

에러에 강한 HEVC 비디오 스트리밍을 위한 타일 예측 유닛 분할 정도에 따른 불균등 오류 보호

강신안, 노현준, 이복기, 류은석
가천대학교 컴퓨터공학과

e-mail : heinemann@gc.gachon.ac.kr
ggyo@gc.gachon.ac.kr
bglee@gachon.ac.kr
esryu@gachon.ac.kr

Tile PU Partitioning-based Unequal Error Protection for Robust HEVC Video Streaming

Shin-An Kang, Hyun-Joon Roh, Bok-gi Lee, Eun-Seok Ryu
Department of Computer Engineering, Gachon University

요 약

본 연구는 에러에 강한 HEVC 비디오 스트리밍을 위한 타일 예측 유닛 (Prediction Unit)의 분할 정도에 기반한 불균등 오류 보호 (Unequal Error Protection; UEP) 기법을 제안한다. 영상을 구성하는 PU의 분할 정도는 그 영상의 예측 정보를 포함하고 영상의 복잡한 엷지 영역을 잘 표현하므로 매우 중요한 정보이다. 따라서, 본 연구는 이 HEVC 비디오 각 타일의 PU 분할 정도가 그 타일 영상의 중요성을 대표한다는 점을 밝힌다. 또한, 타일별 PU 분할 정도의 표준편차 값을 기반으로 구현된 랩터 FEC 코드를 이용하여 서로 다른 FEC 오버헤드율을 적용한다.

1. 서 론

최근 UHD(Ultra High Definition; 초고해상도 4K/8K) 이상의 영상을 지원하는 기기들이 보급되면서 관련 기술들이 활발하게 연구/개발되고 있다. 특히, 2013년 초 JCT-VC(Joint Collaborative Team for Video Coding)는 차세대 비디오 압축 기술인 HEVC(High Efficiency Video Coding)를 표준화를 하였다. 이에 따라 HEVC를 이용한 UHD 영상 인코딩/디코딩 및 스트리밍 기술 연구가 주목 받고 있다. 하지만, 전송해야 할 전체 데이터가 크게 커진 만큼 스트리밍 과정에서 패킷들의 손실 및 비트 오류 가능성도 크게 커졌다. 이러한 에러에 강한 비디오 스트리밍 (Error Resilient Video Streaming) 연구들은 크게 (1) 에러 보호 (Error Protection)와 (2) 에러 복구 (Error Recovery) 기법들로 이루어진다. 먼저, 에러 보호 기법은 에러 내성 코드인 FEC (Forward Error Correction) 코드를 기존 데이터 페이로드(Payload)에 추가하여 보냄으로써 패킷 손실이나 변형시에 이를 일부 또는 전체 복구할 수 있는 기본 정보를 제공한다. 또한, FEC를 하는 과정에서 패킷들을 인터리빙(Interleaving)하거나 2D-FEC 기법과 같이 가로 및 세로 열의 데이터에 대한 FEC 코드를 생성함으로써 같은 크기의 FEC 오버헤드

(Overhead)로도 더 나은 에러 복구를 제공하는 연구들이 있다. 두번째, 에러 복구 기법에는 수신측에서 FEC 정보를 이용하여 에러를 복구하는 기법 외에도 에러 은닉 (Error Concealment) 기법이 있다. 이 에러 은닉 기법은 또한 여러가지 세부 기법들이 있는데, 대표적인 것이 비디오 영상의 시간적 유사성을 이용하여 바로 전이나 후의 영상을 그대로 복사하여 에러가 발생한 현재 디코딩 하려는 화면에 덮어 씌우는 화면 복사 (Picture copy)이다. 또한, 손실된 영상의 부분이 크지 않을 경우에는 영상의 에러 발생 영역 주변의 픽셀(Pixel)값을 복사하거나 값의 변화를 감안한 픽셀 값으로 에러 난 영역을 채우는 보간법 (Interpolation)이 있고, 시간적으로 변화가 있는 이전과 이후 화면 내의 움직임 벡터들의 평균값으로 현재 에러가 발생한 화면의 움직임 벡터를 만들어서 디코딩에 이용하는 기법들도 있다. 또한, 스케일러블 비디오 코딩(Scalable Video Coding; SVC, SHVC)에서는 향상계층 (Enhancement layer)의 현재 영상 일부가 손실되었을 때, 기본계층(Base layer)의 영상을 업샘플링(upsampling)하여 복구하기도 한다.

