

ECM Inter prediction I

□ 안용조 / LG전자

요약

본고에서는 현재 JVET (Joint Video Experts Team)에서 수행하고 있는 ECM (Enhanced Compression Model) 기반 차세대 비디오 압축 표준 기술 개발 과정에서 논의되고 있는 화면 간 예측 (Inter prediction) 기술들에 대하여 소개한다. 지난 2021년 1월 진행된 제 21차 JVET 회의를 기점으로 ECM 기반의 차세대 비디오 압축 표준 기술에 대한 다양한 기술적 논의들이 시작되었고, VVC (Versatile Video Coding) 표준 이후의 차세대 비디오 압축 표준을 위한 본격적인 기술 탐색 단계를 진행 중에 있다. JVET에서 논의되고 있는 다양한 화면 간 예측 기술 중, 본고에서는 LIC (Local Illumination Compensation), ARMC (Adaptive Reordering of Merge Candidates), Bilateral matching AMVP-MERGE와 같이 ECM에 새롭게 채택된 기술과 VVC 표준에 기 채택된 GPM (Geometric Partitioning Mode)와 관련하여 ECM에서 변경되거나 새롭게 추가된 기술들을 정리하여 소개한다.

I. 서론

ISO/IEC MPEG (Moving Picture Experts Group)과 ITU-T VCEG (Video Coding Experts Group)은 JVET (Joint Video Experts Team)을 조직하고, 2017년 10월 CFP (Call for Proposal)를 시작으로 다양한 기술적 논의를 바탕으로 표준화를 수행하여 2020년 7월 VVC (Versatile Video Coding) 표준을 제정하였다[1]. VVC 표준은 MTT (Multi-Type Tree)를 기본 블록 구조로 MIP (Matrix-based Intra Prediction), PDPC (Position

Dependent Prediction Combination), Affine, GPM (Geometric Partitioning Mode)과 같은 향상된 예측 기술들과 MMVD (Merge with Motion Vector Difference), DMVR (Decoder side Motion Refinement), BDOF (Bi-Directional Optical Flow)와 같은 움직임 보정 기술, LMCS (Luma Mapping Chroma Scaling), ALF (Adaptive Loop Filter)의 추가적인 인-루프 필터 기술 등이 적용되어 기존의 최신 국제 비디오 압축 표준인 HEVC (High Efficiency Video Coding) 대비 객관적 화질 관점에서 30%, 주관적 화질 관점에서는 50%의 부호화 효

을 향상을 보이는 것으로 보고되었다[2]. VVC 표준 제정 이후, JVET에서는 신경망 기반의 차세대 비디오 압축 기술 관련 논의를 활발하게 수행하는 한편, 2021년 1월 JVET-U0100 문서를 통해 VVC에서 채택되지 못한 기술들과 새롭게 제안하는 일부 기술들로 구성된 기술들의 조합을 기반으로 신호처리 기반의 차세대 비디오 압축 기술 논의를 새롭게 시작하였다[3]. JVET-U0100 문서에서는 다중-모델 LM 예측 (Multi-model Linear Model prediction), Gradient PDPC, Secondary MPM (Most Probable Mode), 참조 샘플 보간, 복호화기 측면의 화면 내 예측 기술과 같은 화면 내 예측 기술과 더불어, LIC (Local Illumination Compensation), 비-인접 후보 (Non-adjacent candidate), 템플릿 정합 (Template matching), Multi-pass DMVR, OBMC (Over-lapped Block Motion Compensation), MHP (Multi-Hypothesis Prediction) 등의 화면 간 예측 기술이 포함되었다. 이에 추가적으로, 변환 및 변환 계수 코딩, 인-루프 필터, 엔트로피 부호화 등의 개선 사항을 반영하여 VVC 참조 소프트웨어인 VTM 대비 AI 5.33%, RA 11.50%의 부호화 효율 향상 결과를 나타냈다. 이후, JVET-U0100에 포함된 기술들과 양방향 필터 (Bilateral filter)를 포함하는 소프트웨어 패키지를 차세대 비디오 압축 표준 기술 개발을 위한 참조 소프트웨어 ECM (Enhanced Compression Model)로 선정하고, ECM을 바탕으로 EE (Exploration Experiment)를 통한 기술 탐색을 시작하였다[4][5]. JVET에서는 ECM을 기반으로 다양한 기업, 기관, 대학이 참여하여 본격적인 VVC 이후 차세대 비디오 압축 표준을 위한 기술적 논의들을 수행하고 있으며, 2023년 10월까지 총 11회 회의를 진행하면서 다양한 비디오 압축 기술들의 기술적 완성도를 높이는 기술들의 제안과 논의들이 지속되고 있다. ECM-11.0을 기준으로 VTM 대비 AI (All Intra) 12.49%, RA (Random Access) 22.23%, LDB (Low-Delay B) 17.77%, LDP (Low-Delay P) 16.72%의 보다 향상된 부호화 효율을 나타내고 있다[6].

