

# 분산 동영상 부호화 시스템을 위한 효과적인 상관 잡음 모델링 및 성능 평가

준회원 문학수\*, 종신회원 이창우\*, 정회원 이성원\*\*

## Efficient Correlation Noise Modeling and Performance Analysis for Distributed Video Coding System

Hak-soo Moon\* *Associate Member*, Chang-woo Lee\*° *Lifelong Member*,  
Seong-won Lee\*\* *Regular Member*

### 요 약

분산 동영상 부호화 시스템에서는 복호기에서 Wyner-Ziv 프레임을 복원하기 위해서 부호기에서 생성된 패리티 비트를 사용하게 된다. 이때 오류 정정 부호로 터보 부호나 LDPC 부호가 사용되는데 복호기에서는 원 Wyner-Ziv 프레임을 모르기 때문에 오류 정정을 위한 효과적인 상관 잡음 모델링이 필요하다. 본 논문에서는 복호기에서 Wyner-Ziv 프레임과 부가정보 간의 상관 잡음을 효과적으로 모델링하기 위한 방법을 제안하고 추정된 상관 잡음 모델이 분산 동영상 부호화 시스템에 미치는 영향을 분석한다. 또한 모의실험을 위해 H.264 intraframe 부호화 방법으로 부호화된 키 프레임을 사용하였는데 부호기에서 동적으로 키 프레임 양자화 파라미터 값을 추정하기 위한 방법을 제안하고 성능을 해석한다.

**Key Words** : Distributed Video Coding System, Correlation Noise Modeling, Wyner-Ziv Frame, Turbo Code, Quantization Parameter

### ABSTRACT

In the distributed video coding system, the parity bits, which are generated in encoders, are used to reconstruct Wyner-Ziv frames. Since the original Wyner-Ziv frames are not known in decoders, the efficient correlation noise modeling for turbo or LDPC code is necessary. In this paper, an efficient correlation noise modeling method is proposed and the performance is analyzed. The method to estimate the quantization parameters for key frames, which are encoded using H.264 intraframe coding technique, is also proposed. The performance of the proposed system is evaluated by extensive computer simulations.

### I. 서 론

분산 동영상 부호화 시스템은 H.264와 같은 기존의 동영상 부호화 방식과 달리 부호기의 복잡도를 감소시키기 위해서 프레임간의 상관성을 복호기에서 이

용하는데 움직임 보상 보간 기법을 이용하여 부가정보(side information)를 생성하고 부호기에서 생성한 패리티 비트를 사용하여 원 Wyner-Ziv 프레임을 복원한다<sup>[2]</sup>. 이 패리티 비트를 Wyner-Ziv 비트라 하고 Wyner-Ziv 비트를 생성하기 위한 오류 정정 부호로

※ 본 연구는 2010년도 가톨릭대학교 교비 연구비 지원 및 2010년도 정부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (No.2010-0028178).

\* 가톨릭대학교 정보통신전자공학과(haksoo84@catholic.ac.kr, changwoo@catholic.ac.kr), (° : 교신저자)

\*\* 광운대학교 컴퓨터공학과 (swlee@kw.ac.kr)

논문번호 : KICS2011-03-139, 접수일자 : 2011년 3월 7일, 최종논문접수일자 : 2011년 5월 6일

Shannon 한계에 근접한 성능을 보이는 터보 부호나 LDPC 부호가 사용된다<sup>4,5</sup>. 이와 같은 오류 정정 부호들은 채널 잡음 모델을 이용하여 오류 비트 정정을 하게 되는데 이는 원 정보와 잡음이 추가된 정보 사이의 차이를 나타낸다. 분산 동영상 부호화 시스템에서는 원 Wyner-Ziv 프레임과 복호기에서 원 Wyner-Ziv 프레임을 추정한 부가정보 사이의 차이인 상관 잡음 모델을 이용하여 오류 비트를 정정한다. 즉, 복호기에서 생성한 부가정보를 원 Wyner-Ziv 프레임에 잡음이 더해진 것으로 생각하고 상관 잡음 모델링을 하는 것이다. 그러나 복호기에서는 원 Wyner-Ziv 프레임을 알지 못하기 때문에 복호기에서 오류 정정을 하기 위한 효과적인 상관 잡음 모델링이 필요하다.

