일반논문-11-16-1-12

율-왜곡 기반 선택적 분산 비디오 부호화 기법

이 병 탁^{a)}, 김 재 곤^{a)*}, 김 진 수^{b)}, 서 광 덕^{c)}

Rate-Distortion Based Selective Encoding in Distributed Video Coding

Byung-Tak Lee^{a)}, Jae-Gon Kim^{a)*}, Jin-soo Kim^{b)}, and Kwang-deok Seo^{c)}

요 약

분산 비디오 부호화(Distributed Video Coding: DVC)는 계산 성능 및 전력이 제한된 환경에 적합한 초경량 비디오 부호화 기법으로 주목 받고 있으며, 부호화 성능을 개선하기 위한 많은 연구가 진행되고 있다. 본 논문에서는 DVC의 부호화 성능 개선을 위한 율-왜곡(Rate-Distortion) 기반의 영역별 선택적 블록 부호화 기법을 제안한다. 제안 기법은 복호기에서 보조정보를 얻는 과정에서 얻어지는 움직임 벡터가 부호기로 피드백 되는 경우, 이를 이용하여 움직임 보상 예측 신호를 구하고 율-왜곡 기반으로 블록 단위로 선택적 블록 부호화를 수행한다. 모의실험을 통하여 본 논문에서 제안한 움직임 정보 피드백을 이용한 율-왜곡 기반의 선택적 블록 부호화 기법이 기존의 DVC 부호화 기법에 비해 시퀀스에 따라 최대 약 2.2 dB의 PSNR 성능 향상을 확인하였다. 또한 율-왜곡을 고려하여 일부 영역만 부호화함으로써 기존 방식에 비해 부호화 복잡도를 줄일 수 있음을 보인다.

Abstract

Recently, DVC (Distributed Video Coding) is receiving a lot of attention as one of the low complexity video encoding techniques suitable for various applications with computation-limited and/or power-limited environment, and is being actively studied for improving the coding efficiency. This paper proposes a rate-distortion based selective block encoding scheme. First, the motion information is obtained in the process of generating side information at decoder and received through the feedback channel, and then, based on this information, the proposed method performs a selective block encoding based on rate-distortion optimization. Experimental results show that the performance of the proposed scheme reaches up to 2.2 dB PSNR gain over the existing scheme. Moreover, it is shown that the complexity can be reduced by encoding parts of region considering rate-distortion cost.

Keywords : DVC, Selective Encoding, Wyner-Ziv

I. 서 론

MPEG-1/2, H.264/AVC 등은 움직임 추정 예측 부호화를 수행하는 부호화의 복잡도가 복호화의 복잡도에 비해 5 ~ 10배 이상의 많은 연산을 필요로 한다. 이와 같은 '고복잡도 부호화와 저복잡도 복호화'의 비대칭 구조의 기존 코덱은 방송 또는 VoD 등과 같은 하향링크(downlink) 응용에 적합하다. 하지만, 계산 성능 및 전력이 제한되는 환경의 무선 저전력 감시 카메라, 카메라 센서 네트워크 등의 상향

a) 한국항공대학교 항공전자 및 정보통신공학부

School of Elec., Telecom. & Comp. Eng., Korea Aerospace Univ.

b) 한밭대학교 정보통신컴퓨터공학부

School of Info. Comm. and Computer Eng., Hanbat National Univ.

c) 연세대학교 컴퓨터정보통신공학부

Computer & Telecom. Eng. Division, Yonsei Univ.

* 교신저자 : 김재곤 (jgkim@kau.ac.kr)

※ 이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단기초연구사업(No. 2010-0016880)과 경기도지역협력연구센터(GRRC) 사업(GRRC-항공2010-B02)의 지원을 받아 수행된 것입니다.

· 접수일(2010년10월29일), 수정일(2010년12월21일), 게재확정일(2010년12월21일)

링크(uplink) 응용에서는 복호기는 상대적으로 높은 복잡도가 수용 가능한 반면 부호기의 복잡도는 최소화하여야 하기 때문에 새로운 개념의 코덱이 요구된다.

