

---

# 화소 영역 Wyner-Ziv 코덱에서 적응적 예측을 통한 보조정보 생성 방식과 성능 비교

김진수\* · 김재곤\*\* · 서광덕\*\*\*

## A Side Information Generation Using Adaptive Estimation and Its Performance Comparison in PDWZ CODEC

Jin-soo Kim\* · Jae-Gon Kim\*\* · Kwang-deok Seo\*\*\*

---

이 논문은 GRRC 사업[GRRC항공2009-B01]과 2007년도 한국항공대학교 교비를 지원받았음

---

### 요 약

분산 비디오 부호화 기법(DVC, Distributed Video Coding)은 복잡한 통계 특성을 복호기측에서 처리하고, 간단한 연산만 수행하는 부호기를 구현할 수 있다. 이러한 응용 분야에서는, 복호기에서 Wyner-Ziv 프레임에 대한 예측치 즉, 보조정보(SI, Side Information)의 우수한 예측치를 구하는 것은 Wyner-Ziv 부호화에서 전체 성능을 결정하는데 매우 중요한 역할을 한다. 기존의 움직임 보상 프레임 보간에 기초를 둔 방식들은 키 프레임의 블록 기반 또는 물체 기반으로 움직임을 각각 예측하지만, Wyner-Ziv 프레임에 대한 초기 정보를 고려하지 않는다. 본 논문에서는 평균 영상에 기초한 블록 적응적인 움직임 예측을 통한 보조정보 생성 방식을 제안한다. 모의실험을 통하여 제안 기법은 최대 0.4dB 정도의 개선을 보이며, Wyner-Ziv 코덱에 대한 모의실험에서도 우수한 주관적 및 객관적 화질을 제공함을 보인다.

### ABSTRACT

DVC (Distributed Video Coding) allows us to explore the video statistics at the decoder side, resulting in a less complex encoder and more complex decoder. In this approach, it is important to generate a good prediction to the current Wyner-Ziv frame, called side information, which plays a crucial role in the overall performance of a DVC system. Conventional MCFI (motion compensated frame interpolation) techniques, which explore temporal correlations between neighbor frames of the current frame, perform the block-based or object-based motion estimation, but, they do not include the basis frame for the Wyner-Ziv frame. This paper proposes an efficient way to get better side information, by finding the average frame between neighbor frames and by comparing adaptively the candidate blocks. Through computer simulations, it is shown that the proposed method can improve the performance up to 0.4dB and provide better subjective and objective visual qualities in Wyner-Ziv CODEC.

### 키워드

분산비디오부호화, 워너-지브, 보조정보

### Key word

DVC, Wyner-Ziv, Side Information

---

\* 한밭대학교 정보통신통신컴퓨터공학부(교신저자)

\*\* 한국항공대학교 항공전자 및 정보통신공학부

\*\*\* 연세대학교 컴퓨터정보통신공학부

접수일자 : 2009. 08. 24

심사완료일자 : 2009. 09. 23

## I. 서 론

최근까지 완료된 국제 동영상 압축 표준은 부호기가 복호기에 비해 5 ~ 10배 이상의 많은 계산량을 요구한다[1]. 이와 같은 구조를 갖는 비디오 코덱은 방송 또는 VoD 등과 같이 한 번만 압축 부호화되고, 복호는 여러 번 행해질 수 있는 응용에 적합하고, 부호기보다는 복호기의 구현 비용이 더 관심사이다.

한편, 최근에 무선 저전력 감시 카메라, 멀티미디어 센서 네트워크, 무선 PC카메라와 이동 카메라 전화기와 같은 저전력을 필요로 하는 응용에서는 부호기는 최소한의 복잡도를 유지할 필요가 있고, 복호기는 높은 복잡도를 수용할 수 있는 환경을 제공한다. 최근에 이와 같은 저전력 부호기가 요구되는 응용분야를 위해 Slepian-Wolf와 Wyner-Ziv의 기본적인 이론에 기반을 둔 분산 비디오 부호화 기법 (DVC, Distributed Video Coding)이 국제적으로 많은 연구의 관심을 받아왔다[2][3]. 분산 비디오 부호기법은 복호기에서 시간축의 정보 중복성을 찾기 위해 움직임 예측과 보상 기법 그리고 시간축의 상관 관계 특성을 사용하여 우수한 복원 화질을 얻는 방식으로서, 매우 간단한 연산만 부호기에서 수행된다. 특히, 화소 영역에서 처리 가능하며 연산량이 매우 간단한 화소 영역 Wyner-Ziv (PDWZ, Pixel Domain Wyner-Ziv) 코덱은 많은 연구의 관심 대상이 되고 있다[3][4][5]. 이 기법에서 홀수 프레임은 키 프레임으로서 기존 국제 표준 방식의 화면 내 부호화 방식으로 부호화되고, 짝수 프레임은 Wyner-Ziv 프레임으로서 채널 부호화 기법으로 부호화된 후에 패리티 비트만 전송된다. 이때 복호기에서 복원된 키 프레임을 이용하여 보조정보(SI: Side Information)를 생성하고, 생성된 보조정보를 이용하여 수신된 패리티 비트에 더해져서 Wyner-Ziv 프레임에 대해 복원 영상을 얻게 된다.

