

시간적 상관도를 활용한 변환 영역 잔차 신호 Wyner-Ziv 부호화

조 현 명^{a)}, 은 현^{a)}, 심 혁 재^{a)}, 전 병 우^{a)‡}

Transform-domain Wyner-Ziv Residual Coding using Temporal Correlation

Hyonmyong Cho^{a)}, Hyun Eun^{a)}, Hiuk Jae Shim^{a)}, and Byeungwoo Jeon^{a)‡}

요 약

Wyner-Ziv 부호화 방법에서는 키 픽처 부호화를 위하여 상대적으로 복잡도가 낮은 H.264/AVC 인트라 부호화 기술을 사용하고 있다. 인트라 부호화와 달리 인터 부호화는 윌 왜곡 성능은 매우 좋으나, 움직임 예측 및 보상과 같은 복잡한 연산을 반복적으로 수행하기 때문에 저복잡도 부호화를 지향하는 분산 비디오 부호화에 적합하지 않다. 하지만 제로 모션 부호화 방법은 시간적 상관도를 활용하면서도 높은 복잡도를 갖는 움직임 예측을 사용하지 않기 때문에 현재 Wyner-Ziv 부호화에 사용하고 있는 키 픽처 부호화의 좋은 대안이 될 수 있다. 특히, 변환 영역 Wyner-Ziv 잔차 신호 부호화 기술은 시간적 중복성을 WZ 픽처에만 활용하기 때문에, 제로 모션 부호화 방법으로 키 픽처를 부호화하는 경우 키 픽처와 WZ 픽처 모두 시간적 상관도를 활용하여 윌 왜곡 성능을 크게 향상시킬 수 있다. 본 논문에서 제안하는 제로 모션 키 픽처 부호화를 적용한 Wyner-Ziv 부호화의 경우, 인트라 키 픽처 부호화를 사용한 기존의 Wyner-Ziv 부호화 대비 평균적으로 약 9%의 복잡도가 증가되었지만, 움직임이 적은 정적인 영상에서 최대 54% 비트율이 감소하였다. 또한, 변환 영역 Wyner-Ziv 잔차 신호 부호화 기술에 제안한 제로 모션 키 픽처 부호화를 적용할 경우, 인트라 키 픽처 부호화를 사용한 기존의 Wyner-Ziv 부호화의 윌 왜곡 성능과 비교하여 최대 70%의 비트율을 감소시킬 수 있다.

Abstract

In Wyner-Ziv coding, key picture is encoded by conventional H.264/AVC intra coding which has low complexity. Although inter coding is more efficient than intra coding, its complexity is much higher than intra coding due to its motion estimation. Since the main feature of Wyner-Ziv coding is low complexity of encoder, inter coding is not suitable to encode key picture in Wyner-Ziv coding. However, inter picture coding with zero motion vector can be usable for Wyner-Ziv key picture coding instead of intra coding. Moreover, while current transform-domain Wyner-Ziv residual coding only utilizes temporal correlation of WZ picture, if zero motion coding is jointly used to encode key picture in transform-domain Wyner-Ziv residual coding, there will be a significant improvement in R-D performance. Experimental results show that the complexity of Wyner-Ziv coding with the proposed zero motion key picture coding is higher than conventional Wyner-Ziv coding with intra key picture coding by about 9%, however, there are BDBR gains up to 54%. Additionally, if the proposed zero motion key coding is implemented on top of the transform-domain Wyner-Ziv residual coding, the result shows rate gains up to 70% in BDBR compared to conventional Wyner-Ziv coding with intra key picture coding.

Keyword : DVC, Wyner-Ziv coding, Zero motion, Wyner-Ziv residual coding

a) 성균관대학교 정보통신공학부

School of Information and Communication Engineering, Sungkyunkwan University

‡ 교신저자 : 전병우 (bjeon@skku.edu)

※ 본 연구는 지식경제부 및 한국산업기술평가위원회의 산업융합원천기술개발사업(정보통신)의 일환으로 수행하였음. [K1002142, 차세대 모바일 영상서비스를 위한 초경량 비디오 부호화 원천기술개발]

· 접수일(2011년11월21일), 수정일(2011년12월12일), 게재확정일(2011년12월12일)

I. 서론

현재까지 가장 우수한 압축 성능을 보이는 H.264/AVC 부호화 기술은 부호화기의 복잡도가 복호화기보다 매우 높기 때문에 단방향 방송과 같은 다운로드 환경에 사용하는 것이 적절하다. 하지만 최근 강력한 멀티미디어 기능을 갖춘 휴대용 단말기의 생산과 보급이 활발히 이루어져, 제한된 연산 처리 능력과 배터리 성능을 가진 환경에서도 비디오 부호화 기능이 많이 필요해 지고 있다. 그러나 종래의 H.264/AVC 기술은 부호화기의 복잡도가 높아 저전력 업링크 환경에 적합하지 않기 때문에 새로운 비디오 부호화 기술이 필요하게 되었다. 이러한 필요성에 따라, 분산 비디오 부호화 기술 (Distributed Video Coding)이 최근 주목을 받고 있다.

분산 비디오 부호화 기술은 Slepian-Wolf 이론^[1]과 Wyner-Ziv 이론^[2]을 기반으로 하고 있다. 이 두 이론은 상관성을 가진 두 개의 소스를 독립적으로 부호화하지만 결합 복호화를 하는 경우, 결합 부/복호화를 수행한 것과 동일한 성능을 얻을 수 있음을 수학적으로 증명하는 것이다. 즉, 부호화기의 경량화를 위해 각 영상들을 독립적으로 부호화 하더라도 영상들의 상호 유사성을 이용해 복호화 한다면 기존의 부호화 기술과 동일한 성능을 얻을 수 있다. 이 이론을 기반으로 제안된 분산 비디오 부호화 기술은 종래 기술들과 다르게 움직임 예측/보상 과정을 복호화기로 이동시켜 낮은 복잡도의 부호화기를 구현한다.

분산 비디오 부호화 기술 중 현재 가장 활발한 연구가 이루어지고 있는 기술은 Wyner-Ziv 부호화 방법^[3,4,9]이다. Wyner-Ziv 부호화 기술은 원본 영상을 WZ (Wyner-Ziv) 픽처와 키 픽처로 나누어서 각각 독립적으로 부호화한다. 키 픽처는 기존의 H.264/AVC의 인트라 부호화를 사용하고, WZ 픽처는 DCT (Discrete Cosine Transform) 변환과 양자화를 수행한 후, 채널 부호화를 통해 신드롬 비트를 생성하여 복호화기에 전송한다. Wyner-Ziv 복호화기는 먼저 키 픽처를 기존의 복호화 방법을 이용하여 복원하고, 키 픽처 간의 움직임 예측/보상 과정을 이용하여 보조정보를 생성한다. 이때, 복호화기는 보조정보를 에러가 포함된 원본 영상으로 간주하여, 부호화기로부터 전송 받은 신드롬 비

트를 보조정보에 적용하여 에러를 정정함으로써 원본 영상을 복원한다.