본 논문에서는 기존의 방법과 달리 부가정보를 구하는 과정에서 생성되는 벡터를 사용함으로써 복잡도를 크게 증가시키지 않는 효과적인 상관 잡음 모델링을 하는 방법을 제안한다. 또한 이렇게 추정된 상관 잡음 모델이 분산 동영상 부호화 시스템에 미치는 영향을 분석하고 복호기에서 원 Wyner-Ziv 프레임을 안다고 가정했을 때와의 성능을 비교 분석한다. 본 논문의 II장에서는 분산 동영상 부호화 시스템에 대하여 설명한다. III장에서는 상관 잡음 모델링 방법에 대하여 기존의 방법과 제안하는 방법을 설명하고 IV장에서는 입력 영상에 따라 고정된 값을 사용하는 기존의 방법과 달리 입력 영상에 따라 적응적으로 키 프레임 양자화 파라미터 값을 추정하는 방법을 제안한다. V장에서는 모의실험 및 그 결과에 대하여 논의하고 VI장에서는 결론을 맺는다.

## II. 분산 동영상 부호화 시스템

분산 동영상 부호화 시스템은 그림 1에 도시한 것과 같이 크게 키 프레임을 부호화하는 부분과 Wyner-Ziv 프레임을 부호화하는 부분으로 나눌 수 있는데 키 프레임은 H.264와 같은 기존의 intraframe 부호화 기법으로 부호화된다<sup>6</sup>. 또한 Wyner-Ziv 프레임은 부호기에서 4×4 블록 크기로 나누어 DCT 영역으로 변환되고 양자화를 하게 된다. 양자화를 거친 계수들은 각 계수별로 bitplane을 만들게 되는데 이때 양자화 테이블에 따라서 bitplane 수가 결정되며 이렇게 결정된 각 bitplane을 터보부호기의 입력으로 하여 오류 정정 부호를 위한 패리티 비트를 생성한다. 이 패리티 비트를 Wyner-Ziv 비트라 하고 이 Wyner-Ziv 비트들을 복호기로 전송한다. 복호기에서는 키 프레임들을 이용하여 부가정보를 생성하게 되는데 이렇게 생

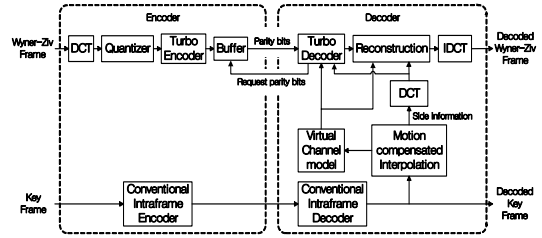


그림 1. 분산 동영상 부호화 시스템의 구조

성된 부가정보와 복호기에서 전송한 Wyner-Ziv 비트들을 이용하여 Wyner-Ziv 프레임을 복원한다. 이때 터보 부호에서는 원 Wyner-Ziv 프레임과 부가정보간의 차이인 상관 잡음 모델을 이용하여 오류 정정을 하게 되는데 원 Wyner-Ziv 프레임과 부가정보간의 차이는 Laplacian 분포를 이룬다는 사실이 알려져 있다<sup>3</sup>. Laplacian 분포를 구하기 위해서는 원 Wyner-Ziv 프레임과 부가정보 사이의 분산을 구해야 한다. 하지만 복호기에서는 원 Wyner-Ziv 프레임을 알지 못하기 때문에 상관 잡음 모델링이 필요한데 이때 상관 잡음 모델의 부정확성은 전송되는 패리티 비트의 증가를 야기하여 부호화 시스템의 성능 저하를 가져온다. 따라서 본 논문에서는 효율적인 상관 잡음 모델링 방법을 제안한다.