Wyner-Ziv 코덱에서 우수한 복원화질을 얻기 위해서는 효과적인 보조정보생성 방식을 필요로 한다. 보조정보의 정밀한 복원은 Wyner-Ziv 부호화에서 핵심적인 기술이며, 복원 화질에 절대적인 영향을 미친다. 보조정보 생성 방식에 대한 기존의 연구는 매우 다양하며, 기존의 부호기에서 연산하는 움직임 추정 및 보상을 복호기에서 수행하는 다양한 방식이 제안되고 있다. 기존의 보조

정보 생성 방식은 크게 두 가지로 요약된다.

첫 번째가 복호기측에서 부호기측으로 CRC(Cyclic Redundancy Check) 부호와 같은 일정한 정보를 지속적으로 요구하여 신뢰성있는 보조정보를 생성시킬 수 있는 방식이다. 이 방식은 영상 시퀀스에 움직임이 매우 복잡하고 여러 형태의 움직임이 포함될 때 즉 영상 시퀀스내에 상관 관계를 이용하기 곤란할 때, 효과적인 것으로 알려져 있으며, PRISM과 같은 코덱에서 사용하고 있다[4][6]. 그러나, 이와 같은 방식은 부호기에 대해 추가적인 계산량을 요구하며, 부호기의 복잡도를 증가시키게 된다. 또 다른 방식은 부호기측에 어떠한 요구도 하지 않고서 복호기측에서 보조정보를 생성하는 방식으로서, 움직임 보상된 프레임의 보간(MCFI, Motion Compensated Frame Interpolation) 기술이다. 이 방식은 부호기측에 어떤 추가적인 정보를 요청하지 않음으로써 부호기의 복잡도를 높이지 않는 장점이 있으며, MCFI기술에는 다양한 방법이 제안되었다. 즉, 3차원의 반복적인 블록 정합 기법[7], 메시 기반의 움직임 예측과 보간 기술[8], 복호된 프레임들로부터 계산된 움직임 벡터 활용 기법[9] 그리고, 칼만 필터링 기법을 이용한 움직임 벡터 개선 기법[10] 등이 제시되었다.

MCFI 기술에 근거한 보조정보 생성 기법들은 이전에 복호된 프레임들로부터 가중치된 평균값들로부터 얻게 되며, 대표적인 기존의 기법에는 Z. Li[11]등과 E. Peixoto[12]등이 제안한 방법이 있다. Z. Li[11]등은 블록 기반으로 움직임을 추정하되 기존의 양방향 예측 프레임을 구하는 방식과 매우 유사한 방법으로 블록 중심의 움직임 탐색 기법으로 구해진다. 그리고, Peixoto[12] 등이 제안한 방식은 현재 프레임의 이전 프레임과 이후 프레임에 존재하는 물체가 현재 프레임에 존재한다는 가정 하에 물체 중심으로 순방향과 역방향의 움직임을 탐색하는 기법이다.

그러나, 이들의 기법은 기존의 부호기에서처럼 양방향 움직임 추정에 있어 현재 프레임을 대신하는 기준 프레임이 없고, 또한, 어떤 블록이 최적의 블록인지 참조할 기준이 없다는 단점이 있다. 본 논문에서는 이러한 기준 기법의 단점을 극복하기 위해, 이전 키 프레임과 이후 키 프레임의 평균 영상을 얻고 이 프레임을 기반으로 순방향, 역방향, 순방향 및 역방향의 평

균 블록을 후보로 하여 최적인 블록을 찾는 방식을 제안한다. 제안 방식을 모의실험을 통하여 생성된 보조정보의 성능을 기존의 방식과 비교하고, 또한, 화소 영역 Wyner-Ziv 코덱에 적용한 모의실험 결과를 비교한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 우선, 제 II장에서는 본 논문에서 사용하는 화소 영역 Wyner-Ziv 코덱의 구조와 기존의 보조정보 생성 방식에 대해 알아보고, 제 III장에서는 MCFI 구조에 기초한 기존의 보조정보 생성 방식들의 단점을 극복한 제안된 방식에 대한 절차와 특징에 대해 자세히 설명한다. 제 IV장에서는 모의실험을 통하여, 제안한 보조정보 생성 방식의 성능을 원 영상에 대해 비교하고, 또한, 화소 영역 Wyner-Ziv 코덱에 적용한 결과를 통하여 성능을 비교한다. 끝으로, 제 V장에서는 결론을 맺는다.

## II. PDWZ 비디오 부호화 구조와 보조정보 생성 방식

### 2.1 PDWZ의 구조

현재까지 다양한 구조의 Wyner-Ziv 비디오 코덱 구조가 제시되고 있다[3][4][11][12]. 특히, 화소 영역 Wyner-Ziv 코덱은 부호기에서 화소 영역에서 단순히 화소값의 차이를 부호화함으로써, 부호기의 구조를 간단화하고, 계산량을 절감할 수 있는 장점이 있다[4][11].