본 연구는 이와 같은 전통적인 에러에 강한 비디오 스트리밍 기술 중에서도, 가장 최근에 표준화 된 국제 비디오 표준 기술인 HEVC의 타일(Tile)기법에 중점을 맞춘다.

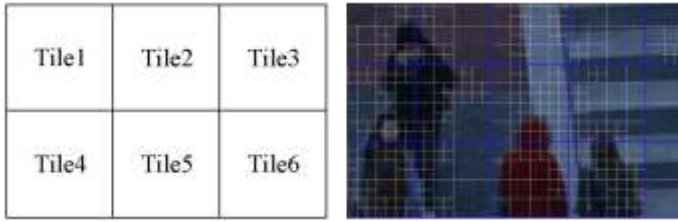


그림1. HEVC 타일 기법(좌)과 화면의 CU 및 PU 분할.

그림 1 좌측 그림과 같이 HEVC의 화면이 여러 타일로 분할되어 있을 때, 이 타일들은 우측의 그림과 같이 여러 코딩 유닛 (Coding Unit; CU) 및 그 코딩 유닛을 블록의 최적화 된 예측을 위해 나뉘어진 예측 유닛 (Prediction Unit; PU)로 구성된다. 이 때, 예측 유닛의 분할된 정도는 관련 실험을 통해 그 영상의 복잡도와 밀접한 관련이 있다고 밝혀졌으므로 [1], 본 연구는 각 타일의 예측 유닛의 분할 횟수를 계산하여 이를 해당 영상의 중요성(Priority) 정보로 활용한다. 그 후, 이 중요성 정보에 맞추어 그림 2와 같이 FEC 코드의 오버헤드의 정도를 조절하는 UEP 기법을 적용한다.



그림 2. 제안하는 PU분할 정도에 기반한 UEP 단계

2. 관련 연구

2.1. 랩터 코드 (Raptor FEC Codes)

LT-codes는 Luby로부터 소개된 코드들의 하나의 새로운 클래스이며, 컴퓨터 네트워크 상에서 확장성이 있으며 결함에 내성이 있는 데이터의 배포를 목적으로 쓰인다. 이 LT-codes의 확장인 랩터 코드는 잠재적으로 무제한의 심볼 스트림을 제공하며 이 심볼 스트림은 높은 확률로 기존 심볼을 복구한다. 랩터 코드의 입력(input) 심볼들은 블록의 중간값으로 구성된 부호워드로 구성된 심볼들이며, 여분의 심볼들에 의해 덧붙여진다. 한편, 출력(output) 심볼들은 적절한 LT-code에 의해 중간값으로 구성된 부호워드, 즉 pre-coded input 심볼들로부터 생성된다. 그림 3은 위의 과정들을 간략히 표현하고 있다.

이 기술은 기존의 데이터, 특히 영상들을 전송할 때 삭제된 데이터를 높은 확률로 복구하는데 도움을 줌으로써, 더 높은 영상화질 PSNR(Peak Signal-to-Noise Ratio)을 제공한다 [2].

2.2. 강력한 모바일 비디오 전송에 대한 오류 은닉 모드

디코더 측면에서만 동작하는 에러 은닉 방식은 잃어

버린 영상을 위한 최적의 EC 모드가 무엇인지 알 수 없다는 제한점이 있다. 따라서, 관련된 연구 중에는 인코딩 단계에서 계산된 현재 화면과 가장 유사한 화면의 정보를 디코더에게 적은 비트의 모드 값으로 알려줌으로써 에러의 영향을 최소화하고, 에러 확산(Error Propagation)을 막는 기법이 소개 되었다[3].