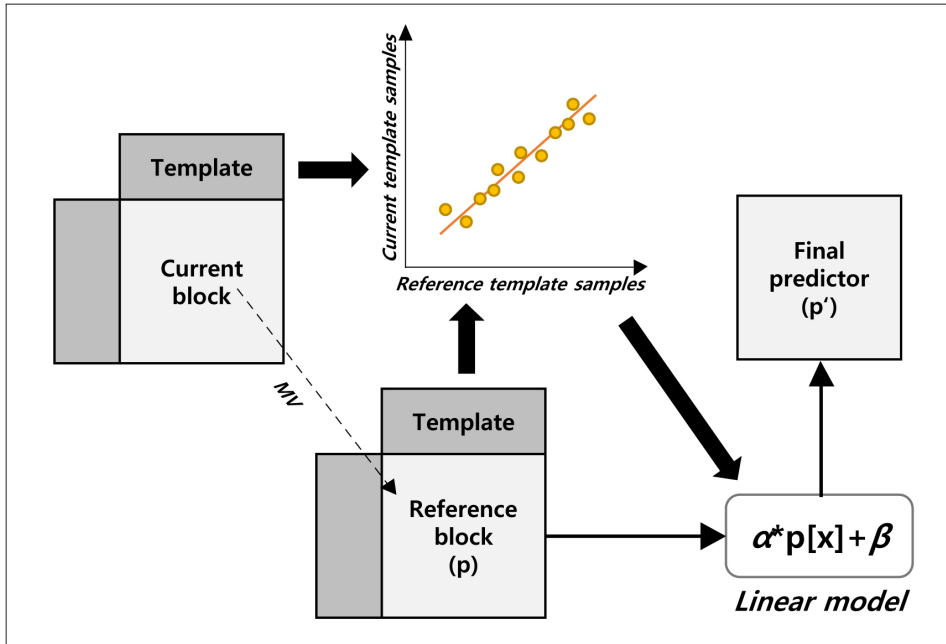
본고에서는 ECM 기반 차세대 비디오 압축 표준을 위한

기술 탐색 단계에서 제안된 화면 간 예측 기술 중에서 LIC, Bilateral matching AMVP-MERGE, ARMC, GPM 기술에 대하여 해당 기술의 개념과 ECM에 채택된 기술 사항들을 위주로 소개한다.

II. LIC (Local Illumination Compensation)

LIC (Local Illumination Compensation) 기술은 현재 블록 (Current block)과 참조 블록 (Reference block) 사이의 조명 변화 (Illumination change)를 지역적 단위인 블록별로 선형 모델 (Linear model)로 모델링하여 예측하는 기술이다. 현재 블록 혹은 픽처 (Picture)와 참조 블록 혹은 픽처 사이의 조명 변화를 고려하여 예측을 수행하는 기술들은 기존 국제 비디오 압축 표준의 표준화 과정에서 오랜 기간 연구되어 온 기술 분야이다. 기존 국제 비디오 압축 표준에서는 가중 예측 (Weighted prediction) 기술로 대표되는 전역적 조명 보상 (Global illumination compensation) 기술이 채택되었으며, 본 장에서 소개하는 LIC와 같이, 지역적 단위로 조명 보상을 수행하는 기술로는 3D-AVC, 3D-HEVC 표준에서 시점 간 예측 (Inter view prediction) 기술로 채택된 바 있다. VVC 표준화 과정에서 LIC 관련 기술들에 대한 다양한 논의들이 있었음에도 불구하고 VVC 표준에는 LIC 기술이 채택되지 못하였다. 특히, 복호화기 측면에서 LIC 파라미터 유도를 위하여 주변 샘플들을 참조하는 의존성 문제로 VVC 표준에는 채택되지 못하였으나, 현재 ECM 기반의 차세대 비디오 압축 표준 기술 탐색 단계에서는 JVET-U0100 문서에서 제안한 기술 형태로 ECM-1.0에 초기 채택되었다[3].

〈그림 1〉은 LIC를 이용한 예측 기술에 대한 개념을 도시한 그림이다. 〈그림 1〉에서 도시한 바와 같이, 현재 블록과 참조 블록의 조명 변화를 수식 (1)과 같이, 스케일링 요소 (Scaling factor)인 α 와 오프셋 (Offset) β 를 이용한 선형 모델에 기반하여 최종 예측 블록을 생성하는



<그림 1> LIC 개념도

기술이다.

$$p'[x] = \alpha^*p[x] + \beta \quad (1)$$

이때, α 와 β 는 현재 블록의 템플릿 (Template)과 참조 블록의 템플릿을 이용하여 최소 오차 자승법 (Least square error method)을 이용하여 유도한다. 다만, ECM에 채택된 LIC는 VVC 표준화 과정에서 논의되었던 의존성과 복잡도를 최소화하는 방향으로 제안되었던 LIC 기술과 달리, 부호화 성능을 향상시키는 세부 기술 사항들을 반영하고 있다. 특히, LIC 파라미터를 유도하는 과정에서 주변의 화면 내 예측 화소를 사용하며, 현재 블록이 32 화도 샘플보다 작은 블록에서는 LIC를 수행하지 않도록 설계되었다. 이에 추가적으로, ECM-8.0에서는 기존 LIC 적용의 화면 간 예측 방향성을 단방향에서 양방향으로 확장하는 기술이 적용되었다[7].

LIC와 관련한 시그널링 요소 및 방법은 다음과 같다. 앞서 수식 (1)에서 기술한 LIC의 선형 모델의 α 와 β 는 부호화기와 복호화기에서 동일한 방법을 사용하여 유도하