Wyner-Ziv 부호화 방법은 부호화기의 경량화를 이끌어냈지만, 원본 영상을 알 수 없는 복호화기에서 움직임 예측을 수행하기 때문에 윌 왜곡 성능 향상에 어려움이 있다. 이 성능 향상을 위한 한 가지 방법으로 WZ 픽처의 시간적 상관도를 이용한 WZ 잔차 신호 부호화 기술(Wyner-Ziv Residual Coding)^[7,15]이 제안되었는데, 이 기술은 원본 WZ 픽처를 그대로 부호화하지 않고 복원된 키 픽처와의 잔차 신호를 부호화하여 성능을 향상 시키는 것이다. 그러나 키 픽처는 기존의 인트라 부호화를 동일하게 사용하기 때문에, 이 기술은 시간적 상관도를 WZ 픽처에만 활용하고 있다. 하지만 키 픽처 역시 시간적 상관도를 가지기 때문에, 이를 이용하여 키 픽처를 부호화한다면 성능이 보다 크게 향상될 것이다. 본 논문은 변환 영역 잔차 신호 Wyner-Ziv 부호화 기술의 윌 왜곡 성능을 향상시키기 위해서, 부호화기 복잡도를 크게 증가시키는 움직임 예측 과정을 최소화 하는 제로 모션 키 픽처 부호화를 사용하여, WZ 픽처뿐만 아니라 키 픽처를 포함한 모든 픽처에서 시간적 유사도를 이용할 수 있는 변환 영역 잔차 신호 Wyner-Ziv 부호화 기술을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 기존의 변환 영역 잔차 신호 Wyner-Ziv 부호화 방법에 대하여 살펴보고, III장에서는 제안하는 제로 모션 키 픽처 부호화를 사용한 변환 영역 잔차 신호 Wyner-Ziv 부호화 기술을 소개한다. IV장에서는 실험 방법 및 실험 결과에 대한 분석을 기술하고, 마지막 V장에서는 본 논문의 결론을 맺는다.

II. 변환 영역 잔차 신호 Wyner-Ziv 부호화 방법

1. 변환 영역 잔차 신호 Wyner-Ziv 부호화 방법과 구조

WZ 잔차 신호 부호화 기술은 [7]에서 최초로 제안되었다. 그림 1은 WZ 잔차 신호 부호화 기술의 하나인 변환 영역 잔차 신호 Wyner-Ziv 부호화 방법 (Transform Domain Wyner-Ziv Residual Coding, TDWZRC)^[15]의 구

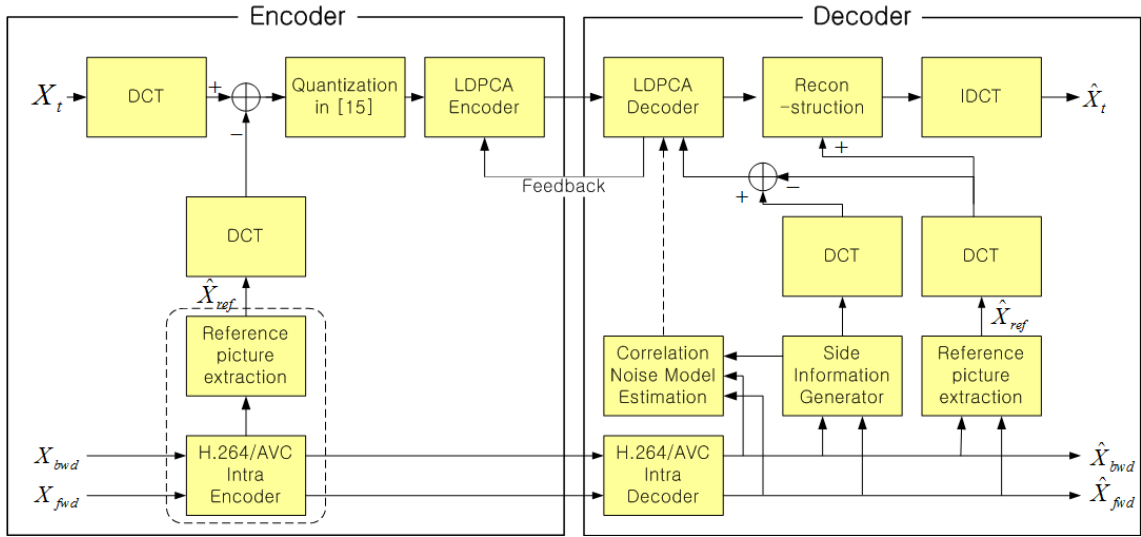


그림 1. 변환 영역 잔차 신호 Wyner-Ziv 부호화기 구조^[15]
 Fig. 1. The structure of transform-domain Wyner-Ziv residual coding^[15]

조를 나타낸다. 입력영상은 키 픽처와 WZ 픽처로 나누어지며, 각각의 픽처들은 독립적으로 부호화된다. 키 픽처(X_{t-1} , X_{t+1})는 기존의 H.264/AVC 인트라 부호화 방법을 이용하여 부호화된다. WZ 픽처(X_t)는 시간적 상관도를 이용하여 부호화하는데, WZ 픽처와 복원된 키 픽처에서 생성된 참조 픽처(\hat{X}_{ref})의 잔차 신호를 부호화한다. 이 때 [15]에서는 주파수 영역으로 변환된 두 픽처의 계수들의 잔차 신호를 부호화하는데, 정수 DCT는 선형적 연산이기 때문에 두 경우는 동일하다. 또한, [15]에서는 양자화를 위해 두 픽처의 주파수 계수들의 잔차 신호를 사용하는데, 이때 양자화된 DCT 계수들은 한 픽처 내에 같은 주파수 성분을 가진 밴드로 그룹화 된다. 한 밴드에 속한 계수들은 비트플레인으로 나누어지고 LDPCA(Low-Density Parity Check Accumulate) 부호화기를 통해 각 비트플레인에 대한 syndrome 비트가 생성된다. 이 syndrome 비트는 버퍼에 저장되고, 부호화 과정동안 피드백채널을 통해 syndrome 비트 요청이 있을 때마다 반복적으로 부호화기에 전송된다. 이후 부호화기에서 키 픽처가 부호화 되면, 시간적 상관도를 이용한 움직임 예측/보상 과정을 통해 WZ 픽처에 상응하는 보조 정보가 생성된다. 보조정보는 정수 DCT를 통하여 DCT 계

수로 변환되고, 부호화기와 동일한 참조 픽처를 사용하여 계수들의 잔차 신호를 얻는다. 이 계수들을 통하여 원본 WZ 픽처와 보조정보간의 가상 채널 잡음을 확률적으로 모델링하고, 이를 이용하여 LDPCA 복호화과정을 진행한다. 만약 전송받은 syndrome 비트가 성공적인 복호화과정을 보장하지 못하면 복호화가 실패하게 되고, 피드백 채널을 통해서 많은 syndrome 비트를 요청하게 된다. 이러한 과정은 복호화가 성공할 때까지 반복적으로 수행된다. 마지막으로 LDPCA 복호화과정이 수행되고 나서 역양자화와 정수 DCT 역변환 과정을 거치고 참조 픽처와 합쳐서 비디오 영상이 복원된다.