본 논문에서는 그림 1에 나타낸 것 같은 화소 영역 Wyner-Ziv 코덱을 사용한다. 홀수 프레임은 키 프레임으로서 기존의 H.264 화면내 부호화 방식을 통하여 부호화되어 전송되고 동시에 부호기측의 프레임 메모리에 저장한다. 짝수 프레임은 WZ 프레임(W)으로서 홀수 프레임의 복원된 프레임(I')과의 프레임차(FD, Frame Difference) 신호를 구하고 이 신호에 대해 스칼라 양자화를 적용하여 비트 플레인(Bit Plane)을 LDPC (Low Density Parity Check) 부호로서 부호화된 후에 패리티 정보만이 복호기측으로 전송된다. 복호기측에서

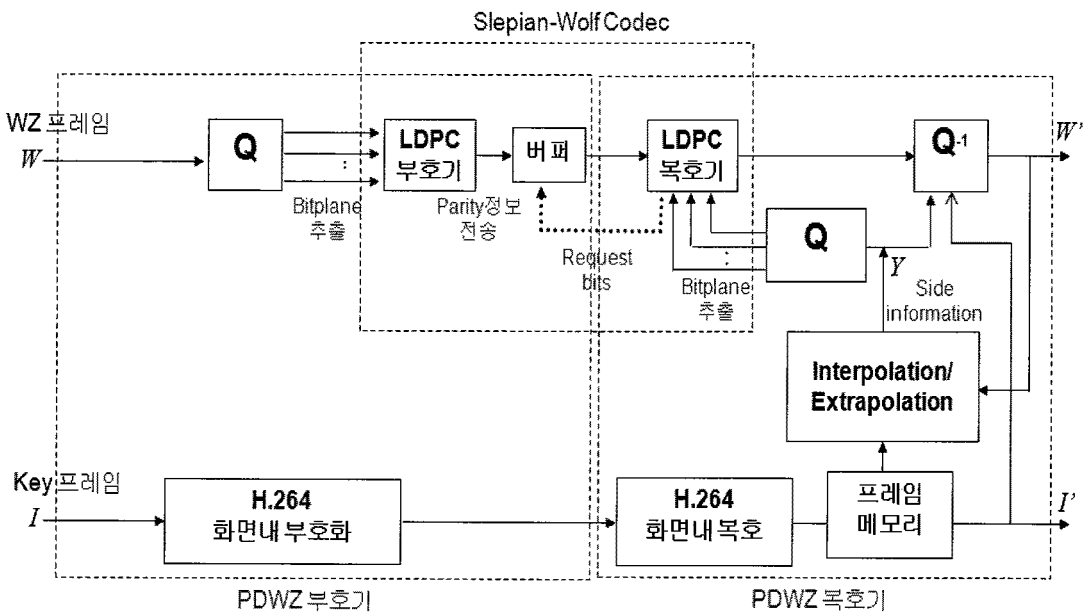


그림 1. 기존의 PDWZ 코덱의 구조  
Figure 1. Structure of the conventional PDWZ codec

는 홀수 프레임으로 수신되는 키프레임이 복호되고 복원된 영상은 프레임 메모리에 저장된다. 프레임 메모리내에 저장되어 있는 영상 시퀀스 정보를 이용하여 보조정보(SI, Side Information)를 생성한다. 생성된 보조정보는 부호기측의 원 WZ프레임과 매우 상관성이 높게 생성되며, 이 정보를 이용하여, 수신되는 패리티 정보의 유효부하에 위치시킨 후에 LDPC 복호를 수행하고, 복호된 신호는 역양자화되어 복원된 영상을 얻게 된다.

2.2 기존의 보조정보 생성 방식

보조정보는 Wyner-Ziv 코덱의 구성에 있어 매우 중요한 역할을 수행한다. 보조정보 생성 방식에 대한 기존의 연구는 매우 다양하며, 기존의 부호기에서 수행하는 움직임 추정 및 보상을 부호기에서 수행하는 것과 매우 유사한 역할을 수행한다. 부호기측에서 부호기측에 어떠한 요구도 하지 않고서 보조정보를 생성하는 방식으로서, 움직임 보상된 프레임의 보간(MCFI) 기술은 부호기측에 어떤 추가적인 정보를 요청하지 않음으로써 부호기의 복잡도를 높이지 않는다. MCFI기술로는 3차원의 반복적인 블록 정합법[7], 메시 기반의 움직임 예측과 보간 기술[8]등이 제안되었으나 이러한 기법들은 많은 계산량 또는 실시간 부호기 구현에 제한이 될 수 있다. 기존의 부호기에서 수행하는 움직임 추정 과정을 부호기에서 동일하게 수행하거나, 부호기에서 얻어진 움직임 벡터를 활용하는 방법은 상용화된 집적 회로를 활용할 수 있어 많은 관심의 대상이 되고 있다 [9][10].

부호기에서 보조정보를 생성하는 대표적인 방법은 키 프레임을 이용하여 움직임 추정 벡터를 이용하거나 움직임 추정 정보를 사용한 보간 방식이다. Z. Li [11]등은 보조정보를 생성하는 몇 가지 방식을 제시하였는데, 가장 성능이 우수한 방식은 현재 프레임  $I_{2k}$ 에 대해 이전 프레임  $I_{2k-1}$ 과 이후 프레임  $I_{2k+1}$ 을 기존의 B-프레임 부호화에 사용되는 움직임 추정과 매우 유사하게 처리하는 방식이다. 이 보조정보 예측방식은 이전에 복원된 프레임  $I_{2k-1}$ 을 참조 프레임으로 하고, 다음에 복원된 프레임  $I_{2k+1}$ 을 정보원으로 사용하여 순방향 움직임 벡터  $MVF$ 를 계산한다. 그런 후에 반대로  $I_{2k+1}$ 을 참조 프레임으로 하고,  $I_{2k-1}$ 을 역방향 움직임 벡터  $MVB$ 를 얻는다. 이 결과에서  $I_{2k}$ 에  $MVF/2$ 을 적용하여 순방향 예측 프레임

$F_{2k}$ 를 얻고, 이와 동일한 방법으로  $I_{2k+1}$ 에 대해  $MVB/2$ 를 적용하여 역방향 예측 프레임  $B_{2k}$ 를 얻는다. 이때 얻은  $F_{2k}$ 와  $B_{2k}$ 사이에서 평균을 구하여 최종 보조정보를 얻게 된다. 이 방식은 현재 프레임  $I_{2k}$ 에 대한 움직임 벡터를 모델링하는데 두 개의 이웃하는 프레임에 대한 움직임 벡터에 대해 절반씩을 취하여 구하는 것으로서, 어떤 움직임 벡터가 최적인지를 결정하는 기준이 없다. 그림 2(a)는 이상에서 설명한 Z. Li[11]등이 제안한 방식을 간단히 설명하고 있다.

