

화면 간 차이 신호에 대한 화소 영역 위너-지브 비디오 코덱의 비트 에러 내성 성능 평가

Performance Evaluation of Bit Error Resilience for Pixel-domain Wyner-Ziv Video Codec with Frame Difference Residual Signal

김진수

한밭대학교 정보통신공학과

Jin-soo Kim(jskim67@hanbat.ac.kr)

요약

DVC(분산 비디오 부호화) 기술은 새로운 패러다임의 기술로서 Slepian-Wolf와 Wyner-Ziv 이론에 기초하고 있다. DVC 기술은 부호화기와 복호화기 사이의 복잡도를 융통성 있게 분할할 수 있게 할 뿐만 아니라, 본질적으로 정보원-채널 통합 부호화를 지원함으로써 인해 채널 에러에 대한 강인함을 제공한다. 기존의 많은 연구들은 주로 부호화기의 경량화와 부호화기의 비트율-왜곡 성능 개선에 초점을 맞추어 왔다. 그러나 본 논문에서는 전송 중에 비트 에러가 발생하는 환경에 적합한 DVC 코덱 구조를 제안한다. 제안된 코덱은 데드존이 없는 양자화기와 영을 중심으로 대칭적인 그레이 코드를 사용한다. 모의실험을 통해 제안된 구조에 대해 채널의 연접 비트 에러의 수뿐만 아니라 비트 발생 위치에 따른 성능을 분석한다. 또한, 주어진 응용에 대해 실제 발생하는 채널의 비트 에러에 따라 최대 및 최소 전송율의 크기가 선형적으로 결정될 수 있음을 보인다.

■ 중심어 : | 분산 비디오 부호화 | 비트 에러 특성 | 에러 강인성 |

Abstract

DVC(Distributed Video Coding) technique is a new paradigm, which is based on the Slepian-Wolf and Wyner-Ziv theorems. DVC offers not only flexible partitioning of the complexity between the encoder and decoder, but also robustness to channel errors due to intrinsic joint source-channel coding. Many conventional research works have been focused on the light video encoder and its rate-distortion performance improvement. However, in this paper, we propose a new DVC codec which is effectively applicable for error-prone environment. The proposed method adopts a quantiser without dead-zone and symmetric Gray code around zero value. Through computer simulations, the proposed method is evaluated by the bit errors position as well as the number of burst bit errors. Additionally, it is shown that the maximum and minimum transmission rate for the given application can be linearly determined by the number of bit errors.

■ keyword : | DVC | Bit Error | Robustness to Bit Error |

* 본 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구(No.2011-0026730)와 교육과학기술부와 한국연구재단의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구(2012H1B8A2025982) 결과임.

접수번호 : #120612-001

심사완료일 : 2012년 08월 07일

접수일자 : 2012년 06월 12일

교신저자 : 김진수, e-mail : jskim67@hanbat.ac.kr

I. 서론

무선 저전력 감시 카메라, 이동 전화, 멀티미디어 센서 네트워크 등과 같이 매우 많은 이동 기기들이 개발됨에 따라 많은 사람들은 이러한 기기들을 이용하여 비디오를 생성시키고 손쉽게 다른 기기 또는 웹상으로 전송할 수 있게 되었다. 비디오 품질과 전송 속도를 개선하면서 동시에 저전력 및 저비용의 이동 기기에 적합한 부호화 기법에 대한 수요가 점진적으로 증가되고 있는 추세이다. 그러나 기존의 MPEG-x와 H.26x와 같은 국제 동영상 압축 표준들은 이러한 요구조건을 만족하지 못한다[1]. 왜냐하면 이러한 표준들은 높은 복잡도의 부호화와 낮은 복잡도의 복호화를 갖는 용도로 고안되었기 때문이다. 즉, 방송용 비디오와 같은 응용은 소수의 방송 사업자가 수많은 소비자들을 위해 고품질의 비디오를 생산하여 전송하며, 이러한 응용에 기존의 국제 동영상 압축 표준이 고안된 것이다. 이러한 기존의 국제 동영상 압축 표준과 달리 저전력 및 저비용의 이동 기기에 적합한 부호화 기법으로서 분산 비디오 부호화 기법(DVC: Distributed Video Coding)은 계산량의 복잡도를 부호화기에서 복호화기로 이동시킬 수 있는 이론적인 토대에 바탕을 두고 있다.

분산 비디오 부호화 기법은 Slepian-Wolf[2]의 정보이론에 기초하여 부호화기의 복잡도를 줄일 수 있는 이론적 근거를 제시하고 있으며, 또한, Wyner-Ziv[3]이론에 기초하여 Slepian-Wolf 이론을 손실 압축의 경우로 확장하여, 예측 참조 영상이 복호화기측에 존재하고 손실 압축을 할 경우에도 기존과 동일한 비트율-왜곡 특성을 이끌어 낼 수 있음을 보였다. 현재까지 연구된 대표적인 분산 비디오 부호화 기법으로는 Stanford 대학 모델[4]과 U.C. Berkeley 모델[5](PRISM) 모델에서 제안된 기본 구조를 토대로 연구가 진행되고 있으며, 또한, 최근에는 유럽(EU)의 DISCOVER[6] 프로젝트가 진행되어 그 결과가 공개되었다.