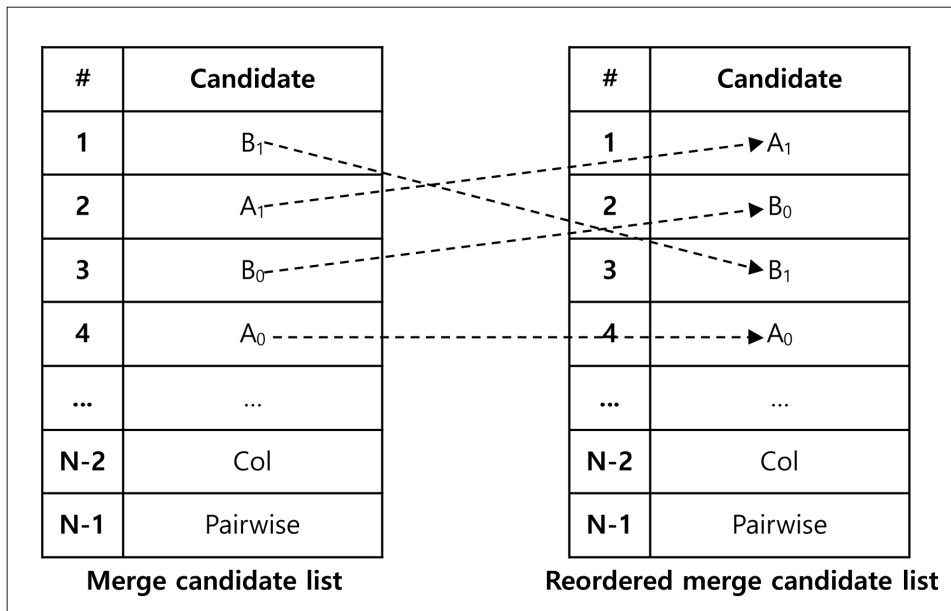
므로 전송하지 않고, LIC의 적용 여부에 대해서만 시그널링이 수행된다. 특히, AMVP (Advanced Motion Vector Prediction) 모드인 경우에 한정하여 플래그 형태로 시그널링이 수행되며, 병합 (MERGE) 모드에서는 해당 블록의 병합 후보로부터 상속하므로 별도의 시그널링 없이 LIC 적용 여부를 판별할 수 있다. 다만, 병합 후보로부터 LIC 수행 여부를 그대로 상속해 오는 경우, 정확도가 떨어진다는 문제 제기와 함께, ECM-10.0부터 상기 병합 모드에서 LIC 수행 여부를 상속해 오는 과정에서 템플릿 비용 기반의 유도 방법이 추가되었다[8]. 병합 모드인 경우에는 해당 병합 후보의 LIC 수행 여부를 그대로 상속해 오던 기존의 방법과 달리, ECM-10.0에 채택된 방법은 현재 블록과 참조 블록의 템플릿 간의 SAD (Sum of Absolute Differences) 기반 템플릿 비용과 MRSAD (Mean Reduced Sum of Absolute Differences) 기반 템플릿 비용의 대소 비교를 통하여 LIC 수행 여부를 유도하는 방법이다. SAD 기반의 템플릿 비용이 MRSAD 기반 템플릿 비용보다 작은 경우에는 조명 변화가 없는 블

록이라고 판단하여 LIC를 적용하지 않고, MRSAD 기반 템플릿 비용이 SAD 기반 템플릿 비용보다 작은 경우에는 조명 변화가 발생한 블록이라고 판단하여 LIC를 적용한다. 다만, 기존 병합 후보에서 상속하는 LIC 수행 여부를 반영하기 위하여 1보다 작은 α 라는 가중치 요소를 설정하고, 상속하는 LIC 수행 여부가 거짓인 경우에는 SAD 기반 템플릿 비용이 작아지도록 유도하고, 상속하는 LIC 수행 여부가 참인 경우에는 MRSAD 기반 템플릿 비용이 작아지도록 유도한다. 해당 기술은 ECM-10.0 대비 RA에서 0.06%, LDB에서 0.12%의 부호화 효율을 나타낸다고 보고되었다.

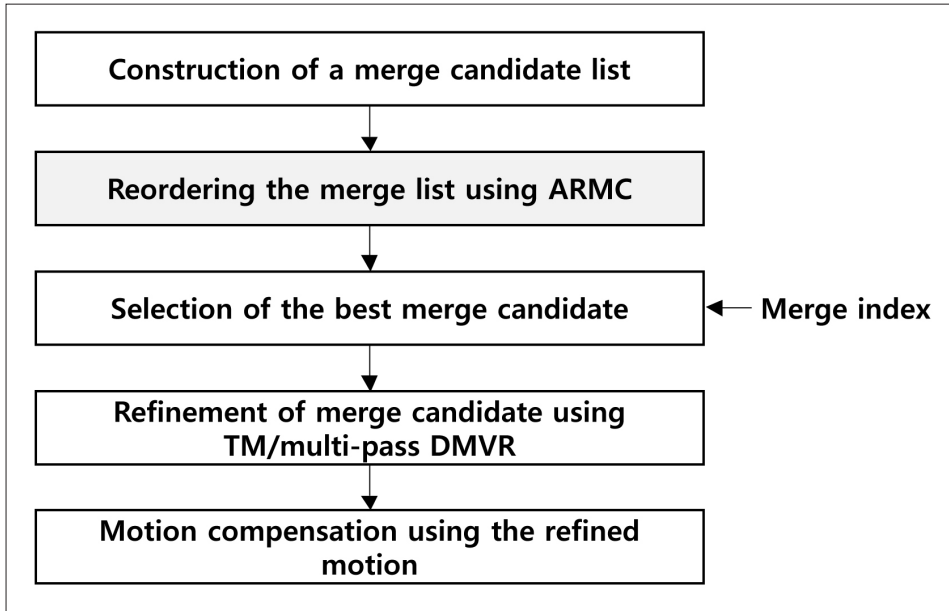
III. ARMC (Adaptive Reordering of Merge Candidate)

ARMC (Adaptive Reordering of Merge Candidate) 기술은 템플릿 정합을 이용하여 템플릿 비용을 구하고, 이

를 기반으로 병합 후보 리스트를 재정렬하는 기술이다. 현재 ECM에 채택된 ARMC 기술은 Regular, TM (Template Matching), BM (Bilateral Matching), Affine 병합 모드 의 병합 후보 리스트를 구성하는데 적용된다. <그림 2>는 ARMC를 이용한 병합 후보 리스트의 재정렬에 대한 개념을 도시한 그림이다. HEVC, VVC와 같은 기존 비디오 압축 표준에서는 미리 정의된 순서에 따라 병합 후보 리스트를 구성하는 방법을 채택하였으나, ARMC 기술은 템플릿 비용을 기반으로 현재 블록에서 선택률이 높을 것으로 판단되는 후보를 리스트의 앞쪽에 위치시켜 병합 인덱스를 전송하는 비트를 감소시키는 기술이다. ARMC 기술은 VVC 표준화 초기에도 다양한 기관들에서 CfP (Call for proposal)에 포함하여 제안한 바 있으나, VVC 표준화 당시 템플릿 정합과 같이 복호화기의 복잡도를 회생하는 기술에 대한 부정적인 시각이 많았기 때문에 표준화 초반 일정 기간 동안 논의되었으나 VVC 표준에는 채택되지 못하였다. 이후, ECM 기반 탐색 과정에서 JVET-V0099 문서를 통해 제안되어 ECM-1.0에 채택되었다[9].