일반적으로 잔차 신호는 원본 값보다 매우 작기 때문에, 변환 영역 Wyner-Ziv 부호화 기술 (Transform-domain Wyner-Ziv coding, TDWZ)에서 사용되는 양자화 행렬^[9]을 TDWZRC에 적용하면 양자화 스텝 크기가 너무 작아서 복호화기가 생성한 보조정보와 원본 픽처의 차이가 상대적으로 증가한다. 그 결과 부호화기에서 요구하는 syndrome 비트가 많아져 TDWZ보다 성능이 크게 떨어지는 단점이 있다. 이를 해결하기 위해 [15]에서는 잔차 신호가 아닌 원본 신호에서의 양자화 스텝 크기와 잔차 신호로 구한 스텝 크기

를 비교하여 양자화 비트를 적응적으로 할당하였다. 만약 기존의 스텝 크기보다 잔차 신호 양자화 스텝의 크기가 작다면, 비트율이 증가하여 성능 저하가 될 것으로 예상할 수 있다. 하지만 만약 해당 양자화 비트를 1 비트 줄인다면, 양자화 레벨은 1/2이 되고 양자화 스텝 크기는 2배로 커지게 된다. 각 픽처의 각 주파수 성분마다 부호화하는 비트플레인이 적응적으로 선택되기 때문에 TDWZRC에서 WZ 픽처의 윌 왜곡 성능을 크게 향상 시킬 수 있다. 하지만 TDWZRC는 부호화기에서 시간적 상관도를 WZ 픽처에만 사용하기 때문에 WZ 픽처에만 제한적인 성능 개선 효과가 있었다. 따라서 WZ 픽처뿐만 아니라 키 픽처 역시 성능 개선의 필요성이 상대적으로 커지게 되었다.

2. 기존 Wyner-Ziv 부호화의 키 픽처 부호화

TDWZRC를 포함한 기존 Wyner-Ziv 부호화 방법에서는 H.264/AVC 인트라 부호화 방법으로 키 픽처를 부호화한다. 인트라 부호화 방법은 한 매크로블록을 부호화 할 때 인트라 4x4 예측 모드와 16x16 예측 모드를 지원한다. 인트

라 4x4 예측 모드는 매크로블록 내에 4x4 블록 크기의 예측을 수행하며 영상의 구성이 복잡할 때 효율적이다. 이와 달리, 인트라 16x16 예측 모드는 16x16 블록 크기의 예측을 수행하며 배경화면처럼 정적인 영역에 효과적이다. 인트라 4x4 예측 모드와 16x16 예측 모드는 현재 부호화하는 매크로블록 주변의 픽셀 데이터를 이용하여 예측을 수행한다. 그림 2는 H.264/AVC 인트라 4x4 예측 방법을 나타낸다. 인트라 4x4 예측 모드는 4x4 블록 주변의 픽셀 데이터의 평균을 취하여 예측을 하는 DC 예측 모드와 방향성을 고려한 8개의 예측 모드를 포함하여 총 9개의 예측 모드를 지원한다. 예를 들어, 모드 1(horizontal prediction)을 이용한 예측 정보는 A~D가 되고, 잔여정보는 각 블록위치의 원본정보와 예측정보의 차분값이 된다. 이와 동일하게 인트라 16x16 예측 모드는 4개의 방향을 고려한 모드가 있다. 각각의 예측 모드들은 텍스처의 방향에 따라 선택이 되고, 텍스처의 방향과 인트라 모드의 방향이 일치할수록 잔여정보는 줄어들게 되어 부호화 효율은 높아지게 된다. 즉, 인트라 부호화 방법은 이전에 부호화된 유효한 이웃 매크로블록의 경계 화소를 이용해 현재 매크로블록을 예측한다. 하지만 일반

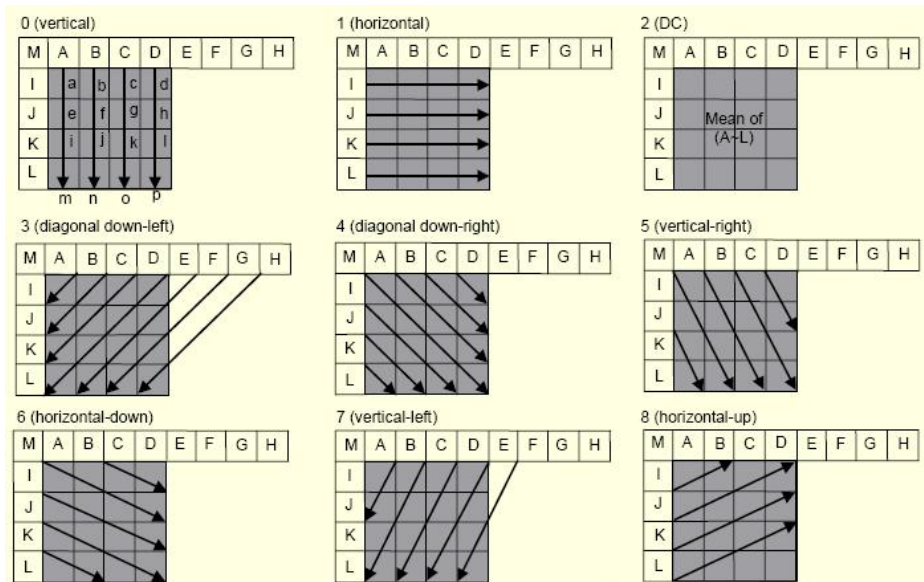


그림 2. H.264/AVC 인트라 4x4 예측 모드들
Fig. 2. Intra prediction modes in H.264/AVC

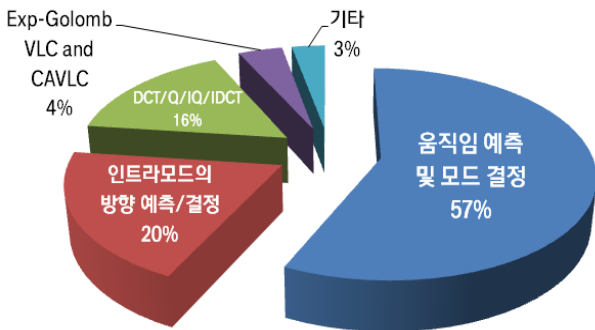


그림 3. H.264/AVC 부호화 방법(Baseline)의 복잡도
 Fig. 3. The complexity portions of H.264/AVC (Baseline)

적으로 픽처 간의 공간적 상관도보다 시간적 상관도가 높을 수 있기 때문에 P 또는 B 픽처에 비해 울 왜곡 성능이 떨어진다. 그럼에도 불구하고 인터 픽처를 Wyner-Ziv 부호화 방법의 키 픽처로 사용하지 않은 이유는 움직임 예측과정의 복잡도가 매우 높기 때문에, 키 픽처를 부호화 할 때의 복잡도가 인트라 부호화에 비해 매우 높아지기 때문이다.

