

논문 2014-51-10-20

에지 및 상대적 RMD 비용을 고려한 HEVC 고속 화면내 부호화 모드 결정 방법

(Edge and Relative RMD Cost based Fast Intra Prediction Mode Decision in HEVC)

권 대 혁*, 최 해 철**

(Dae-hyeok Gwon and Haechul Choi[Ⓢ])

요 약

본 논문에서는 HEVC를 위한 고속 화면내 부호화 모드 결정 방법을 제안한다. 제안방법은 화면내 부호화의 RMD(Rough Mode Decision) 및 RDO(Rate-Distortion Optimization) 과정에서 고려하는 각 후보 수를 줄여 화면내 부호화 과정에서의 복잡도를 감소시킨다. RMD가 고려하는 후보 수를 줄이기 위하여 영상의 에지 방향성 및 강도를 활용하며, RDO가 고려하는 후보 수를 줄이기 위하여 상대적 RMD cost 차이를 이용한다. 실험결과에서는 제안방법이 약 0.79% BD-rate의 부호화 손실만으로 26.81%의 부호화 복잡도를 감소시켰음을 보인다.

Abstract

In this paper, there is suggested a fast intra prediction mode decision method in HEVC. To reduce the number of candidates in rough mode decision (RMD) process and rate-distortion optimization (RDO) process, the edge information and relative RMD cost are utilized. The experiment results show that the proposed method reduces encoding run-time by 26.81% with a negligible coding loss of 0.79% BD-rate on average.

Keywords : HEVC, Intra prediction, Mode decision, Fast encoder

I. 서 론

디지털 방송기술과 디스플레이 기기 등의 발전에 따라, 4K~8K급 초고해상도 비디오에 대한 수요가 증가하고 있다^[1~2]. 또한 휴대용 디스플레이 기기에서도

Full HD급 영상 재생이 가능하고 기존의 30프레임보다 2배가 많은 60프레임 이상의 재생률이 요구되고 있다. 이러한 초고해상도 및 고프레임 비디오 콘텐츠는 기존의 비디오 콘텐츠에 비해 많게는 수십 배에 달하는 데이터 처리량이 필요하다. 이러한 비디오 콘텐츠들을 보다 효율적으로 처리하기 위하여 기존의 H.264/AVC^[3]보다 압축 효율이 높은 새로운 비디오 표준이 필요하게 되었고, 이에 따라 JCT-VC(Joint Collaborative Team on Video Coding)에서는 2010년 1월 차세대 비디오 부호화 표준인 HEVC(High Efficiency Video Coding)에 대한 표준화를 진행하여 2013년 1월에 HEVC Main Profile^[4]에 대한 표준화 제정을 완료하였다. 현재 JCT-VC에서는 표준 및 관련 기술 개발을 위하여

* 학생회원, ** 정회원, 한밭대학교 멀티미디어공학과 (Dept. of Multimedia Engineering, Hanbat National University)

Ⓢ Corresponding Author(E-mail: choihc@hanbat.ac.kr)

※ 본 연구는 교육부와 한국연구재단의 지역혁신인력 양성사업(2012H1B8A2025982) 및 미래창조과학부와 한국연구재단의 신진연구지원사업(NRF-2013 R1A1 A1010344)으로 수행된 연구결과임.

접수일자: 2014년08월20일, 수정일자: 2014년09월15일
게재확정: 2014년09월30일

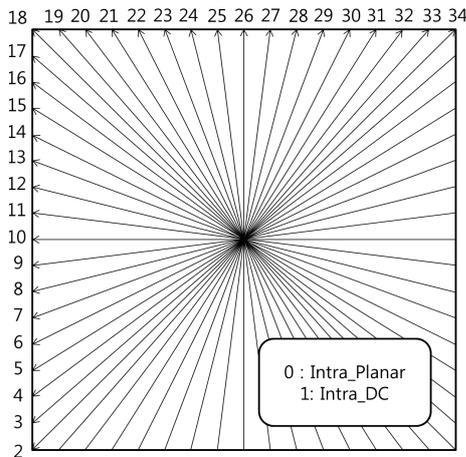


그림 1. HEVC의 화면내 부호화 모드
Fig. 1. Intra prediction modes in HEVC.

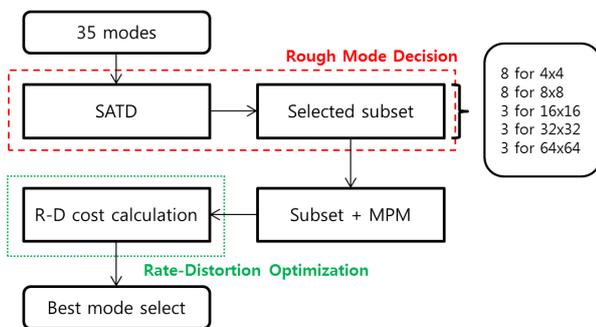


그림 2. HM 12.0의 최적 화면내 부호화 모드 결정 과정
Fig. 2. Intra prediction mode selection method of HM 12.0.

HEVC 참조 소프트웨어 HM Ver.12^[6]를 제공하고 있다.

