

# LDPCA 프레임간 상관성을 이용한 고속 분산 비디오 복호화 기법의 성능 비교

## Performance Comparison of Fast Distributed Video Decoding Methods Using Correlation between LDPCA Frames

김만재, 김진수

한밭대학교 정보통신전문대학원 멀티미디어공학과

Man-Jae Kim(iamclout@gmail.com), Jin-soo Kim(jskim67@hanbat.ac.kr)

### 요약

분산 비디오 압축 기술은 초경량 비디오 압축 기술로써 많은 주목을 받고 있으며, 대표적인 기법은 피드백 채널을 이용하여 우수한 부호화 성능을 유지한다. 그러나 이로 인해 복호화기의 복잡도를 증대시키고 매우 많은 반복적인 연산에 의한 큰 복호화 지연을 요구하기 때문에 실시간 구현에 제한이 되고 있으며, 이를 개선하기 위한 연구가 필요하다. 이를 위해, 본 논문에서는 화소 영역 위너-지브 비디오 복호화 기법에서 각 비트 플레인 내에 위치한 LDPCA 프레임간의 시간적 상관성, 공간적 상관성 그리고 시공간적 상관성 등을 고려한 패리티 비트 요구량에 대한 예측 방법을 제시하고 고속 분산 비디오 복호화기법에 적용하여 성능을 비교한다. 모의실험을 통해, 움직임이 큰 영상과 움직임이 적은 영상에 대해 각각 시공간적 상관성과 시간적 상관성을 이용한 방식이 우수한 특성을 보이며, 이는 분산 비디오 복호화 기법의 다양한 응용 환경에 따른 효과적인 패리티 요구량 예측기법을 찾는 데 효과적으로 사용될 수 있을 것이다.

■ 중심어 : | 고속 분산 비디오 복호화 | 패리티 요구량 예측 | LDPCA |

### Abstract

DVC(Distributed Video Coding) techniques have been attracting a lot of research works since these enable us to implement the light-weight video encoder and to provide good coding efficiency by introducing the feedback channel. However, the feedback channel causes the decoder to increase the decoding complexity and requires very high decoding latency because of numerous iterative decoding processes. So, in order to reduce the decoding delay and then to implement in a real-time environment, this paper proposes several parity bit estimation methods which are based on the temporal correlation, spatial correlation and spatio-temporal correlations between LDPCA frames on each bit plane in the consecutive video frames in pixel-domain Wyner-Ziv video coding scheme and then the performances of these methods are compared in fast DVC scheme. Through computer simulations, it is shown that the adaptive spatio-temporal correlation-based estimation method and the temporal correlation-based estimation method outperform others for the video frames with the highly active contents and the low active contents, respectively. By using these results, the proposed estimation schemes will be able to be effectively used in a variety of different applications.

■ keyword : | Fast DVC | Parity Bit Estimation | LDPCA |

\* 본 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임.(No.2011-0026730)

접수번호 : #120222-002

심사완료일 : 2012년 03월 13일

접수일자 : 2012년 02월 22일

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

I. 서론

ISO/IEC MPEG과 ITU-T H.26x와 같은 국제 동영상 압축 부호화 기법은 주로 방송 통신 시스템 등의 하향링크 용도로 설계되었기 때문에 간단한 복호화기를 허용하는 대신에 매우 높은 복잡도와 고비용의 부호화기를 요구한다. 하지만 최근에 사용자 중심의 콘텐츠 확산 및 상향링크에 대한 콘텐츠 수요가 증대 되고 있기 때문에 저비용, 무선, 센서 네트워크, 저전력 등의 다양한 응용 환경에서 안정적으로 작동하는 낮은 복잡도의 분산 비디오 압축 (DVC: Distributed Video Coding) 기법이 크게 주목 받고 있다. 최근까지 연구된 DVC 기법으로는 U.C. Berkeley 모델[1]과 Stanford 대학[2] 모델에서 제안된 기본 구조를 토대로 연구가 진행되고 있으며, 최근에는 위너-지브(Wyner-Ziv) 비디오 부호화 방법을 이용한 유럽(EU)의 DISCOVER[3] 프로젝트가 진행되었다. Berkeley 대학 모델은 별칭으로 PRISM으로 알려져 있으며, 부호화기에서 부호화를 위한 모드를 결정하기 때문에 복잡도가 높으면서 부호화 효율은 크게 개선되지 않는 문제점이 있다. 반면에, Stanford 대학 모델과 DISCOVER 모델은 복호화기측에서 부호화 기측으로 피드백 채널을 이용하여 부호화 비트율을 정밀하게 제어하는 방식을 도입함으로써 부호화 효율을 개선시키고, 또한 부호화기의 복잡도를 크게 낮출 수 있는 장점이 있다.