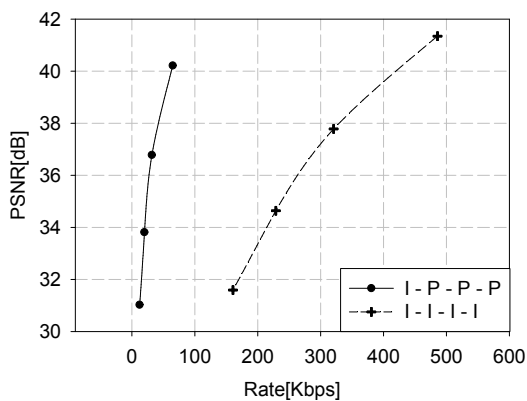
그림 3은 H. 264/AVC (JM9.5) Baseline 부호화 방법의 복잡도이다. 그림 3에서 볼 수 있듯이, 움직임 예측 및 모드 결정 과정이 부호화 방법의 복잡도의 50% 이상을 차지하고 있다. 그 이유는 움직임 탐색 범위 내의 각 매크로블록 모드에 대해 반복적으로 울 왜곡 비용을 계산하기 때문이

다. 예를 들어 Foreman 영상의 경우, 부호화시 움직임 예측을 하는 P 픽처는 그림 4(a)처럼 울 왜곡 성능이 좋지만, 복잡도를 보면 그림 4(b)와 같이 인트라 부호화에 비해 약 10배 이상 증가한다. [16]에 따르면 Wyner-Ziv 부호화 복잡도가 인트라 부호화 대비 약 60% 정도로 낮기 때문에, 인트라 부호화된 키 픽처 대신 10배 정도의 복잡도를 가지는 인터 픽처를 활용하는 것은 적절치 않다.

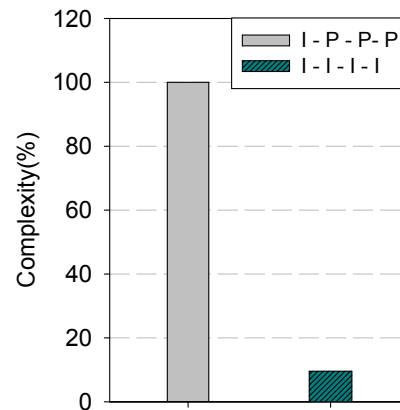
III. Wyner-Ziv 부호화에서의 제로 모션 키 픽처 부호화

1. 제안하는 Wyner-Ziv 부호화에서의 제로 모션 키 픽처 부호화

기존의 Wyner-Ziv 부호화^[9]의 키 픽처 부호화 방법에서는 RDO (Rate-Distortion Optimization)^[10] 기법을 사용한 H.264/AVC 인트라 부호화 방법을 수행한다. H.264/AVC의 인터 픽처 부호화는 인트라 부호화에 비해 시간적 중복성을 제거하여 높은 부호화 효율을 보이지만, 앞서 언급했듯이 높은 복잡도 때문에 Wyner-Ziv 부호화를 위한 키 픽처로 활용할 수 없었다. 그러나 움직임 벡터를 (0,0)으로 하



(a) 울 왜곡 성능



(b) 복잡도

그림 4. Foreman 영상에서의 H.264/AVC Baseline 인트라 픽처와 P 픽처 부호화 방법 비교
 Fig. 4. Comparison between I and P picture encoding in H.264/AVC Baseline with Foreman

여 움직임 예측/보상 과정을 수행하는 경우 인트라 부호화 방법의 복잡도와 유사한 정도를 유지하면서, 시간적 중복 성분을 제거하여 부호화 효율을 높일 수 있다. 즉, 제로 모션 부호화는 P 픽처 부호화와 유사하지만 복잡한 연산을 하지 않기 때문에 인트라 부호화의 복잡도와 비슷한 수준을 유지하고, 동시에 시간적 중복성을 제거하여 부호화 효율을 증가시킬 수 있다.

제안하는 제로 모션 키 픽처 부호화는 RDO를 사용한 인트라 부호화 방법에 스킵 모드와 제로 모션 모드를 추가한 것이다. 스킵 모드는 움직임 보상 블록이 16x16이며, 참조 영상은 바로 이전 영상을 사용하고, 예측 움직임 벡터와 현재 매크로블록의 움직임 벡터가 동일하고, 잔여 데이터가 0 (CBP=0, Coded Block Pattern)인 경우이다. 제로 모션 모드는 움직임 벡터를 (0,0)으로 간주하여 부호화 하는 것으로 16x16 블록 크기를 갖고, 참조영상은 바로 이전 영상만 사용하고, 움직임 벡터를 (0,0)으로 간주하였으므로 예측 움직임 벡터와 현재 매크로블록의 움직임 벡터가 동일하게 된다. 결국, 제로 모드와 스킵 모드는 잔여 데이터가 0인 경우를 제외하면 동일 조건을 만족해야하기 때문에 잔여 데이터가 0인 경우는 스킵 모드로, 잔여 데이터가 0이 아닌 경우는 제로 모션 모드로 선택되거나 RDO 경쟁을 통해 인

트라 모드로 선택된다.

2. 변환 영역 잔차 신호 Wyner-Ziv 부호화에서의 제로 모션 키 픽처 부호화

TDWZRC는 WZ 픽처를 직접 부호화하는 것이 아니라, WZ 픽처와 근접한 복원된 키 픽처와의 잔차 신호를 부호화 한다. 따라서, TDWZRC에서는 복호화기가 복원된 키 픽처와 동일한 복원된 키 픽처가 부호화기에 항상 존재해야 한다. 제로 모션 키 픽처 부호화에서는 시간적 유사도를 이용하기 위해 이전 픽처의 복원된 픽처가 부호화기에서 사용되기 때문에, 잔차 신호 Wyner-Ziv 부호화 기술과 마찬가지로 부호화기에 복원된 키 픽처가 존재한다. 따라서 잔차 신호 Wyner-Ziv 부호화에 제로 모션 키 픽처 부호화를 사용한 경우, 부호화기에서 복원된 키 픽처를 동일하게 이용할 수 있고, 키 픽처와 WZ 픽처 모두 시간적 중복성을 제거하여 부호화 효율을 보다 높일 수 있다. 제안한 제로 모션 키 픽처 부호화기를 포함한 제안하는 TDWZRC의 구조는 그림 5와 같다.