이러한 분산 비디오 부호화기법은 키 프레임과 Wyner-Ziv(WZ) 프레임으로 나뉘어 전송되는데, 키 프레임은 기존의 H.264/AVC 등과 같은 화면 내 부호화 기법을 통해 전송되고, WZ 프레임은 채널 부호화기에

기초하여 전송된다[4-6]. 채널 부호화는 WZ 프레임에 의해 만들어지는 패리티비트가 수신측으로 전송된다. 수신측에서는 기존의 화면 내 복호화기를 통하여 키 프레임을 복호화하고, WZ 프레임에 대한 예측치에 해당되는 보조정보(SI: Side Information)를 생성한다. 보조정보는 수신측에서 복원된 키 프레임의 정보들을 이용하여 움직임 보상 프레임 보간에 의해 생성된다. 이렇게 생성된 보조정보는 원래의 WZ 프레임과 매우 유사하게 만들어지지만 여전히 차이가 존재한다. 이러한 차이는 가상 채널 잡음으로 고려하고 송신측에서 WZ 프레임으로 만들어진 패리티 비트를 이용하여 보정하게 된다. 패리티 비트 생성을 위해서는 LDPCA(Low Density Parity-Check Accumulator) 코드 또는 Turbo 코드 등이 사용된다[7-9]. 생성된 보조정보에 가상채널 잡음이 많을수록 보정해야 할 패리티 비트는 많이 필요하게 된다. 가상 채널 잡음에 대한 보정은 먼저 전이확률(crossover probability)을 LDPCA의 가변 노드(variable node)에 대한 조건부 엔트로피를 결정하여 BP(Belief Propagation)의 수렴 여부를 확인하게 된다. 가변노드와 체크노드 사이에 반복적인 연산과정을 통하여 모든 값이 0으로 수렴되지 않으면 가상 채널 잡음이 많은 것으로 판단하게 되고, 이에 추가적인 패리티 비트를 피드백 채널을 통해 요구한다. 이와 같은 피드백에 의한 패리티 요구는 매우 많은 지연을 필요로 하고, 복잡한 복호화를 수행하게 된다[7-9].

그러나 기존의 채널 부호화 및 복호화에 대한 연구는 주로 채널 복호화의 지연 문제를 극복하기 위한 방법으로 이루어졌다[10][11]. 본 논문에서는 전송 채널에서 발생하는 비트 에러에 대해 강한 특성을 갖는 화면 간 차이 신호를 이용한 분산 비디오 코덱 구조를 제안한다[12]. 제안한 구조는 데드존이 없는 양자화기와 영을 중심으로 대칭적인 그레이코드 구조를 갖는다. 기존의 그레이코드의 장점을 이용한 분산 비디오 부호화기는 몇 가지 문헌에서 제안되어 사용되었다[13-16]. 참고문헌 [13]과 [14]에서는 움직임 정보의 피드백을 이용하여 화면 간 부호화를 위해 그레이코드의 장점을 활용하였으며, 참고문헌[15]에서는 움직임이 없는 블록에 대해 스킵모드를 도입하고 부호화 블록들에 대해 그레이

이코드를 이용하였다. 참고문헌 [16]에서는 인터리빙 방식에서 선택적 부호화에 그레이코드의 장점을 도입하였다. 본 논문에서는 이러한 그레이코드의 장점을 살리는 구조를 갖도록 하며, 동시에 실제 전송 채널에서 발생하는 비트 에러에 강인한 특성을 보인다. 또한, 제안 방식을 이용한 모의실험을 통해 채널 비트 에러에 대해 비트율-왜곡 특성을 분석한다. 이를 위해 비트 에러 특성이 다발적으로 발생하는 연접 에러의 경우와 분산되어 나타나는 경우에 대해 분석을 수행하고, 실제 최대 및 최소 비트 요구량에 대해 분석한다. 분석된 결과를 바탕으로 채널 에러 특성에 따라 전송 채널의 최대 요구량과 최소 요구량이 선형적으로 근사화할 수 있음을 보인다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 화소영역 잔차 신호에 대한 Wyner-Ziv 비디오 코덱과 LDPCA 복호화기법에 살펴본다. 이를 바탕으로 3장에서는 전송채널 비트 에러에 강인한 코덱 구조를 위해 테드존이 없는 양자화기와 대칭 구조의 그레이코드를 갖는 기법을 제안한다. 그리고 4장에서는 제안 방식의 성능을 비교하고, 채널 비트 에러에 따른 성능 특성을 분석하며, 5장에서 결론을 맺는다.

