
패리티 비트 요구량 모델링에 의한 분산 비디오의 고속 복호화 기법

김만재* · 김진수**

Fast Decoding Method of Distributed Video Based on Modeling of Parity Bit Requests

Man-jae Kim* · Jin-soo Kim**

이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임. (No.2012-0007680)

요 약

최근에 연구되어 온 초경량 비디오 부호화 기법으로 분산 비디오 부호화 기법에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 우수한 부호화 효율을 얻기 위해 분산 비디오 부호화 기법은 패리티 비트 제어용으로 피드백 채널을 필요로 하고 있다. 그러나 이 방법은 매우 높은 복호화 지연을 야기하여 실시간 구현과 상용화에 극복해야 할 문제가 되고 있다. 이를 위해, 본 논문에서는 복호화기에서 보조정보를 생성할 때 생성되는 움직임 벡터를 부호화기측으로 전송하는 환경을 위한 고속 분산 비디오 복호화기법을 제안한다. 제안한 방법은 수신된 움직임 벡터를 이용하여 비트-에러율을 계산하고, 이를 이용하여 복호화기측에서 전송함으로써 복호화 속도를 개선하는 방법을 사용한다. 모의 실험을 통하여, 제안 방식은 기존에 제안된 기법에 비해 성능을 크게 개선시킬 수 있음을 보인다.

ABSTRACT

Recently, as one of low complexity video encoding methods, DVC (Distributed Video Coding) scheme has been actively studied. Most of DVC schemes exploit feedback channel to achieve better coding performances, however, this causes these schemes to have high decoding delay. In order to overcome these, this paper proposes a new fast DVC decoding method using parity-bit request model, which can be obtained by using bit-error rate, sent by encoder with motion vector, which is transmitted through feedback channel by decoder after generating side information. Through several simulations, it is shown that the proposed method improves greatly the decoding speed, compared to the conventional schemes.

키워드

분산 비디오 복호화, 패리티비트 요구, 속도개선

Key word

Distributed Video Coding, Parity Bit Request, Speed Improvement

* 준회원 : 한밭대학교 정보통신전문대학원 멀티미디어공학과

** 정회원 : 한밭대학교 정보통신공학과 (교신저자, jskim67@hanbat.ac.kr)

접수일자 : 2012. 10. 05

심사완료일자 : 2012. 10. 25

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2012.16.11.2465>

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

I. 서 론

분산 비디오 부호화 (DVC, Distributed Video Coding) 기법은 초경량 부호화가 가능한 응용 분야를 위해 많은 연구가 진행되어 왔다. 특히, 센서 네트워크, 무선 통신 기기, 무선 멀티미디어 단말기, 의료용 기기, 무인 감시 장비 등의 저전력이 필요한 환경에 적용 가능한 기술로서 매우 많은 관심을 받아 왔다[1]. 분산 비디오 기법으로서 버클리대학교와 스탠포드대학교에서 제안한 기본 구조를 토대로 연구가 진행되었고, 스탠포드대학교를 기초해서 유럽의 DISCOVER 프로젝트가 연구되어 그 결과가 공개되었다[2].

최근까지 많은 연구를 얻는 분산 비디오 부호화 구조는 스탠포드대학교에서 연구한 것을 많이 기초하고 있다. 이 구조는 피드백 채널을 활용하여 패리티 비트 제어를 갖는 구조로서 매우 우수한 부호화 효율을 얻는 형태를 갖는다[3]. 그러나 워너-지브 프레임에 대한 근사치에서 생성되는 가상채널잡음의 양을 정확하게 예측할 수 없으며, 이로 인해 가상채널잡음의 양이 변화함에 따라 수신측에서는 채널잡음을 정정하기 위한 패리티 비트를 반복적으로 요구하는 과정을 통하여 복호화하게 된다. 이러한 부분은 분산 비디오 복호화의 연산량 결정에 매우 큰 영향을 미치고 있으며, 고속화가 반드시 이루어져야 하는 부분이다.

고속 분산 비디오의 복호를 위해 기존에 다수의 연구 결과가 발표되었다. 가장 쉽게 고려할 수 있는 방법이 경관정 출력방식으로서 피드백 채널을 이용하여 패리티 비트를 수신하여 복호화하는 방식이 있고, 또한 안정적 성능을 달성하기 위해 적응적인 방법도 제시되었다[4]. 그리고 영상의 상관성을 이용하는 방식도 제시되었는데, 주파수 영역 및 비트 플레인간의 통계적 잡음의 크기를 예측하여 고속화하는 방법도 제시되었고, 또한 최근에는 단일 프레임을 몇 개의 채널 유료부하에 나누어 전송하는 방식이 고안되었는데, 이때, 공간적, 시간적, 그리고 시공간적인 상관성을 이용하여 전송하는 방식 등이 제시되었다[5]. 이러한 방식 등은 우수한 부호화 효율을 얻고 동시에 고속 복호화가 가능한 장점이 있으나 여전히 가상채널 잡음의 양을 예측할 수 없어 복호화에 높은 연산량을 필요로 한다.

