다. 실제로 ECM-10.0은 VVC 대비 All Intra 조건에서 인코더 및 디코더 복잡도가 각각 867.2%, 454.4% 증가하는 것으로 나타났다[4]. 이러한 점을 고려할 때, 향후 부호화 효율을 더욱 향상시키기 위한 새로운 화면내 부호화 방법 뿐만 아니라, ECM의 효율성을 유지하면서 복잡도를 감소시키기 위한 지속적인 연구와 최적화가 향후 표준화 과정에서 필요하다는 점이 강조된다.

참 고 문 헌

- [1] M. Coban, R.-L. Liao, K. Naser, J. Ström, L. Zhang, “Algorithm description of Enhanced Compression Model 11 (ECM 11),” Joint Video Experts Team (JVET), 32th Meeting, Hannover, JVET- AF2025, Oct, 2023
- [2] ECM reference software, <https://vcgit.hhi.fraunhofer.de/ecm/ECM/-/tree/ECM-10.0>
- [3] 한희지, 최재윤, 권태혁, 최해철, “VVC 화면내 예측 및 부호화 주요 기술,” 방송과 미디어, 24.4: 39-54, 2019년 10월
- [4] Vadim Seregin, Jie Chen, Roman Chernyak, Fabrice Le Léannec, and Kai Zhang, “JVET AHG report: ECM software development (AHG6),” Joint Video Experts Team (JVET), 32th Meeting, Hannover, JVET- AF0006, Oct. 2023
- [5] V. Seregin, W.-J. Chien, M. Karczewicz, N. Hu, “Block shape dependent intra mode coding,” Joint Video Experts Team (JVET), 4th Meeting, Chengdu, JVET-D0114, Oct. 2016
- [6] K. Cao, Y.-J. Chang, B. Ray, V. Seregin, M. Karczewicz, “EE2-2.1: Extended MRL candidate list,” Joint Video Experts Team (JVET), 25th Meeting, teleconference, JVET-Y0116, Jan. 2022
- [7] X. Li, R.-L. Liao, J. Chen, Y. Ye, “Non-EE2: On planar horizontal mode and planar vertical mode,” Joint Video Experts Team (JVET), 27th Meeting, teleconference, JVET-AA0104, Jul. 2022
- [8] M, Abdoli, T. Guionnet, E. Mora, M. Raulet, S. Blasi, A. Seixas Dias, G. Kulupana, “Non-CE3: Decoder-side Intra Mode Derivation with Prediction Fusion Using Planar,” Joint Video Experts Team (JVET), 15th Meeting, Gothenburg, JVET-O0449, Jul. 2019
- [9] K. Cao, N. Hu, V. Seregin, M. Karczewicz, Y. Wang, K. Zhang, L. Zhang, “EE2-related: Fusion for template-based intra mode derivation,” Joint Video Experts Team (JVET), 23rd Meeting, teleconference, JVET-W0123, Jul. 2021
- [10] K. Cao, V. Seregin, M. Karczewicz, “Non-EE2: Intra Prediction Fusion,” Joint Video Experts Team (JVET), 27th Meeting, teleconference, JVET-AA0137, Jul. 2022
- [11] L. Xu, Y. Yu, H. Yu, D. Wang, “Non-EE2: Template-based multiple reference line intra prediction,” Joint Video Experts Team (JVET), 27th Meeting, teleconference, JVET-AA0120, Jul. 2022
- [12] K. Zhang, J. Chen, L. Zhang, M. Karczewicz, “Enhanced Cross-component Linear Model Intra-prediction,” Joint Video Experts Team (JVET), 4th Meeting, Chengdu, JVET-D0110, Oct. 2016
- [13] P. Astola, J. Lainema, R. G. Youvalari, A. Aminlou, K. Panusopone, “AHG12: Convolutional cross-component model (CCCM) for intra prediction,” Joint Video Experts Team (JVET), 26th Meeting, teleconference, JVET-Z0064, Apr. 2022
- [14] J.-Y. Huo, X. Hao, Y.-Z. Ma, F.-Z. Yang, J. Ren, M. Li, “Non-EE2: Direct block vector (DBV) mode for chroma prediction,” Joint Video Experts Team (JVET), 28th Meeting, Mainz, JVET-AB0094, Oct. 2022

저자 소개

강재하



- 2023년 : 한밭대학교 정보통신공학과 학사
- 주관심분야 : 영상처리, 영상압축, 비디오압축, 신호처리, 컴퓨터 비전, 딥러닝

김지영



- 2023년 : 한밭대학교 정보통신공학과 학사
- 주관심분야 : 영상처리, 영상압축, 비디오압축, 신호처리, 컴퓨터 비전, 딥러닝

한희지



- 2018년 : 한밭대학교 정보통신공학과 학사
- 2020년 : 한밭대학교 멀티미디어공학과 석사
- 주관심분야 : 영상처리, 비디오압축, 특징압축, 신호처리, 컴퓨터 비전, 딥러닝

최해철



- 1997년 : 경북대학교 전자공학과 학사
- 1999년 : 한국과학기술원 전기및전자공학과 석사
- 2004년 : 한국과학기술원 전기및전자공학과 박사
- 2004년 ~ 2010년 : 한국전자통신연구원 방송미디어연구부 선임연구원
- 2010년 ~ 현재 : 한밭대학교 지능미디어공학과 교수
- 주관심분야 : 영상처리, 비디오압축, 컴퓨터 비전, 딥러닝