II. 화소영역 Wyner-Ziv 비디오 코덱과 LDPCA 채널 복호화

1. 화소영역 Wyner-Ziv 비디오 코덱

[그림 1]은 스탠포드 대학교에서 제안한 화면 간 차이 신호를 이용한 Wyner-Ziv 비디오 코덱 구조에 대한 개념도를 나타내고 있다[12]. 분산 비디오 코덱은 화소영역과 변환영역으로 구현될 수 있는데, 단순한 화소영역에 의한 코덱구조에 비해 변환영역의 코덱이 조금 우수한 성능을 보이는 것으로 보고되었다. 그러나 화면 간 밝기 차이 신호의 부호화를 이용한 화소영역 코덱은 변환 부호화 기법과 거의 비슷한 성능을 보이거나 또는 비트율에 따라 미세하게나마 우수한 성능을 보이는 것으로 검증되었다[12][13]. 이와 같은 결과를 바탕으로 본 논문에서는 [그림 1]과 같은 화소 간 밝기 차이 값을

갖는 화소영역 분산 비디오 코덱을 사용한다[13].

Wyner-Ziv 비디오 부호화기의 가장 간단한 형태로서 홀수 번째 프레임은 키 프레임이라고 하고, 짝수 번째 프레임은 Wyner-Ziv 프레임이라 한다. 먼저, 첫 번째 프레임과 세 번째 프레임에 해당되는 키프레임은 기존의 H.264/AVC와 같은 방식을 이용해 화면 내 부호화 기법으로 압축 부호화하여 전송한다. 그리고 첫 번째 키 프레임에 대한 복원된 프레임과 Wyner-Ziv 프레임과의 화면 간 차이 신호를 부호화하여 그 차이 신호를 그레이 코드로 만들어 LDPCA 코드의 유효부하에 위치시켜 패리티 비트를 생성시키고, 그 결과를 버퍼로 전송한다.

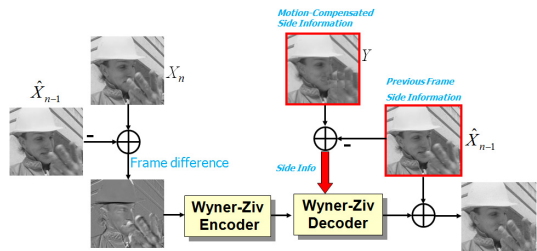


그림 1. 화면 간 차이 신호에 대한 스탠포드 대학의 Wyner-Ziv 코덱 모델의 개념도 [12]

수신측에서는 첫 번째 프레임과 세 번째 프레임이 화면 내 부호화 기법으로 압축 부호화된 것이 수신되면 각각 독립적으로 복호화하여 두 번째 프레임의 예측치에 해당되는 보조정보를 생성한다. 이때 시간적으로 전후에 위치하는 프레임들의 정보를 이용하여 움직임 보상 보간에 의해 보조정보를 생성한다. 생성된 보조정보는 송신측의 두 번째 프레임에 대한 근사치로서 두 번째 프레임과 동일하지는 않다. 만일 동일하지 않을수록 비트왜곡이 크게 나타나며, 이에 대해서는 원 정보인 두 번째 WZ 프레임과 첫 번째 키 프레임의 복원 영상에 대하여 차이 영상으로 만든 패리티 정보를 수신하여 그 패리티 정보로 왜곡된 비트를 보정하게 된다. 이상에서 설명한 과정을 계속적으로 세 번째 키 프레임과 다섯 번째 키 프레임의 복원된 영상을 이용하여 네 번째 프레임인 WZ 프레임에 대해서도 동일하게 적용하여 복원한다. 이러한 과정에서 보조정보와 원 정보의

왜곡에 의해 생기는 비트 에러는 실제 채널 전송 중에 발생된 왜곡이 아닌 가상 채널에 의한 잡음이라고 한다. 그러나 분산 비디오 코덱은 이러한 가상 채널 잡음과 더불어 실제의 채널 에러에 의한 왜곡 특성을 포함하게 된다. 가상 채널 잡음과 더불어 실제 전송 중에 발생된 비트 에러에 강인한 Wyner-Ziv 비디오 부호화기 및 에러 내성에 대한 특성 분석이 요구된다.

2. LDPCA 코드의 구성

LDPC 코드를 구현하는 방식은 매우 많은 문헌에서 다루어진 바와 같이, BP (Belief Propagation)에 대한 메시지-통과 (message passing) 모듈에 대하여 연관정 (soft-decision) 방식 또는 경관정 (hard-decision) 방식으로 구현될 수 있다. 메시지-통과에 대한 연관정방식이 채널 모델링 파라미터를 설정하기 위하여, 통계적 특성으로 사용할 수 있기 때문에 경관정 방식보다 우수한 부호화 효율을 얻는 것으로 알려져 있다. 따라서, 전형적인 LDPC 코드의 설계 방식은 확률 밀도 진화 곡선을 이용하여 적합한 분포를 구하는 문제로 귀결되는데, 비균일 에러 분포를 갖는 채널에 대해서 우수한 성능을 갖는 LDPC코드를 설계하는 방법이 제안되기도 하였다 [9]. 여기에서는 체크노드에 연결된 가변 노드들이 완전히 임의적으로 선택되지 않도록 구현되며, 체크 노드들의 에지 연결은 각 체크노드가 에러 확률이 낮게 가변 노드들을 연결하도록 한다. [그림 2]는 이러한 코드 구성의 예를 나타낸 것으로서, 낮은 신뢰성을 갖는 비트들을 갖는 가변 노드들을 좌측에 위치시킨다. 각 체크 노드들은 기껏해야 한 번에 한 개의 신뢰성이 없는 에지를 수신하고, LDPC 코드의 에러 보정 능력을 개선하도록 구성된다.