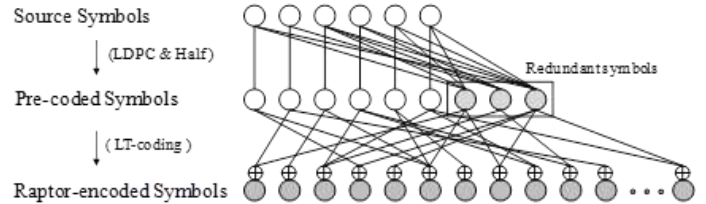


그림 3. 랩터 코드 수행 과정

2.3. ULT 스위칭 기반 레이어 계층을 이용한 신뢰성과 확장성을 지닌 비디오 스트리밍

LWS-ULT(A Layer Weight Switching-based Unequal Luby Transform)는 패킷 손실율이 높은 네트워크 상에서 비디오 왜곡을 최소화하기 위한 방식이다 [4]. 이 방식은 모든 품질 계층을 MIS(More Important Set)와 에러 확산 영향에 기반한 LT-code내 UEP를 제공하는 LIS(Less Important Set)으로 나눈다. 또한, MIS 내에 스케일러블 비디오 코딩의 품질 계층(Quality scalable enhancement layer)의 수는 채널 상황에 맞게 조정된다. 예를 들어, 패킷 손실 비율이 높은 경우 낮은 번호의 품질 계층이 에러 확산 비중에 대해 더한 보호를 위한 MIS로 할당된다. 반면, 높은 번호의 품질 계층은 비디오 화질을 향상시키기 위해 MIS에 속하게 된다. 이를 통해 오류가 많은 네트워크 환경에서 스케일러블 비디오 코딩 비디오의 UEP를 제공하여 영상 품질을 향상 시킨다.

3. 제안하는 랩터 코드를 이용한 타일 예측 유닛 분할 정도에 따른 HEVC 비디오 UEP

본 연구는 HEVC 타일 단위의 비트스트림을 NAL(Network Abstraction Layer) 유닛으로 구성한 후, 이 NAL에 포함된 PU의 분할 정도를 기반으로 UEP하는 기법을 제안한다. 이 기법은 기존의 일정한 FEC 오버헤드를 적용하는 방법에 비해 영상의 화질을 높일 수 있다. 이 연구를 위해 JCT-VC에서 HEVC 비디오 압축 기술을 연구 위해 제공하는 HM 15.0(HEVC reference software)를 이용하여 테스트 영상(PeopleOnStreet; 4K)을 인코딩하고, 에러 내성이 있는 오픈소스 디코더인 openHEVCdecoder를 사용하여 디코딩을 한다. 그리고 마지막으로 사용자의 주관적 화질에 조금 더 가까운 객관적 화질 측정 도구인 FSSIM (foveal-

SSIM)을 이용하여 화질을 측정한다. 따라서, 본 연구의 구체적인 실험 단계는 HM 15.0 인코더/디코더 수정을 통한 (1) 비디오 NAL안의 PU 분할 정도 분석, (2) 각 NAL에 적용할 FEC 오버헤드율을 계산, (3) 구현된 랩터 코드를 이용한 UEP 적용, (4) FSSIM을 이용한 화질 측정을 거친다. 이 때, NAL안의 PU 분할 정도를 분석하기 위해 구현한 NAL 분석기(Analyzer)는 한 화면을 구성하는 전체 NAL(예: 타일별 NAL)의 PU 분할 수를 이용하여 각 NAL의 PU 분할 수 표준편차를 구한다. 이를 바탕으로 NAL의 UEP를 위한 FEC 오버헤드율이 정해지는데, 예를 들면, 평균 5%의 FEC 오버헤드를 제공하는 경우, 3%, 5%, 7% 등의 여러 단계로 나누어 NAL의 중요성(PU 분할 정도의 많음에 상응)에 따라 적용한다.