HEVC Main Profile은 H.264/AVC High Profile과 비교하였을 때, 객관적 화질 측면에서 40~50%의 높은 부호화 효율을 보여주고 있다^[6]. 하지만 높은 압축 효율을 대신 H.264/AVC에 비해 약 2배 이상의 높은 부호화 복잡도를 가지고 있으며 이것은 HEVC의 단점중 하나로 볼 수 있다. 이러한 복잡도 증가의 원인 중 하나로 화면내 부호화 모드 결정 과정에서의 복잡도 증가를 들 수 있다. HEVC의 화면내 부호화는 H.264/AVC의 9개 모드에서 그림 1의 35개로 약 4배 증가하여 최적 모드를 결정하기 위한 35가지 모드의 비용검사가 필요하다. HEVC 참조 소프트웨어에서는 그림 2와 같이 RDO (Rate-Distortion Optimization) 연산의 복잡도를 낮추기 위하여 간단한 하다마드(Hadamard) 연산을 통해 RDO에서 비용검사를 수행할 모드를 선별하는 RMD (Rough Mode Decision) 과정을 추가하였다^[7-8]. 하지만

추가된 RMD 과정은 여전히 35가지 모드를 모두 사용하고 있으며, 높은 복잡도를 요구하는 RDO 과정은 최대 8+MPM(Most Probable Mode(s))개 모드에 대한 비용검사를 수행하기 때문에 여전히 부호화 복잡도를 더 줄일 여지가 남아있다.

최근 HEVC의 화면내 부호화 최적 모드 결정 과정의 고속화를 위한 연구가 활발히 진행되고 있다^[9-11]. Silva^[10]는 현재 PU에 해당하는 영상의 에지를 검출하여 에지와 유사한 모드를 RMD의 후보로 선택하는 방법을 제안하였다. Zhang^[11]은 RMD 과정에 의해 선택된 부호화 모드들을 모두 RDO 후보로 사용하지 않고, 예측 방향성을 고려하여 그 수를 더 줄인다. 구체적으로 PU의 크기가 4x4 혹은 8x8인 경우에는 RMD에 의한 선택된 후보간의 방향적 유사성 및 DC와 Planar의 존재여부를 고려하여 RDO 후보 수를 줄이며, 16x16 혹은 32x32 PU에 대해서는 DC 혹은 Planar 모드가 가장 낮은 RMD 비용을 갖는 경우 이 모드만을 RDO 후보로 삼는다.

본 논문의 목적은 상기 기술한 화면내 부호화 모드 결정 과정에서의 부호화 복잡도를 감소시키는 것이다. 이를 위하여 HM의 화면내 부호화 과정에서 에지의 강도와 RMD cost에 따른 최적 모드와의 상관관계를 분석한다. 또한 분석된 결과를 토대로 RMD가 고려하는 후보와 RDO가 고려하는 후보의 수를 각각 감소시켜 부호화 복잡도를 줄이는 방법을 제안한다.

본 논문의 이후 구성은 다음과 같다. 먼저 II장에서는 HEVC 화면내 부호화 과정을 분석한다. III장에서는 II장에서 분석한 결과를 토대로 화면내 부호화의 복잡도를 줄이기 위한 방법을 제안한다. IV장에서는 제안 방법의 성능을 기존 방법과 비교 분석하고, 마지막으로 V장에서 결론을 맺는다.

II. HEVC 화면내 부호화 분석

HM의 최적 화면내 부호화 모드 선택 과정은 그림 2와 같은 순서로 진행된다. 우선 HEVC에서 허용하는 35가지 모드에 대한 간단한 하다마드 연산을 수행하는 RMD 과정을 통해 PU의 크기에 따라 3개 혹은 8개의 RDO 후보를 선별한다. 이후 단 하나의 최적 화면내 부호화 모드를 결정하기 위하여 선별된 RDO 후보에 대해서만 RDO 과정을 수행한다. 하지만 이러한 방식의

HM은 RMD 과정에서 35가지 모두를 고려하고 있으며, RDO 과정은 영상특성과 무관하게 동일한 후보수를 사용하여 비용검사를 수행하기 때문에 불필요한 연산이 발생할 수 있다. 따라서 각 RMD 과정과 RDO 과정에서 사용되는 후보 모드의 수를 줄이는 선별과정을 추가한다면 부호화 복잡도를 더욱 줄일 수 있을 것이다.

1. 화면내 부호화 최적 모드 분석

HM12.0을 이용할 때, 35가지의 모드 각각이 최적 화면내 부호화 모드로 선택되는 비율은 표 1과 같다. 표의 실험은 HEVC 참조 소프트웨어인 HM12.0^[5]을 사용하여 수행하였으며, 부호화 모드는 화면내 예측만을 사용하는 intra_main을 사용하였다. 또한 부호화 조건은 HEVC 공통실험조건^[12]을 따랐으며, HEVC 표준화에서 제공하는 공통 실험 영상인 Class A ~ Class D의 영상을 사용하여 수행하였다. 표에서 열은 화면내 부호화 모드의 번호를 나타낸 것으로 그림 1를 통해 그 방향성을 확인할 수 있다. 또한 표의 행은 PU의 크기를 나타낸다. 표를 통해서 HEVC의 화면내 부호화 모드는 Planar모드, DC모드, 10번(Horizontal) 그리고 26번(Vertical)의 4개 모드가 가장 높은 비율로 선택된 것을 확인할 수 있다. 이 외의 angular 모드들은 나머지 비율을 고르게 차지한다. 특히 PU 크기가 클수록 상기 4개 모드가 선택되는 비율이 높아지며, 64x64 크기 PU의 경우 4개의 모드들이 약 88%의 매우 높은 비율을 차지한다. 따라서 화면내 부호화 과정에서 이 4개 모드를 고려하지 않는다면 부호화 손실에 큰 영향을 미칠 수 있으므로, 이 4가지 모드들은 부호화 과정에 반드시 포함되어야만 한다. 또한 PU의 크기에 따라 최적 모드의 선택비율이 상이하기 때문에, PU의 크기에 따라 고속화 방법을 다르게 적용한다면 적은 부호화 손실로 부호화 복잡도를 줄일 수 있을 것이다.

표 1. 화면내 부호화 최적 모드 결정 비율
Table 1. Ratio of the best Intra prediction mode.