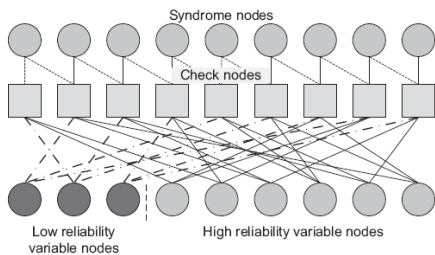


그림 2. rate-1/2 (18, 9)코드의 구성의 예

대다수의 입력은 신뢰성이 있는 가변노드에서 입력되므로 각 체크 노드에 의해 주어지는 LLR (Log-Likelihood Ratio)방식에 의한 에러 보정은 더욱 높은 확률을 가지게 된다. 신뢰성이 없는 비트들은 LDPC의 수렴 특성을 개선하도록 하기 위해, 신뢰성이 있는 가변 노드들로부터 정보를 받아들이고, 그래서 주어진 수만큼의 반복 보정을 통하여 더 많은 비트 에러를 보정하게 된다. 각 체크노드에 연결된 가변노드들은 높고 낮은 에러의 확률을 가지는 남은 가변노드들로부터 임의로 선택되고, 이 임의성을 갖는 요소를 갖고서 검출이 실패하게 되면, LDPC 코드의 성능은 같은 오류 분포 정도를 갖는 LDPC 코드와 같은 성능을 얻는 것으로 기대할 수 있다.

Slepian-Wolf 코덱은 비트율에 대해 적응적인 방식으로 설계된 코드들을 통하여 압축을 달성한다. 비트율에 적응적인 LDPC코드는 이른바 LDPCA 코드들이라고 불리며, 이 LDPC syndrome코드는 누적기 (accumulator)에 의해 연쇄적으로 연결된 형태로 구성된다[7]. 이러한 코드들은 요구되는 압축률을 달성할 때까지 체크 노드들을 병합함으로써 압축률을 달성하게 된다. LDPCA코드의 구성은 각 체크 노드가 낮은 에러 확률을 갖는 코드워드 부분에 연결된 절반의 에지들보다 더 많이 갖도록 교차되도록 한다. LDPC코드의 최적인 복호화는 반복적인 구조가 없는 그래프를 통해 달성될 수 있으므로 그래프에 대한 조건이 있는 기술들이 반복 주기의 길이를 증가시키도록 고려된다. 이러한 LDPCA 구조와 복호화에 대한 기존의 연구들은 설계 및 복호화를 코드의 관점에서 분석되고 논해졌다. 본 논문에서 [그림 1]과 같은 코덱 구조에서 실제 채널 에러의 발생에 따른 화질 특성을 분석하는데 그 목적이 있다.

III. 화면 간 차이 신호에 대한 양자화와 그레이 코드를 갖는 Wyner-Ziv 비디오 부호화기

[그림 3]에 나타난 Wyner-Ziv 비디오 코덱은 화면 간 차이 신호에 대하여 적용된다. 화면 간 차이 신호에 대한 기법은 이미 참고문헌 [12]의 연구 결과에서 DCT

영역의 기법과 성능이 유사하거나 비트율에 따라 미세하게나마 우수한 것으로 보고되었고, 이러한 차이 신호가 갖는 통계 특성을 수용하는 방안을 고안할 필요가 있다. 참고문헌 [13]과 [14]에서 이미 화면 간 차이 신호에 대해 구현 방식이 제시되었지만, 우수한 구조를 제시하지 못했다. 즉, 이웃하는 프레임간의 동일 위치에 있는 화소의 밝기 값은 매우 높은 유사성을 갖는 특성을 이용할 필요가 있다. 그래서 이웃 화소 간의 밝기 값 차이에 대한 통계적인 분포 특성은 0을 평균으로 하고 좌우가 대칭인 라플라시안 분포를 따르며, 평균과 평균 값 근처에 집중하는 특성을 보이고, 이러한 통계적 특성은 매우 안정적이고 정제적인(stationary) 특성으로 나타나게 되므로, 양자화와 그레이 코드 할당에 제대로 반영하는 구조가 제시될 필요가 있다.

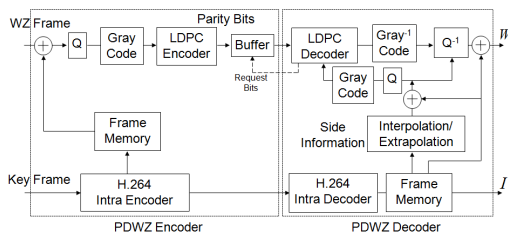


그림 3. 화면 간 차이 신호에 대한 양자화 및 그레이 코드를 갖는 PDWZ코덱[13]