<그림 2> ARMC 개념도



<그림 3> ARMC 기본 동작 흐름도

ECM에 채택되어 있는 ARMC 기술의 기본적인 개념을 살펴보면 <그림 3>과 같다. <그림 3>에서 도시한 바와 같이, 초기 병합 후보 리스트를 기존과 동일하게 미리 정의된 구성 순서에 따라 구성하고, 각 후보의 템플릿 비용을 계산하여 이를 기반으로 재정렬을 수행한다. 이후, 재정렬된 병합 후보 리스트에서 최적의 병합 후보를 선택하는 단계에서 부호화기는 해당 병합 후보에 대한 정보를 시그널링하고, 복호화기는 해당 병합 인덱스를 파싱하여 병합 후보를 선택한다. 이후, 해당 병합 후보에 대한 TM 및 Multi-pass DMVR을 적용하여 병합 후보를 개선하는 단계를 수행하고, 해당 개선된 움직임 정보를 이용하여 움직임 보상을 수행하여 화면 간 예측 블록을 생성한다.

이에 추가적으로 ECM 기반 탐색 과정에서 ARMC 기술의 추가 사항들을 살펴보면 다음과 같다. 초기 JVET-V0099 문서를 통해 제안된 ARMC 기술에서는 초기 병합 후보 리스트를 다수개의 서브 그룹으로 분류하고, 서브 그룹별로 재정렬을 수행하였으나, ECM-3.0부터는 JVET-X0133에서 제안된 움직임 타입에 따른 ARMC

기술이 채택되어 병합 후보의 종류에 따라 재정렬을 수행하는 방법이 적용되었다[10]. 특히, TMVP와 비-인접 MVP (Non-adjacent Motion Vector Predictor)에 대하여 독립적으로 재정렬을 선행한 이후 병합 후보 리스트에 추가하므로 병합 후보 리스트의 크기에 변화 없이 효율적인 후보 구성을 수행할 수 있다. 또한, JVET-Z0145 문서에서 제안한 움직임 개선을 선택 적용하고 병합 리스트를 재정렬하는 방법이 ECM-5.0부터 적용되었다[11]. 움직임 개선을 선택 적용하는 기술에서는 Multi-pass DMVR 중 첫 번째 단계인 PU 단위 DMVR 단계만 ARMC 초기 병합 후보 리스트 구성 이전에 적용하여 개선된 움직임 정보를 기반으로 병합 후보 리스트를 재정렬하는 방법을 제안하였다. 또한, 현재 블록의 모양에 따라 상단 혹은 좌측 템플릿만을 사용하는 방법, TM 재정렬 수행 단계에서 1/16 화소 정확도로 확장하는 방법 등이 함께 ECM에 채택 적용되었다.

이와 더불어, ECM은 병합 후보의 다양성 (Diversity)을 확보하기 위한 재정렬 기법이 JVET-Z0103을 통해 채

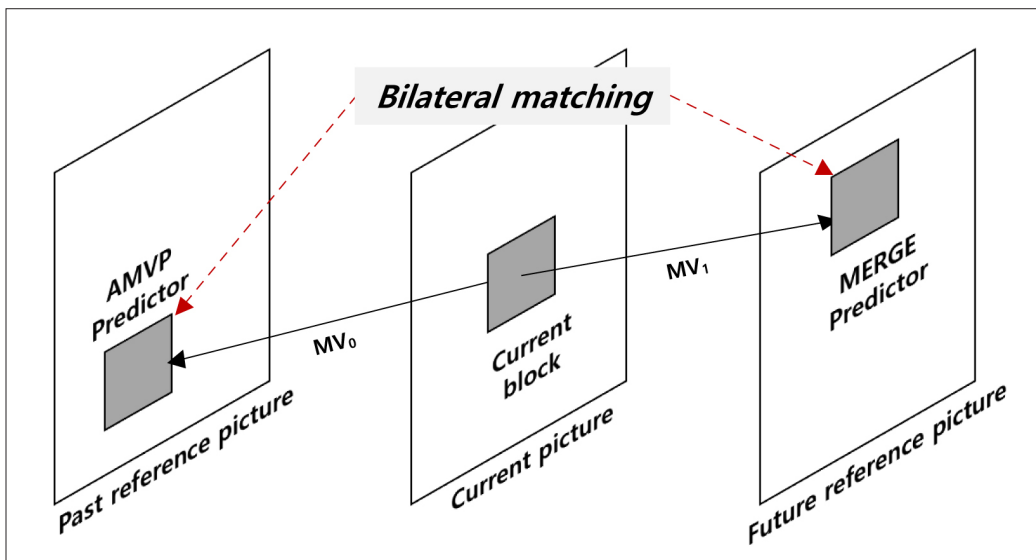
택되었다[12]. 병합 후보 리스트의 재정렬을 수행하는 과정에서 병합 후보의 다양성 확보를 위하여 연속되는 두 병합 후보의 ARMC 비용을 이용한다. 연속되는 두 병합 후보의 ARMC 비용의 차이의 절댓값에 대하여 모든 병합 후보들에 대하여 계산하고, 그중 최소 비용을 가지는 후보를 리스트의 후순위로 이동시키는 방법을 적용하고 있다. 즉, 연속되는 두 병합 후보의 ARMC 비용 차이가 작은 경우에는 서로 중복성을 지닌다고 판단하고, 해당 후보를 리스트 내의 후순위로 이동시켜 위치시킴으로써 다양성을 확보하는 방법이다.