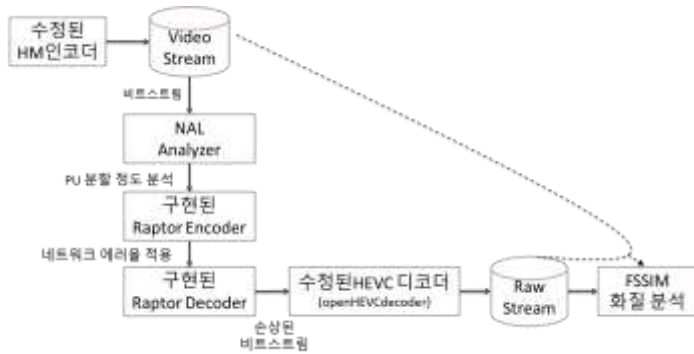


그림 4. HEVC 타일 PU 분할기반 UEP 연구 실험과정

3.1. 비트스트림 생성 및 PU 분할 정도 분석

이 과정은 HM을 활용하여 인코딩, 디코딩을 수행하여 비디오 스트림과 각 슬라이스 별 PU개수를 얻는다. HM 인코딩 과정에서 QP(Quantization Parameter)와 인코딩 방식, 그리고 프레임당 슬라이스 개수를 변경할 수 있다. 따라서 HM을 이용하여 여러 QP 값들(22, 27, 32, 37)과 여러 인코딩 방식(AI, RA, LDB, LDP), 그리고 프레임당 슬라이스개수(1, 2, 4)를 번갈아 가며 각각 인코딩한다. 이후, 인코딩된 비트스트림에 대하여 NAL Analyzer를 통해 NAL 유닛 타입과 크기를 분석한다.

3.2. PU 분할 정도 기반 UEP 수행

슬라이스별 PU의 최고 개수를 기반으로 각 해당하는 NAL 유닛들을 3개의 집합으로 나누어 각각 3%, 5%, 7%의 오버헤드율을 적용하여 랩터 인코딩, 디코딩을 수행하는 과정이다. 오버헤드율을 각기 다르게 줌으로써 PU개수가 많은 경우 더 많은 오버헤드를 가져 복구할 수 있도록 하고 PU개수가 적은 경우 적은 오버헤드를 가져 비트율을 줄일 수 있도록 한다. 이 과정 중 NAL 유닛 크기와 블록 크기가 다르므로 NAL 유닛 크기보다 블록의 크기가 큰 경우 남는 공간에 0을 패딩하여

채워넣는다. 이를 통해 NAL 유닛에 따라 오버헤드율이 다른 인코딩이 가능하다. 이 후 디코딩 작업 시 여러 에러율(1%, 3%, 5% 등)을 적용하여 에러율이 많고 적용에 따라 여러 영상의 화질을 분석할 수 있다.

3.3. 디코딩 및 화질 측정

openHEVCdecoder를 이용하여 손상된 비트스트림을 디코딩하고 얻은 비디오 데이터를 화질 측정 툴 중 하나인 FSSIM을 이용하여 영상의 주관적 화질을 분석하는 과정이다. 이 과정을 통해 각각의 인코딩 옵션, 에러율에 따라 분석할 수 있다.

4. 결론

본 연구는 HEVC 비디오에서 타일 별 PU의 분할 개수를 기반으로 타일이 포함하는 영상의 중요성을 대표하게 한다. 이를 통해, 각 NAL에 대하여 다른 랩터 FEC 오버헤드율을 적용하는 HEVC 불균등 오류 보호 기법을 제안한다. 제안하는 기술은 묶음 데이터에 대하여 일정한 오버헤드율을 적용하여 비디오 데이터를 보호하는 기존의 에러 보호 방식과 다르게 각 슬라이스 별 오버헤드율을 다르게 함으로써 영상의 화질을 높일 수 있다. 본 연구는 현재 구현의 일부가 아직 남아 있는 단계로 진행되고 있으며, 현재까지 실험된 내용으로는 PU의 분할 정도가 영상의 중요성과 상관 관계가 있다고 확인되었다. 최종적인 실험 데이터와 분석 정보는 가까운 시일내에 학회에서 다시 공개할 계획이다.

Acknowledgement

이 논문은 2016년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (No. NRF-2015R1C1A1A02037743)

참고문헌

- [1] Yeongil Ryu, Hyun-Joon Roh, Eun-Seok Ryu, "Tile Partitioning-based HEVC Parallel Decoding Optimization for Asymmetric Multicore Processor", Journal of The Korean Institute Of Information Scientists and Engineers (JOK), Vol. 43. No. 9, pp. 1060-1065, Sep. 2016.
- [2] Shokrollahi, Amin. "Raptor codes." *IEEE transactions on information theory* 52.6 (2006): 2551-2567.
- [3] Ryu, Eun-Seok, and Joongheon Kim. "Error concealment mode signaling for robust mobile video transmission." *AEU-International Journal of Electronics and Communications* 69.7 (2015): 1070-1073.
- [4] Ha, H., and E-S. Ryu. "Reliable scalable video streaming using layer weight switching-based unequal Luby transform." *Electronics Letters* 52.5 (2016): 357-359.