PU size	0 (Planar)	1 (DC)	10 (Hor.)	26 (Vert.)	others (angular)
64x64	52.5%	23.9%	4.4%	7.0%	12.1%
32x32	25.7%	30.8%	5.4%	7.6%	30.5%
16x16	21.7%	17.2%	5.0%	6.8%	49.4%
8x8	20.5%	14.4%	5.0%	7.5%	52.6%
4x4	18.3%	9.4%	2.9%	8.3%	61.1%

2. 에지 특성에 따른 최적 모드 비율 분석

Silva는 영상의 에지 특성을 활용하여 RMD 과정이 고려하는 후보수를 줄이는 방법을 제안하였다. Silva의 방법은 하나의 PU를 4x4 단위블록으로 분할하고 각 4x4 단위블록마다 Vertical, Horizontal, 45도, 135도, non-Direction에 대한 에지를 조사하여 상기 5 가지 에지 중 하나로 4x4 단위블록의 에지를 결정한다. 이후 PU에서 같은 에지로 결정된 4x4 단위블록의 수를 합하여 가장 많은 수의 4x4 에지 단위블록을 가지는 에지를 현재 PU의 에지 방향으로 판단한다. 이러한 Silva의 방법은 에지 방향성에 따라 RMD의 후보수를 줄일 수 있었으나, 에지의 강도는 전혀 고려하지 않았기 때문에 부호화 손실이 발생할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 PU의 에지를 계산할 때, 동일 방향성의 에지로 판단하는 모드의 범위 및 에지의 강도에 따라 최적 화면내 부호화 모드와 에지의 일치율을 조사하였다.

첫 번째로 그림 3은 Silva의 방법을 통하여 PU의 에지를 계산하였을 때, 최적 모드와 에지가 일치한 비율을 그래프로 나타낸 것이다. 그림 3에서 가로축은 동일한 에지 방향으로 판단하는 모드 수의 범위를 나타낸 것이다. 예를 들어 PU의 에지가 Vertical일 때, 그림 3의 9 modes는 Planar와 DC 그리고 Vertical인 26번 모드와 Vertical에 인접한 주변 모드 6개 모드를 동일 에지 방향으로 판단하는 것이다. 즉, 한 PU의 에지가

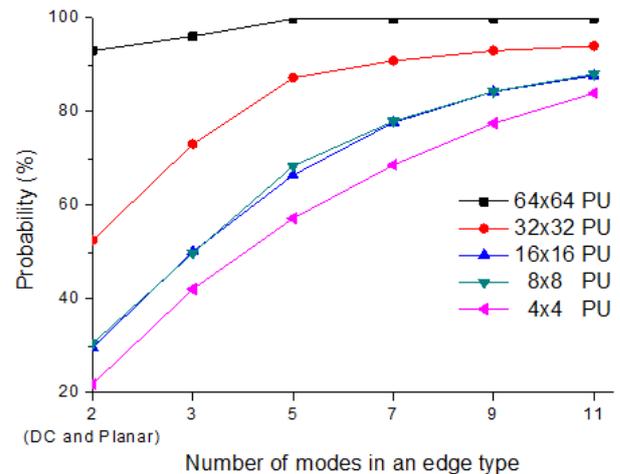


그림 3. 동일 에지 방향으로 판단하는 모드 수에 따른 최적 모드와 에지의 일치 확률
Fig. 3. Probability that the best intra prediction mode and edge are matched according to the number of modes in an edge type.

Vertical로 계산되었고 RDO 과정을 통해 최적 모드로 결정된 부호화 모드가 상기 9개 모드 중 하나라면, 에지와 화면내 부호화 모드가 일치했다고 판단하였다. 그림 3을 보면 에지의 범위를 늘리는 것에 따라 최적 모드와 에지의 일치율이 증가하는 것을 볼 수 있다. 또한 PU의 크기가 클수록 일치율이 높아지는 것도 확인할 수 있다. 특히 64x64 크기의 PU에서는 매우 좁은 모드 범위만으로도 최적 모드가 에지와 일치하는 비율이 높은 것을 확인할 수 있다.

두 번째로는 Silva 방법을 통해 4x4 블록 단위로 계산된 에지 블록의 수를 바탕으로 다음 (1)을 이용하여 에지 강도를 조사한다.

$$Edge_Strength = \frac{Edge_block_{1st}}{Edge_block_{total}} \quad (1)$$

(1)에서 $Edge_block_{1st}$ 는 임의 PU 내에서 동일 에지의 4x4 단위블록 수의 합이 가장 큰 수를 나타내며 $Edge_block_{total}$ 은 전체 4x4 단위블록의 수를 나타낸다. 예를 들어, 16x16 PU 내에서 Vertical로 판단된 4x4 단위블록이 10개, Horizontal로 판단된 4x4 단위블록이 5개, non-Direction으로 판단된 4x4 단위블록이 1개로 계산되었다면, $Edge_block_{1st}$ 는 10이며, $Edge_block_{total}$ 은 16이다. 본 논문에서는 이 두 값의 비율을 계산하여 현재 PU의 에지 강도($Edge_Strength$)를 정의하였다. 현재 PU의 에지로 판단하기 위해서는 4x4 단위블록 개

수가 다른 에지의 4x4 단위블록의 개수보다 더 많아야 하며, 에지의 종류는 5가지로 분류하고 있으므로 $Edge_Strength$ 는 0.2에서 1 사이의 값을 가진다. $Edge_Strength$ 는 1에 가까울수록 현재 PU가 강한 에지를 가지고 있다는 것을 의미한다. 그림 4는 $Edge_Strength$ 의 값이 구해졌을 때, 현재 PU의 에지에 해당하는 모드들이 최적 모드와 얼마나 일치했는가를 보여주는 그래프이다. 그림 4의 가로축은 $Edge_Strength$ 의 크기를 의미하며, 세로축은 에지의 주변모드가 최적 모드로 선택된 비율을 나타낸 것이다. 그림 4의 실험에서 동일 에지 방향성의 범위는 해당 에지의 모드와 주변 6개 모드를 의미하는 것이다. 예를 들어 현재 PU에서 가장 우세한 방향성이 Vertical인 경우, Vertical모드인 26번 모드와 주변 6개 모드(23번, 24번, 25번, 27번, 28번, 29번)를 에지에 해당하는 모드로 보았다. 그림 4에서 $Edge_Strength$ 가 1에 가까울수록 에지에 해당하는 모드들이 최적 모드로 선택되는 비율이 높아지는 경향을 확인할 수 있다. 특히 64x64 PU의 경우는 비교적 약한 에지 강도를 가지더라도 에지에 해당하는 모드가 최적 모드로 선택되는 비율이 높은 것을 확인할 수 있다. 상기 실험에서 4x4 PU에 대해서는 에지 측정을 위한 단위블록이 하나만 존재하여 에지의 강도를 측정할 수 없기 때문에 실험에서 제외하였다.