이러한 저복잡도의 부호화가 가능한 초경량 비디오 부호화로 분산 비디오 부호화(DVC)가 최근 활발히 연구되고 있다. DVC는 Slepian-Wolf^[1]와 Wyner-Ziv^[2]의 정보이론에 기반을 두고 있다. Slepian-Wolf 이론^[1]은 기존의 부호화 기법과 같이 부호기와 복호기에서 예측참조 영상, 즉 보조정보(Side Information: SI)를 이용하여 부호화하거나, 또는 부호기는 독립적으로 부호화하고 복호기에서만 예측참조 영상을 이용하여 복호화를 하더라도 원 영상 정보에 대한 최소의 정보량은 변하지 않음을 보인 것이다. Wyner-Ziv 이론^[2]은 무손실 압축을 가정한 Slepian-Wolf 이론을 손실 압축의 경우로 확장한 것이다. 결국 이러한 두 이론은 기존의 부호기에서 구현된 움직임 예측/보상 과정을 복호기에서 처리하도록 하여 낮은 복잡도의 부호기를 구현할 수 있는 이론적 배경을 제시하고 있다.

DVC에서 보조정보는 송신 측에서 제공하는 WZ(Wyner-Ziv) 프레임과 매우 유사한 신호 성분으로 구성되지만 동일하지 않으며, 이러한 WZ 프레임과 보조정보의 차이 성분은 전송 중에 발생한 잡음으로 가정하고 이를 가상채널(virtual channel) 잡음으로 모델링 한다. 그러나, WZ 복호기에서 원 영상에 대한 정보를 갖지 않으므로 가상 채널 잡음에 대한 정확한 모델링은 매우 어려우며, 가상 채널에서 삽입된 잡음의 양과 잡음이 발생된 위치를 정확하게 파악하는 것은 현실적으로 불가능하다. 그래서 수신 측에서 가상채널 잡음에 의한 왜곡을 복구하기 위해, 송신 측에서는 WZ 프레임을 채널 부호화하고 그 패리티(parity) 정보를 전송하고, 수신 측에서는 수신된 패리티 정보를 이용하여 가상채널 잡음으로 왜곡된 신호를 효과적으로 복구하는 방안에 대해 많은 연구가 진행되었다^{[3]-[5]}.

그러나 DVC는 부호기의 연산량 제한 등으로 인해 기존의 압축 방법에 비해 부호화 성능이 많이 떨어지는 한계를 가지고 있다. 이와 같은 DVC의 부호화 효율의 한계를 극복하기 위한 많은 기법이 제안되었다. J. Kim^[6]은 부호기에서 코드변환과 그레이코드 변환과 같이 간단한 연산을 통해 부호화 성능이 개선될 수 있음을 보였다. S. Park^[7]은 생성

된 보조정보를 구성하는 블록들의 움직임 정합 척도와 주위 블록간의 상관성에 기초한 비용을 측정하여, 높은 비용을 갖는 블록에 대해서만 패리티 정보를 요구하도록 함으로써 전송 비트량을 절감시킬 수 있는 방안을 제시하였다.

한편, 부호화 효율을 향상시키기 위해 움직임 정보 피드백을 이용한 기법이 제안되었다. K. Min^[8]은 보조정보 생성시에 얻는 움직임 정보를 피드백하여 부호기에서 적응적인 양자화를 적용하는 구조를 제안하였으며, J. Kim^[9]은 [7], [8]에서 사용된 기법을 개선하여 높은 비용이 소요되는 블록에 대해 움직임 정보를 피드백 시키고, 송신 측에서는 움직임 보상 예측오차 신호에 대해서 [6]에서 사용된 코드변환을 이용해 패리티 정보를 전송함으로써 부호화 효율을 향상시킬 수 있는 구조를 제시하였다.

그러나, [7]과 [9]에서 사용한 비용은 보조정보 생성에 있어서, 시공간적으로 얼마나 정합이 잘 되어 있는지를 나타내는 척도이며, 복호기에서는 WZ 프레임을 알 수 없기 때문에 정의된 비용이 실제 WZ 프레임과 보조정보 사이의 오차의 양을 근사화하기 어렵다. 또한 [7]과 [9]에서는 비용에 대한 임계값을 두지 않고, 미리 정해놓은 비율만큼 비용이 높은 블록에 대한 패리티를 전송하기 때문에 선택적 부호화 방식이 영상 특성에 적응적이지 못하다는 단점이 있다.