한편, 분산 비디오 부호화 기법은 매우 근거리에 위치하는 부호화기와 복호화기를 대상으로 하는 응용이 많

다. 이러한 경우에는 피드백 채널을 더욱 효과적으로 활용할 수 있다. 즉, 복호화기측에서 보조정보를 생성하는 과정에 있어 얻어지는 움직임 정보를 부호화기측에 전송함으로써 부호화 효율을 개선할 수 있는 환경을 제공한다[6]. 본 논문에서는 이와 같은 환경을 고려하여 복호화시간을 매우 단축시킬 수 있는 구조를 제시하고 성능을 분석한다[7].

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 II장에서는 움직임 벡터의 피드백을 갖는 분산 비디오 부호화기의 구조와 동작 방식에 대해 설명하고, III장에서는 패리티 비트 요구량 모델에 기초한 움직임 피드백을 갖는 분산 비디오 복호화 방법을 제안한다. 그리고 IV장에서는 모의 실험 결과에 대해 논하고 끝으로 V장에서는 결론을 맺는다.

II. 본 론

2.1. 분산 비디오 코덱 및 LDPCA 복호화

분산 비디오 부호화 코덱은 크게 화소영역 워너-지브 (PDWZ, Pixel Domain Wyner-Ziv) 코덱과 변환영역 워너-지브 (TDWZ, Transform Domain Wyner-Ziv) 코덱으로 나뉜다. 특히, PDWZ 코덱은 부호화기에서 변환 기법과 같은 부가적인 연산을 사용하지 않음으로써 연산량 절감에 효과가 있어 많은 관심의 대상이 되고 있다. 이러한 코덱은 홀수 프레임과 짝수 프레임으로 각각 나누어 다른 방식으로 부호화하는데, 홀수 프레임은 키 프레임으로서 기존의 H.264 화면내 부호화 방식을 통하여 부호화되어 전송된다. 짝수 프레임은 WZ 프레임으로서 스칼라 양자화를 적용하여 정보량을 줄이고, 각 비트 플레인 단위로 채널 부호화 효율이 높은 LDPC (Low Density Parity Check) 코드로 부호화된 후에 패리티 정보만이 복호화기측으로 전송된다. 복호화기측에서는 수신된 키 프레임의 복원된 영상정보를 이용하여 다양한 시공간 예측 기법을 통하여 WZ 프레임의 최적의 예측치 즉, 보조정보(SI: Side Information)를 생성한다. 생성된 보조정보는 부호화기측과 동일하게 양자화되고, 각 비트 플레인 단위로 수신되는 패리티 정보에 대한 유료부하로 사용되어, LDPC 복호를 수행하며 복호된 신호의 비트-오류율을 계산하여 만족되는 품질 때까지 수신측에 추가적인 비트를 요청한다. 이렇게 해서 만족할만한 품질로

복호된 신호는 역양자화 되어 WZ 프레임에 대한 복원된 영상을 얻게 된다. TDWZ는 워너-지브 프레임 부호화를 위해 DCT와 같이 변환을 수행하고, 각 주파수 계수별로 양자화를 수행한다. 이 결과에 대해 비트 플레인을 읽어서 패리티 비트를 만들어 전송하는 방식으로 전송한다. 이와 같이 추가적인 연산을 도입하여 부호화 효율을 개선할 수 있는 장점이 있다.

LDPCA 프레임 부호화는 채널의 LLR(Log Likelihood Ratio)값을 계산하고, 그 결과 값을 부호화기의 연관정 입력한다. LLR은 다음과 같이 계산된다[5,6].

$$LLR = \log \left\{ \frac{p(x=0|Y)}{p(x=1|Y)} \right\} \quad (1)$$

부호화기에서 키 프레임을 이용하여 생성된 보조정보 Y에 대하여 $p(x=0|Y)$ 는 채널 복호화된 x가 0일 조건 확률을 의미한다[6, 7]. LLR을 통해 입력된 값은 부호화기의 belief propagation 과정을 통해 연속적인 계산을 하게 된다. 그 결과로 연관정 출력을 하고, 그 출력된 값으로 BER(Bit Error Rate)을 결정하고 BER이 만족할만한 낮은 값이 되면 부호화기에서 전송된 CRC (Cyclic Redundancy Code) 값과 비교하게 된다. BER값이 만족할 만한 낮은 값이 되지 않거나 CRC 값과 비교하여 일치하지 않을 때에는 피드백 채널을 이용하여 패리티 비트를 추가 전송 받게 되며, BER과 CRC 값을 통해 복호 종료 여부를 결정하게 된다. 반복적인 구조의 LDPCA코드의 복호 과정에서 패리티 비트 요구량 예측을 통해 채널 복호화 과정의 복잡도를 줄이기 위해 여러 가지 방식들이 제안되었다. 그림1은 패리티 요구량 예측을 이용한 경판정 적응적[6] 방식이다. 각 비트 플레인 별로 LDPCA 크기에 맞게 분할되고, LDPCA 채널 부호화된 프레임으로 버퍼에 저장된다. 수신측에서는 각 LDPCA 프레임에 대해 예측되는 BP별 비트 요구량을 예측한다. 예측된 패리티 비트량에 맞추어 패리티 비트 요청 버퍼를 통해 비트율을 산출하고 이를 송신측 버퍼에 요구하여 패리티 비트량을 수신한다. 이와 같이 패리티 비트량을 수신측에서 예측할 때, 가장 중요한 점은 각 비트 플레인 별로 가능한 정확하게 패리티 비트량을 예측해야 한다는 것이다.