제안한 TDWZRC에서는 입력 영상은 키 픽처와 WZ 픽처로 나누어져서 부호화된다. 먼저 키 픽처는 제로 모션 키

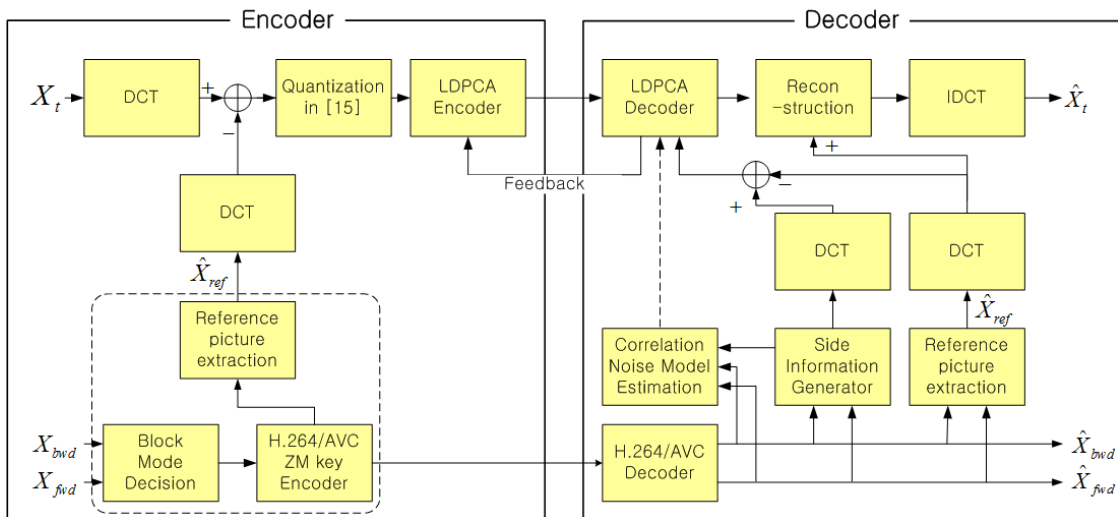


그림 5. 제안하는 제로 모션 키 픽처 부호화를 이용한 변환 영역 잔차 신호 Wyner-Ziv 부호화
Fig. 5. Proposed TDWZRC with Zero motion key picture coding

픽처로 부호화를 한다. 키 픽처를 부호화할 때 생성되는 복원된 키 픽처를 참조 픽처로 이용하여, WZ 픽처를 [15]의 TDWZRC과 동일하게 부호화를 한다. 제로 모션 키 픽처 부호화의 경우 독립적으로 부호화를 수행하기 때문에, 제로 모션 키 픽처를 사용한 TDWZ와 제안한 TDWZRC의 키 픽처 율 왜곡 성능은 동일하다. 하지만, WZ 픽처는 복원된 키 픽처를 바탕으로 생성된 보조정보를 통해 복원되기 때문에, 제안한 TDWZRC는 키 픽처 뿐만 아니라 WZ 픽처의 율 왜곡 성능도 [15]의 TDWZRC와 달라진다.

IV. 실험 환경 및 결과

1. 실험 환경

본 논문의 실험에 사용된 Wyner-Ziv 부호화 기술은 SKKU-TDWZ^[12]와 TDWZRC^[15]이고, 실험 환경은 표 1과 같다. 키 픽처를 부호화하기 위해 각각 H. 264/AVC JM 9.5를 사용하였다. Wyner-Ziv 픽처를 위한 양자화 행렬은 1, 5, 7, 8을 사용하였으며, 키 픽처를 위한 양자화 계수는 영

표 1. 실험 환경
Table 1. Simulation condition

실험 영상(QCIF)	Hall monitor, Akiyo, Foreman, Coastguard
프레임 율(Hz)	15
전체 프레임 수	150
양자화 행렬	1, 5, 7, 8
JM version	9.5
RD Optimization	On

표 2. 제로 모션 키 픽처 부호화를 이용한 Wyner-Ziv 부호화(제안방법)와 인트라 키 픽처를 이용한 Wyner-Ziv 부호화(기준방법:Anchor)의 성능 비교 결과
Table 2. Comparison result between zero motion key picture coding(proposed) and intra key coding (conventional:anchor) in Wyner-Ziv coding

영상	Hall monitor		Akiyo		Foreman		Coastguard	
	BDBR (%)	BDPSNR [dB]	BDBR (%)	BDPSNR [dB]	BDBR (%)	BDPSNR [dB]	BDBR (%)	BDPSNR [dB]
제안방법	-56.4	5.95	-37.8	3.90	-1.56	0.09	0.83	-0.04

상에 따라 [9]와 같고 GOP는 2이다. 수행한 실험은 Wyner-Ziv 부호화 기술에서의 제로 모션 키 픽처의 부호화 성능을 알아보는 실험, 제로 모션 키 픽처 부호화의 복잡도 비교 실험 그리고 제로 모션을 포함한 제안하는 TDWZRC의 성능 비교 실험이다.

2. 실험 결과

2.1 제로 모션 키 픽처 부호화의 성능

제로 모션 키 픽처 부호화의 성능을 알아보기 위해, TDWZ에 제안한 제로 모션 키 픽처 부호화를 사용하여 성능을 비교하는 실험을 하였다. 표 2는 제로 모션 키 픽처 부호화를 이용한 제안한 Wyner-Ziv 부호화 방법의 BDBR (Bjonteggard Delta BitRate)과 BDPSNR (Bjonteggard Delta PSNR) [14]를 나타내고 있다. 실험 결과는 키 픽처와 WZ 픽처를 포함한 전체 픽처의 성능 결과이며, 인트라 부호화를 키 픽처로 사용하는 SKKU-TDWZ^[12]가 비교대상(anchor)이 되었다.

표 2의 실험 결과에 따르면 Hall monitor와 Akiyo와 같이 정적인 특성을 갖는 영상의 경우, 제안한 제로 모션 키 픽처 부호화([12]의 SW에 키 픽처 부호화만을 제안방법으로 사용한 것)가 각각 약 56%, 37%의 BDBR 비트율 절감을 보인다. 그 이유는 정적인 영상에서는 움직임 벡터가 대부분 (0,0)에 가깝기 때문에 제로 모션 모드 선택의 비율이 높아져 시간적 중복성을 효과적으로 제거하기 때문이다. 표 3은 키 픽처를 H.264/AVC(Baseline)을 사용하여 움직임 탐색 범위 ±16으로 QP20과 40에서 각각 부호화하였을 때의 전체 움직임 벡터 중 (0,0) 움직임 벡터의 평균 비율을 나타낸다. Hall monitor와 Akiyo는 평균적으로 (0,0) 움직임 벡터가 각각 평균 82.91%와 83.96%를 차지하기 때문에 제안한

표 3. H.264/AVC(Baseline)에서 P 픽처의 (0,0) 움직임 벡터의 확률
Table 3. (0,0) motion vector ratio of P picture in H.264/AVC(Baseline)

	P 픽처의 움직임 벡터 중 (0,0) 움직임 벡터의 비율 (%)			
	Hall monitor	Akiyo	Foreman	Coastguard
QP 20	73.28	79.06	18.19	20.83
QP 40	92.54	88.85	25.85	27.73
Average	82.91	83.96	22.02	24.28

제로 모션 키 픽처 부호화가 효율적이다. 하지만 Foreman과 Coastguard와 같이 움직임이 많은 영상의 경우, (0,0) 움직임 벡터는 각각 평균 22.02%, 24.28% 밖에 차지하지 않는다. 즉, 제로 모션 모드가 선택되는 비율이 상대적으로 낮아지기 때문에 제안한 제로 모션 키 픽처 부호화의 BDBR의 이득이 매우 작다는 것을 알 수 있다.