따라서 본 논문은 [7]과 [9]에서 사용된 기법을 개선하여 부호화 효율을 향상시키기 위한 방안으로 울-왜곡 기반의 선택적 부호화 기법을 제안한다. 즉, 제안하는 부호화 기법은 [8], [9]에서 사용된 움직임 정보 피드백 방식을 적용하여, 부호기에서 기 저장된 키 프레임과 피드백된 움직임 정보를 이용하여 복원한 보조정보와 WZ 프레임 간의 비트플레인 별 비트 오류율(Bit Error Rate: BER)을 이용하여 블록 별로 전송될 패리티 정보의 양을 예측한다. 또한 WZ 프레임과 복호기의 복호화된 프레임 사이의 왜곡을 이용한 블록 단위의 울-왜곡 비용을 정의하고, 이를 바탕으로 패리티 정보를 보낼 영역을 적응적으로 선택하여 움직임 보상 오차 신호를 [6]에서 사용한 코드변환과 그레이코드로 변환하여 부호화 효율을 향상시킬 수 있는 구조를 제시한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 우선, 제 II 장에서는 기존의 기본적인 화소영역 Wyner-Ziv(Pixel Domain WZ:

PDWZ) 코덱을 개선한 기존의 선택적 부호화 기법[9]을 살펴본다. 제 III 장에서는 [9]에서 사용된 기법의 부호화 성능을 개선하기 위한 율-왜곡 기반 선택적 부호화 기법을 제안한다. 제 IV 장에서는 모의실험을 통하여, 본 논문에서 제안한 율-왜곡 기반 선택적 부호화 기법의 부호화 효율 및 복잡도에 대하여 기존의 기법과 비교 분석한다. 끝으로 제 V 장에서는 결론을 맺는다.

II. 기존의 선택적 부호화 기법

1. PDWZ 코덱 구조

PDWZ 코덱은 단순히 화소값을 부호화하거나 참조영상과의 예측오차 값을 부호화함으로써, 주파수영역 Wyner-Ziv(Transform Domain WZ: TDWZ) 코덱^[10]에 비해 간단한 구조로 계산량을 절감시킬 수 있는 장점이 있다.

그림 1은 기본적인 PDWZ 코덱 구조의 예를 나타낸다. 홀수 프레임은 키 프레임으로 기존의 H.264/AVC 화면 내

부호화 방식으로 부호화되어 전송된다. 짝수 프레임은 WZ 프레임으로서 스칼라 양자화를 적용하여 정보량을 줄이고, 각 비트 플레인 단위로 채널 부호화한 후에 패리티정보만을 복호기로 전송한다. 복호기에서는 홀수 프레임으로 수신되는 키 프레임을 복호하고, 복호된 영상은 프레임 메모리에 저장한다. 프레임 메모리에 저장된 키 프레임의 정보를 이용하여 WZ 프레임의 예측신호인 보조정보를 생성한다. 생성된 보조정보는 부호기의 원 WZ 프레임과 매우 유사하도록 생성되며, 이 정보는 부호기와 동일하게 양자화되고 각 비트 플레인 단위로 수신되는 패리티 정보에 대한 유료부하(payload)로 사용되어, LDPCA(Low-Density Parity-Check Accumulate) 복호를 수행하고, 복호된 신호는 역양자화되어 WZ 프레임에 대한 복원된 영상을 얻게 된다.

2. 움직임 정보 피드백을 이용한 PDWZ 코덱

그림 2는 [9]에서 제안한 PDWZ 코덱의 구조를 나타낸다. [9]에서 제안한 방식은 [7]에서 제안한 식 (1)과 같이 움직임 벡터 추정을 위한 비용함수를 이용하여 그 비용을

그림 1. 간단한 PDWZ 코덱 구조

Fig. 1. Simple PDWZ Codec structure

크기 순으로 정렬하고 비용이 큰 영역에 대해서 움직임 정보를 피드백 한다. 부호기에서는 복호기로부터 전송된 움직임 벡터를 이용하여 해당 블록에 대해서만 움직임 보상 오차 신호를 구하고 그 값을 [6]의 코드변환과 그레이 부호기를 이용한 방식으로 부호화한다. 이때, 움직임 정보가 수신되지 않는 블록은 부호화를 하지 않음으로써 부호화 성능 향상을 얻을 수 있다.