IV. 양방향 정합 (Bilateral matching) AMVP-MERGE 모드

양방향 정합 (Bilateral matching) AMVP-MERGE 모드는 ECM 기반의 탐색 단계에서 JVET-W0106을 통해 새롭게 제안된 기술이다[13]. <그림 4>에서 도시한 바와 같이, 양방향 정합 AMVP-MERGE 모드의 기본 개념은 양방

향 화면 간 예측에 있어, 한쪽 방향은 AMVP (Advanced Motion Vector Prediction) 예측자 (Predictor)를 사용하고, 반대 방향은 병합 (MERGE) 예측자를 사용하는 기술이다. 이때, 일반적인 단방향 화면 간 예측 정보를 시그널링하고 이를 바탕으로 AMVP 예측자를 생성하고, 병합 예측자 생성은 AMVP 예측자와 양방향 정합 비용을 최소화하는 병합 후보 리스트 내의 병합 후보를 사용하여 병합 예측자를 생성한다. 초기 AMVP-MERGE 모드가 제안될 당시에는 AMVP 예측자와 대응하는 병합 예측자를 선택함에 있어서 양방향 정합과 템플릿 정합 (Template matching)의 두 가지 방법 모두 제안되었으며, 각각, RA 기준 0.13%, 0.18%의 부호화 효율 향상을 나타냈다. 부호화 성능 측면에서는 템플릿 정합 기반의 AMVP-MERGE 모드의 성능이 높게 나타났지만, 템플릿 정합을 활용하는 부호화 기술들이 사용되지 않는 경우에 대한 기술적 고려를 위하여 양방향 정합 기반의 AMVP-MERGE 모드 형태로 ECM에 채택되었다[14].

양방향 정합 AMVP-MERGE 모드는 시간 축에서 한쪽 예측자는 과거 시점의 참조 픽처에서 생성하고, 나머지



<그림 4> Bilateral matching AMVP-MERGE 모드의 기본 동작 개념도

한쪽 예측자는 미래 시점의 참조 픽처에서 생성하는 경우 수행될 수 있으며, 양방향 정합 AMVP-MERGE 모드의 시그널링은 다음과 같다. 먼저, AMVP 예측자 생성을 위해서는 참조 픽처 인덱스와 MVD (Motion Vector Difference)가 시그널링된다. 이에 추가적으로, MVP (Motion Vector Predictor) 인덱스는 템플릿 정합 기술의 사용이 허용되지 않는 경우에는 시그널링되지만, 템플릿 정합 기술의 사용이 허용되는 경우에는 템플릿 정합을 이용하여 유도한다. AMVP의 예측방향성 (LX)은 L0 혹은 L1 중 하나가 선택될 수 있으며, MERGE의 경우에는 AMVP와 반대 방향인 (1 - LX)로 설정된다. MERGE 예측자 생성을 위해서 병합 후보 리스트 내의 모든 병합 후보를 대상으로 (1 - LX) 방향의 움직임 정보를 가지고 양방향 정합 비용을 계산하고, 이 중 가장 작은 비용을 가지는 병합 후보의 움직임 정보를 획득한다. 이후, AMVP와 MERGE를 위한 움직임 정보들에 대한 움직임 보정 단계를 수행한다. 이때, 과거 시점의 참조 픽처와 미래 시점의 참조 픽처에 대한 현재 픽처로부터의 거리가 동일한 경우에는 양방향 정합을 이용하여 AMVP와 MERGE 예측자 생성을 위한 움직임 정보들을 대상으로 움직임 보정을 수행하고, 그렇지 않은 경우에는 AMVP 예측자와 MERGE 예측자 중 템플릿 비용이 큰 쪽에 대하여 템플릿 정합을 이용하여 움직임 보정을 수행한다. 다만, ECM-4.0 이후, 템플릿 정합이 허용되는 경우에 AMVP 예측자 생성을 위한 MVD 시그널링을 생략하는 방법이 채택되었다. 이와 함께, MERGE 예측자 생성을 위해서 최소의 양방향 정합 비용을 가지는 병합 후보를 사용하던 기존의 방법과 달리, AMVP 예측자와 병합 예측자 간의 양방향 정합 비용을 기반으로 병합 후보 리스트를 재정렬하고, 이 중 첫 번째 혹은 두 번째 병합 후보 중 어떠한 병합 후보를 선택하여 사용하였는지에 대하여 인덱스를 시그널링하여 병합 예측자 선택을 시그널링 기반으로 변경하는 기술이 제안되었다[15]. 이와 더불어, ECM-6.0에서는 저-지연 (Low-delay) 설정에서도 양방향 정합 AMVP-MERGE 모드가 사용할 수 있도록 변경되었다[16].