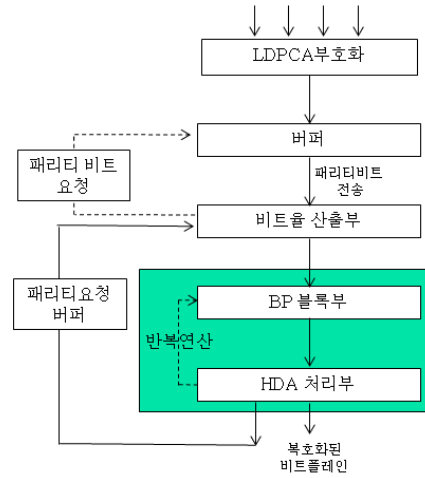


그림 1. 경판정 적응적 방식의 구조[6]
Fig. 1 Block diagram of HDA Algorithm[6]

2.2. 기존의 고속 LDPCA 복호화

상위에서 하위 비트 플레인으로 갈수록 가상채널 잡음의 양이 증가하므로, DCT 계수의 패리티 비트 요구량을 예측하는 방식은 다음과 같다[6].

$$E_t^{b,k} = \frac{(R_{t-1}^{b,k} + R_t^{b,k+1})}{2} \quad (2)$$

식에서 b는 주파수 대역, k는 비트 플레인, t는 프레임을 나타낸다. $E_t^{b,k}$ 는 현재 프레임의 초기 패리티 비트 요구량으로 이전 프레임의 동일 위치 비트 플레인의 동일 주파수 대역의 패리티 비트 요구량($R_{t-1}^{b,k}$)과 현재 동일 주파수 대역의 상위 비트플레인의 패리티 비트 요구량($R_t^{b,k+1}$)의 평균값으로 결정된다. 위와 같은 방식은 주파수 영역에서 제안되었기 때문에 시간적 공간적인 상관성이 크다. 화소 영역에서 시간적 상관성과 공간적 상관성을 이용한 패리티 비트 요구량 예측방식이 제안되었다. 그림 2는 비디오 프레임의 단일 비트 플레인을 LDPCA 프레임으로 나누어 전송하는 방식에 대한 개요를 나타내고 있다.

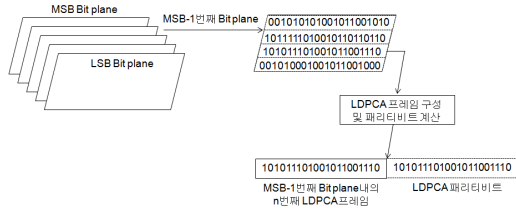


그림 2. 비디오 프레임의 LDPCA 프레임 구성 및 전송 방식의 개요[5]
Fig. 2 Overview of LDPCA Frame Construction and Transmission[5]

첫 번째는 시간적 상관성을 이용한 예측기법으로 화소영역에서 LDPCA 프레임의 패리티 비트 요구량은 서로 상관도가 높으며, 각 LDPCA 프레임의 패리티 비트 요구량은 비트 플레인 별 상관도 보다 영상 프레임 별 상관도가 높기 때문에, 이러한 특성을 이용하여 패리티 비트 요구량($E_t^{l,k}$)을 결정하는 방식은 다음과 같다.

$$E_t^{l,k} = \rho_v \cdot R_{t-1}^{l,k} \quad (3)$$

식(3)에서 t는 프레임, l은 LDPCA 프레임, k는 비트 플레인을 나타내고 R은 t, l, k 위치에서의 패리티 비트 요구량이다. 두 번째는 시공간적인 상관성을 이용한 예측기법으로 LDPCA 프레임의 패리티 비트 요구량은 동일한 위치의 비트 플레인 상에서 발생한 패리티 비트 요구량 간의 상관성을 통해 결정된다. 상관성을 이용하기 위하여 시간 및 공간 방향으로 상관계수를 구하고 그 결과를 연산하여 패리티 비트 요구량을 결정하게 되며 식은 아래와 같다.

$$E_t^{l,k} = \rho_h \cdot R_{t-1}^{l-1,k} + \rho_v \cdot R_{t-1}^{l,k} \quad (4)$$

위와 같은 상관성을 이용한 방법은 화소영역의 특징을 반영했기 때문에, 속도와 성능에서 기존의 방식보다 뛰어난 결과를 보였지만, 패리티 비트 요구량을 과대평가하게 되면 추가로 비트가 발생하게 되고, 다음 패리티 요구량을 계산할 때 과대평가를 한 예측량을 가지고 계산을 하기 때문에 오류가 누적되는 가능성이 발생하는 문제점이 있다.