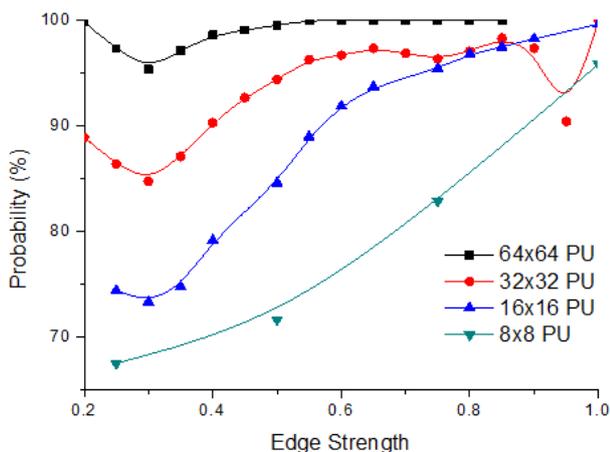


그림 4. 에지 강도에 따른 에지와 최적 모드의 일치 확률

Fig. 4. Probability that the best intra prediction mode and edge are matched according to edge strength.

3. RMD cost의 상대적 크기에 따른 최적 모드 비율 분석

HM의 RDO 과정은 RMD 과정을 통해 선별된 N개의 후보를 고려하여 최적 모드를 선택하고 있다. 만약 RMD 과정에 의해 선별된 N개의 후보들의 RMD Cost를 비교하여 상대적으로 큰 차이를 가지는 모드가 존재한다면, 이는 최적 모드로 선택될 가능성이 낮을 것이다. 따라서 RMD Cost가 상대적으로 작은 모드만을 RDO 후보로 사용함으로써 적은 부호화 손실로 부호화 복잡도를 줄일 수 있을 것이다. 이에 본 논문에서는 RMD 과정을 통해 선별된 N개 후보의 상대적 RMD cost를 다음 식과 같이 계산한다.

$$RMD_cost_ratio_i = \frac{RMD_cost_1}{RMD_cost_i} \quad (i = 1, \dots, N) \quad (2)$$

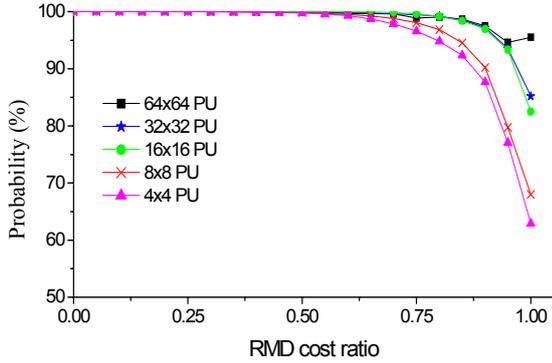


그림 5. i 번째 RDO 후보의 상대적인 RMD cost 크기에 따라 $(i-1)$ 번째까지의 후보에서 최적 모드가 선택되는 확률

Fig. 5. Probability that one of intra prediction modes within $(i-1)$ th order is the best mode according to the RMD cost ratio.

(2)에서 RMD_cost_i 는 i 번째 RDO 후보의 RMD cost를 의미하며, RMD_cost_1 은 가장 작은 RMD cost를 갖는 후보의 RMD cost를 의미한다. 따라서 위 식을 통해 얻어지는 $RMD_cost_ratio_i$ 는 i 번째 후보의 RMD cost와 최소 RMD cost간의 비율을 나타낸 것이다.

$RMD_cost_ratio_i$ 는 0부터 1사이의 값을 가지며, 0에 가까울수록 i 번째 후보 모드가 최소 RMD cost와 비교하여 큰 RMD cost를 가지고 있다는 것을 의미한다. 반대로 $RMD_cost_ratio_i$ 가 1에 가깝다면, 최소 RMD cost와 유사한 RMD cost를 가지고 있다는 것이다. 그림 5는 위 식을 통해 $RMD_cost_ratio_i$ 가 구해졌을 때, RMD cost에 따라 오름차순 정렬된 RDO 후보의 i 번째 미만 후보가 최적 화면내 부호화 모드로 선택되는 비율을 그 그래프로 나타낸 것이다. 그림 5를 통해 알 수 있듯이 $RMD_cost_ratio_i$ 의 크기가 0에 가까울수록 최적 모드가 높은 확률로 i 번째 미만 후보에서 선택되는 것을 알 수 있다. 특히 큰 크기의 PU일수록 이러한 특성이 더 강하게 나타난다.