그런데, 피드백 채널을 이용한 비트율 제어 기법은 세밀하게 비트율을 제어할 수 있는 장점이 있지만, 복호화기의 복호화 지연을 초래하고 또한 복호화기의 복잡도를 증가시키는 주된 원인이 된다. [그림 1]은 피드백 채널을 갖는 화소 영역 위너-지브 코덱 (PDWZ: Pixel

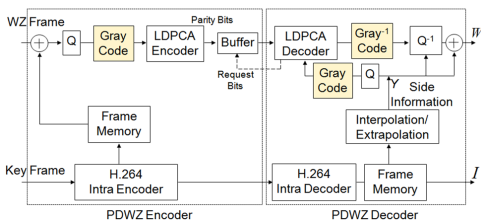


그림 1. 분산 비디오 부호화기의 구조[4]

Domain Wyner-Ziv)[4] 코덱 구조의 한 가지 예를 나타내고 있다. 이 그림의 부호화기에서는 입력 영상을 키(Key) 프레임과 위너-지브(Wyner-Ziv) 프레임으로 분리하여 부호화한다. 키 프레임은 주로 복잡도가 낮은 H.26x등의 화면 내 부호화 기법을 이용하여 부호화 한 후 채널을 통해 전송하고, 위너-지브 프레임은 그레이 코드 부호(Gray Code)화한 다음 Slepian-Wolf 방법으로 채널 부호화하여 패리티 비트만을 전송한다. 패리티 비트에 대한 채널 부호화 방법인 Slepian-Wolf 방법은 입력영상을 LDPC(Low Density Parity Check)코드 혹은 Turbo코드 등을 이용하여 채널 부호화하며, 최근에는 LDPC코드 비트를 누적시킨 LDPCA (LDPC Accumulated)코드를 이용한다. 부호화기에서는 전송 받은 두 장의 키 프레임을 이용한 움직임 보상 프레임 보간 (MCFI: Motion Compensated Frame Interpolation) 기법을 이용하여 보조정보 (Side Information)를 생성하게 된다. 이때, 생성된 보조정보는 부호화기에서 채널을 통해 전송된 패리티 비트를 이용하여 가상채널잡음을 정정하게 된다. 복호화기에서는 보조정보가 가지는 에러의 정도를 알지 못하기 때문에 에러 정정이 잘못 되었거나 패리티 비트의 에러를 정정하기에 부족할 때는 피드백(feedback)채널을 이용하여 점진적인 방식으로 추가적인 패리티 비트를 전송 요구한다. 보조정보의 성능이 나쁠수록 또는 패리티 비트의 양이 부족할수록 패리티 비트의 추가 전송이 필요하기 때문에 피드백 채널을 통한 패리티 비트의 요구 및 반복적인 연산은 분산 비디오 복호화 전체 복잡도 중 절반 이상을 차지한다. 따라서 적절한 패리티 비트 요구량을 예측하여 분산 비디오 복호화를 고속화 시키는 연구는 실시간 구현을 위해서 반드시 필요하다.

기존에 분산 비디오 복호화를 고속화하기 위해 몇 가지 방법이 제안되었다. 경관정 출력(HDA: Hard Decision Aided)[5] 방법은 피드백 채널을 이용하는 분산 비디오 복호화 방법에 간단히 적용할 수 있다. 하지만 경관정 출력 방법은 영상의 특징에 따라 다르게 적용해야 하기 때문에 문제점을 가지고 있다. 따라서 HDA 방법을 적용적으로 활용하는 방법[6] 및 DCT 영역에서 시간적인 상관성과 비트 플레인 간에 존재하는

상관성에 기반, 패리티 비트 요구량을 예측하여 고속화 [7]하는 방법이 제안되었고 최근에는 LDPCA 프레임간 적응적 연산을 이용하여 고속화[8]하는 방법 등이 제안되었다. 그러나 이러한 기법들은 모두 이전의 LDPCA 프레임 사이에서 발생된 패리티 비트간의 상관관계에 대해 최적화된 방법을 사용하지 않고 있다. 본 논문에서는 기존에 사용된 고속화 방법을 LDPCA 프레임 간에 시간적 상관성, 공간적 상관성 그리고 시공간적 상관성 특성을 이용하여 각각 패리티 비트 요구량 예측 방식으로 확장하고, 모의실험을 통하여 성능을 분석한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 채널 복호 과정과 패리티 요구량 예측을 이용한 기존의 경관정 적응적 고속화 방법 그리고 프레임 간 적응적 연산을 이용한 고속화 방법 대해 설명하고, 3장에서는 LDPCA 프레임간의 시간적 상관성, 공간적 상관성 그리고 시공간적 상관성을 이용할 수 있는 다양한 패리티 비트 요구량 예측 방법을 제시한다. 4장에서는 실험을 통해 패리티 비트 요구량 예측기법들의 성능을 비교 분석하고, 5장에서 결론을 맺는다.

## II. LDPCA 채널복호 및 패리티 비트 요구량에 대한 기존의 고속화 방법

### 1. LDPCA 코드의 채널 복호 방법

LDPCA 코드의 채널 복호화는 가상채널에 대한 LLR(Log Likelihood Ratio)값을 계산하여 그 결과를 복호기에 연관정 입력(SDI: Soft Decision Input)하여 처리한다.