V. 기하학 분할 모드 (GPM: Geometric partitioning mode)

기하학 분할 모드 (GPM: Geometric partitioning mode)는 임의 형태 기반의 예측 기술로, 하나의 직선을 이용하여 하나의 코딩 블록 (Coding block)을 두 개의 영역으로 나누어 각 영역별로 예측을 수행하는 기술이다. GPM은 VVC 표준에 새롭게 채택된 예측 기술로 VVC의 GPM 기술에서는 각각의 기하학 영역별로 화면 간 예측만을 수행하도록 채택되었다. 또한, 복잡도 감소 및 메모리 대역폭 감소를 위하여 8x8부터 64x64까지의 블록 크기에 한정하여 적용하며, 각 영역별로 단방향 예측만을 수행한다. 이와 더불어, VVC의 GPM 기술에서 기하학 분할 형태는 하나의 코딩 블록을 이분할 하는 직선의 각도와 블록 중심으로부터의 거리에 따라 64개로 미리 정의된다. VVC의 GPM 기술에서 기존에 제안되었던 임의 형태 기반의 예측 기술과 차별화되는 점 중 하나는 블렌딩 처리 (Blending process)의 적용이 있으며, 블렌딩 처리는 GPM 분할 경계 영역에서 가중합 연산을 수행하여 GPM 분할 경계 영역에서 발생할 수 있는 노이즈를 평활화하는 기술이다. 이 외에도 GPM 분할별로 단방향 예측을 수행함에 따라 GPM을 위한 별도의 단방향 병합 후보 리스트를 구성하는 방법과 블렌딩 영역에서 움직임 정보를 저장하는 기술 등이 추가로 적용되었다. GPM 기술은 ECM 기반의 탐색 단계에서 다음과 같이, 다양한 관련 기술의 제안 및 기술적 개선이 이루어졌다.

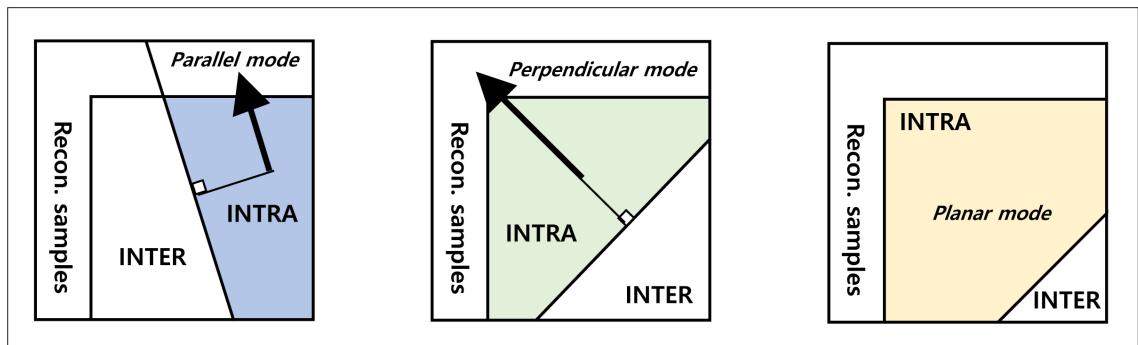
GPM MMVD (Merge with Motion Vector Difference) 기술은 병합 모드에서만 적용되어 움직임 정보의 보정값이 전송되지 않는 GPM 모드의 한계점을 개선하기 위하여 제안되었다[17]. GPM MMVD 기술은 기존의 MMVD 기술과 유사하게 움직임 정보의 보정값을 미리 정의된 방향성과 거리에 기반하여 전송하는 기술로 총 8개의 방향과 9개의 거리에 대하여 정의하고 있다. GPM MMVD의 적용 여부와 움직임 정보의 보정값은 GPM 분할별로 시그널링 되도록 설계, 채택되었다. GPM MMVD와 유사하게 움직

임 정보의 보정값이 전송되지 않는 GPM 모드의 한계점을 개선하기 위한 기술로 GPM TM (Template Matching) 기술도 함께 제안되었다[18]. GPM MMVD가 움직임 정보의 보정값을 미리 정의된 방향성과 거리에 기반하여 전송하였다면, GPM TM은 움직임 정보의 보정값에 대한 전송 없이 템플릿 정합을 이용하여 움직임 정보를 보정하는 기술이다. 이에 추가적으로 GPM TM의 GPM MMVD과 차이점으로는 GPM TM은 CU 단위로 템플릿 정합의 적용 여부가 결정되는 점이다. 즉, GPM TM은 CU 단위로 템플릿 정합의 적용 여부가 결정되므로 CU에 포함된 두 개의 GPM 분할들이 모두 TM 기반 움직임 보정을 수행하거나, 혹은 수행하지 않도록 설계되었다. 또한, GPM 분할 각도에 따라 각 GPM 분할별로 인접하지 않은 템플릿 영역이 발생하므로, 이에 대한 고려가 반영되었다. GPM MMVD와 GPM TM은 각각 독립적인 기술로 제안되었으나, EE (Exploration Experiment) 과정에서 ECM-1.0 대비 RA 0.40%, LDB 0.59%의 부호화 효율을 나타내었으며, 상호 추가적인 부호화 성능 향상을 보여 두 기술이 결합된 형태로 ECM에 채택되었다[19].

GPM 적응적 블렌딩 (Adaptive blending) 기술 또한 ECM에 새롭게 채택된 GPM 관련 기술이다. GPM을 위한 적응적 블렌딩 기술은 기존의 GPM 분할 경계를 기준으로 고정된 블렌딩 영역 크기를 CU 단위 시그널링을 통해 서로 다른 블렌딩 영역 크기를 가질 수 있도록 제안한

기술이다[20][21]. GPM 적응적 블렌딩 기술에서는 기존 VVC GPM의 블렌딩 영역 크기를 τ 에 추가적으로 $\tau/4$, $\tau/2$, 2τ , 4τ 의 추가적인 블렌딩 영역 크기를 적용할 수 있다. 이와 더불어, 확장되는 블렌딩 영역 크기를 고려하여 가중치의 정밀도를 최대 8의 가중치에서 32로 확장하는 기술을 포함하고 있다. GPM 적응적 블렌딩 기술은 JVET-AA0058을 통해 ECM-5.0에 채택되었으며, RA 0.25%, LDB 0.33%의 부호화 효율을 보이는 것으로 보고되었다[22].