한편, Z. Li[11]등이 제안한 방식은 블록 중심의 움직임 추정 및 보간 방식으로서 실제 물체의 움직임과는 차이가 있을 수 있다. 이점을 고려하여, E. Peixoto[12]등은  $I_{2k-1}$ 과  $I_{2k+1}$  사이에 물체의 움직임은 선형이라고 가정하고,  $I_{2k-1}$ 과  $I_{2k+1}$  내에 있는 물체중심으로 보간하는 방식이다. 그림2(b)는 물체 중심의 보간 방식인 E. Peixoto[12]등이 제안한 방식을 간단히 요약하고 있다.

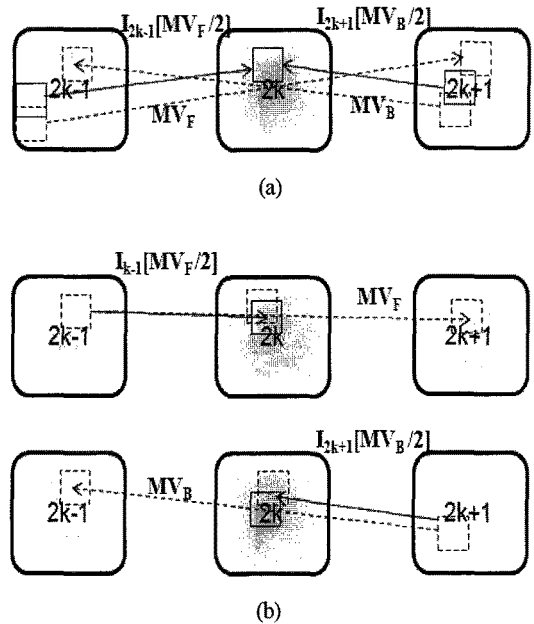


그림2. 기존의 보조정보 생성 방식; (a). 블록 중심의 보간 방식[11]; (b). 물체 중심의 보간 방식[12]  
Figure 2. Conventional side information generation methods; (a). Block based interpolation[11]; (b). Object based interpolation[12]

즉, 이 방식은  $I_{2k+1}$ 의 주어진 매크로블록에 대해  $I_{2k-1}$ 에서 가장 잘 정합되는 블록을 찾은 후, 그 블록을 참조 블록이라 하고,  $MVF/2$ 만큼 위치 이동하여 그 블록의 정보를  $F_{2k}$ 의 해당 매크로블록 정보를 대치킨다. 이와 동일한 방식으로 역방향에 대해 수행하여  $B_{2k}$ 을 얻는다. 이 방식의 특징은 참조 프레임에서 찾아진 물체는 현재 프레임내에 존재한다는 전제하에서 현재 프레임의 대응 위치  $(x, y)$ 에 정합된 참조 프레임의 매크로블록을 대응시키는 방식이다. 그림2(b)에 나타낸 것과 같이 현재 프레임의 대응 위치가 움직임 벡터에 따라 이동하게 된다.

이렇게 되면, 두 가지 현상 즉, 중첩영역과 공백영역이 생긴다. 이에 따라 한 개의 주어진 화소에 대해 세 가지의 경우가 발생한다. 즉, 단일 움직임 벡터에 의해 고유하게 결정되는 경우, 한 개 이상의 움직임 벡터로 결정되는 경우 그리고 어떤 움직임 벡터로 정의되지 않고, 공백으로 남는 경우 등으로 발생하게 된다. E. Peixoto[12] 등은 한 개 이상의 움직임 벡터로 결정되는 경우에는 평균을 취하도록 하였다. 그런 후에,  $F_{2k}$ 와  $B_{2k}$ 를 결합하여 공백이 아닌 영역은 평균을 구하고, 공백으로 남는 부분은 공백을 제외한 주위 블록을 이용하여 이전 프레임  $I_{2k-1}$ 와 이후 프레임  $I_{2k+1}$ 의 탐색을 통해 가장 잘 결합되는 영역의 정보로 채워넣게 된다. 그러나, 실제 이 방식은 프레임내의 물체가 정사각형과 같은 경우에는 효과적일 수 있겠지만 그렇지 않은 경우에는 필연적으로 중첩되는 부분이 발생하게 되며, 이로 인해 중첩 영역에서 왜곡이 크게 나타날 수 있다.

### III. 적응적 블록예측을 이용한 보조정보 생성방식

Wyner-Ziv 프레임은 이전 프레임과 이후 프레임사에 존재하는 시간적 중복성을 기초로 하여 원 프레임에 가능한 유사하게 복원하는 것이 요구된다. II절에서 살펴 본 기존의 방식들은 움직임 예측을 위한 참조 영상이 없고, 실제 움직임과 다른 형태의 결과를 내놓을 수 있다.