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

연관정 입력을 위한 채널의 LLR값 연산을 설명하면 다음과 같이 요약된다.  $p(x=0|Y)$ 는 보조정보 Y가 생성되었을 경우 채널 복호화된 x가 0일 확률이고,  $p(x=1|Y)$ 는 보조정보 Y가 생성되었을 경우 채널 복호화된 x가 1일 확률이다. 이 확률 값에 기초하여 최초로 입력한 LLR값을 기초하여 LDPCA 복호화기가 에러 정

정을 수행하기 때문에 정확한 LLR 값 계산은 복호화 과정에서 상당히 중요하다. LLR을 통해 입력된 값은 복호화기를 통해 Belief Propagation의 과정으로 연속적인 계산을 하게 된다. 그리고 연산의 결과를 연관정 출력(Soft Decision Output) 처리한다. 출력된 값을 통해 채널의 비트 에러율(BER: Bit Error Rate)을 결정하고 BER이 충분히 낮은 값이 되면 부호화기에서 추가로 전송된 CRC (Cyclic Redundancy Code) 값과 비교하게 된다. BER값이 만족스러운 정도의 낮은 값이 되지 않거나 CRC 값과 비교하여 일치하지 않을 때에는 피드백 채널을 이용하여 추가적인 패리티 비트를 요청하게 되며, 위의 방법을 반복적으로 수행하면서 BER과 CRC를 통해 복호화의 종료 여부를 결정하게 된다. 이와 같은 반복적인 복호화 과정은 매우 높은 복호화 지연을 초래하므로, 분산 비디오 부호화의 실용화를 위해 반드시 해결해야 할 문제이다.

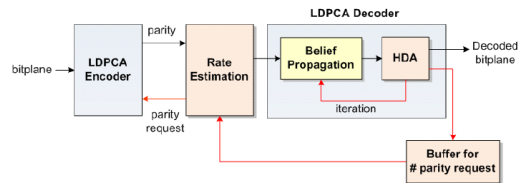


그림 2. 경관정 적응적 방법의 구조[7]

### 2. 기존의 고속화 방법

피드백 채널을 통하여 반복적인 연산을 수행하는 분산 비디오 복호화기를 고속화하기 위해 기존에 몇 가지 방법들이 제안되었다. [그림 2]는 경관정 적응적 방법에 대한 제어구조도를 나타내고 있다. 이 방법에서는 변환 영역 위너-지브(TDWZ: Transform Domain Wyner-Ziv) 복호화에서 제안된 패리티 요구량 예측을 이용한 적응적 경관정 방법이다[7]. 이 방법은 하위 비트 플레인으로 갈수록 잡음이 증가하며 잡음이 증가하는 만큼 많은 패리티 비트를 필요로 한다. 그리고 변환 영역에서 데이터의 집중을 이룰 수 있으나, 비상관화에 의해 동일한 주파수 대역에 대해 다른 비트 플레인간에는 상관성이 없어지는 단점을 갖게 된다. [7]에서 적용한 경관정 적응적 방법은 이전 프레임 및 상위 비트 플레인의 패

리터 비트 요구량을 이용하여 다음과 같이 패리티 비트 요구량을 예측한다.

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

식 (2)에서 t, b, k는 각각 프레임, 주파수 대역, 비트 플레인을 나타내고,  $\gg$  는 오른쪽 시프트(right shift)연산을 나타낸다. 즉, 현재 프레임의 초기 패리티 비트 요구량은 이전 프레임의 동일 위치 비트 플레인의 동일 주파수 대역의 패리티 비트 요구량과 현재 동일 주파수 대역의 상위 비트 플레인의 패리티 비트 요구량의 평균값으로 예측하는 것이다. 이를 통해 변환 영역에서 적용된 적응적 경관정 방법을 사용한 경우에는 이 방법을 사용하지 않은 방법 대비 50%이상의 시간 절감률을 보였다[7]. 그러나 이 방법은 현재 동일 주파수 대역의 상위 비트 플레인의 패리티 비트 요구량의 값을 예측값으로 사용하고 있는데 실제 변환 영역에서의 이전 비트 플레인 정보는 상관성이 없다는데 문제점이 있다. 또한, 적응적 경관정 방법에서 제안된 기법은 특정 대역 한개의 비트 플레인 전체를 LDPCA 채널 부호화에 위치시키는 방식을 사용하여 같은 프레임 내의 공간적 특성을 이용할 수 없는 특징이 있다. 이와 같은 특성은 시간적인 특성만 고려될 뿐 실제 공간적인 상관성을 고려하지 않는 특징이 있다. 이를 극복하기 위해 비디오 프레임내에 존재하는 공간적인 상관성을 이용하기 위해 단일 비디오 프레임을 구성하는 단일 비트 플레인을 몇 개의 LDPCA 프레임으로 나누어 전송하는 방법을 사용하는 방법이 고안되었다[8].