$$C_{bilateral} = \sum_{p \in M} \left| \frac{I_{2k-1}(p+v/2) - I_{2k+1}(p-v/2)}{2} \right|$$

$$C_{side} = \sum_{p \in B} |\hat{I}_{2k}(p) - \hat{I}_{2k}(k(p))|$$

$$C = \alpha \cdot C_{bilateral} + (1 - \alpha) \cdot C_{side}$$
(1)

식 (1)에서 양방향비용(bilateral cost) $C_{bilateral}$ 은 보조정보 생성시에 이전 키 프레임(I_{2k-1})과 이후 키 프레임(I_{2k+1}) 사이에 존재하는 일정한 움직임을 가정하여 양방향 정합되는 블록의 차이를 구한다. 여기서, M 은 보조정보 생성시에 사용되는 주어진 블록이고, p 는 그 블록에 속하는 화소 위치를 나타내며, v 는 보조정보 생성시 얻은 움직임 벡터를 나타낸다. 또한 이웃 정합 비용(side matching cost) C_{side}

에서 B 는 생성된 보조정보의 주어진 블록 경계에 있는 화소 그룹이고, P 는 그 그룹에 속하는 화소 위치를 나타내며, $k(p)$ 는 P 와 인접한 화소를 나타낸다. 끝으로 총 비용 C 는 두 비용에 대한 가중합산으로 구해진다.

그러나 위와 같이 [7], [9]에서 제안한 방식에서 사용한 비용은 보조정보 생성에 있어서, 시공간적으로 얼마나 정합이 잘 되어 있는지를 나타내는 척도이며, 복호기에서 WZ 프레임을 알 수 없기 때문에 정의된 비용이 실제 WZ 프레임과 보조정보 사이의 오차의 양을 근사화하기 어렵다. 또한 [7]과 [9]에서는 비용에 대한 임계값을 두지 않고, 미리 정해놓은 비율의 비용이 높은 블록에 대한 패리티를 전송하기 때문에 선택적 부호화 방식이 영상 특성에 적응적이지 못하다는 단점이 있다.

III. 울-왜곡 기반 선택적 부호화 기법

1. 울-왜곡 비용 함수

본 논문에서는 식 (2)와 같이 울-왜곡 비용[11]을 정의하고 이를 바탕으로 블록 별로 선택적으로 WZ 프레임을 부

그림 2. 움직임 정보 피드백을 이용한 PDWZ 코덱 구조

Fig. 2. PDWZ Codec structure with motion information feedback

호화한다.

$$J_i = D_i + \lambda \cdot R_i \quad (2)$$

D_i 와 R_i 는 i 번째 블록에 대한 왜곡과 전송률 예측값을 의미하며, λ 는 가중치 값인 라그랑지안 계수(Lagrangian multiplier)이다. 식 (2)에서 D_i 는 패리티가 전송되는 비트 플레인의 비트 오류는 모두 완벽하게 정정된다는 가정 하에 식 (3)과 같이 구해진다.

$$\begin{aligned} D_i &= \sum_b D_i^b \\ &= \sum_b 2^{(8-b)} \cdot Ber_i^b \end{aligned} \quad (3)$$

이때, b 는 전송될 패리티의 비트 플레인의 인덱스이고, Ber_i^b 은 WZ 프레임의 i 번째 블록과 보조정보의 동일 위치의 블록 간의 b 번째 비트 플레인에서의 오류 비트 수이다.