III. 제안 방법

HM12.0에서 최적 화면내 부호화 결정은 크게 RMD 과정과 RDO 과정으로 볼 수 있다. 본 장에서는 이 두 과정에서 고려하는 후보수를 줄이는 방법을 제안한다. 우선 다음 그림 6은 제안 방법의 전체 과정을 나타낸

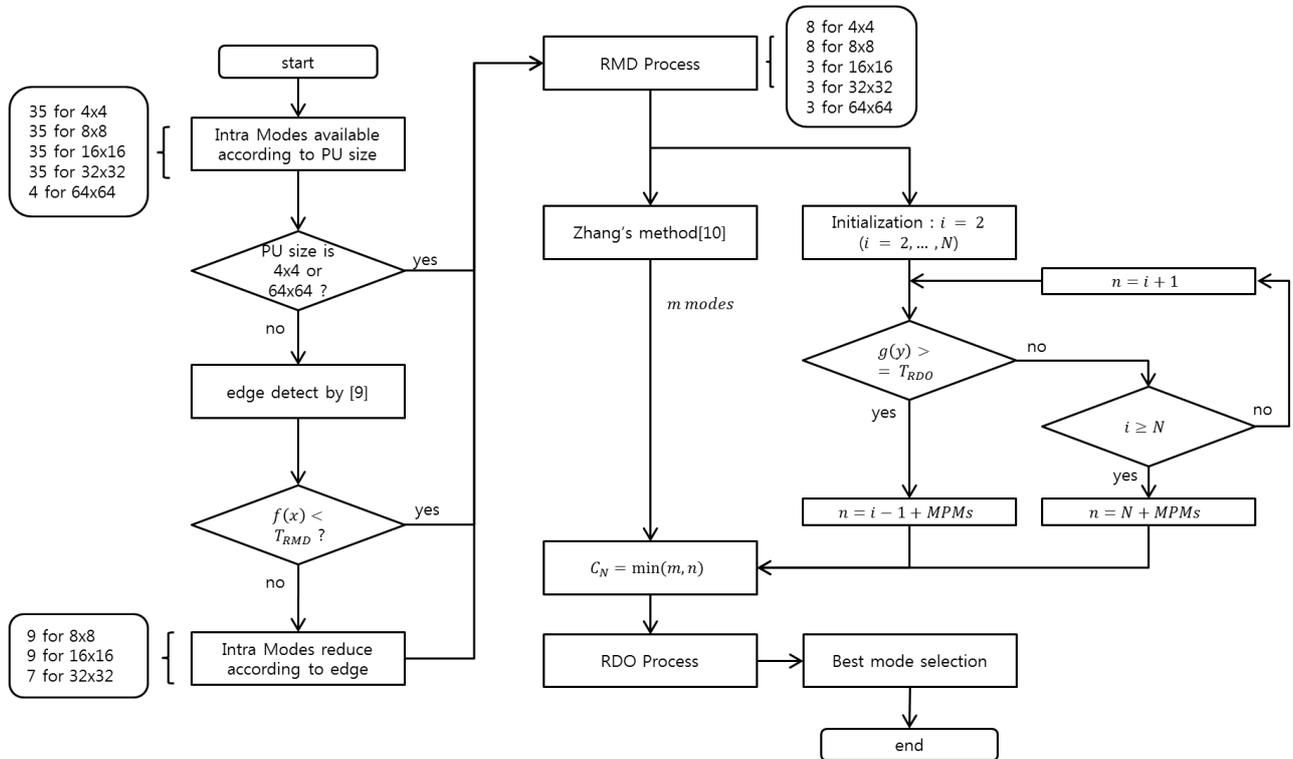


그림 6. 제안 방법의 순서도

Fig. 6. Proposed fast intra prediction mode decision method.

것이다. 제안 방법은 RMD와 RDO 과정에 앞서, 각 과정이 고려하는 후보의 수를 줄이는 전처리 과정을 수행한다. 영상의 에지 특성인 에지의 방향성과 강도를 모두 고려하여 RMD 과정에서 고려하는 후보수를 줄이고, RDO 과정 직전에는 RDO 후보간의 상대적 RMD cost 크기를 이용하여 Zhang 방법과 함께 RDO 후보의 수를 줄이는 과정을 수행한다. 또한 제안 방법은 에지와 상대적 RMD cost에 따라 최적 모드가 선택되는 비율을 모델링하고 후보의 수를 임계치 T_{RMD} 와 T_{RDO} 를 통해 결정하는 것으로 부호화 효율과 부호화 복잡도 감소의 균형을 조절할 수 있도록 설계하였다.

1. RMD 과정 고속화 방법

RMD 과정을 수행하기에 앞서, 영상의 에지 특성에 따라 RMD 후보를 줄이는 과정을 수행한다. 이 과정에서 4x4 크기 PU는 앞서 설명하였듯이 에지의 강도를 구할 수 없기 때문에 적용하지 않는다. 또한 64x64 크기 PU는 앞서 분석한 결과에 따라 에지의 강도가 약하거나 모드의 수를 적게 사용하더라도 매우 높은 일치율을 보이기 때문에 별도의 과정 없이 화면내 부호화 모드 중 가장 비율이 높은 Planar, DC, Vertical, Horizontal의 4개 모드만을 사용하여 RMD를 수행하도록 고쳐하였다. 이 외의 크기를 가지는 PU에 대해서는 에지의 방향성 및 강도에 따라서 제안 방법의 적용여부

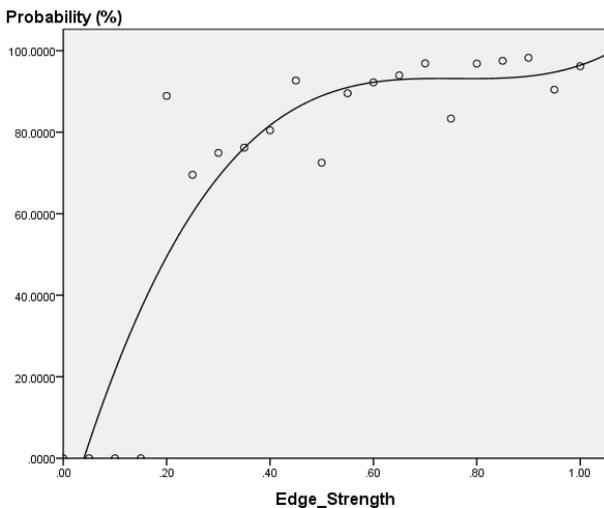


그림 7. 에지 강도에 따른 에지와 최적 모드의 일치 확률에 대한 모델링

Fig. 7. Modeling for the probability that the best intra prediction mode and edge are matched according to edge strength.