본 논문에서는 [14]에서 제시된 특성을 일부 보완하고 통계적 중복성을 이용하기 위해, 밝기 차이 신호 값이 0을 중심으로 좌우 대칭인 영역에 대해 MSB(Most Significant Bit)가 같도록 양자화와 그레이코드를 구성하는 방안을 제안한다. 이진 형태의 밝기 값 표현은 이웃하는 거의 유사한 밝기 값이라도 비트 플레인 별로 매우 다른 형태로 표현될 수 있다. 즉, 송신측에서 보내고자 하는 WZ 프레임과 수신측에서 생성한 보조정보는 매우 유사한 밝기 값을 가질 수 있으나, 이진 형태의 표현 형식으로 전송을 한다면 밝기 값은 미세하게 차이가 있다고 하더라도, 비트 플레인 별로는 매우 상이한 형태의 표현을 가질 수 있다[14]. 예를 들어, 8에 대한 이진값은 '1000'이고, 7에 대한 이진값은 '0111'이다. 이 두 개의 값은 송신측이 8을 갖고 있고, 수신측이 보조정

보로서 7을 복원하였다고 하면, 매우 유사한 값으로 복원하여 화질의 차이는 매우 미미할 것으로 예측된다. 그렇지만 분산 비디오 부호화기법에서는 비트플레인단위로 전송되기 때문에 4비트가 모두 비트에러가 발생한 것으로 고려되고, 이 차이를 보정하기위해 많은 패리티비트를 전송해야 하는 문제점을 갖게 된다. 따라서, 이 문제점은 수신측에서 생성한 보조정보를 패리티 비트의 유료 부하에 위치시킬 때, 많은 비트가 가상 채널 잡음이 발생한 것으로 간주될 수 있다. 이러한 문제점을 극복하기 위해 테드존이 없는 양자화와 이에 해당하는 그레이코드를 사용한다. [그림 4]는 본 논문에서 제안하는 테드존이 없는 양자화를 나타내며, 여기서 x 값은 화소 밝기 차이이고 D 는 양자화 계단 크기이다. x/D 에 의해 양자화되면 그 값은 $Q(x)$ 로 대응되어 양자화 인덱스값을 출력으로 발생시킨다. 이렇게 함으로써 이웃하는 유사한 밝기 값에 대해 채널 잡음 효과를 줄일 수 있으며, 양수 값 영역과 음수 값 영역이 상호 대칭적으로 하여, 그레이 코드할당이 용이하게 된다. [표 1]은 테드존이 없는 5비트 양자화의 예를 나타낸다. 이 표에서 알 수 있듯이, MSB에 의한 비트 오차가 최소화될 수 있도록 하기 위해, 라플라시안 분포 특성으로 밀집된 특성을 가지므로 대부분의 비트들은 가상 채널 잡음에 의해 에러로 구분되지 않는다. 반면에 LSB로 이동하지만 비트 에러로 인한 강인성을 갖기 위해 단지 이웃하는 양자화 인덱스 값이 1차이가 있어 상관성을 이용하도록 그레이 코드를 구성하고 있다.

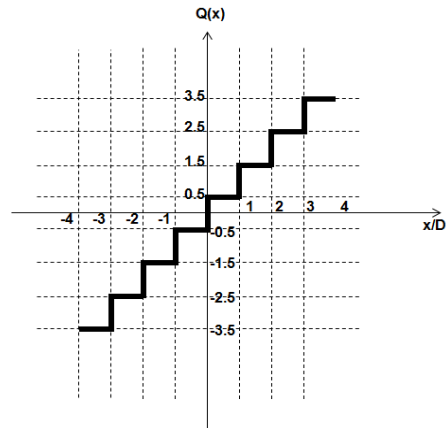


그림 4. 테드존이 없는 4비트-균일 양자화기

표 1. 양자화 인덱스 값과 그레이 코드(5비트)

양자화인덱스값	그레이코드
7.5	1000
6.5	1010
5.5	1110
4.5	1100
3.5	0100
2.5	0110
1.5	0010
0.5	0000
-0.5	0001
-1.5	0011
-2.5	0111
-3.5	0101
-4.5	1101
-5.5	1111
-6.5	1011
-7.5	1001

VI. 전송 비트 에러 발생에 따른 에러내성

1. 모의실험 조건

앞에서 제안한 테드존이 없는 양자화와 그레이 코드 사용에 대한 전송 비트 에러에 따른 에러 내성 특성을 조사하기 위해 모의실험을 수행하였다. 모의실험을 위해 공간 해상도 QCIF(176x144), 30Hz 구성된 영상 시퀀스를 사용하였고, 홀수 번째 프레임인 키 프레임 51개, 짝수 번째 프레임인 Wyner-Ziv 프레임 50프레임으로 구성하였다. 먼저, 홀수 프레임에 대응되는 키 프레임에 대한 부호화는 양자화 파라미터 값을 고정시키고 표준안 H.264의 화면 내 부호화 방법에 따라 가변 비트율로 부호화하였다. Wyner-Ziv 프레임은 [그림 3]에 나타난 것과 같이 이전 키 프레임의 복원된 신호와 프레임 차 신호를 구한 후에 테드존이 없는 양자화한 후에 그레이 코드를 할당하는데, t번째 프레임의 비트 플레인(k)의 l번째 LDPCA 프레임에 대한 계층적 구조를 [그림 5]와 같이 계층적으로 나누어 사용한다. 모의실험에서는 LDPCA 패리티 비트 프레임 크기는 3168비트를 사용한다.