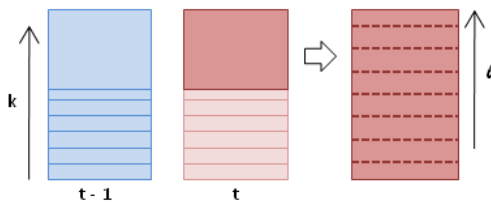


그림 3. PDWZ의 프레임(t), 비트 플레인(k), LDPCA프레임(l)의 계층적 구조도

본 논문에서의 접근 방법은 [그림 3]에 나타낸 것과

같이 t시점의 주어진 워너-지브 프레임에 대해 k번째 비트플레인, l번째 LDPCA 프레임의 각 계층으로 나누어 처리한다. 이 방법은 동일한 비트 플레인 안에서 각 LDPCA프레임의 패리티 비트 요구량은 서로 상관성이 높으며, 각 LDPCA프레임의 패리티 비트 요구량은 비트 플레인 별 상관성 보다 영상 프레임 별 상관성이 높다는 영상의 특징을 이용하여 고안된 것으로서, 연산 방법은 다음과 같다.

$$E_t^{b,k} = [(0.25 \times R_{t-1}^{\ell+1,k}) + (0.5 \times R_{t-1}^{\ell,k}) + (0.25 \times R_{t-1}^{\ell-1,k})] - a \quad (3)$$

식(3)에서 t는 프레임, l은 LDPCA프레임, k는 비트 플레인을 나타내고 R은 t, l, k 위치에서의 패리티 비트 요구량이다. a는 과대평가를 줄이기 위해 실험 결과를 통해 적응적으로 적용한 변수이다. 따라서 현재 LDPCA프레임의 패리티 비트 요구량은 이전 비디오 프레임(t-1)의 동일 위치 비트 플레인(k)의 동일 위치 LDPCA프레임과 앞 뒤 LDPCA프레임의 패리티 비트 요구량을 이용하여 예측된다.

이상에서 살펴 본 기존의 방법들은 각각 비디오 프레임이 갖는 상관성을 이용하여 예측하는 방법을 사용하고 있으나 각각의 상관성에 따른 성능 비교가 되어 있지 않다[5-8].

### III. 상관관계를 이용한 예측 방식

#### 1. LDPCA 프레임간의 상관 관계

적응적 경관정 방법[7]과 패리티 비트 요구량에 대한 LDPCA 프레임을 분할해서 예측하는 방법[8]은 화소 영역에서 제안된 다른 방법에 비해 좋은 성능을 보여주지만 고정된 계수를 이용하여 예측을 하기 때문에 실험 대상에 따라 그 결과의 정도가 상이 할 수 있다. 그림 4는 Foreman시퀀스에 대해 LDPCA프레임 별 실제 패리티 비트 요구량에 대해 처음 워너-지브 프레임의 첫 6개 프레임에 대하여, 4번째 비트 플레인에 대해 각 LDPCA 프레임별로 필요한 패리티 비트 요구량을 도시한 것으로서 x축은 비트 플레인 번호를 나타내고 y

축은 비디오 프레임 번호를 나타내며 z축은 실제 관찰된 패리티 비트 요구량을 나타낸다. 이 그림에서 알 수 있듯이 동일한 비트 플레인에서의 패리티 비트 요구량은 공간적인 상관성과 시간적인 상관성을 동시에 갖고 있을 수 있다. 따라서 기존의 방법에 고려되지 않은 영상의 공간적인 상관성, 시간적인 상관성 그리고 두 가지 상관성을 동시에 고려하는 시공간적인 상관성에 기초한 예측방법을 제안하고 성능을 비교한다.

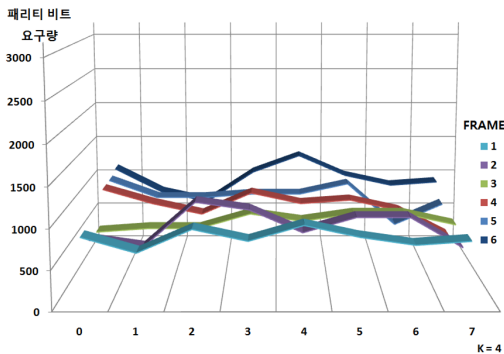


그림 4. 비디오 프레임, 비트 플레인 및 LDFCA프레임 패리티 비트 요구량에 대한 모의실험 결과

2. 공간적인 상관성을 이용한 예측방식

영상에서 인접한 화소 사이에는 높은 상관성을 갖는다. 그리고 분산 비디오 복호화 과정에서 나뉘지는 LDFCA프레임 간의 상관성 역시 동일한 비트 플레인 안에서 매우 높다. 따라서 위와 같은 특징을 이용하여 동일한 비트 플레인에서 LDFCA프레임 간의 공간적 상관성을 이용한 패리티 비트 요구량 예측 방법은 다음과 같다.

$$E_t^{\ell,k} = \rho_H * R_t^{\ell-1,k} \tag{4}$$

여기서 상관계수는 t번째 비디오 프레임 내의 동일한 비트 플레인 안에서의 LDFCA프레임들 간의 공간적 상관계수이며  $R_t^{\ell-1,k}$ 는 동일 위치 비트플레인 안에 바로 직전 LDFCA프레임의 패리티 비트 요구량이다. 이 상관계수는 동일한 비트 플레인에 속하는 LDFCA 프레임들의 공간적 상관성을 나타내는 적응적 파라미

터로서 측정된다.