본 논문에서는 기존의 블록 단위의 움직임 추정 방식을 기초로 하여 순방향 예측 영상과 역방향 예측 영상을

얻되, 움직임 물체 또는 블록의 움직임이 선형적 움직임이라고 가정하고, 이전 프레임과 이후 프레임의 평균화된 영상에 가장 가까운 블록을 찾는 알고리즘을 제시한다. 이를 위한 본 논문의 제안 알고리즘은 3단계로 구성된다.

첫째, 현재 프레임내의 정보는 이전 프레임으로부터 사라지는 정보 또는 이후 프레임에 새로이 나타난 정보 일 경우에, Z. Li[11]등과 E. Peixoto[12]등이 제시한 기존의 방식으로는 최적의 기준을 찾기 어렵다. 이를 위해 본 논문에서는 현재 프레임내의 현 블록의 예측을 위한 기준은 이전 프레임과 이후 프레임의 해당 블록의 단순 평균치로 구한다. 즉,  $Ref\_blk = (I_{2k-1} + I_{2k+1})/2$ 로 취하면, 현재 프레임의 주어진 블록에 대한 정보를 포함하게 된다.

둘째, Z. Li[11]등이 제안한 방식과 동일하게 블록 단위로 순방향 예측 블록과 역방향 예측 블록을 얻는다. 그림3에서 나타낸 바와 같이, 순방향 예측 블록과 역방향 예측 블록은 현재 프레임내의 정보에 대한 상관없이 이전 프레임과 이후 프레임의 정보와 매우 유사한 정보를 이후 프레임과 이전 프레임에서 각각 찾은 것이다. Z. Li[11]등은 이 두 예측 영상에 대한 단순 평균을 이용하여 현재 프레임에 대한 최종적인 예측 정보를 얻게 된다.

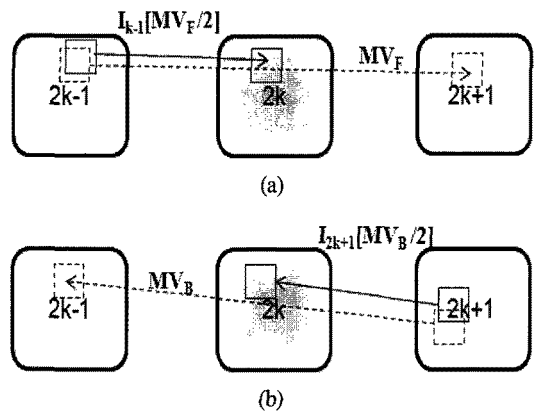


그림3. 제안방식의 순방향 및 역방향 예측 영상; (a). 순방향 예측 영상; (b). 역방향 예측 영상  
Figure 3. Forward and backward predictive images by proposed method; (a). Forward predictive image; (b). Backward predictive image

본 논문에서는 이렇게 구한 두 개의 예측 영상 즉, 순방향 예측 블록, 역방향 예측 블록, 그리고 이들 블록의 평균화 블록을 예측 블록으로 사용한다.

셋째, 위에서 구한 세 개의 예측 블록을 기초하여 최적의 예측 블록을 얻는다. 즉, 평균 절대값 오차(MAE: Mean Absolute Error)에 기초하여 순방향 예측 블록, 역방향 예측 블록, 그리고, 이 두 블록의 평균 예측 블록을 각각 단순 평균치 블록 블록과의 비교에 의해 최소의 왜곡을 갖는 블록을 선택한다. 그림4는 본 논문에서 사용한 최적의 예측 블록 선택 방식을 나타내고 있다.

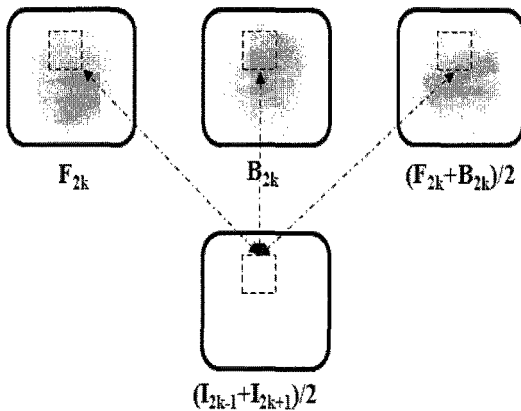


그림4. 세 가지의 예측 영상 블록에서 최종 예측 블록 선택 방식  
Figure 4. The final selection method among three predictive blocks