제안한 제로 모션 키 픽처 부호화는 일종의 P 픽처이기 때문에 기존 키 픽처 인트라 부호화에 비해 복잡도가 다소 증가하게 되지만, 움직임 예측 과정을 수행하지 않기 때문에 복잡도 증가율이 크지 않다. 그림 6은 각 영상별 키 픽처 부호화 방법에 따른 키 픽처 부호화 복잡도 비교 그래프이

다. 각 영상에서 SKKU-TDWZ에서 사용한 인트라 복잡도를 기준으로 복잡도를 비교하였다. 제안한 부호화 방법은 복잡도가 기존대비 평균 약 9% 증가하였다. 복잡도가 크게 증가하지 않으면서, 부호화 성능은 정적인 영상에서 크게 향상시키기 때문에 기존의 인트라 부호화의 좋은 대안이 될 수 있다.

그림 7은 제안한 제로 모션 키 픽처 부호화의 성능과 TDWZRC^[15]의 WZ 픽처 성능을 나타낸다. (a), (c), (e), (g)에서의 Proposed ZM(키 픽처만의 성능)과 (b), (d), (f), (h)에서의 TDWZRC(WZ 픽처만의 성능)는 복원된 키 픽처를 사용하여 시간적 유사도를 활용하기 때문에, 시간적 유사

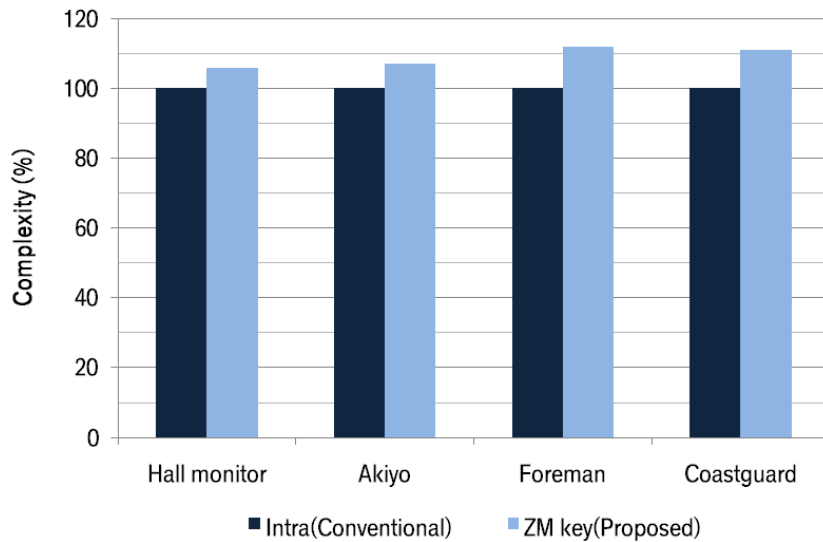
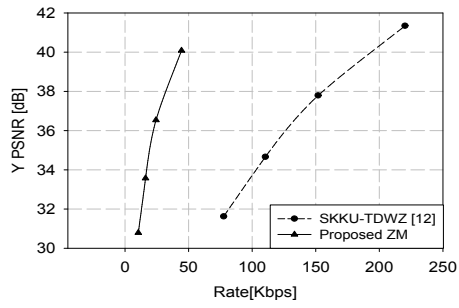
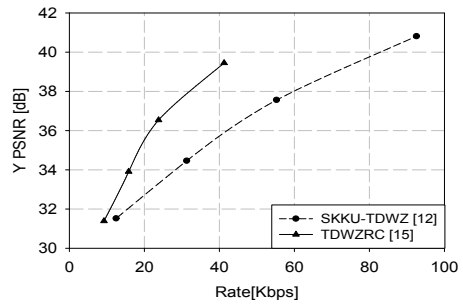


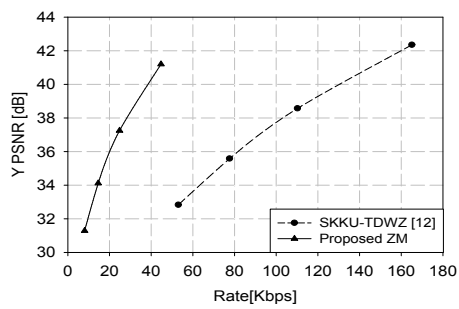
그림 6. 영상 별 키 픽처 부호화 방법에 따른 복잡도 비교
Fig. 6. Complexity comparison depended on key picture coding method



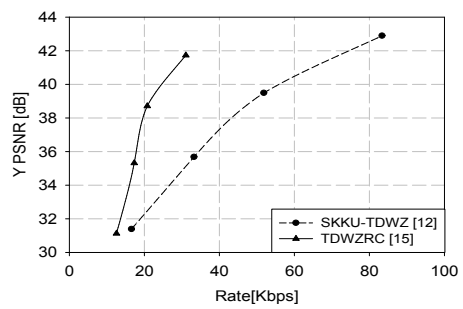
(a) Hall monitor (key)



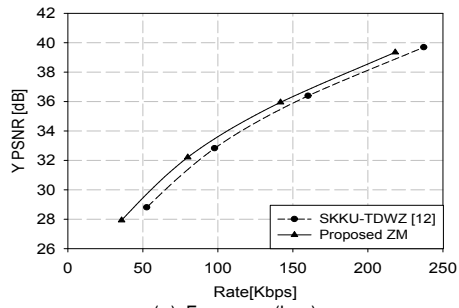
(b) Hall monitor (WZ)



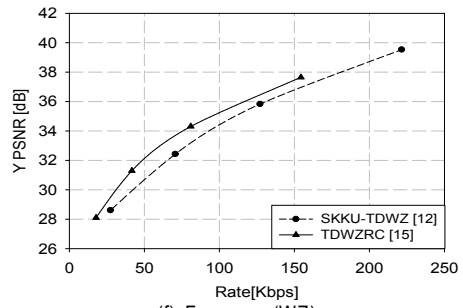
(c) Akiyo (key)



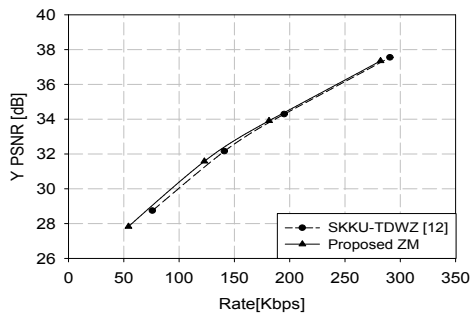
(d) Akiyo (WZ)