한편, 식 (2)의 비용함수에서 R_i 를 구하기 위해 하나의 LDPCA 프레임 크기 K 에 대해서 그림 3과 같이 실험적으

로 모델을 찾을 수 있다. 이는 K 에 발생한 비트 오류 수에 대해서 모든 에러를 정정하기 위해 전송이 요구되는 비트 수를 실험 데이터로부터 모델링 한 것으로 식 (4)로 근사화 된다.

$$\begin{aligned} R(K) &= 100\sqrt{Ber(K)} \quad , \quad Ber(K) < 300 \\ R(K) &= 3 \cdot Ber(K) + 800 \quad , \quad Ber(K) \geq 300 \end{aligned} \quad (4)$$

이 때, $R(K)$ 는 K 크기의 LDPCA 프레임에 대한 예측 소요 비트량이며, $Ber(K)$ 는 K 크기의 LDPCA 프레임에 발생된 오류 비트 수이다. 따라서 i 번째 블록에 대한 예측 소요 비트량은 식 (4)에서 구한 하나의 LDPCA 프레임 크기에 대한 예측 소요 비트량을 이용하여 하나의 블록 크기에 대하여 식 (5)와 같이 근사화한다.

$$R_i = R(K)/n \quad (5)$$

이때, n 은 K 크기의 LDPCA 블록을 구성하는 블록의 수이며, 모든 블록의 예측되는 소요 비트량은 동일하게 근사화된다.

그림 3. 소요 비트량의 실험 데이터 및 모델($K=3168$)

Fig. 3. Experimental data and modeling for the requested bits

또한 식 (2)에서 λ 는 식 (6)과 같이 구해진다⁹⁾.

$$\lambda = -\frac{dD}{dR(D)} \quad (6)$$

식 (6)은 비용함수의 값이 최소가 될 때의 λ 값이며, 식 (3) ~ (5)를 이용하여 패리티를 전송할 경우와 전송하지 않을 경우에 대한 윌, 왜곡을 추정하고, 패리티를 전송할 경우에는 해당 블록에 대한 전송될 비트량은 많지만 왜곡은 줄어들고, 패리티를 전송하지 않을 경우에는 해당 블록에 대한 패리티 전송 여부 정보만을 전송하기 때문에 전송 비트량은 적지만, 보조정보의 왜곡은 그대로 존재하는 트레이드오프(Trade-off) 관계를 이용하여, 식 (2)에 정의한 비용함수를 이용하여 블록 단위로 패리티를 전송할 경우와 전송하지 않을 경우에 대한 비용을 비교하여, 패리티를 전송할 경우의 비용이 작은 경우에는 해당 블록의 패리티를 전송하도록 결정하고, 패리티를 전송하지 않을 경우의 비용이 작은 경우에는 해당 블록의 패리티를 전송하지 않도록 결정한다. 또한 블록 별 패리티 전송 여부에 대한 시그널링 정보를 추가적으로 전송한다.

2. 제안하는 PDWZ 코덱

본 논문에서는 3.1절에서 설명한 윌-왜곡 함수를 이용한 선택적 부호화 방식을 제안한다. 제안 방식은 [9]에서 제안한 방식에 비해 수신된 움직임 벡터를 이용하여 블록 별 윌-왜곡을 고려하여 영상 특성에 따라 패리티 정보를 송신하는 영역을 적응적으로 결정할 수 있는 장점이 있다.

그림 4는 본 논문에서 제안하는 PDWZ 코덱의 구조를 나타낸다. 제안하는 PDWZ 코덱은 복호기에서 보조정보 생성시에 발생하는 움직임정보를 피드백하여 부호기에서 보조정보를 복원하고, 복원된 보조정보와 WZ 프레임용 윌-왜곡을 이용하여 블록 별 패리티 전송 여부를 결정하고, 블록 별 패리티 전송 여부에 대한 시그널링을 전송한다. 수신측에서는 블록 별 패리티 전송 여부에 대한 시그널링을 이용하여 패리티가 전송되도록 결정된 블록에 대해서만 양자화기, 코드 변환 및 그레이 부호기를 거쳐 LDPCA 복호기에 입력하며, 윌-왜곡을 고려하여 패리티 정보가 전송되지 않도록 결정된 블록에 대해서는 보조정보를 그대로 복호 영상으로 사용한다.