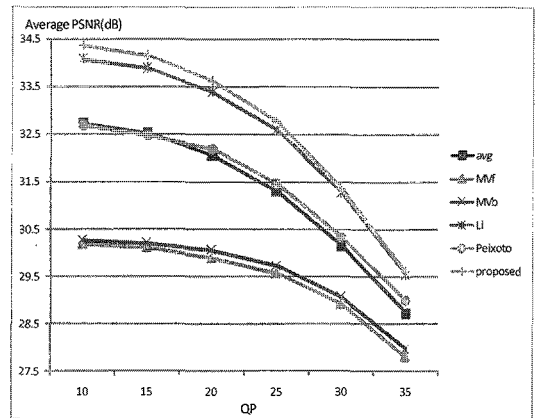
#### IV. 모의실험 결과 및 검토

##### 4.1 보조정보 생성방식의 모의실험 결과

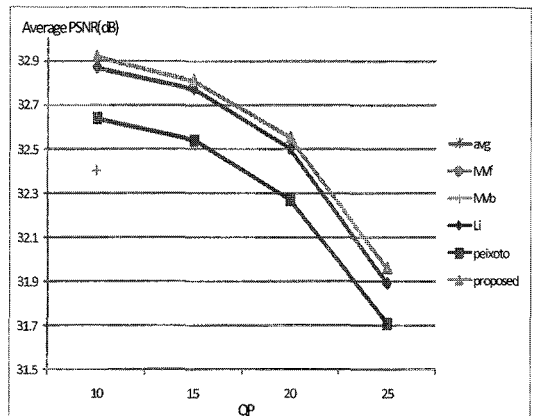
모의실험을 위해 QCIF급 영상 시퀀스로서 Foreman (300프레임), Table Tennis (300프레임)를 사용하였다. 먼저, 키 프레임의 부호화는 표준안 H.264의 화면내 부호화 방식을 통하여 양자화 파라미터를 고정하는 가변 비트율로 부호화하였다. 이때, 키프레임 사이의 주기는 1개의 Wyner-Ziv 프레임이 들어갈 수 있도록 제한하

였다.

그림5는 키 프레임에 적용된 양자화 파라미터의 값에 따른 생성된 보조정보의 객관적인 화질을 나타내고 있다. avg는 이전 프레임과 이후 프레임의 단순 평균을 나타내고, MVf와 MVb는 각각 순방향 예측 영상과 역방향 예측 영상의 움직임 벡터를 1/2하여 구한 보조정보이다.



(a)



(b)

그림5. 양자화 계단 크기에 따른 모의실험 결과  
(a) Foreman (b) Table Tennis  
Figure 5. Simulation results for quantization parameters (a) Foreman (b) Table Tennis

그리고, Li와 Peixoto는 각각 참고 문헌 [11]과 [12]에 제시된 방식이다. Foreman 영상 시퀀스에서 제안 방식은 Li[11]에 비해 양자화 파라미터의 값이 낮은 경우에 더욱 효과적임을 볼 수 있으며, 최대 0.4dB 가량의 성능 개선을 보인다.

그리고, Peixoto[12] 방식에 비해서는 약 2dB이상의 성능 개선을 보인다. 움직임이 많은 Table Tennis 시퀀스의 경우에 같은 양자화 파라미터에 대해 Foreman에 비해 평균적인 화질은 감소하나, 제안한 방식은 양자화 파라미터의 값 변동에 무관하게 다른 방식들 보다 성능이 뛰어난 것을 알 수 있다. 특히, Table Tennis시퀀스는 움직임 양이 Foreman시퀀스에 비해 커서 두 프레임의 단순 평균으로 구해지는 avg방식의 성능은 양자화 파라미터의 값이 10에서도 29.65dB를 나타내었으며, Peixoto[12]방식에 비해 성능 저하가 아주 크게 나타났다.

한편, 그림6은 양자화 파라미터 값을 20으로 하여 키프레임을 부호화 및 복호화하여 얻은 첫 번째 Wyner-Ziv 프레임에 대한 모의실험에서 얻은 주관적인 화질을 비교하고 있다. Li[11] 방식은 주관적인 화질 저하가 전체적으로 매우 심하게 나타나는 특성을 보이고 있다. 이는 움직임의 양과 상관없이 전체적으로 움직임 보상에 의한 블록 평균으로 구해지기 때문이다. Peixoto [12]방식은 모자 가장자리, 입 주위 부분에서 심한 왜곡이 발생됨을 알 수 있는데, 이는 공백으로 남은 부분에 대해 추가적인 움직임 예측을 수행하게 되는데, 이때, 공백 주위의 정보로 구해지는 것이 부정확함과 동시에 중복적으로 발생하는 화소 영역에서의 가중 평균에 의해 발생에 기인한다. 본 논문에서 제안한 방식은 일부 영역에서 블록화 현상이 나타나지만, 다른 방식에 비해 주관적 화질이 개선됨을 확인할 수 있다.



(a)



(b)



(c)

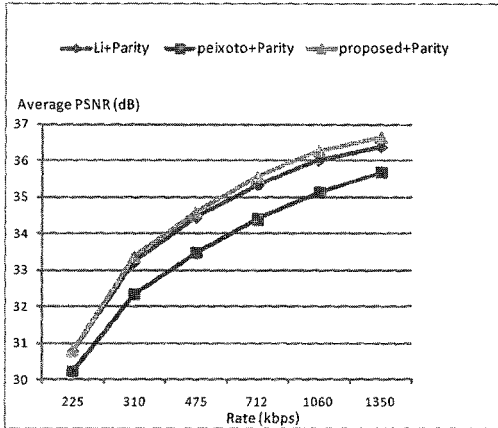
그림6. 생성된 보조정보의 주관적 화질 비교 (키 프레임 QP=20); (a). Li[11]방식; (b). Peixoto[12]방식; (c). 제안방식

Figure 6. Comparison of subjective qualities for side information (Key frames'QP=20); (a). Li's method[11]; (b). Peixoto's method[12]; (c). proposed method

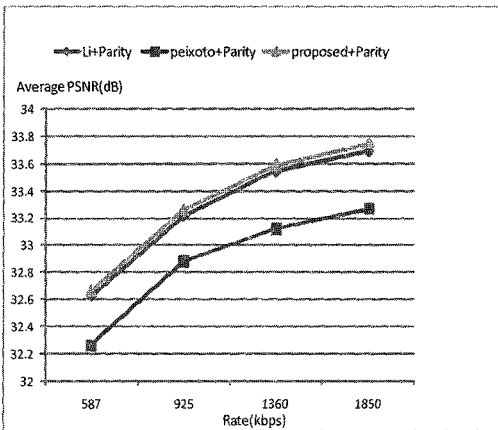
#### 4.2 PDWZ에서 보조정보 생성 방식의 성능 비교

그림1에 나타낸 PDWZ에 적용된 보조정보 생성 방식의 성능 분석을 위하여 본 논문에서는 Wyner-Ziv 프레임의 각 비트 플레인에 대한 오류 확률을 라플라시안 분포로 가정하였다[13][14]. Belkoura[12]등이 제안한 방식과 동일하게, 각 비트 플레인에 대한 오류 확률은 라플라시안 분포로 예측되고, 이 값을 이용하여 잡음의 양을 예측하여 LDPC 복호기에 입력된다.