III. 패리티 비트 요구량 모델링에 의한 고속 복호화 기법

현재까지 논의되고 있는 대부분의 저전력 단말기는 서버에 근거리에 위치하고, 고속 연산을 지원하며, 많은 연산을 수행하는 환경에 사용될 수 있다. 의료용 캡슐에 저전력 카메라와 영상 압축 부호화기가 구현되고, PC에 복호화 기법이 구현되는 응용에서는 PC에서 보조정보의 생성과정에서 얻어지는 복호화측의 정보를 부호화기에 전송하는 것이 가능하다. 즉, 기존의 비디오 부호화기에서 수행되는 움직임 추정과 보상 과정에는 매우 많은 연산량이 필요한데, 이러한 연산의 대부분을 복호화기로 이동함으로써 연산량을 분산할 수 있는 것이 분산 비디오 부호화기법의 핵심적인 이론적인 근거로 사용된 것이다.

그림 3은 움직임 정보 피드백을 갖는 PDWZ 코덱의 구조를 나타내고 있다. 이 그림의 동작 방식은 그림 4와 같이 요약된다. 먼저, 부호화기에서 보조정보 생성단계, 보조정보 생성시에 움직임 벡터를 구하는 단계, 움직임 벡터의 부호화기 전송, 부호화기측에서 복호화기측과 동일한 비트-에러율 계산하는 단계, 그리고 LDPCA 프레임 단위로 비트-에러율 파악단계, 비트-에러율에 대한 정보를 복호화기측으로 전송단계, 복호화기측에서 비트-에러율에 따라 패리티 비트 요구량을 구하는 단계로 각각 이루어진다. 부호화기측에서는 키프레임 부호화를 위해 H.264 화면 내 부호화 방법으로 부호화하여 전송함과 복원 영상을 버퍼에 저장한다. 복호화기측에서는 부호화기측과 동일하게 화면 내 복호화기를 통하여 수신되는 비트스트림을 복호하여 복원한다.

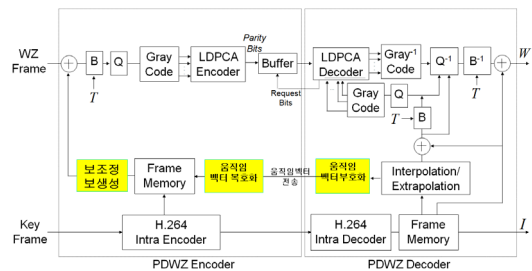


그림 3. 움직임 정보 피드백을 갖는 PDWZ 코덱
Fig. 3 PDWZ Codec Structure with Motion Vector Feedback

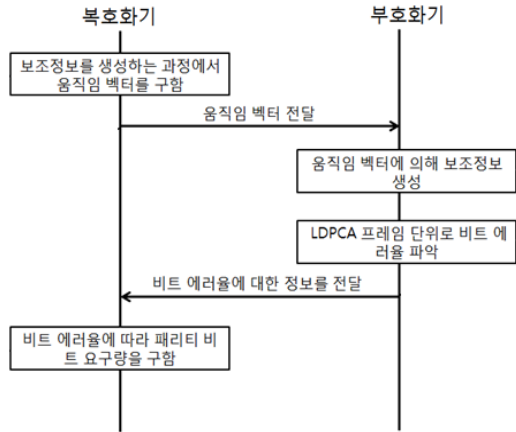


그림 4. 움직임 정보 피드백과 BER계산과정
Fig. 4 Feedback of Motion Vector and Calculation of Bit-Error Rate

이때, 복원된 영상 정보는 부호화된 WZ 프레임의 복호 및 복원을 위해 프레임 메모리에 저장하고, 저장된 키 프레임의 정보로 보조정보 생성부를 이용하여 보간(내삽/외삽)의 방법을 도입하여 보조정보를 생성한다. 이때, 움직임 벡터 부호화부는 보조정보를 생성하는 과정에서 각 블록별로 얻어지는 움직임 벡터를 구하고, 구해진 움직임 벡터를 PDWZ 부호화기로 전송한다. 움직임 벡터의 전송은 매우 다양한 방법을 사용할 수 있으며, Exp-Golomb 코드와 같은 방법으로 부호화될 수 있다. PDWZ 부호화기로 전달된 움직임 벡터는 움직임 벡터 복호화부를 통해 부호화된 방식과 반대의 과정으로 복호화 된다. PDWZ 부호화기의 보조정보 생성부는 복호화된 움직임 벡터의 정보와 프레임 메모리에 저장된 키 프레임 정보를 이용하여 PDWZ 복호화기와 동일한 보조정보를 얻게 된다. 이렇게 얻어진 정보는 워너-지브 프레임과 매우 유사하지만 차이를 갖게 된다. 이렇게 하기 위해서 워너-지브 프레임과 생성된 보조정보와의 차이 신호를 구한다. 이 차이 신호(r)는 라플라시안 밀도 분포 특성을 갖는데 다음과 같은 연산을 수행한다.

$$P \leftarrow (r + 2^n - 1 + T) \% 2^{n+1}, 0 \leq T \leq 2^n - 1 \quad (5)$$

여기서, r은 WZ프레임의 화소값과 바로 직전 키 프레임의 복원된 화소값의 차이 신호, n은 화소의 밝기를 표

현하는데 사용되는 비트 수, T는 최적의 그레이코드를 결정하기 위한 파라미터 값이다. 또한, %는 modulo 연산을 의미하는 것으로 나눗셈을 수행하여 나머지 연산을 구하는 것이다.