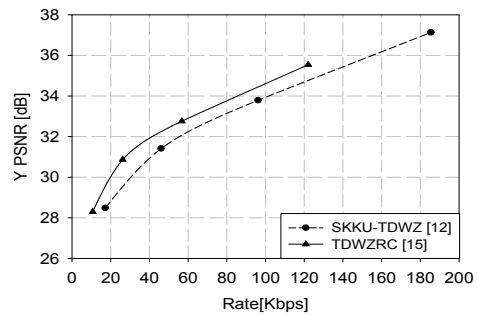
(e) Foreman (key)



(f) Foreman (WZ)



(g) Coastguard (key)



(h) Coastguard (WZ)

그림 7. 제로 모션 키 픽처 부호화의 키 픽처와 TDWZRC의 WZ 픽처의 유효 왜곡 성능

Fig. 7. R-D performance of key pictures of zero motion key picture coding and WZ pictures of TDWZRC

도를 활용하지 않는 TDWZ^[12]에 비해 높은 율 왜곡 성능을 보인다. 특히 Hall Monitor와 Akiyo 같은 정적인 영상은 시간적 상관도가 크기 때문에 두 경우 모두 성능 이득이 크다. 따라서 성능이 제로 모션 키 픽처 부호화의 키 픽처와 TDWZRC^[15]의 WZ 픽처를 함께 사용하는 제로 모션 키 픽처 부호화를 사용한 TDWZRC는 큰 성능 이득을 기대할 수 있다.

2.2 제로 모션 키 픽처 부호화를 이용한 TDWZRC의 성능 TDWZRC^[15]와 본 논문에서 제안하는 제로 모션 키 픽처

부호화를 결합한 모델의 성능은 그림 8과 같다. 다른 방법들에 비해 SKKU-TDWZ^[12]가 율 왜곡 성능 비교에서 가장 낮은 효율을 보여주고 있지만, 각각의 양자화 행렬에서 PSNR 자체는 가장 큰 값을 나타내고 있다. SKKU-TDWZ^[12]는 키 픽처 부호화로 인트라 부호화를 사용하기 때문에 복호화기에서 PSNR이 높은 키 픽처를 복원할 수 있고, 이를 이용한 보조정보에서 WZ 픽처를 복원하기 때문에 전체적인 PSNR이 가장 높다. 하지만 키 픽처와 WZ 픽처의 부호화에 시간적 유사도를 활용하지 않기 때문에 비트율이 증가하게 된다. TDWZRC^[15]의 경우 WZ 픽처

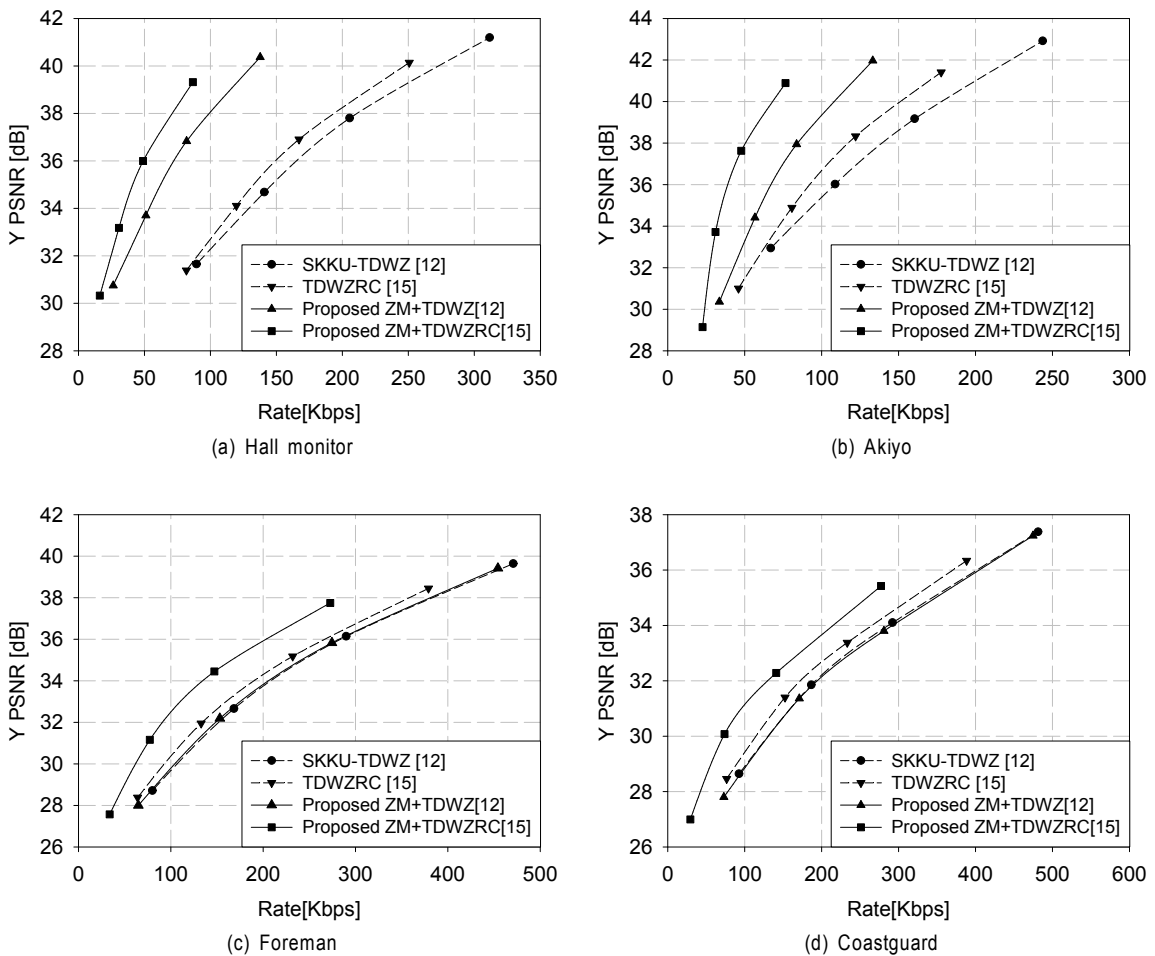


그림 8. 제로 모션 키 픽처 부호화를 사용한 TDWZRC의 R-D 성능
Fig. 8. R-D performance of TDWZRC using zero motion key picture coding

와 키 픽처의 잔차 신호를 부호화 하기 때문에 WZ 픽처의 부호화 효율이 향상 되어 울 왜곡 성능이 SKKU-TDWZ보다 증가하지만, [15]에서 제안한 양자화 방법은 왜곡의 증가보다 울의 감소를 특징으로 하기 때문에, WZ 픽처의 PSNR은 비교적 감소하였다. 본 논문에서 제안한 제로 모션 키 픽처 부호화를 사용한 TDWZRC의 경우, 키 픽처와 WZ 픽처 모두 시간적 유사도를 사용하게 되어 비트율이 크게 감소하게 된다. 제안 방법은 모두 각각 키 픽처와 WZ 픽처의 PSNR 감소가 발생하지만, 비트율의 감소가 크기 때문에 전체적인 성능에서는 이득을 보게 된다. 그림 8에서 Hall monitor와 Akiyo 영상은 각각 70%, 62%의 BDBR 감소를 보인다. 이와 같은 영상들은 움직임이 적어 제로 모션 키 픽처 부호화와 TDWZRC의 시간적 유사도를 활용하기 유리한 영상들이기 때문에 성능 이득이 크게 발생하였다. Foreman과 Coastguard의 경우 다소 움직임이 포함된 영상이지만 각각 35%, 28%의 BDBR 절감을 보였다. 제로 모션 키 픽처 부호화와 TDWZRC를 하나씩 적용한 모델의 울 왜곡 성능 이득이 최대 5%인 것에 비취볼 때, 울 왜곡 측면에서 성능이 최대 30% 향상 되었다.