LDPC 복호기에 수신된 패리티 정보를 이용하여 보조정보를 더욱 개선한 복원 화질의 모의실험 결과가 그림7에 나타내었다. 성능 비교는 Wyner-Ziv 프레임에 한하여 이루어졌으며, 비트율(kbps)을 계산하기 위하여 Wyner-Ziv 프레임을 복호화하는 들어간 율의 총합을 프레임 개수로 나누어 구한 것이다.



(a)



(b)

그림7. Wyner-Ziv 부호화에 따른 모의실험 결과  
 (a) Foreman (b) Table Tennis  
 Figure 7. Simulation results for Wyner-Ziv coding  
 (a) Foreman (b) Table Tennis

이 그림에서 'Li+Parity'와 'peixoto+Parity'는 Li[11] 방식과 Peixoto[12]방식에 패리티 정보를 각각 적용한 후에 얻어 추가적인 잔차 신호를 보조정보신호에 더하여 얻은 복원 영상화질을 나타낸다. 이와 유사하게 제안 방식에 대한 패리티 정보를 적용한 결과를 'proposed+Parity'로 나타내고 있다. 이 결과에서 알 수 있듯이, 제안 방식은 Foreman시퀀스에서 Li방식에 비해 최대 0.3dB의 성능 개선을 보이고, Peixoto방식에 비해 약 1dB가량의 성능 개선을 보인다. 양자화 파라미터의 값이 작은 경우에 그림6과 비교하여, 2.5dB이상의 성능 개선을 이룰 수 있다.

그러나, 양자화 계단 크기가 증가하여 화질이 열화됨에 따라 패리티 비트의 정보가 잔차신호를 복원하는 성능이 저하되는 특성을 보이고, 키 프레임이 매우 큰 양자화 파라미터를 사용하는 경우에는 기존의 방식과 유사한 성능을 나타낸다. Table tennis 시퀀스의 경우에도 양자화 파라미터에 대해 비슷한 특성을 보인다.

그림8은 그림6에서 얻은 보조정보를 비트율이 1350kbps의 키 프레임과 패리티 정보 전송에 대해 모의실험을 통하여 복원한 Foreman시퀀스에 대한 주관적 화질을 비교하고 있다. Li[11] 방식은 전체적인 주관적인 화질 저하가 여전히 남아 있음을 알 수 있다.

그림6에서 주관적인 화질 저하가 패리티 정보에 의해 충분히 복원되지 못한 경우이다. Peixoto[12]방식은 모자 가장자리, 입 주위 부분에서 발생한 왜곡은 많이 복원되었음을 알 수 있으나, 공백 처리 부분에 의한 왜곡이 원영상의 잔차 신호의 차이가 심함으로 인해 완전하게 복원되지 않음을 보인다. 제안 방식은 전체적으로 우수한 복원 화질을 얻을 수 있음을 보인다. 일부 영역에서 블록화 현상이 나타나지만, 다른 방식에 비해 주관적 화질이 개선됨을 확인할 수 있다.





(a)



(b)



(c)

그림8. WZ 복호기의 주관적 화질 비교  
 (a). Li[11]방식; (b). Peixoto[12]방식; (c). 제안방식  
 Figure 8. Comparison of subjective qualities for WZ decoders; (a). Li's method[11]; (b). Peixoto's method[12]; (c). Proposed method

#### 4.3 모의실험 검토 및 결과

본 논문에서는 기존의 논문들과 동일하게 키 프레임 사이에 들어가는 Wyner-Ziv 프레임은 한 개를 사용하였다. 그러나, [12]에서 제안한 방식과 동일하게 다수개의 키프레임에 확장 가능하다. 즉, 키 프레임사이의 떨어진 거리에 대해 가중치를 구하여 평균 영상을 얻어 움직임 추정하는 것으로 확장할 수 있다. 또한, 정수 화소 탐색이 아니라 더 높은 해상도 탐색으로 품질을 더욱 개선할 수 있다.

## V. 결론

본 논문에서는 Wyner-Ziv 코덱에 사용될 수 있는 움직임 보상 프레임 보간 방식에 기초한 보조정보 생성 방식을 제안하였다. 제안한 방식은 기존의 MCFI 기반의 양방향 블록 탐색 기법이나 또는 물체 중심 탐색 기법에서 사용하지 않은 평균에 의한 기준 프레임을 구하였고, 이에 기초하여 평균 블록 예측 영상으로부터 최적의 블록을 찾는 방식을 제안하였다. 제안한 방식은 모의실험을 통하여 비슷한 계산량을 갖는 기존의 방식들에 비해 0.4dB까지의 성능을 개선할 수 있으며, 화소 영역 Wyner-Ziv 코덱에 적용한 결과에서도 0.3dB까지의 객관적 화질 개선이 있었으며, 더불어 우수한 객관적 화질을 얻을 수 있음을 보였다.