그림 4. 제안하는 PDWZ 코덱
Fig. 4. Proposed PDWZ Codec

IV. 실험결과 및 분석

1. PDWZ 코덱의 부호화 성능 분석

모의실험을 위해 QCIF, 30Hz의 Foreman, Salesman, Coastguard, Soccer 시퀀스를 사용하였으며, 모든 시퀀스는 291 프레임을 부호화하였다. 먼저, 홀수 프레임은 키 프레임으로 설정하고 H.264/AVC의 화면내 부호화 방식을 이

용하여 양자화 파라미터(QP)를 고정시킨 후에 가변 비트율로 부호화하였다. 그리고, 키 프레임 사이에 위치하는 WZ 프레임은 그림 4에 나타난 PDWZ 구조로 부호화하였다. 제안된 PDWZ 구조에 사용된 움직임 벡터의 피드백 전송에 의한 선택적 부호화 기법의 부호화 성능을 모의실험을 통하여 분석하기 위해 LDPCA를 각 비트 플레인에 동일하게 적용하였으며^[12], 비트율 측정에는 블록 별 패리티 전송 여부에 대한 시그널링 정보를 포함하였다.

그림 5. 선택적 부호화 방식의 부호화 성능 비교

Fig. 5. Performance comparison of the proposed encoding

그림 5는 Foreman, Salesman, Coastguard, Soccer 시퀀스에 대한 모의실험 결과를 나타내고 있다. Foreman 시퀀스는 공간적인 복잡도보다 시간적인 복잡도가 상대적으로 높은 시퀀스이며, DISCOVER 코덱[13]의 경우에는 영역별 보조정보의 화질, 소요 비트량 등을 고려하지 않고 모든 영역의 패리티를 전송한다. 또한 S. Park[7]의 경우에는 수신 측에서 보조정보 생성시에 발생하는 블록 별 비용을 측정하여 비용이 큰 50% 블록에 대해서만 위치정보를 피드백하며, 송신 측에서는 블록에 대한 화소 밝기 값을 LDPCA 부호화하여 패리티를 전송하는 방식이고, J. Kim[9]의 경우에는 [7]의 방식을 개선하여 비용이 큰 50% 블록에 대해서만 움직임 정보를 피드백 전송하는 방식이다. 제안하는 방식은 프레임에 따라 패리티 정보를 전송하는 블록의 수를 적응적으로 결정할 수 있기 때문에 제안한 방식이 DISCOVER 코덱에 비해 최대 약 1 dB 정도, [7]의 방식에 비해 최대 1.8 dB 정도, [9]의 방식에 비해 0.5 dB 정도의 우수한 성능을 보인다.

한편, Foreman 시퀀스와 달리 Salesman 시퀀스는 상대적으로 공간적인 복잡도는 높고 움직임은 매우 적은 시퀀스이다. 따라서 홀수 프레임과 짝수 프레임 모두 동일하게 H.264/AVC 화면내 부호화한 방식(I I I I ...)과 모든 분산 비디오 부호화 방식의 키 프레임의 화면내 부호화에 대한 성능은 낮다고 할 수 있으며, 본 논문에서 제안한 방식은

Salesman 시퀀스의 특성에 따라서 패리티를 전송하지 않는 블록의 수를 적응적으로 선택하기 때문에 시간적 중복성을 효율적으로 이용할 수 있으므로 DISCOVER 코덱보다 최대 약 2.2 dB 더 우수한 성능을 보이고 있으며, [7], [9]의 방식에 비해 약 0.3 dB 정도의 우수한 성능을 보인다. 또한 제안한 방식의 성능이 H.264/AVC 화면간 부호화 방식(I P I P ...)에 근접하거나 일부 낮은 비트율의 범위에서는 미미하게 더 우수한 성능을 보인다.

또한 Coastguard 시퀀스의 경우 공간 복잡도가 낮고, 객체의 움직임이 선형적으로 근사화될 수 있기 때문에 매우 우수한 성능을 보인다. 비트율 범위에 따라 H.264/AVC 화면간 부호화 방식에 비해 미미하게 더 우수한 성능을 보이는 경우도 있다. 그러나 Soccer 시퀀스와 같이 움직임이 매우 큰 경우에는 분산 비디오 부호화 기법의 모든 방식이 H.264/AVC 화면 내 부호화 기법보다 열등한 성능을 보이고 있으며, 제안한 방식은 DISCOVER 코덱보다도 열등한 성능을 보이고 있다.

따라서 본 논문에서 제안하는 방식은 움직임이 많은 시퀀스에 비해, 움직임이 적거나 움직임이 선형적으로 근사화가 가능한 시퀀스에 대해서 더 많은 성능 향상을 보이며, H.264/AVC 화면간 부호화 방식에 근접하거나 일부 비트율의 범위에서는 미미하게 더 우수한 성능을 보인다.