를 결정한다. 적용여부를 결정하기 위해서, 우선 Silva의 방법을 통해 우세한 에지의 방향성을 구하고 (1)을 통해 $Edge_Strength$ 를 계산한다. $Edge_Strength$ 가 구해지면 $Edge_Strength$ 의 값에 따라 최적 모드와 일치하는 확률을 다음 식과 같이 모델링하였다.

$$f(x) = 2.504x^3 - 5.714x^2 + 4.339x - 0.165 \quad (3)$$

(3)은 앞서 그림 4에서 보인 에지의 강도와 최적 모드의 일치율을 그림 7과 같이 3차원 식으로 모델링한 것이다. 식에서 x 는 $Edge_Strength$ 를 의미하며, $f(x)$ 를 통해 최적 모드와의 일치율을 추정할 수 있다. 따라서 제안 방법은 (3)으로부터 산출된 $f(x)$ 값에 기반하여 RMD 후보 모드의 수를 감소시킬 것인지에 대해 결정한다.

그림 6에서와 같이 만약 $f(x)$ 가 임계치 T_{RMD} 보다 큰 경우에는 계산된 에지와 최적모드의 일치율이 높다고 판단하고 RMD 후보 수를 표 2와 같이 줄인다. 표 2에서 후보의 개수는 Planar와 DC, 판별된 에지 및 에지 주변모드를 포함한 수를 의미한다. 만약 에지의 강도가 충분하지 않은 경우에는 기존 방법과 동일하게 RMD 후보를 35개로 유지한다.

표 2. 제안방법에서의 RMD 후보 모드 수
Table 2. The number of RMD candidates.

PU size	Number of RMD candidates
32x32	7 modes
16x16	9 modes
8x8	9 modes

2. RDO 과정 고속화 방법

RMD 과정에 의해 N개의 RDO 후보가 선별되면 이 N개의 후보를 줄이는 과정을 수행한다. 이 과정에서는 RMD cost의 상대적인 차이를 사용하는 방법과 Zhang 방법을 병렬적으로 사용한다. 각 과정을 독립적으로 수행하여 각각의 방법에 의하여 감소된 RDO 후보를 구한 후, 적은 수의 RDO 후보군을 선택하여 이에 대해서만 RDO 과정을 수행한다. 먼저 Zhang의 제안 방법에 64x64 크기 PU에 대한 방법이 없어 64x64 크기 PU는 16x16~32x32 크기 PU의 방법과 동일하게 적용하였다. 다음으로 RMD cost의 상대적인 크기를 이용하는 방법에서는 RMD 과정에서 선별한 N개의 후보들에 대해

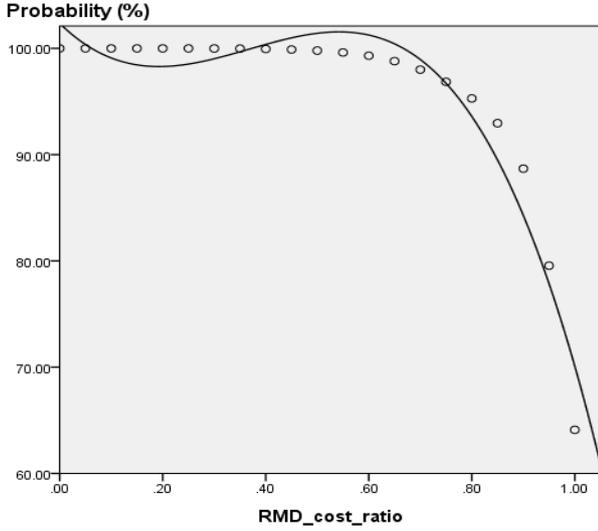


그림 8. i 번째 RDO 후보의 상대적인 RMD cost 크기에 따라 $i-1$ 개의 후보에서 최적 모드가 선택되는 비율에 대한 모델링

Fig. 8. Modeling for the probability that one of intra prediction modes within $(i-1)$ th order is the best mode according to the RMD cost ratio

(2)를 이용하여 상대적 RMD cost인 $RMD_cost_ratio_i$ 를 계산한다. 만약 i 번째($i = 2, \dots, N$) 후보가 임계치를 넘어섰다면 i 번째 이후의 모든 모드는 상대적으로 RMD cost가 크다고 판단하여 RDO 후보에서 제외한다. 바꿔 말하면, $i-1$ 개의 후보들만 RDO 과정의 후보로 고려한다. 이 과정에서 $RMD_cost_ratio_i$ 의 값이 상대적으로 큰 i 번째 후보를 결정하기 위하여, $RMD_cost_ratio_i$ 의 값에 따라 $i-1$ 개의 후보 내에서 최적모드가 선택될 확률을 다음 식과 같이 모델링한다.

$$g(y) = -1.529y^3 + 1.685y^2 - 0.479y + 1.024 \quad (4)$$

(4)는 그림 5에서 보인 RMD cost와 최적 모드간의 일치율을 그림 8과 같이 3차원 함수를 이용하여 모델링한 것이다. (4)에서 y 는 (2)를 통해 구한 $RMD_cost_ratio_i$ 를 의미한다. 만약 $g(y)$ 가 T_{RDO} 보다 큰 경우, $i-1$ 개의 후보 안에 최적 모드가 있다고 판단하여 $i-1$ 개의 후보만을 RMD cost의 상대적인 크기에 의한 RDO 후보로 결정한다. 최종적으로는 Zhang방법에 의한 RDO 후보와 상대적 RMD cost에 의한 RDO 후보 중, 적은 후보수를 가지는 RDO 후보만을 선택하여 RDO 과정을 수행한다. 여기에서 각 방법에 의한 RDO 후보는 MPM을 포함한 개수를 의미한다.