이 차이신호에 대해 비트 연산부 및 양자화부를 통해 비트 버림(bit truncation) 및 양자화(quantization) 연산을 수행한다. 식(5)와 같이 버림 연산이 완료된 후에는 (n+1)비트플레인 중에 m개의 하위(LSB) 비트플레인을 버리게 되면, 양자화 계단크기가 2m으로 균일 양자화하는 것과 동일하다. m개의 비트플레인을 버리면, (n+1-m)개의 상위(MSB) 비트플레인이 남게 되며, 남아 있는 상위 MSB 비트플레인에 대해 그레이부호기는 그레이코드로 변환하게 된다. 이때, 보조정보와의 차이를 통해 얻어지므로 LDPCA 부호화기는 각 비트플레인에 대해 각 LDPCA 프레임에 대해 비트 에러율(BER)의 정보를 구할 수 있으며, 이 정보는 PDWZ 복호화기의 LDPCA 복호화기로 전송한다. 비트 에러율의 정보는 비트 에러율의 크기정보를 포함한다. 여기서, 비트 에러율(BER)의 정보 전송은 Exp-Golomb 코드 또는 다른 허프만 부호화에 의한 가변 길이 부호화 방식을 사용할 수 있다. 또한, LDPCA 부호화기는 변환된 그레이코드의 비트플레인을 MSB 비트플레인으로부터 순차적으로 읽어서 채널 코딩을 수행하고, 채널코딩되어 발생되는 패리티비트들 버퍼에 저장한다. 버퍼에 저장된 패리티비트는 PDWZ 복호화기의 요구에 따라 점진적으로 전송을 수행하게 된다.

PDWZ 복호화기에서는 보조정보생성부에 의해 생성된 보조정보에 대해 PDWZ 부호화기에서 수행한 방법과 동일한 방법을 이용하여 복호화하게 된다. 먼저, 생성된 보조정보를 통하여, 프레임 메모리에 저장된 바로 직전의 키 프레임의 복원된 영상에 대해 프레임 간 차이신호를 구한다. 화면 간 차이 신호에 대해 비트연산부는 식(5)에서 수행한 비트연산부와 동일한 비트연산을 수행한다. 즉, 차이 신호에 대해 2n-1만큼 더하여 모든 수를 양수화하고, 다시, 파라미터값(T)만큼을 가산한다. 이렇게 얻어진 신호에 대해 양자화부로 PDWZ 부호화기와 동일하게 m개의 하위 LSB 비트플레인을 버림을 수행하여 양자화를 수행한다. 양자화되고 남은 (n+1-m)개의 상위(MSB) 비트플레인의 데이터에 대해 PDWZ 복호화기의 그레이부호기를 통해 그레이코드로 변환한다. 변환된 그레이코드들에 대해 LDPCA 복호화기는 최상위

MSB 비트플레인을 읽어서 수신되는 패리티비트에 대해 유효부하에 위치시켜서 가상채널잡음에 의한 비트 에러를 보정하게 된다. 이때, LDPCA 복호화기는 수신 받은 패리티비트에 의해 비트 에러가 정정되지 않을 경우에는 PDWZ 부호화기의 버퍼에 요구하여 패리티비트를 추가적인 전송을 요구하게 된다(Request bits). 종래에는 LDPCA 프레임 복호화를 위해 매우 많은 연산을 도입하여 가장 최적인 율-외곽 특성을 얻어야 해서, 시간이 지연되고 복잡했다는 단점이 있었다. 본 논문에서는 PDWZ 부호화기에서 전송되어 오는 비트 에러율 정보를 이용하여 PDWZ 복호화기는 PDWZ 부호화기에 필요한 패리티 비트 요구량을 구하여, 패리티 비트를 요구한다. 비트 에러율에 따른 패리티 비트 요구량을 구하는 식은 다음과 같다.

$$R_t^{l,k} = N * 2.76 * BER_t^{l,k}, 0.063 > BER_t^{l,k}$$

$$R_t^{l,k} = N * 88.74 * \sqrt{BER_t^{l,k}}, 0.063 \leq BER_t^{l,k} \quad (6)$$

여기서, $R_t^{l,k}$ 는 t번째 프레임의 k번째 비트플레인의 1번째 LDPCA 프레임에 대한 패리티 비트요구량에 대한 예측치이고, $BER_t^{l,k}$ 는 부호화기측에서 전송해온 t번째 프레임의 k번째 비트플레인의 1번째 LDPCA 프레임에 대한 비트-에러율의 크기를 나타내고, N의 크기는 LDPCA 프레임의 비트 수 또는 유효부하 영역의 크기에 해당되는 비트 수이다.