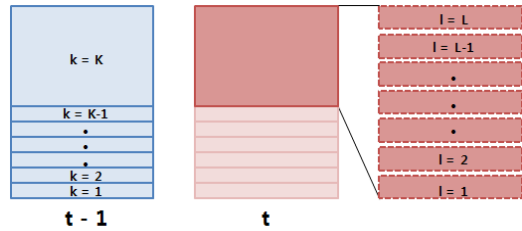


그림 5. Wyner-Ziv 프레임에 대한 프레임(t), 비드플레인(k), LDPCA 프레임(l)의 계층적 구조

2. 양자화 및 그레이 코드의 효과에 대한 모의실험 결과

기존에 [14]에서 진행된 연구는 양자화에 테드존이 있는 양자화 방식을 사용하였고, 또한, 그레이 코드 또한 양자화 레벨의 값에 대해 양과 음이 대칭인 구조를 이용하지 않는 구조로 구성되어 있다. 본 논문에서 제안한 양자화 방식과 그레이 코드 구성 방식에 따른 효과를 실제 채널에서 발생하는 비트 에러에 대한 모의실험을 통해 성능을 분석하였다. [그림 6]은 Foreman시퀀스에 대해 각 LDPCA 프레임의 첫 번째 비트부터 일정한 연접 비트 에러 즉, 4, 8, 12, 16, 20 비트씩 에러를 발생시킨 경우에 그 비트 에러를 복원하면서 동일한 품질을 만들기 위해 요구되는 전송 비트율을 나타내고 있다. 이 그림에서 알 수 있듯이 3kbps에서 5kbps 정도의 범위 내에서 제안 방식이 적은 비트율을 요구하고 있다.

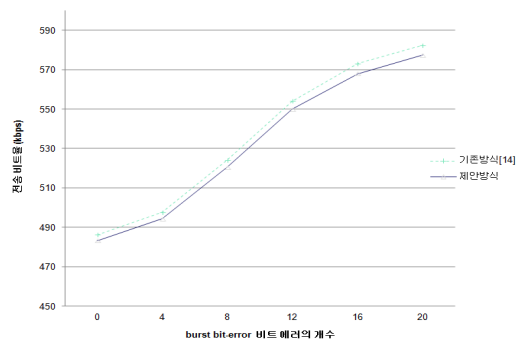


그림 6. 연접 비트 에러 개수에 따른 전송 비트율 비교 (Foreman, QCIF, 30Hz)

[그림 7]은 Salesman시퀀스에 대해 각 LDPCA 프레임의 첫 번째 비트부터 Foreman시퀀스와 동일한 방법

으로 비트 에러를 발생시킨 경우에 그 비트 에러를 복원하면서 동일한 품질을 만들기 위해 요구되는 전송 비트율을 나타내고 있다. Salesman시퀀스가 Foreman시퀀스에 비해 움직임이 작기 때문에 비트율만 낮게 나왔을 뿐 비트에러에 대한 특성은 Foreman시퀀스와 매우 비슷함을 확인할 수 있다. 이 그림에서도 알 수 있듯이 2kbps에서 4kbps 정도의 범위 내에서 제안 방식이 적은 비트율을 소모한다.

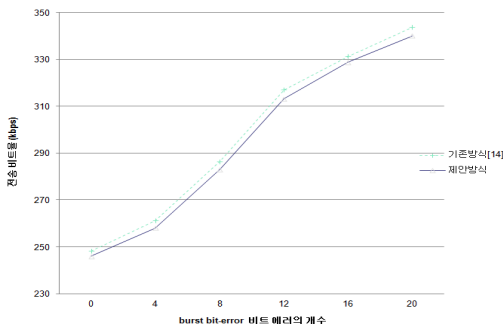


그림 7. 연접 비트 에러 개수에 따른 전송 비트율 비교 (Salesman, QCIF, 30Hz)

3. 연접 비트 에러의 시작 위치에 대한 모의실험 결과

[그림 3]에 나타낸 것과 같이 수신측에서 LDPC 복호화에 필요한 패리티를 반복적으로 요구함에 따라 앞 부분에 발생하는 패리티 비트에러에 대한 연접 에러 (burst error) 특성과 비트 에러 시작 위치에 대한 모의 실험을 수행하였다. LDPCA 프레임의 시작 위치로부터 에러 발생 위치에 따른 실제 요구되는 패리티 요구량을 조사하였다. [그림 8]은 Foreman시퀀스에 대한 비트 에러 발생위치와 발생량에 따른 비트율에 대해 모의실험 결과를 나타낸 것이다. 실제 비트 에러가 발생하지 않은 경우에 평균적으로 483.3kbps의 비트율이 소모되었고, 1비트 에러는 484.4kbps 정도의 비트를 발생시켰으며, 위치에 따라 0.2kbps 정도의 차이를 발생시켰으나 4비트, 8비트, 12비트, 16비트, 20비트 등의 비트 에러가 발생하게 되면, 채널을 통하여 실제 전송되는 비트율은 연접 에러의 발생 위치에 따라 실제 전송되는 비트율은 차이가 발생하였다.