## III. 상관 잡음 모델링

분산 동영상 부호화 시스템의 복호기에서 상관 잡음 모델링을 하는 방법은 크게 두 가지로 나눌 수 있다. 첫 번째는 원 Wyner-Ziv 영상을 알고 있을 경우로 이때 최적의 상관 잡음 모델을 구할 수 있다. 두 번째는 복호기에서 원 Wyner-Ziv 영상을 모를 때의 상관 잡음 모델링 방법이다.

### 3.1 원 Wyner-Ziv 영상을 알고 있을 경우(offline)

복호기에서 원 Wyner-Ziv 영상을 알고 있을 경우라고 가정했을 때 상관 잡음 모델을 구하는 방법은 식 (1)과 같다.

$$T(u,v) = DCT(WZ(x,y) - SIDE(x,y)) \quad (1)$$

여기서  $WZ$ 와  $SIDE$ 는 Wyner-Ziv 영상과 부가정보를 의미하며  $(x,y)$ 는 영상의 화소 위치를 가리킨다. 또한  $(u,v)$ 는 변환 영역에서의 계수 위치를 가리킨다. DCT 변환 영역에서 Wyner-Ziv 영상과 부가정보 사이의 차이를 DCT 변환한  $T(u,v)$ 를 이용하여 상관 잡음 모델링을 한다. 상관 잡음 모델링 방법에는 다음

과 같은 DCT 밴드별 상관 잡음 모델링 방법과 DCT 계수별 상관 잡음 모델링 방법이 있다.

Brites 등은 DCT 밴드별 상관 잡음 모델의 Laplacian 분포를 구하기 위하여 Laplacian 분포의 계수 값  $\alpha$ 를 식 (2)를 이용하여 구하였다<sup>[3]</sup>.

$$\alpha_b = \sqrt{\frac{2}{\sigma_b^2}} \quad (2)$$

여기서  $\alpha_b$ 는 DCT 밴드  $b$ 의 Laplacian 분포에 대한  $\alpha$ 값이고  $\sigma^2$ 는 DCT 밴드  $b$ 의 분산 값이다.

각 DCT 블록에 적응적인 Laplacian 분포를 예측하기 위하여 식 (3)을 사용할 수 있다<sup>[3]</sup>.

$$\alpha(u,v) = \begin{cases} \sqrt{2}, & |T(u,v)| \leq 1 \\ \sqrt{\frac{2}{[T(u,v)]^2}}, & |T(u,v)| > 1 \end{cases} \quad (3)$$

여기서  $\alpha(u,v)$ 는 DCT 영역에서  $(u,v)$  위치의 계수에 대한  $\alpha$ 값이다. 또한  $T(u,v)$ 가 1보다 작거나 같을 때 사용한 식은 오버플로를 방지하기 위한 것으로 DCT 영역에서 구한  $T(u,v)$ 가 0이거나 0에 가까울 경우 시스템에서 오버플로가 일어나는 문제를 해결하기 위해서 임계 값을 적용하여 해결하였다.

### 3.2 원 Wyner-Ziv 영상을 모르고 있을 경우(online)

#### 3.2.1 기존의 방법

복호기에서 원 Wyner-Ziv 영상을 모르고 있을 경우 상관 잡음 모델링을 하는 기존의 방법 중 대표적인 방법을 소개한다. 먼저 Brites 등은 다음과 같은 상관 잡음 모델링 기법을 제안하였다<sup>[3]</sup>. 먼저 식 (4)를 이용하여 DCT 영역에서 Wyner-Ziv 프레임과 부가정보간의 차이를 추정하였다.

$$\hat{T}(u,v) = \frac{DCT(X_F(x+dx_f, y+dy_f) - X_B(x+dx_b, y+dy_b))}{2} \quad (4)$$

이때  $X_F$ 는 이후 키 프레임이고  $X_B$ 는 이전 키 프레임을 나타내고  $dx_f$ 와  $dy_f$ 는 순방향 방향으로의 움직임 벡터,  $dx_b$ 와  $dy_b$ 는 역방향 방향으로의 움직임 벡터를 의미한다. DCT 밴드별 상관 잡음 모델링은 식 (4)에서 구한  $\hat{T}$ 을 이용하여 원 Wyner-Ziv 영상을 알고 있을 경우와 같은 방법으로 식 (2)를 이용하여 구한다. 또한 각 DCT 블록에 적응적인 DCT 계수별 상