3. 시간적인 상관성을 이용한 예측방식

화면 간 움직임이 거의 없는 영상에서는 프레임 간 시간적 상관성이 매우 높다. 공간적인 상관성을 이용한 예측 방법과 마찬가지로 LDFCA 프레임 간 시간적 상관성을 이용한 패리티 비트 요구량 예측방법은 다음과 같다.

$$E_t^{\ell,k} = \rho_V * R_{t-1}^{\ell,k} \tag{5}$$

여기서 상관계수는 이전 프레임의 동일한 위치 비트 플레인 안의 동일 위치 LDFCA프레임과의 상관계수이며  $R_{t-1}^{\ell,k}$ 는 바로 직전 프레임의 동일 위치 비트플레인 안에 동일 위치 LDFCA프레임의 패리티 비트 요구량이다.

4. 시공간적인 상관성을 이용한 예측방식

[그림 4]의 모의실험결과에서 알 수 있듯이, 동영상은 시간적인 상관성과 공간적인 상관성을 동시에 갖기 때문에 두 가지 상관성을 동시에 고려하여 패리티 비트 요구량을 예측하면 영상의 특징을 전반적으로 반영 할 수 있다. 따라서 위와 같은 특징을 이용하여 LDFCA프레임 간의 공간적 상관성과 시간적 상관성을 이용한 패리티 비트 요구량 예측 방법은 다음과 같다.

$$E_t^{\ell,k} = \rho_h * R_t^{\ell-1,k} + \rho_v * R_{t-1}^{\ell,k} \tag{6}$$

식(6)에서  $\rho_h$ 는 공간적인 상관성을 나타내는 상관계수이며  $\rho_v$ 는 시간적인 상관성을 나타내는 상관계수이다. 이 상관계수들은 현재 비디오 프레임의 동일 비트 플레인의 바로 직전 LDFCA 프레임의 패리티 요구량과 이전 비디오 프레임의 동일 비트 플레인의 동일 LDFCA 프레임의 비트 요구량들을 이용해 구해진다.

5. 시공간적인 상관성의 적응적 파라미터에 의한 예측방식

패리티 비트 요구량을 적응적으로 예측하는 방법[8]

은 공간적인 상관성을 고정 계수를 이용하여 예측한 방법으로써 상관계수를 이용하여 계수를 적응적으로 적용할 수 있으며 방법은 다음과 같다.

$$E_t^{\ell,k} = \rho_a * R_{t-1}^{\ell-1,k} + \rho_b * R_{t-1}^{\ell,k} + \rho_c * R_{t-1}^{\ell+1,k} \quad (7)$$

여기서 상관계수는 각 이전 비디오 프레임의 동일 비트 플레인의 각 LDPCA프레임의 위치 별 상관성을 나타내는 상관계수이다. 이 식에서 세 개의 파라미터는 이전 프레임과의 시간적 상관성과 이전 프레임 내의 공간적 상관성을 이용하여 구하는 방식이다. 이때 각 파라미터는 적응적으로 결정하도록 한다.

### VI. 모의실험 결과 및 검토

모의실험을 위해 공간해상도QCIF(176x144), 30Hz 구성된 Foreman시퀀스(121프레임)과 Salesman 시퀀스(121프레임)를 사용하였다. 먼저, 홀수 프레임에 대응되는 키 프레임에 대한 부호화는 양자화 파라미터 값 30, 33, 36, 39, 42, 45을 사용하여 표준안 H.264[10]의 화면 내 부호화 방법에 따라 가변 비트율로 부호화하였다. 워너-지브 프레임은 화소 영역 워너-지브 코덱[4]을 사용하였다. 복호화 시간 측정을 위해 사용된 PC는 Dell사의 Inspiron 580(2.80GHz i5 CPU, 4GB RAM, Window 7 64bit)모델을 사용하였다.

패리티 비트 요구량 예측 방법 별 성능을 비교하기 위하여 각종 예측 방법에 기초한 패리티 요구량을 예측하지 않는 방법과 프레임간 상관성을 이용한 적응적 패리티 요구량 예측[8] 방법을 실험하였다. [그림 5]와 [그림 6]은 각각 Foreman 시퀀스와 Salesman 시퀀스에 대한 실제 필요한 패리티 비트량과 예측량 사이의 오차분포에 대한 모의실험 결과를 나타내고 있다.