V. 결론 및 향후 연구

Wyner-Ziv 부호화 방법에서 키 픽처로 사용되는 기존 인트라 부호화 방법은 움직임 예측과 같은 고복잡도 연산이 없지만, 시간적 중복성을 제거할 수 없기 때문에 인트라 픽처 대비 울 왜곡 성능이 매우 낮다. 인트라 픽처 부호화 방법은 인트라 픽처 대비 울 왜곡 성능은 매우 높지만 복잡도가 약 10배에 달하기 때문에 저복잡도 부호화를 지향하는 Wyner-Ziv 부호화 방법에는 적합하지 않다. 본 논문은 변환 영역 잔차 신호 Wyner-Ziv 부호화 방법에서 WZ 픽처에만 이용되는 시간적 상관도를 키 픽처에서 사용하기 위해 제로 모션 키 픽처 부호화 방법을 제안하였다. 제로 모션 키 픽처 부호화 방법은 P 픽처이지만 움직임 예측을 하지 않고, 또한 시간상 중복성을 제거할 수 있고, 특히 움직임이 적은 영상에서는 최대 56%의 비트율을 절감할 수 있었다. 그리고 제로 모션 키 픽처 부호화를 TDWZRC에 사용하여

키 픽처와 WZ 픽처의 시간적 상관도를 활용하였을 때 기존의 TDWZ 대비 최대 70%의 비트율 절감할 수 있었다. 향후에는 GOP가 확장되어 키 픽처간의 시간적 상관도가 낮아졌을 때의 Wyner-Ziv 부호화 방법에 대한 연구가 필요하다.

참고 문헌

- [1] J. D Slepian and J. K. Wolf, "Noiseless coding of correlated information sources," IEEE Transactions on Information Theory, vol. IT-19, pp. 471-480, July 1973.
- [2] A. Wyner and J. Ziv, "The rate-distortion function for source coding with side information at the decoder," IEEE Transactions on Information Theory, vol. 22, pp. 1-10, July 1976.
- [3] A. Aaron, S. Rane, R. Zhang, and B. Girod, "Wyner-Ziv coding for video: Applications to compression and error resilience," Proc. Of IEEE Data Compression Conference, DCC-2003, Snowbird, UT, March 2003.
- [4] A. Aaron, S. Rane, E. Setton, and B. Girod, "Transform-domain Wyner-Ziv codec for video," in Visual Communications and Image Processing (VCIP-2004), San Jose, CA, 2004.
- [5] Limin Liu, Zhen Li, Edward J. Delp, "Efficient and Low-Complexity Surveillance Video Compression Using Backward-Channel Aware Wyner-Ziv Video Coding," IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, vol. 19, no. 4, April, 2009.
- [6] R. Puri and K. Ramchandran, "PRISM: A New Robust Video Coding Architecture Based on Distributed Compression Principles," 40th Allerton Conference on Communication, Control and Computing, Allerton, USA, October 2002.
- [7] A. Aaron, D. Varodayan and B. Girod, "Wyner-Ziv residual coding of video," Proc. Picture Coding Symposium, PCS-2006, Beijing, China, April 2006.
- [8] A. Aaron, R. Zhang and B. Girod, "Wyner-Ziv Coding of Motion Video," Asilomar Conference on Signals, Systems and Computers, Pacific Grove, CA, USA, November 2002.
- [9] X. Artigas, J. Ascenso, M. Dalai, S. Klomp, D. Kubasov, and M. Oualet, "The discover codec: Architecture, techniques and evaluation," in Proc. Picture Coding Symposium (PCS), 2009.
- [10] Sullivan, G.J, Wiegand, T, "Rate-distortion optimization for video compression," IEEE Signal Processing Magazine, vol. 15, Issue 6, pp. 74-90, Nov, 1998.
- [11] Joao Ascenso, Fernando Pereira, "Advanced side information creation techniques and framework for Wyner-Ziv video coding," Journal of Visual Communication and Image Representation, vol. 19, Issue 8, pp. 600-613, Dec. 2008.
- [12] 고봉혁, 심혁재, 전병우, "공간적 유사성과 심볼단위 오류정정 채널 코드를 이용한 경량화 비디오 부호화 방법," 방송공학회논문지, 제13권 제2

호, pp. 188-199, 2008년 3월.

[13] Ricardo Martins, Catarina Brites, Joao Ascenso, Fernando Pereira, "Refining side information for improved transform domain Wyner-Ziv video coding," IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, vol. 19, Issue 9, ISSN: 1051-8215, pp. 1327-1341, Jan. 2005.

[14] G Bjontegaard, "Calculation of average PSNR differences between RD-curves," ITU-T Q.6/16, Doc. VCEG-M33, Mar, 2001.

[15] 조현명, 심혁재, 전병우, "변환 영역 Wyner-Ziv 잔차 신호 부호화를 위한 적응적 양자화," 대한전자공학회 논문지 제48권 SP편 제4호, pp. 98-106, 2011년 7월.

[16] <http://www.discoverdvc.org/>

저 자 소 개



조 현 명

- 2010년 : 건국대학교 전자공학과 졸업(학사)
- 2010년 ~ 현재 : 성균관대학교 정보통신공학부 석사과정
- 주관심분야 : 멀티미디어 영상압축, 신호처리



은 현

- 2009년 : 성균관대학교 정보통신공학부 졸업(학사)
- 2011년 : 성균관대학교 정보통신공학부 졸업(석사)
- 2011년 ~ 현재 : 픽스트리(PIXTREE) S/W 연구원
- 주관심분야 : 멀티미디어 영상압축, 신호처리



심 혁 재

- 2000년 : 성균관대학교 전자공학과 졸업(학사)
- 2002년 : 성균관대학교 정보통신공학부 석사 졸업(석사)
- 2002년 ~ 현재 : 성균관대학교 정보통신공학부 박사과정
- 주관심분야 : 멀티미디어 영상압축, 신호처리



전 병 우

- 1985년 : 서울대학교 전자공학과 졸업(학사)
- 1987년 : 서울대학교 전자공학과 졸업(석사)
- 1992년 : Purdue Univ, School of Elec. 졸업(공학박사)
- 1993년 ~ 1997년 : 삼성전자 신호처리연구소 선임/수석연구원
- 1997년 ~ 현재 : 성균관대학교 정보통신공학부 교수
- 주관심분야 : 멀티미디어 영상압축, 영상인식, 신호처리