관 잡음 모델의 Laplacian 분포를 예측하기 위하여 식 (5)를 이용하여 구한다.

$$D_b(u,v) = |\hat{T}_b(u,v)| - \hat{\mu}_b$$

$$\hat{\alpha}(u,v) = \begin{cases} \hat{\alpha}_b, & |D_b(u,v)| \leq \hat{\sigma}_b^2 \\ \sqrt{\frac{2}{[D_b(u,v)]^2}}, & |D_b(u,v)| > \hat{\sigma}_b^2 \end{cases} \quad (5)$$

식 (5)는 원 Wyner-Ziv 영상을 알고 있을 때의 계수별 상관 잡음 모델링과 비슷하지만 오버플로를 방지하기 위한 식을 구하는 방법으로 밴드별 상관 잡음 모델링 방법에서 구한 분산 값을 사용하였다. 또한 밴드별 상관 잡음 모델링 방법에서 구한  $\alpha$ 값을 사용하게 된다.

#### 3.2.2 제안하는 방법

상관 잡음 모델링을 효율적으로 구현하기 위하여 복호기에서 부가정보를 생성할 때 생성한 움직임 벡터를 이용하여 상관 잡음 모델링을 하는 기법을 제안한다. 그림 2에 제안하는 방법을 도시하였다.

분산 동영상 부호화 시스템에서는 부가정보를 생성하는 방법으로 보통 움직임 보상 보간 기법을 사용하는데 이때 이전과 이후 키 프레임을 이용하게 된다. 효과적인 부가정보 생성 방법으로 먼저 잡음으로 인한 움직임 추정 오류를 방지하기 위하여 저역통과 필터(LPF)를 통과한 후 순방향 움직임 추정과 양방향 움직임 추정 방식으로 움직임 벡터를 생성하고 가중 벡터 중간 값 필터를 이용하여 움직임 벡터를 보정하게 된다. 이때 가중치 중간 값 필터로 보정되는 움직임 벡터로 이후 키 프레임을 이용해 중간 프레임 1을 생성하고 이전 키 프레임을 이용해 중간 프레임 2를 생성한다. 이렇게 생성한 두 중간 프레임간의 차이를 이용하여 식 (6)과 같이 상관 잡음 모델링을 한다.

$$\hat{T}(u,v) = \frac{DCT(X_F(x+MVx_w, y+MVy_w) - X_B(x-MVx_w, y-MVy_w))}{2} \quad (6)$$

이때  $X_F$ 는 이후 키 프레임이고  $X_B$ 는 이전 키 프레임이다. 그리고  $MVx_w$ 와  $MVy_w$ 는 부가정보를 생

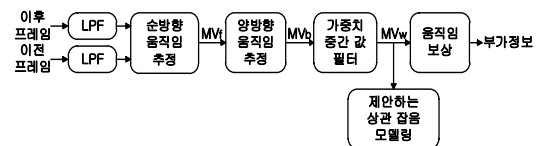


그림 2. 제안하는 방법

성하기 위해 생성한 움직임 벡터이다. 제안하는 방법과 기존의 방식의 차이점은 제안하는 방법에서는 상관 잡음 모델링을 위하여 따로 움직임 추정을 하지 않고 부가정보를 생성할 때 발생하는 움직임 벡터를 사용하는 것이다. 그렇기 때문에 부가정보 생성 방법에 따라 적응적으로 제안하는 방법을 적용할 수 있다. 또한 상관잡음 모델링을 위하여 추가적으로 움직임 추정을 하지 않기 때문에 복호기의 복잡도를 증가시키지 않는다는 장점이 있다. 순차적인 부가정보 생성 방법을 사용하였을 때 각 단계마다 다른 움직임 벡터가 생성될 수 있다. 일반적으로 움직임 보정된 벡터를 사용하였을 때 가장 좋은 성능을 보이므로 본 논문에서는 가중치 중간값 필터로 보정된 움직임 벡터를 사용하여 상관 잡음 모델링을 하였다. DCT 밴드별 상관 잡음 모델의 Laplacian 분포를 예측하기 위하여 식 (6)에서 구한  $\hat{T}$ 을 이용하여 원 Wyner-Ziv 영상을 알고 있을 경우와 같은 방법인 식 (2)와 같이 Laplacian 분포의 계수값  $\alpha$ 를 구한다. 계수별 상관 잡음 모델링 역시 식 (6)에서 구한  $\hat{T}$ 을 이용하여 기존의 방법에서 사용한 방법인 식 (5)를 이용하여 계수별 상관 잡음 모델링을 한다.