[그림 5]와 [그림 6]의 가운데를 기준으로 왼쪽으로 나타난 분포는 과대예측으로 비트의 과다 발생의 원인이 되며, 오른쪽에 나타나는 분포는 과소예측으로 복호 시간 증가의 원인이 된다. 가장 이상적인 예측은 가운데 축에 모든 분포가 모여 있는 것이며 분포가 넓으면 넓을수록 예측 성능이 나쁨을 의미한다. [그림 5]와 [그

림 6]의 내용을 표로 요약하면 [표 1]과 같다.

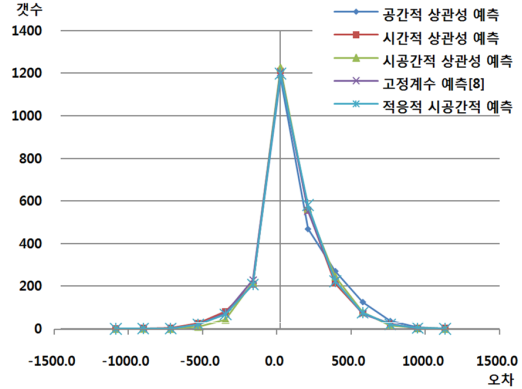


그림 5. Foreman 시퀀스에 대한 패리티 비트 요구량 예측에 따른 오차분포

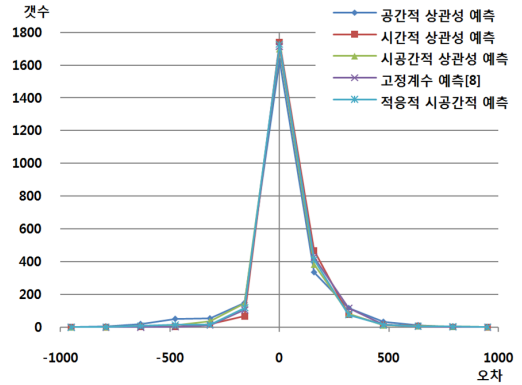


그림 6. Salesman시퀀스에 대한 패리티 비트 요구량 예측에 따른 오차분포

표 1. 오차 분포에 대한 통계

방법	고정계수 예측[8]	공간적 예측	시간적 예측	시공간적 예측	적응적 시공간적 예측
Foreman 시퀀스					
평균	-2.43	17.80	-2.22	9.13	1.51
분산	8.93	11.10	9.51	7.76	7.02
Salesman 시퀀스					
평균	0.84	-25.55	0.75	-16.39	-11.16
분산	3.04	8.28	2.94	5.39	4.69

분산과 평균을 통하여 Foreman 시퀀스의 경우 적응적 시공간적 예측 방법과 시간적 예측 방법이 우수하며, Salesman 시퀀스의 경우 매우 높은 시간적 상관성

을 가지기 때문에 시간적 예측 방법이 성능이 우수함을 알 수 있다. Foreman 시퀀스의 경우 LSB 비트 플레인 으로 갈수록 채널 잡음의 증가로 인해 적응적 시공간적 상관성을 이용한 예측 방법이 다른 방법에 비해 우수한 성능을 보임을 [표 2]와 [그림 7]을 통해 알 수 있다.

표 2. Foreman 시퀀스 4번째 비트플레인에 대한 통계

방법	고정계수 예측[8]	공간적 예측	시간적 예측	시공간적 예측	적응적 시공간적 예측
평균	-7.10	19.01	-6.10	7.33	-3.62
분산	12.77	17.63	13.31	11.98	11.56

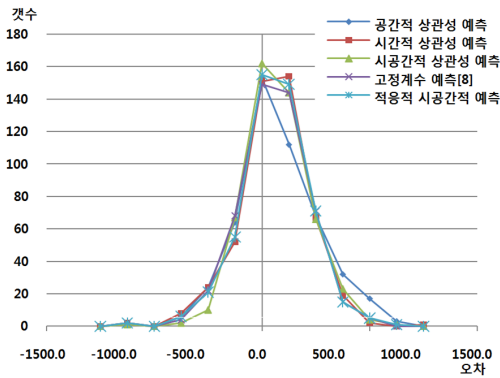


그림 7. Foreman시퀀스 4번째 비트플레인 오차분포

제안된 방법의 전체적인 성능 평가를 위해 화질 대비 비트 발생량을 [표 3]에 나타내었다. Foreman 시퀀스의

경우 적응적 시공간적 예측 방법이 다른 방법보다 동일 화질대비 평균적으로 9kbps정도 비트 절감을 할 수 있음을 보였고, Salesman 시퀀스의 경우에는 시간적 상관성을 이용한 예측 방법이 가장 우수한 성능을 보였다. 이것은 움직임이 크지 않기 때문에 시간적으로 매우 높은 상관성을 보이는 특성에 따른 결과이다. 그리고 고정계수를 이용한 방식은 상관 계수를 계산하지 않아 시간 단축에는 이점이 있음을 볼 수 있으나 전체적으로 성능 개선은 제한적인 특성을 보인다.