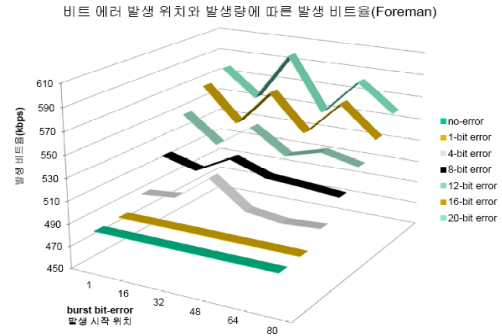


그림 8. 연접 비트 에러 발생위치와 발생량에 따른 전송 비트율 비교

[그림 9]는 4비트 단위의 연접 비트 에러 발생에 따른 4비트 증가분에 대한 전송 비트율이 연접 비트 에러 발생 시작 위치에 따른 평균 전송 비트율의 증가분을 나타내고 있다. 예를 들어 각 위치 별로 8비트 연접 에러에서 요구되는 전송을 값에서 모든 위치에 대한 4비트 연접 에러에서 요구되는 전송율의 평균치를 뺀 값을 나타낸 것이 8-bit error라고 표시하고 있다. 이와 같이 다른 연접 비트 에러에 대한 특성을 보면, 연접 에러의 시작 위치에 따라 LDPCA에 대한 에러 보정 능력에서 차이가 있음을 알 수 있다. 이러한 것은 실제 전송채널에서 연접 비트 에러의 발생 위치를 고려하여 필요한 전송 비트율을 결정하는데 사용할 수 있을 것이다. [그림 7]과 [그림 8]에서 특히 32비트와 64비트 위치에서 연접 에러에 의한 영향이 크게 나타나는 것은 LDPC 부호화와 복호화가 32의 정수배 단위로 걸쳐 이루어지는 것과 관계되기 때문이다.

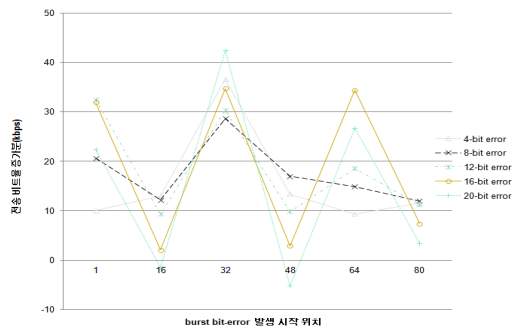


그림 9. 4비트 단위의 연접 비트 에러 발생에 대한 4비트 증가분에 따른 전송 비트율의 증가

4. 연접 비트 에러와 분산된 비트 오류에 대한 모의실험 결과 비교

연접 비트 에러에 대한 패리티 비트에 의한 에러 복원 능력은 연접 비트 에러의 수와 더불어 위치에 따라 다르게 나타났는데, 이것은 전송 채널을 결정함에 있어 상한과 하한으로 조사될 필요가 있다. 이를 위해 각 연접 비트 에러의 수와 더불어 분산된(spread) 비트 에러에 대한 특성을 조사한 결과가 [그림 10]에 나타내고 있다. ‘최소_bound’는 연접 비트 에러가 발생될 때, 최소의 전송율이 얻어지는 결과인 경우이고, ‘최대_bound’는 최대의 전송율이 관찰된 경우를 나타내고 있다. 이 결과에서 알 수 있듯이 연접 비트 에러가 나타나더라도 발생 위치에 따라서는 분산된 비트 에러의 경우에서처럼 최저의 전송율로 전송될 수 있는 경우도 있음을 알 수 있다. 따라서 LDPCA코드 구성 자체에서 연접 에러에 대해서 분산시키는 효과가 있으며 이때 최저의 전송율로 전송될 수 있다. 그리고 최소 전송율과 최대 전송율 사이에는 대략 채널 비트 에러가 증가함에 따라 선형적으로 증가되고 있으며 이는 실제 전송 채널의 비트 에러율에 따라 채널을 선택할 때 고려될 수 있을 것이다.

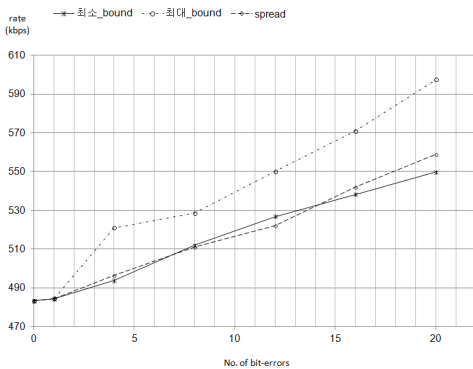


그림 10. 연접 비트 에러와 분산된(spread) 비트 에러에 의한 전송율 비교

V. 결론

본 논문에서는 화면 간 차이 신호를 이용하면서 실제의 전송 채널 비트-에러에 강인한 분산 비디오 코덱 구

조를 제안하였다. 제안 방식은 실제 전송 채널 특성에 강인하기 위해 데드존이 없는 양자화기와 영을 중심으로 대칭적인 구조를 갖는 그레이코드를 사용하는 방식을 제안하였다. 제안한 방식은 기존의 방식에 비해 전송 채널에서 발생하는 비트-에러에 대해 다소 강인한 특성을 보였다. 또한, 제안한 방식은 연접 비트-에러의 시작 위치에 따라 전송율이 달라짐을 모의실험을 통해 확인하였고, 분산되어 발생하는 비트-에러에 비해 연접 에러가 더 많은 전송율이 필요함을 확인하였다. 그리고 연접 에러와 분산된 에러에 따라 전송 채널에 발생하는 비트-에러에 대해 최대 및 최소 전송율이 선형적으로 결정될 수 있음을 보였다.