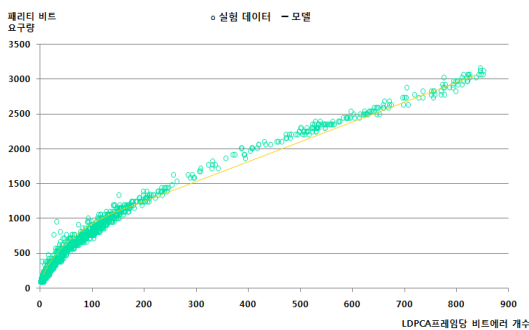


그림 5. LDPCA 프레임당 비트에러 개수에 대한 패리티 비트 요구량에 대한 실험결과와 모델링
Fig. 5. Number of Bit Error per LDPCA frame and Experimental Result and Modeling for Parity Bit Request

그림 5는 LDPCA 프레임당 비트 에러 개수에 따른 패리티 비트 요구량의 실험결과와 모델링 결과를 나타낸다. 이 모델링 결과를 통하여 부호화기측에서 전송되는 패리티 비트 요구량을 얻게 된다. 종래의 방식들이 무한정 반복적으로 패리티 비트를 요구하여 복호화 지연을 초래하였는데 반하여 본 논문에서는 모델링 식(6)을 이용하여 복호화 지연을 단축하게 하는 효과가 있다. 패리티 비트 예측부가 예측한 패리티 비트량은 LDPCA 부호화에 요구하기 위해 패리티 비트요구버퍼에 저장한다. 즉, LDPCA 복호화는 결정된 패리티 비트 요구량을 비트 요구 버퍼에 저장하고, 반복적으로 패리티 비트 요구를 요청한다. 패리티 비트 요구 및 비트 에러 정정과정을 통하여 제대로 보정된 복원 비트 플레인을 완료하게 되면, 복원된 비트 플레인들을 모으면 그 비트플레인들은 (n+1-m)개의 비트 플레인으로 이루어진 그레이코드로 복원되는 것이다. 이렇게 복원된 그레이코드는 그레이 복호기를 통해 이진코드로 다시 역변환된다. 여기서, 역변환된 이진코드는 (n+1-m)개의 비트플레인으로 이루어져 있으므로, 나머지 m개의 하위 비트플레인에 대해서는 역양자화부가 보조정보와의 상관성을 이용하여 복원한다. 복원된 (n+1-m)개의 비트가 보조정보의 (n+1-m)개의 상위 비트와 동일하면, 보조정보의 m개 하위(LSB) 비트플레인들을 그대로 보조정보 하위(LSB) 비트플레인으로 위치시킨다. 만일, 같지 않은 경우에는 (n+1-m)개의 상위(MSB) 비트플레인들이 복원된 보조정보의 값에 가장 가까운 경계치에 위치하도록 값을 결정한다. 이상의 과정을 통하여 (n+1)개의 비트플레인 단위로 복원이 완료된 경우이며, 다음과 같은 과정을 통해 식 (5)와 역 과정을 수행한다.

$$\hat{r} \leftarrow (\hat{P} - T + 2^{n+1}) \% 2^{n+1} - 2^n + 1 \quad (7)$$

여기서, \hat{P} 는 부호화된 전체 비트수, T는 전송 비트플레인에 따른 파라미터 값, n은 비트수, 및 \hat{r} 은 복원영상에 따른 차이신호를 나타낸다. 또한, \hat{P} 는 역비트연산부에 의해 생성된 값이며, 여전히 화면 간 차이 신호이므로, 제3차 신호 생성기로 프레임 메모리에 저장된 바로 직전의 복원된 키 프레임의 정보를 더하여 워너-지브 프레임에 대해 복원된 영상을 얻는다. 따라서, 본 논문의 복호화기 측에서는 비트 에러율과 패리티 비트 요구량

에 대한 관계식을 이용하여 LDPCA 복호화에 소요되는 지연 시간을 줄일 수 있는 효과가 있다.

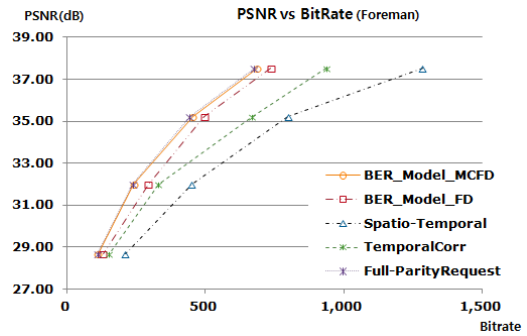
IV. 모의실험 결과

모의실험을 위해 공간해상도는 QCIF, 30Hz로 구성된 Foreman, Salesman를 사용하였다. 실험에는 한 개의 비트 플레인을 8개의 LDPCA 프레임으로 나누었으며 120 프레임에 대해 부호화 하였다. 먼저, 홀수 프레임에 대응되는 키 프레임에 대한 부호화는 표준안 H.264의 화면 내 부호화 방법을 이용하였다. 양자화 파라미터 값은 30, 36, 42로 설정하였다. 고속화 측정을 위한 실험에 사용된 PC는 Dell사의 Inspiron 580(2.80GHz i5 CPU, 4GB RAM, Window 7)모델을 사용하였다.