이러한 결과와 더불어 고속 분산 비디오 복호화의 적용에 따라 시간 단축 정도를 알아보기 위해 모의실험을 수행하여, 프레임 별 복호화 시간을 [그림 8]과 [그림 9] 그리고 [표 4]에 나타내었다. 이 결과에서 확인할 수 있듯이, 예측 방식을 사용함으로써 패리티 요구량을 예측하지 않는 분산 비디오 복호화 시간보다 평균 90 퍼센트 정도의 시간 단축이 됨을 알 수 있다. 특히, 움직임이 많은 Foreman시퀀스의 경우에는 적응적 시공간적 예측 방식을 사용하는 방식이 우수한 성능을 보이고, 움직임이 적은 Salesman시퀀스는 시간적 상관성을 이용한 예측 방식이 전체적으로 우수한 성능을 보이는 것을 확인할 수 있다. 전반적으로 가장 좋은 성능을 보이는 방법은 적응적 시공간적 상관성을 이용한 패리티 요구량 예측 방법이다. 이 방법에 기초하여 발생 비트율의 표준 편차에 따른 영향을 모의실험으로 확인하기 위해 다음과 같은 제어식을 사용하였다.

표 3. 각 영상별 화질 대비 성능 비교

QP	예측하지 않음	고정계수 예측[8]	공간적 예측	시간적 예측	시공간적 예측	적응적 시공간적 예측	PSNR(dB)
	Foreman 시퀀스 - 비트 발생량(bps)						
30	674,067.54	713,139.34	714,699.84	714,652.62	708,199.66	707,640.82	36.85
33	391,274.75	429,916.21	431,475.14	431,427.98	426,682.79	426,115.67	34.53
36	239,080.33	277,846.16	279,404.94	279,357.78	275,068.10	275,263.53	32.44
39	207,943.77	246,719.16	248,277.77	248,230.62	243,962.68	243,330.64	30.72
42	100,564.43	139,356.96	140,914.33	140,867.21	136,827.54	136,333.04	28.69
45	88,821.64	127,765.55	129,324.48	129,277.31	124,959.67	124,639.73	27.03
QP	Salesman 시퀀스 비트 발생량(bps)						PSNR(dB)
30	661,956.88	691,105.10	704,333.32	685,491.04	699,784.66	689,850.18	37.03
33	337,256.06	376,728.98	379,957.20	361,114.92	376,435.13	368,396.37	34.07
36	219,131.80	268,698.95	261,924.84	243,084.44	258,806.18	251,453.35	31.82
39	185,460.49	235,044.14	228,267.72	209,429.20	225,168.54	218,118.75	29.95
42	82,721.31	132,346.21	125,551.18	106,727.76	122,654.75	116,406.96	27.8
45	62,348.85	102,096.67	105,324.90	86,482.61	102,180.01	96,238.22	26.26

표 4. Foreman 시퀀스 평균 복호 시간(msec)

예측하지 않음	고정계수 예측이	공간적 예측	시간적 예측	시공간적 예측	적응적 시공간적 예측
40,138	10,033	10,257	11,485	10,853	10,126