ECM에 채택된 또 다른 GPM 관련 기술로 GPM Inter/Intra 기술이 있다. GPM Inter/Intra 기술은 기존의 GPM 기술이 각각의 GPM 분할별로 화면 간 예측만 수행하던 것과 달리, 각각의 GPM 분할별로 화면 간 예측과 화면 내 예측 중 하나를 선택적으로 사용할 수 있도록 제안한 기술이다[23]. <그림 5>는 GPM Inter/Intra 기술의 개념도를 도시하였다. <그림 5>에서 나타낸 바와 같이, GPM Inter/Intra 기술은 각각의 GPM 분할별로 화면 간 예측 혹은 화면 내 예측을 사용하여 예측을 수행할 수 있다. 다만, 두 개의 GPM 분할 모두 화면 내 예측을 사용하는 경우는 SGPM (Spatial GPM) 기술에서 다루고 있어, 이러한 경우에는 GPM Inter/Intra의 적용을 제한하고 있다. GPM Inter/Intra에서 화면 간 예측이 적용되는 GPM 분할은 기존의 GPM 기술과 동일하게 동작하며, 화면 내 예측이 적용되는 GPM 분할의 경우에는 현재 블록의 GPM



<그림 5> GPM Inter/Intra 기술의 개념도

분할 각도와 동일한 Parallel 모드, GPM 분할 각도와 수직인 Perpendicular 모드, 및 Planar 모드 중 하나의 모드를 선택하여 화면 내 예측을 수행한다. GPM Inter/Intra 기술은 ECM-3.0에 채택되었으며, RA 0.16%, LDB 0.31%의 부호화 효율을 나타내는 것으로 보고되었다.

GPM 분할 모드에 대한 템플릿 정합 기반 재정렬 기술 또한 ECM에 새롭게 채택된 GPM 관련 기술이다. GPM 분할 모드에 대한 템플릿 정합 기반 재정렬 기술은 기존의 64개로 미리 정의된 GPM 분할 정보에 대한 시그널링 효율을 높이기 위하여 64개의 분할에 대한 템플릿 정합을 수행하여 템플릿 비용에 따라 오름차순으로 정렬하고, 앞선 32개의 GPM 분할 중 하나를 선택하여 시그널링하는 기술이다[24]. 해당 기술은 ECM-4.0에 채택되었으며, RA 0.30%, LDB 0.44%의 부호화 효율을 나타내는 것으로 보고되었다.

ECM에 채택된 GPM 관련 기술 중 가장 최근에 채택된 기술로는 양방향 예측 기반 GPM 기술이 있다. GPM 기술이 VVC 표준에 채택되는 과정에서 GPM의 간소화 버전인 TPM (Triangular Partitioning Mode) 기술이 VVC에 채택되었다. TPM에 대한 CE (Core Experiment) 과정에서 TPM 기술이 움직임 보상 과정에서 기존 양방향 예측 대비 두 배의 메모리 대역폭을 사용하는 것에 대한 하드웨어 엔지니어들의 우려가 있었고, 이러한 메모리 대역폭 문제를 해결하기 위한 일환으로 예측 방향성을 단방향으로 제한하는 기술이 적용되었다. 현재 ECM 기반의 탐색 단계에서는 부호화 효율의 향상에 초점을 맞춰 기술적 탐색을 수행하는 단계이므로 이러한 제한을 풀고 GPM에서도 다시 양방향 화면 간 예측을 허용하는 기술을 채택하여 부호화 효율을 향상시켰다[25].