2. PDWZ 코덱의 복잡도 비교 분석

본 모의실험은 Foreman 시퀀스 291 프레임 중에 짝수 번째 프레임에 해당하는 WZ 프레임에 대해 각 방식 간의 부호기의 부호화 소요시간을 서로 비교하였다. 그림 6은 키 프레임의 QP가 32 일 때의 각 방식 간의 부호기의 부호화 시간에 대해서, [14]의 PDWZ 방식에서 Slepian-Wolf 코덱으로 LDPCA를 사용하고, 보조정보 생성방식은 [9]의 방식을 사용하는 PDWZ 방식의 코덱의 부호화 시간에 대하여 정규화하여 나타낸 결과이다. S. Park[7]의 경우에는 수신 측에서 보조정보 생성시에 발생하는 블록 별 비용을 측정하여 비용이 큰 50% 블록에 대해서만 위치정보를 피드백하며, 송신 측에서는 해당 블록에 대한 화소 밝기값을 LDPCA 부호화하여 패리티를 전송하는 방식이므로 약

그림 6. 선택적 부호화 방식의 부호화 속도 비교

Fig. 6. Comparison of selective encoding time consumption

50% 정도의 시간 절감이 있다. J. Kim[9]의 경우에는 [7]의 방식을 개선하여 비용이 큰 50% 블록에 대해서만 움직임 정보를 피드백 전송하는 방식이며, 코드 변환과 같이 간단한 연산의 추가적인 복잡도를 도입하였으므로 [7]의 방식에 비해 부호화 시간이 미미하게 증가됨을 확인 할 수 있다. 제안한 방식은 패리티 정보가 전송되는 블록의 수가 프레임 별로 적응적으로 선택이 되기 때문에 [7]의 방식에 비해 약 38%, [9]의 방식에 비해 약 45% 정도의 시간 절감을 얻을 수 있다. 따라서 본 논문에서 제안한 방식은 다른 방식에 비해 울-왜곡 측면에서 우수한 성능을 보임과 동시에 부호기 복잡도 측면에서도 우수한 성능을 보인다.

V. 결 론

본 논문에서는 PDWZ 코덱의 부호화 효율을 개선하기 위해 복호기에서 보조정보 생성시에 발생하는 움직임 정보를 피드백하여 보조정보와 WZ 프레임 간의 울-왜곡 최적화를 통해 선택적으로 부호화하는 분산 비디오 부호화 방식을 제안하였다. 제안한 방법은 부호기에서 영상 특성에 적응적으로 블록의 수를 정하여, 움직임 보상 오차 신호를 부호화함으로써 기존의 방식에 비해 시퀀스에 따라 최대 약 2.2 dB의 부호화 성능을 개선시킬 수 있으며, 울-왜곡 측면에서 부호화되는 블록 수를 적응적으로 결정함에 따라 부호화 시간이 기존 방식에 비해 45% 정도 절감되는 것을 보였다.