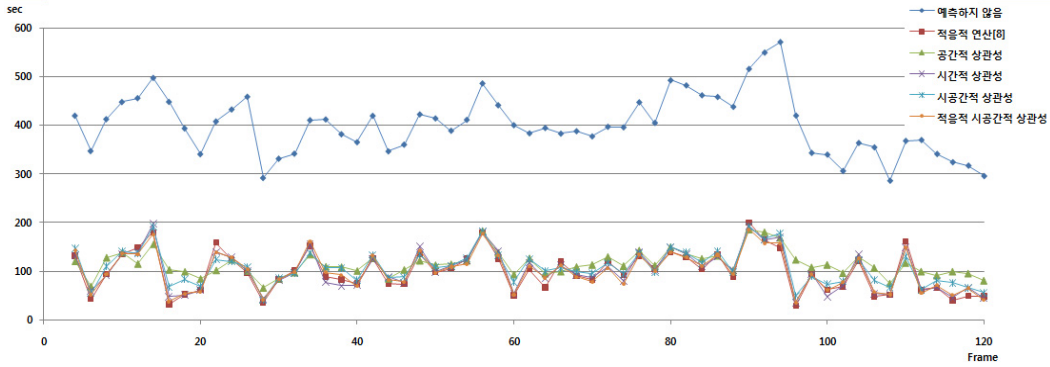


그림 8. Foreman 시퀀스 프레임 별 복호화 시간

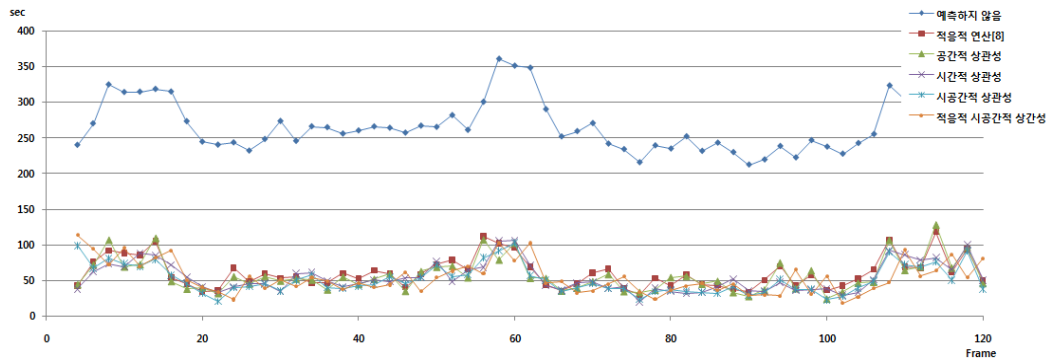


그림 9. Salesman 시퀀스 프레임 별 복호화 시간

$$E_t^{\ell,k} = (\rho_H * R_t^{\ell-1,k}) - a \quad (8)$$

$$a = (N * \sigma)$$

식(8)과 같이 표준편차( $\sigma$ )를 적응적으로 적용한 결과를 [표 5]에 나타내었으며, 표준편차를 1배 하였을 때 가장 고속화된 복호화를 수행할 수 있음을 알 수 있다. 즉, 비트량이 더 이상 감소하지 않으면서도 실행시간이 근사적으로 최적인 결과를 얻게 됨을 알 수 있다.

표 5. 적응적 표준 편차에 의한 제어결과(Foreman)

$N * \sigma$	$0.5 * \sigma$	$1 * \sigma$	$1.5 * \sigma$	$2 * \sigma$
비트량 (bps)	693589.7	683960.2	679141.5	676355.9
평균시간 (msec)	8002.55	10026.1	11465.16	12664.57

## V. 결론

본 논문에서는 분산 비디오 복호화의 고속화를 위하여 기존의 방법들이 다양한 상관관계를 고려하지 않은 제한점을 극복하기 위하여, 본 논문에서는 공간적 상관성, 시간적 상관성, 시공간적 상관성을 이용하여 패리티 비트 요구량을 예측하는 방법을 제안하였다. 움직임이 작은 영상 시퀀스에서는 시간적 상관성을 이용하는 방법이, 그리고 움직임이 많은 영상 시퀀스에서는 적응적 시공간적 상관성을 이용하는 방법이 우수한 예측 성능을 보였다. 그리고 기존의 고정 계수를 이용하는 방법은 연산량을 줄이는 특성이 있으나 성능 개선에 제한적



인 특성을 보임을 확인하였다.

본 논문에서 제안한 다양한 패리티 비트 요구량 예측 방식은 분산 비디오의 응용환경에 따라 효과적으로 사용될 수 있을 것으로 전망되며, 앞으로는 워너-지브 프레임의 왜곡 예측 기법과 결합하는 방법과 더불어 성능 안정화에 대한 연구가 추가적으로 수행될 필요가 있다.

**참 고 문 헌**

[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, Allerton, USA, pp.1-10, 2002(10).

[2] A. Aaron, R. Zhang, and B. Girod, "Wyner-Ziv Coding of Motion Video," Asilomar Conference on Signals, Systems and Computers, Pacific Grove, CA, USA, pp.240-244, 2002(11).

[3] 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, Hannover, Germany, pp.625-628, 2008(6).

[4] 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).

[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, 1999(8).

[6] 오량근, 심혁재, 전병우, "적응적 경관정 출력을 이용한 고속 분산 비디오 복호화 기술", 대한전자공학회 논문지, 제47권, SP편, 제6호, pp.66-74,

2010(11).

[7] 심혁재, 오량근, 전병우, "패리티 요구량 예측을 이용한 적응적 경관정 출력 기반 고속 분산 비디오 복호화 기술", 한국방송공학회논문지, 제16권, 제4호, pp.635-646, 2011(7).

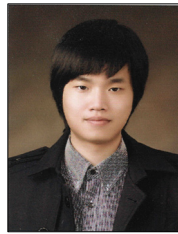
[8] 김만재, 김진수, "프레임간 적응적 연산을 이용한 패리티 비트의 예측에 의한 고속 분산 복호화", 한국정보통신학회 추계학술대회, 2011(10).

[9] 김진수, "움직임 보상 보간 프레임에 대한 프레임 적응적 왜곡 예측기법," 한국콘텐츠학회논문지, 제12권 제3호, 2012년3월, pp.1-8

[10] <http://iphone.hhi.de/suehring/tml>

**저 자 소 개**

**김 만 재(Man-Jae Kim) 준회원**



- 2011년 3월 : 한밭대학교 멀티미디어공학과 공학사
- 2011년 현재 : 한밭대학교 멀티미디어공학과 석사과정

<관심분야> : 영상부호화, 분산비디오부호화

**김 진 수(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, 디지털방송