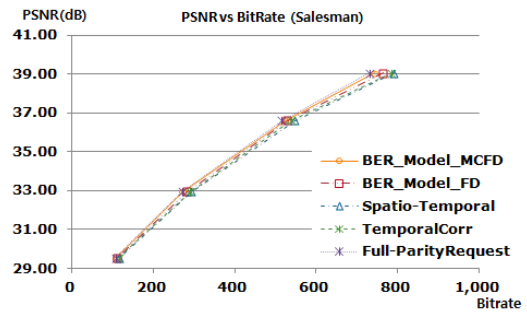
그림 6은 모의실험을 통한 제안 방식과 기존 방식의 성능 비교를 나타내고 있다. 여기서, 'Full-Parity Request'는 패리티 비트 요구를 함에 있어 어떠한 예측 방식을 사용하지 않는 방식으로서 성능으로 최적인 결과를 얻는 방식임을 나타낸다. 그리고, 'TemporalCorr'이라고 나타낸 방식은 시간적 상관성을 이용한 패리티 비트 요구량을 예측한 방식을 나타내며, 식(3)에 의한 예측 방식 결과이다[6]. 'Spatio-Temporal' 방식은 시공간 상관성을 이용한 방식으로서 시간적인 상관성과 공간적인 상관성을 동시에 고려한 방식으로서 식(4)에 의한 결과를 나타낸다[6]. 'BER_Model_FD'는 움직임 벡터를 사용하지 않은 방식으로서 단순히 프레임 차 신호를 이용하고, BER 모델은 사용한 방식이다. 이 방식은 프레임 차 신호에 대해서 BER결과를 통보하고 그 결과를 고려한 방식이다. 'BER_Model_MCFD'는 움직임 벡터를 이용하여 송신측에서 움직임 보상 보간을 이용하여 그 차이에 의한 BER 정보를 전송하는 방식을 나타내는 것으로서 본 논문에서 제안한 방식이다.

이상의 모의 실험 결과를 통하여 제안된 방식은 Foreman과 같이 동적으로 활발히 움직이는 시퀀스에 더욱 효과적임을 알 수 있다. 즉, 동적으로 활발히 움직임이 있는 영상 시퀀스의 경우에 보조정보로 생성되는 정보는 워너-지브 프레임과 오차를 많이 포함하게 되고, 이로 인해 BER 정보를 전송함으로써 부호화 효율을 더욱 개선시킬 수 있음을 의미한다. 반대로 Salesman시퀀스와 같이 움직임이 작은 시퀀스의 경우에는 보조정보의 우수

성이 뛰어나고 이로 인해 보조정보에 포함된 가상채널 잡음의 크기가 작고 이로 인해 BER정보의 활용도가 떨어짐을 알 수 있다.



(a)



(b)

그림 6. 제안방식과 기존방식의 성능 비교
(a) Foreman시퀀스, (b) Salesman시퀀스
Fig. 6 Performance Comparison between Proposed Method and Conventional Methods
(a) Foreman, (b) Salesman

표 1에는 사용된 각 시퀀스 별로 복호화 시간 특성을 얻기 위해, 각 시퀀스에 대해 키 프레임을 QP=30에 대해 균일 양자화 및 부호화한 경우에 대해 패리티 비트 요구량 예측 방식의 복호화 시간을 프레임별로 나타내었다. 여기서 확인할 수 있듯이, 움직임이 작고 카메라가 고정된 Salesman, Hallmonitor, 그리고 선형적인 움직임이 있는 Coastguard 시퀀스에서는 기존의 방식보다 제안된 방식의 비트 발생량이 5~10% 감소하는 것을 알 수 있다. 이와 같은 결과를 얻게 된 것은 단순한 움직임이나 선형적인 움직임으로 나타나는 영상은 이미 보조정보 생성

표 1. 시퀀스 별 평균 복호 시간(단위: msec)
Table. 1 Average Decoding Time Per Video Sequences

Full-ParityRequest	TemporalCorr	Spatio-Temporal	BER_Model_FD	BER_Model_MCFD
Foreman 시퀀스				
26,212.4	13,776.2	9,801.29	3,124.1	2,553.1
Salesman 시퀀스				
23,146.5	8,527.3	8,029.1	2,619.2	1,982.7
Coastguard 시퀀스				
22,682.1	11,561.9	12,762.2	3,948.11	2,002.1
Hallmonitor 시퀀스				
12,524.9	5,971.7	5,132.3	2,010.12	1,845.9

으로 충분히 워너-지브 프레임은 우수한 화질로 복원하는 것이 가능하고, 따라서, 각 비트 플레인에 나타나는 BER이 매우 낮게 나타남으로 인해 움직임 피드백에 의한 효과가 낮게 나타나는 것으로 판단된다. 그렇지만, 예측하지 않은 방식과 제안된 방식을 비교했을 때, 비트 발생량이 약 2% 차이 이하로 제안된 방식이 패리티 비트 요구량을 매우 정확하게 예측함을 알 수 있다. 또한 동일 비트율에서 최소 0.3dB에서 최대 1.2dB 이상의 화질 개선을 달성할 수 있음을 알 수 있다. 이상의 결과를 통해 움직임 정보를 피드백하는 환경은 위내시경 촬영과 같이 카메라의 움직임이 매우 크게 나타나는 경우에 효과적일 수 있음을 알 수 있다.