본 논문에서 제안한 화면 간 차이 신호에 적합한 코덱 구조는 실제의 비트-에러가 발생하는 환경에 적용할 수 있을 것으로 기대된다. 앞으로는 Wyner-Ziv 프레임에 대해 LDPCA 프레임의 시공간적 특성을 고려하여 전송 중에 발생된 비트-에러에 대해 강인한 복원 방식에 대한 연구가 추가적으로 수행될 필요가 있다.

참고 문헌

- [1] T. Wiegand, G. Sullivan, G. Bjontegaard, and A. Luthra, "Overview of the H.264/AVC Video Coding Standard," *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology* 13, pp.560-576, 2003(7).
- [2] D. Slepian and J. Wolf, "Noiseless Coding of Correlated Information Sources," *IEEE Trans. Information Theory*, Vol IT-19, No.4, pp.471-480, 1973(7).
- [3] A. Wyner and J. Ziv, "The Rate-distortion Function for Source Coding with Side Information at the Decoder," *IEEE Trans. Information Theory*, Vol.22, pp.1-10, 1976(1).
- [4] B. Girod, A. Aaron, S. Rane, and D. Rebollo-Monedero, "Distributed Video Coding," *Proceedings of the IEEE*, Vol.93, No.1,

pp.71-83, 2005(1).

[5] R. Puri and K. Ramchandran, "PRISM: A "Reversed" Multimedia Coding Paradigm," in *Proc. IEEE Int. Conf. on Image Processing*, Barcelona, Spain, Sept. 2003.

[6] http://www.discoverdvc.org/cont_Codec.html

[7] D. Varodayan, A. Aaron, and B. Girod, "Rate-Adaptive Codes for Distributed Source Coding," *EURASIP Signal Processing Journal, Special Section on Distributed Source Coding*, Vol.86, No.11, pp.3123-3130, 2006(11).

[8] J. Micallef, J. R. Farrugia, and C. Debono, "Low-density Parity-check Codes for Asymmetric Distributed Source Coding," *Conf. on ICITIS 2010*, 985-988, Beijing, China(2010).

[9] F. Zhai and I. F. Fair, "Techniques for Early Stopping and Error Detection in Turbo Decoding," *IEEE Trans. on Comm.*, Vol.51, pp.1617-1623, 2003.

[10] 박중빈, 전병우, "병렬 LDPCA 채널코드 부호화 방법을 사용한 고속 분산비디오부호화," *방송공학회논문지*, 제16권, 제1호, pp.1-181, 2011(1).

[11] 김만재, 김진수, "LDPCA 프레임간 상관성을 이용한 고속 분산 비디오 복호화기법의 성능 비교," *한국콘텐츠학회논문지*, 제12권, 제4호, pp.511-519, 2012(4).

[12] A. Aaron, D. Varodayan, and B. Girod, "Wyner-Ziv Residual Coding of Video," in *Proc. PCS-2006*, Beijing, China, 2006(4).

[13] J. S. Kim, J. G. Kim, and K. D. Seo, "A Selective Block Encoding Scheme Based on Motion Information Feedback in Distributed Video Coding," *IEICE Transactions on Communications*, Vol.E94-B, No.3, pp.860-862, 2011(3).

[14] 김진수, 김재곤, 서광덕, "코드변환과 비트 인터리버를 이용한 화소영역 Wyner-Ziv부호화 기법," *한국방송공학회 논문지*, 제15권, 제1호,

pp.52-62, 2010(2).

[15] G. Hua and C. W. Chen, "Distributed Video Coding with Zero Motion Skip and Efficient DCT Coefficient Encoding," in *Proc. ICME-2008*, Vol.23, 2008(6).

[16] N. Anantrasirichai, D. Agrafiotis, and D. Bull, "Enhanced Spatially Interleaved DVC Using Diversity and Selective Feedback," in *Proc. ICASSP 2009*, 2009(4).

저 자 소 개

김진수(Jin-soo Kim)

정회원



- 1991년 2월 : 경북대학교 전자공학과 공학사
- 1993년 2월 : KAIST 전기 및 전자공학과 공학석사
- 1998년 8월 : KAIST 전기 및 전자공학과 공학박사
- 1995년 6월 ~ 2000년 3월 : 삼성전자 Network팀 선임연구원
- 2008년 7월 ~ 2009년 6월 : 텍사스 주립대학교 방문교수
- 2000년 4월 ~ 현재 : 한밭대학교 정보통신공학과 교수
<관심분야> : 영상부호화, 분산비디오부호화, 디지털 방송