본 논문에서 제안한 보조정보 생성 방식은 키 프레임 사이에 다수 개의 Wyner-Ziv 프레임이 위치하는 경우에도 확장이 가능하며, 또한, 변환 영역 Wyner-Ziv 코덱에도 적용가능하다. 앞으로 본 논문에서 제안한 보조정보 생성 방식에 기초하여 적응적인 가상 채널 상관 잡음 모델을 구하여 더욱 개선된 복호된 화질을 얻는 추가적인 연구가 필요하다.

## 참고문헌

- [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, July 2003.
- [2] D. Slepian and J. Wolf, "Noiseless Coding of Correlated Information Sources", *IEEE Trans. on Information Theory* 19, pp. 471-480, July 1973.
- [3] A. Wyner and J. Ziv, "The Rate-distortion Function for Source Coding with Side Information at the Decoder", *IEEE Trans. on Information Theory* 22, pp. 1-10, Jan. 1976.
- [3] B. Girod, A. Aaron, S. Rane and D. Rebollo-Monedero, "Distributed Video Coding", *Proceedings of the IEEE* 93, pp. 71-83, January 2005.

[4] R. Puri and K. Ramchandran, "PRISM: A "Reversed" Multimedia Coding Paradigm", IEEE International Conference on Image Processing, Barcelona, Spain, Sept. 2003.

[5] A. Aaron, R. Zhang, and B. Girod, "Wyner-Ziv Coding for Motion Video", Asilomar Conference on Signals, Systems and Computers, Pacific Grove, USA, November 2002.

[6] J. Ascenso and F. Pereira, "Adaptive Hash-based Side Information Exploitation for Efficient Wyner-Ziv Video Coding", IEEE International Conference on Image Processing, Sait Antonio, USA, Sept. 2007.

[7] W. J. Chien, L. J. Karam and G. P. Abousleman, "Distributed video coding with 3D recursive search block matching", IEEE International Symposium on Circuits and Systems, Island of KOS, Greece, May 2006.

[8] D. Kubasov and C. Guillemot, "Mesh-based motion-compensated interpolation for side information extraction in distributed video coding", IEEE International Conference on Image Processing, Atlanta, USA, October 2006.

[9] Z. Li, L. Liu and E. J. Delp, "'Rate-distortion analysis of motion side estimation in Wyner-Ziv video coding'", IEEE Transactions on Image Processing 16, pp. 98-113, January 2007.

[10] M. Tagliasacchi, S. Tubaro and A. Sarti, "'On the modeling of motion in Wyner-Ziv video coding'", IEEE International Conference on Image Processing, Atlanta, USA, October 2006.

[11] Z. Li, L. Liu and E. J. Delp, "Rate-distortion Analysis of Motion Side Estimation in Wyner-Ziv Video Coding", IEEE Trans on Image Processing 16, pp. 98-113, Jan. 2007.

[12] E. Peixoto, R. L. Queiroz and D. Mukherjee, "On Side Information Generation for Wyner-Ziv Video Coding", Proc. of Simposio Brasileiro de Tel., Rio de Janeiro, Brazil, Sept. 2008.

[13] Z. M. Belkoura and T. Sikora, "Towards Rate-decoder Complexity Optimization in Turbo-coder based Distributed Video Coding," Proc. International

Picture Coding Symposium, Beijing, P. R. China, April 2006

[14] R. Westerlaken and et al, "Dependency Channel Modeling for A LDPC-Based Wyner-Ziv Video Compression Scheme," IEEE International Conference on Image Processing, ICIP 2006, Atlanta, GA, USA

[15] J.-s. Kim, J.-G. Kim, "Side Information Generation Using Variable Block Bilateral Matching for Wyner-Ziv Coding" in Proc. IPIU, Jan. 2010.

### 저자소개



김진수(Jin-soo Kim)

1991년 : 경북대학교 전자공학과  
공학사

1993년 : KAIST 전기 및 전자공학과  
공학석사

1998년 : KAIST 전기 및 전자공학과 공학박사

1997년~2000년 : 삼성전자 선임연구원

2000년~현재 : 한밭대학교 정보통신컴퓨터공학부  
교수

※ 관심분야: 멀티미디어스트리밍, SVC, Distributed  
Video Coding, 디지털방송



김재곤(Jae-Gon Kim)

1990년 2월: 경북대학교 전자공학과  
학사

1992년 2월: KAIST 전기 및  
전자공학과 석사

2005년 2월: KAIST 전기 및 전자공학과 박사

1992년 3월 ~ 2007년 2월 한국전자통신연구원 선임  
연구원/팀장

2001년 9월 ~ 2002년 11월: 뉴욕 콜롬비아대학교  
연구원

2007년 9월 ~ 현재: 한국항공대학교 항공전자 및  
정보통신공학부 조교수

※ 관심분야: 비디오 신호처리/코딩, 디지털방송  
미디어, 미디어 컨버전스, 멀티미디어 통신



서광덕(Kwang-deok Seo)

1996년 2월: KAIST전기 및  
전자공학과 학사

1998년 2월: KAIST전기 및  
전자공학과 석사

2002년 8월: KAIST전기 및 전자공학과 박사

2002년 8월 ~ 2005년 2월 LG전자 선임연구원

2005년 3월 ~ 현재 연세대학교 컴퓨터정보통신공학부  
부교수

※주관심분야: 영상부호화, 영상통신, 멀티미디어  
통신시스템