본 논문에서 사용한 모의실험에 사용된 워너-지브 비디오 부호화기는 움직임 정보 피드백에 대한 부분이 있기 때문에 기존 방식보다 실제로 발생한 LDPCA 프레임 당 약 4kbit의 추가 비트 발생이 있다고 고려하더라도 제안된 방식이 더 기존의 방식보다 훨씬 뛰어난 성능을 가지고 있음을 알 수 있다.

이상의 실험 결과에서도 알 수 있듯이, 제안된 방식은 평균 부호화 시간 측면에 있어 기존의 방식보다 약 75% 정도의 부호 시간 단축 효과가 있었고 비트율-화질측면에서 최고의 성능을 나타내는 패리티 비트 요구량을 예측하지 않은 방식에 비해 약 90% 이상의 시간 단축 효과가 있음을 알 수 있다.

V. 결론

분산 비디오 코덱의 구현과 상용화를 위해서는 부호화 효율을 개선시켜야 할 뿐 만아니라, 고속 부호화를 해결해야 한다. 이를 위해 본 논문에서는 움직임 벡터를 부호화기에서 부호화기로 피드백이 가능한 환경을 위한 환경을 위한 고속 분산 비디오 부호화기법을 연구하였다. 본 논문에서는 부호화기에서 보조정보를 생성하는 과정에서 얻어지는 움직임 벡터를 부호화기측으로 전송함으로써 부호화기에서는 움직임 보상 프레임 차 신호를 만들고, 이 정보를 이용하여 프레임 간 차이신호에 의해 가상 채널 잡음의 양을 얻을 수 있다. 얻어진 각 LDPCA 프레임별 BER정보를 이용하여 부호화기측으로 하여금 고속의 부호화가 가능한 알고리즘을 설계하였다. 설계된 알고리즘은 비트-에러율과 패리티 비트 요구량과의 상관 관계 모델링을 바탕으로 예측이 되며, 이 기법은 기존의 모든 다른 기법보다 우수한 성능을 보임을 실험으로 검증하였다. 또한, 비트율 대비 화질 측면에서도 모든 연산을 수행하는 기존의 방식과 매우 유사한 성능을 보임을 확인할 수 있었다.

본 논문에서 제안한 방식은 움직임 정보를 피드백하는 분산 비디오 코덱을 위한 응용 환경이 제한 될 수 있다. 또한 움직임 벡터의 효율적인 부호화 방법에 대해 추가적인 연구를 수행할 필요가 있다.

참고문헌

- [1] 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, pp.1-10, Allerton, USA, October 2002.
- [2] http://www.discoverdvc.org/cont_Codec.html
- [3] A. Aaron, R. Zhang, and B. Girod, "Wyner-Ziv Coding of Motion Video," Asilomar Conference on Signals, Systems and Computers, pp.240-244, Pacific Grove, CA, USA, November 2002.
- [4] F. Pereira, C. Brites, J. Ascenso, and M. Tagliasacchi, "Wyner-Ziv video coding: A review of the early architectures and further developments," IEEE Intl. Conf. on Multimedia and Expo, pp.625-628, Hannover, Germany, June 2008.
- [5] R. Y. Shao, S. Lin and M. P. C. Fossorier, "Two simple stopping criteria for turbo decoding," IEEE Trans. Comm, Vol. 47, pp.1117-1120, Aug 1999.
- [6] Man-jae Kim and Jin-soo Kim, "Effects of LDPCA Frame Size for Parity Bit Estimation Methods in Fast Distributed Video Decoding Scheme," Journal of KIICE, Vol. 16, No. 8, Aug., pp. 1675 - 1685.
- [7] Jin-soo Kim, Jae-Gon Kim and Kwang-deok 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, March 2011.
- [8] Man-jae Kim and Jin-soo Kim, "Fast Distributed Video Decoding Using BER Model for Applications with Motion Information Feedback," to be published at Journal of KCA, Nov. 2012

저자소개



김만재 (Man-jae Kim)

2011년 3월 : 한밭대학교 멀티미디어 공학과 공학사
 2011년 현재 : 한밭대학교 멀티미디어공학과 석사과정

※ 관심분야 : Distributed Video Coding, 영상부호화, 영상통신



김진수 (Jin-soo Kim)

1991년 : 경북대학교 전자공학과 공학사
 1993년 : KAIST 전기 및 전자공학과 공학석사

1998년 : KAIST 전기 및 전자공학과 공학박사
 1995년 ~ 2000년 : 삼성전자 선임연구원
 2000년 ~ 현재 : 한밭대학교 정보통신과 교수
 2003년 ~ 2006년 : 한국전자통신연구원 초빙연구원
 2008년 ~ 2009년 : 텍사스 주립대학교(UTA) 교환교수
 ※ 관심분야 : Distributed Video Coding, SVC, 디지털방송, 영상부호화, 영상통신