본 논문에서 제안한 PDWZ 코덱 구조는 피드백 채널이 가능한 환경에 유용하게 활용될 수 있을 것으로 보인다. 앞으로 복호기로부터 피드백된 움직임 정보를 이용하여, 부호기에서 블록 별 R-D 모델링에 대한 복잡도를 줄이기 위한 추가적인 연구가 필요하며, 기존 코덱의 화면간 부호화의 부호화 성능에 근접하기 위한 지속적인 부호화 방식 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] D. Slepian and J. Wolf, "Noiseless Coding of Correlated Information Sources," IEEE Trans. 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 Trans. Information Theory, vol. 22, pp. 1-10, Jan. 1976.
- [3] L. Qing, X. He, R. Lv, "Modeling Non-stationary Correlation Noise Statistics for Wyner-Ziv Video Coding," In Proc. ICWAPR '07, vol. 1, Nov. 2007, pp. 316 - 320.
- [4] Z. Li, L. Liu and E. J. Delp, "Rate-distortion Analysis of Motion Side Estimation in Wyner-Ziv Video Coding," IEEE Trans. Image Processing 16, pp. 98-113, Jan. 2007.
- [5] E. Peixoto, R. L. Queiroz and D. Mukherjee, "On Side Information Generation for Wyner-Ziv Video Coding," in Proc. of Simposio Brasileiro de Tel., Sep. 2008.
- [6] 김진수, 김재곤, 서광덕, "코드변환과 비트 인터리버를 이용한 화소영역 Wyner-Ziv 부호화 기법", 방송공학회논문지, 제15권 제1호, pp. 52-62, 2010.
- [7] S.-U. Park, J.-W. Choi, C.-S. Kim, S.-U. Lee and J.-W. Kang, "Efficient Distributed Video Coding Using Symmetric Motion Estimation and Channel Division," in PACRIM09, Aug. 2009.
- [8] 민경연, 박시내, 남정학, 심동규, 김상호, "수신된 움직임 벡터를 이용한 적응적 블록 양자화 기반 분산 비디오 코딩 방법", 한국통신학회논문지, 제35권 제2호, pp.172-181, 2010.
- [9] 김진수, 김재곤, 서광덕, 이명진, "움직임 정보의 피드백을 갖는 선택적 블록 부호화에 기초한 분산 비디오 부호화 기법", 방송공학회논문지, 제15권 제5호, pp. 642-652, 2010.
- [10] A. Aaron, S. Rane, E. Setton and B. Girod, "Transform-domain Wyner-Ziv codec for video," in Proc. Visual Communications and Image Processing, VCIP-2004, San Jose, CA, January 2004.
- [11] G. J. Sullivan and T. Wiegand, "Rate-Distortion Optimization for Video Compression," IEEE Signal Processing Mag. Nov. 1998.
- [12] D. Varodayan, A. Aaron and B. Girod, "Rate-adaptive codes for distributed source coding," EURASIP Signal Processing, vol. 86, no.11, pp.3123-3130, Nov. 2006.
- [13] <http://www.discoverdvc.org>
- [14] B. Girod, A. Aaron, S. Rane and D. Rebollo Monedero, "Distributed Video Coding," Proceedings of the IEEE, Vol.93, No.1, pp.71-83, January, 2005.

— 저 자 소 개 —

이 병 탁

- 2009년 8월 : 한국항공대학교 전자 및 항공전자공학과 학사
- 2009년 9월 ~ 현재 : 한국항공대학교 항공전자공학과 석사과정
- 주관심분야 : 영상부호화, 3DTV, 분산비디오부호화

김 재 곤

- 1990년 2월 : 경북대학교 전자공학과 학사
- 1992년 2월 : KAIST전기 및 전자공학과 석사
- 2005년 2월 : KAIST전기 및 전자공학과 박사
- 1992년 3월 ~ 2007년 2월 : 한국전자통신연구원(ETRI) 선임연구원/팀장
- 2001년 9월 ~ 2002년 11월 : 뉴욕 콜롬비아대학교 연구원
- 2007년 9월 ~ 현재 : 한국항공대학교 항공전자 및 정보통신공학부 조교수
- 주관심분야 : 비디오 신호처리/부호화, 디지털방송 미디어, 미디어 컨버전스, 멀티미디어 통신

김 진 수

- 1991년 2월 : 경북대학교 전자공학과 학사
- 1993년 2월 : KAIST전기 및 전자공학과 석사
- 1998년 8월 : KAIST전기 및 전자공학과 박사
- 1995년 6월 ~ 2000년 3월 : 삼성전자 선임연구원
- 2008년 7월 ~ 2009년 6월 : 텍사스 주립대학교 교환교수
- 2000년 4월 ~ 현재 : 한밭대학교 정보통신컴퓨터공학부 교수
- 주관심분야 : 영상부호화, 디지털방송, 분산비디오부호화

서 광 덕

- 1996년 2월 : KAIST전기 및 전자공학과 학사
- 1998년 2월 : KAIST전기 및 전자공학과 석사
- 2002년 8월 : KAIST전기 및 전자공학과 박사
- 2002년 8월 ~ 2005년 2월 : LG전자 단말연구소 선임연구원
- 2005년 3월 ~ 현재 : 연세대학교 컴퓨터정보통신공학부 부교수
- 주관심분야 : 영상부호화, 멀티미디어통신, 디지털방송, 멀티미디어 통신시스템