IV. 실험결과 및 분석

제안 방법에 대한 성능을 분석하기 위하여 HEVC 참조 소프트웨어인 HM12.0^[13]을 사용하였다. 또한 부호화 모드는 화면내 예측만을 사용하는 intra_main을 사용하였다. 실험에 사용된 영상은 HEVC 표준화에서 제공하는 공통 실험 영상인 Class A ~ Class D의 영상을 표 3과 같이 Training set과 Test set으로 분류하여 사용

표 3. 학습 및 실험 영상
Table 3. Training and test sequences.

Class	Training set	Test set
Class A	SteamLocomotiveTrain	NebutaFestival
	Traffic	PeopleOnStreet
Class B	Cactus	BasketballDrive
	ParkScene	BQTerrace
Class C	BQMall	Kimono
	PartyScene	BasketballDrill
Class D	BlowingBubbles	RaceHorsesC
	BQSquare	BasketballPass
		RaceHorses

표 4. 임계치 T_{RMD} 에 따른 에지 특성을 이용한 RMD 후보수 감소 방법의 성능

Table 4. Performance of the RMD candidate reduction method using the edge characteristic according to threshold T_{RMD}

T_RMD	BD-rate Y (%)	Encoding Time (%)
0.75	2.67	95.06
0.80	2.40	95.55
0.85	2.15	95.92
0.90	1.01	97.97
0.95	0.17	98.52

표 5. 임계치 T_{RDO} 에 따른 상대적 RMD cost를 이용한 RDO 후보수 감소 방법의 성능

Table 5. Performance of the RDO candidate reduction method using the relative RMD cost according to threshold T_{RDO}

T_RDO	BD-rate Y (%)	Encoding Time (%)
0.75	0.81	73.21
0.80	0.51	76.93
0.85	0.30	81.00
0.90	0.17	85.61
0.95	0.07	89.40

표 6. 제안 방법 및 기존방법의 성능 비교

Table 6. Performance evaluation of the proposed fast intra prediction mode decision method

Test sequence	Silva's method ^[10]		Zhang's method ^[11]		Proposed method	
	BD-rate Y (%)	Encoding Time (%)	BD-rate Y (%)	Encoding Time (%)	BD-rate Y (%)	Encoding Time (%)
NebutaFestival	1.91	89.24	0.04	82.71	0.18	73.38
PeopleOnStreet	7.37	88.17	0.17	84.43	1.25	71.38
BasketballDrive	6.97	88.06	0.17	84.49	1.08	72.66
BQTerrace	4.66	89.20	0.10	84.06	0.71	72.85
Kimono	2.64	86.45	0.05	04.51	0.40	73.14
BasketballDrill	10.64	89.52	0.20	85.27	0.78	74.36
RaceHorsesC	5.19	87.10	0.15	84.27	0.64	74.04
BasketballPass	7.57	89.10	0.30	84.61	1.21	72.54
RaceHorses	6.44	88.90	0.27	84.14	0.92	74.45
Average	5.93	88.51	0.16	84.27	0.79	73.19

하였다. 여기에서 Training set은 (3)과 (4)의 모델링을 위하여 사용되었으며, Test set은 제안 방법 및 비교대상의 성능 평가 실험을 위하여 사용하였다. 나머지 부호화 조건은 HEVC 공통실험조건^[12]을 따랐다. 또한 비교대상이 되는 Silva 방법과 Zhang 방법은 HMI2.0에 해당 방법을 구현하여 실험을 수행하였다. 단, Silva 방법의 경우에는 RDO 후보를 줄이는 부분을 제외하여 RMD 과정의 고속 부호화 방법 간 성능 비교가 되도록 하였다.

제안 방법의 전체 실험결과에 앞서, 본 논문에서 제안한 두 가지 방법에 대하여 각각 최적의 임계치 값, T_{RMD} 와 T_{RDO} 를 구하기 위하여, 임계치 값을 0.75부터 0.05간격으로 0.95까지 변경하면서 실험을 수행하였다. 우선 표 4는 T_{RMD} 의 값에 따른 RMD 고속화 방법의 실험 결과를 나타낸다. 실험결과와 같이, T_{RMD} 가 낮을수록 부호화 복잡도 감소가 증가한다는 것을 확인할 수 있다. 하지만 에지만을 고려하는 경우 부호화 손실의 양도 상당히 크게 나타났다.

다음으로 표 5는 T_{RDO} 의 값에 따른 RDO 고속화 방법의 실험결과를 나타낸다. 실험결과와 같이, T_{RDO} 의 값 또한 부호화 효율과 부호화 복잡도간의 trade-off 관계를 보이고 있음을 확인할 수 있다. 상대적 RMD cost를 이용하는 방법이 에지 기반의 방법보다는 낮은 부호화 손실로 높은 부호화 복잡도를 감소시킬 수 있었다.

본 논문의 종합적 성능은 T_{RMD} 와 T_{RDO} 를 각각 0.95, 0.85로 적용하여 실험하였으며, 실험결과는 표 6과

같다. 제안 방법은 평균적으로 0.79% BD-rate의 부호화 손실로 26.81%의 부호화 시간을 개선하였다. 제안 방법을 Silva 방법과 비교하면 보다 적은 부호화 손실로 더 많은 부호화 복잡도를 감소시켰음을 알 수 있으며, Zhang 방법과 비교하면, 약 0.6%의 추가적인 부호화 손실로 약 9%의 부호화 복잡도를 더 감소시키는 것을 볼 수 있다.