VI. 결론

본고에서는 현재 JVET에서 개발하고 있는 ECM 기반 차세대 비디오 압축 표준 기술 중 LIC, ARMC, Bilateral matching AMVP-MERGE, GPM 기술에 대하여 소개하였다. 지난 2021년 1월 진행된 제 21차 JVET 회의를 기점으로 ECM 기반의 차세대 비디오 압축 표준 기술에 대한 다양한 기술적 논의들이 시작되었고, VVC 표준 이후의 차세대 비디오 압축 표준을 위한 본격적인 기술 탐색 단계를 진행 중에 있다. 현재 JVET 회의에는 국내외 다수의 기업, 기관, 대학 등에서 비디오 압축 효율 향상을 위한 다양한 기술들을 제안하고, 이를 개선 및 보완하기 위한 논의들을 계속해 나가고 있다. 특히, 본고에서 소개한 다양한 화면 간 예측 기술뿐 아니라, 화면 내 예측, 변환 및 양자화, 인루프 필터 기술 등에 대한 기술적 논의들이 진행되고 있으며, 이러한 논의들 가운데 ECM-11.0 기준 VTM 대비 AI (All Intra) 12.49%, RA (Random Access) 22.23%, LDB (Low-Delay B) 17.77%의 부호화 효율 향상을 보이고 있다[26]. 다만, 부호화 효율 향상에 초점을 맞춰 기술적 탐색이 진행됨에 따라, ECM 부호화기 및 복호화기의 복잡도는 VTM과 비교하여 크게 증가하였다. ECM-11.0 기준 VTM 대비 AI 867.2%, RA 744.0%, LDB 621.7%의 부호화기 복잡도를 보이고 있으며, AI 454.4%, RA 784.1%, LDB 620.8%의 복호화기 복잡도를 보이고 있다[26]. 향후, 객관적 화질 관점의 부호화 효율 30%에 근접한 목표를 달성하면 VVC 표준 이후의 차세대 비디오 압축 표준의 본격적인 표준화가 시작될 것으로 기대되며, 본 표준화 과정에서도 현재 ECM에 채택된 다양한 기술들이 포함될 것으로 예상된다. 다만, 높은 기술 복잡도는 향후에도 해결해야 할 문제점으로 이를 효율적으로 감소시킬 수 있는 다양한 기술들의 제안 및 적용이 필요할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- [1] ISO/IEC, 23090-3, "Versatile Video Coding," July 2020.
- [2] B. Bross et al., "Overview of the Versatile Video Coding (VVC) Standard and its Applications," *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 31, no. 10, pp. 3736-3764, Oct. 2021.
- [3] Y.-J. Chang et al., "Compression efficiency methods beyond VVC," 21st Joint Video Experts Team (JVET) Meeting, by teleconference, 6-16 Jan. 2021, JVET-U0100.
- [4] V. Seregin et al., "Exploration Experiment on Enhanced Compression beyond VVC capability (EE2)," 22nd Joint Video Experts Team (JVET) Meeting, by teleconference, 20-28 Apr. 2021, JVET-V2024.
- [5] Y. Ye et al., "AHG12: on the status of the ECM software," 23rd Joint Video Experts Team (JVET) Meeting, by teleconference, 7-16 July 2021, JVET-W0049.
- [6] V. Seregin et al., "JVET AHG report: ECM software development (AHG6)," 32nd Joint Video Experts Team (JVET) Meeting, Hannover, DE, 13-20 October 2023, JVET-AF0006.
- [7] X. Xiu et al., "Non-EE2: Improvements on local illumination compensation in ECM7.0," 29th Joint Video Experts Team (JVET) Meeting, by teleconference, 11-20 Jan. 2023, JVET-AC0164.
- [8] N. Zhang et al., "Non-EE2: LIC flag derivation of merge candidates with template costs," 31st Joint Video Experts Team (JVET) Meeting, Geneva, CH, 11-19 July 2023, JVET-AE0109.
- [9] N. Zhang et al., "AHG12: Adaptive Reordering of Merge Candidates with Template Matching," 22nd Joint Video Experts Team (JVET) Meeting, by teleconference, 20-28 April 2021, JVET-V0099.
- [10] Y.-J. Chang et al., "EE2-related: MV candidate type-based ARMC," 24th Joint Video Experts Team (JVET) Meeting, by teleconference, 6-15 Oct. 2021, JVET-X0133.
- [11] Y. Wang et al., "EE2-2.5 related: More test results for ARMC with refined motion," 26th Joint Video Experts Team (JVET) Meeting, by teleconference, 20-29 April 2022, JVET-Z0145.
- [12] G. Laroche et al., "Non-EE2: On ARMC improvements," 26th Joint Video Experts Team (JVET) Meeting, by teleconference, 20-29 April 2022, JVET-Z0103.
- [13] Z. Zhang et al., "EE2-related: Bilateral matching AMVP-merge mode," 23rd Joint Video Experts Team (JVET) Meeting, by teleconference, 7-16 July 2021, JVET-W0106.
- [14] Z. Zhang et al., "EE2: Bilateral and template matching AMVP-merge mode (test 3.3)," 24th Joint Video Experts Team (JVET) Meeting, by teleconference, 6-15 Oct. 2021, JVET-X0083.
- [15] Z. Zhang et al., "Non-EE2: MVD and merge index signaling of AMVP-merge mode," 25th Joint Video Experts Team (JVET) Meeting, by teleconference, 12-21 Jan. 2022, JVET-Y0129.
- [16] H. Jang et al., "Non-EE2: AmvpMerge for low delay," 27th Joint Video Experts Team (JVET) Meeting, by teleconference, 13-22 July 2022, JVET-AA0069.
- [17] Z. Deng et al., "AHG12: Geometric prediction mode with motion vector differences," 22nd Joint Video Experts Team (JVET) Meeting, by teleconference, 20-28 April 2021, JVET-V0103.
- [18] R.-L. Liao et al., "EE2-related: Combination of GPM and template matching," 22nd Joint Video Experts Team (JVET) Meeting, by teleconference, 20-28 April 2021, JVET-V0117.
- [19] X. Xiu et al., "EE2-related: Combination of EE2-3.3, EE2-3.4 and EE2-3.5," 23rd Joint Video Experts Team (JVET) Meeting, by teleconference, 7-16 July 2021, JVET-W0097.
- [20] Y. Kidani et al., "Non-EE2: Adaptive width for GPM blending area," 26th Joint Video Experts Team (JVET) Meeting, by teleconference, 20-29 April 2022, JVET-Z0059.
- [21] H. Gao et al., "Non-EE2: Adaptive Blending for GPM," 26th Joint Video Experts Team (JVET) Meeting, by teleconference, 20-29 April 2022, JVET-Z0137.
- [22] Y. Kidani et al., "EE2-2.7: GPM adaptive blending (JVET-Z0059, JVET-Z0137)," 27th Joint Video Experts Team (JVET) Meeting, by teleconference, 13-22 July 2022, JVET-AA0058.
- [23] Y. Kidani et al., "AHG12: GPM with inter and intra prediction," 23rd Joint Video Experts Team (JVET) Meeting, by teleconference, 7-16 July 2021, JVET-W0110.
- [24] C.-C. Chen et al., "EE2-2.4: Template matching based reordering for GPM split modes," 26th Joint Video Experts Team (JVET) Meeting, by teleconference, 20-29 April 2022, JVET-Z0056.
- [25] R. Yu et al., "EE2-3.2: Bi-predictive GPM," 31st Joint Video Experts Team (JVET) Meeting, Geneva, CH, 11-19 July 2023, JVET-AE0046.
- [26] M. Karczewicz et al., "JVET AHG report: Enhanced compression beyond VVC capability (AHG12)," 32nd Joint Video Experts Team (JVET) Meeting, Hannover, DE, 13-20 October 2023, JVET-AF0012.

저 자 소 개



안 용 조

- 2010년 : 광운대학교 컴퓨터공학과 학사
- 2012년 : 광운대학교 컴퓨터공학과 석사
- 2016년 : 광운대학교 컴퓨터공학과 박사
- 2016년 ~ 2022년 : 디지털인사이트 연구소장
- 2022년 ~ 현재 : LG전자 C&M표준연구소 책임연구원