제안 방법은 RMD와 RDO 과정에서 고려하는 모드의 수를 줄임으로서 복잡도 개선을 얻었다. 다만, 최종 RDO 후보에서 최적 모드가 누락될 가능성이 높아져 추가적인 부호화 손실이 발생하였다. 하지만 부호화 손실이 주관적 화질에 영향을 크게 주지 않을 정도로 미미하고 복잡도 감소와 부호화 손실의 trade-off 관계를 임계치 T_{RMD} 와 T_{RDO} 를 통해 조절할 수 있다.

제안 방법의 실험결과에서 NebutaFestival 영상의 부호화 손실이 매우 미미한 것을 볼 수 있는데, 이는 NebutaFestival 영상이 애니메이션으로서 에지가 뚜렷하고 움직임이 많지 않기 때문이다. 또한 다른 영상은 움직임이 많은 편이나 다른 영상에 비해 상대적으로 움직임이 적은 Kimono영상의 부호화 손실이 비교적 낮다. 따라서 제안 방법은 영상의 에지가 선명할수록, 움직임이 적을수록 부호화 손실이 적다고 볼 수 있다. 일반적으로 부호화기는 움직임이 많은 영역에 대해서 화면간 부호화를 수행하므로 Random_access나 Low_Delay에 대해서는 보다 낮은 부호화 손실을 나타낼 것이다.

V. 결 론

본 논문에서는 화면내 부호화의 RMD 과정과 RDO 과정에서 각각이 고려하는 후보수를 줄임으로써 적은 부호화 손실로 부호화 복잡도를 감소시키는 방법을 제안하였다. 특히, 제안 방법은 에지의 특성과 상대적 RMD 비용에 대한 모델화를 통해서 부호화 효율과 복잡도 감소의 trade-off 관계를 적절하게 이용할 수 있는 수단을 제공하였다. 실험결과에서는 기존의 연구와 비교하여 비교적 적은 손실로 추가적인 부호화 복잡도를 감소시킬 수 있음을 보였다.

REFERENCES

- [1] Un-Ki Parka, Haechul Choi, Jung Won Kang, and Jae-Gon Kim, "Scalable video coding using large block and its performance analysis," *Journal of Broadcast Engineering*, Vol. 18, no. 2, p. 249-260, Mar. 2013.
- [2] Sung-Ho Bae, Jaeil Kim, Munchurl Kim, Sukhe Cho, and Jin So Choi, "Asesments of subjective video quality on HEVC-encoded 4K-UHD video for beyond-HDTV broadcasting services," *IEEE Trans. Broadcasting*, Vol. 59, issue 2, pp. 209-222, June 2013.
- [3] Thomas Wiegand, Gary J. Sullivan, Senior Member, IEEE, Gisle Bjontegard, and Ajay Luthra, Senior Member, IEEE, "Overview of the H.264/AVC video coding standard," *IEEE Trans. Circuits and Systems for Video Tech.*, Vol. 13, issue 7, p. 560-576, July 2003.
- [4] Joint Collaborative Team on Video Coding (JCT-VC), "High efficiency video coding (HEVC) text specification draft 10 (for FDIS & Consent)", JCTVC-L1003, Geneva, Jan. 2013.
- [5] Joint Collaborative Team on Video Coding (JCT-VC), "High efficiency video coding (HEVC) test model 12 (HM 12) encoder description," JCTVC-N1002, Vienna, Aug. 2013.
- [6] Joint Collaborative Team on Video Coding (JCT-VC), "Comparison of compression performance of HEVC draft 9 with AVC high profile and performance of HM 9.0 with temporal scalability characteristics," JCTVC-L0322, Geneva, Jan. 2013.
- [7] Y. Piao, J.H. Min, and J. Chen, "Encoder improvement of unified intra prediction," JCTVC-C207, Guangzhou, Oct. 2010.
- [8] L. Zhao, L. Zhang, X. Zhao, W. Ma, D. Zhao, and W. Gao, "Further encoder improvement of intra mode decision", JCTVC-D283, Daegu, Jan. 2011.
- [9] Youngjo Kim and Jaeseok Kim, "A fast intra prediction method using quadtree structure and SATD in HEVC encoder," *Journal of The Institute of Electronics and Information Engineers*, Vol. 51, no. 3, March 2014.
- [10] T. L. d. Silva, Luciano V. Agostini and Luis A. da Silva Curz, "Fast HEVC intra prediction mode decision based on edge direction information," *Proc. 20th European Signal Processing (EUSIPCO)*, pp. 1214 - 1218, Aug. 2012.
- [11] M. Zhang, C. Zhao, and J. Xu, "An adaptive fast intra mode decision in HEVC," *Proc. 19th IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)*, pp. 221-224, Oct. 2012.
- [12] Joint Collaborative Team on Video Coding (JCT-VC), "Common HM test conditions and software reference configurations," JCTVC-I1101, Geneva, May 2012.
- [13] High Efficiency Video Coding Test Model Software 12.0 Available : https://hevc.hhi.fraunhofer.de/svn/svn_HEVCSoftware

— 저 자 소 개 —



권 대 혁(학생회원)
2012년 2월 한밭대학교 멀티미디어공학과 학사 졸업.
2014년 2월 한밭대학교 멀티미디어공학과 석사 졸업.
2014년 3월~현재 한밭대학교 멀티미디어공학과 박사 과정.

<주관심분야 : 비디오 부호화, 영상처리, 패턴 인식>



최 해 철(정회원)
1997년 경북대학교 전자공학과 학사 졸업.
1999년 한국과학기술원 전기및전자공학과 석사 졸업.
2004년 한국과학기술원 전기및전자공학과 박사 졸업.

2004년 9월~2010년 2월 한국전자통신연구원(ETRI) 방송미디어연구부 선임연구원
2010년 3월~현재 한밭대학교 정보통신공학과 부교수

<주관심분야 : 영상통신, 비디오 부호화, 패턴 인식>