#### IV. 제안하는 키 프레임 부호화 방법

본 논문에서는 분산 동영상 부호화 시스템의 성능 평가를 위하여 H.264 intraframe 부호화 방식으로 부호화된 키 프레임을 사용하였다. 재생되는 동영상의 화질을 일정하게 유지하려면 Wyner-Ziv 프레임과 키 프레임간의 PSNR 결과가 비슷한 양자화 파라미터를 찾아야 하는데 이를 위하여 적응적 양자화 파라미터를 찾기 위한 방법을 제안한다.

##### 4.1 기존의 방법

입력 영상의 Wyner-Ziv 프레임의 양자화 테이블에 따라 모든 키 프레임에 대해 다음과 같은 H.264 intraframe 양자화 파라미터 QP를 사용하는 방법이 제안되었다<sup>3,9</sup>.

이때 사용한 Wyner-Ziv 프레임 양자화를 위한 테이블은 그림 3에 제시하였다. 그러나 이러한 방법은 복호기에서 최종적으로 구한 PSNR의 평균을 비슷하게 하도록 하는 양자화 파라미터로 영상의 화질이 급격하게 변할 때는 Wyner-Ziv 프레임과 키 프레임의 PSNR 결과가 크게 차이가 난다. 또한 양자화 파라미터를 찾기 위해서 복호기에서 복원된 프레임과 원 프레임간의 PSNR 결과를 이용하였기 때문에 복호기의

16 8 0 0 0	32 8 0 0 0	32 8 4 0 0	32 16 8 4
8 0 0 0 0	8 0 0 0 0	8 4 0 0 0	16 8 4 0
0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	4 0 0 0 0	8 4 0 0
0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	4 0 0 0
32 16 8 4	64 16 8 8	64 32 16 8	128 64 32 16
16 8 4 4	16 8 8 4	32 16 8 4	64 32 16 8
8 4 4 0	8 8 4 4	16 8 4 4	32 16 8 4
4 4 0 0	8 4 4 0	8 4 4 0	16 8 4 0

그림 3. Wyner-Ziv 프레임 양자화를 위한 8가지 테이블

표 1. 키 프레임 양자화 파라미터

WZ 프레임 양자화 테이블 영상(QCIF)	0	1	2	3	4	5	6	7
Coastguard	38	37	37	34	33	31	30	26
Foreman	40	39	38	34	34	32	29	25
Hall monitor	37	36	36	33	33	31	29	24
Stefan	44	43	41	36	36	34	31	25
Soccer	40	39	38	34	34	32	29	25

최종적인 PSNR 결과를 알 수 없는 부호기에서는 이와 같은 방법을 사용 할 수 없다. 따라서 본 논문에서는 부호기에서 Wyner-Ziv 프레임의 양자화 테이블에 따라서 키 프레임의 양자화 파라미터를 적응적으로 찾는 방법을 제안한다.

##### 4.2 제안하는 방법

그림 4에 제안하는 방법을 도시하였다. 그림 4에서 WZ MSE Estimator에서는 현재 원 Wyner-Ziv 프레임과 양자화 테이블을 이용하여 양자화된 Wyner-Ziv 프레임 간의 MSE(mean square error)를 구하게 된다. 이렇게 구한 Wyner-Ziv 프레임의 MSE를 이용하여 Intra QP Estimator에서 Wyner-Ziv 프레임과 비슷한 화질을 유지하도록 다음 키 프레임의 양자화 파라미터를 구하게 된다. H.264에서는 총 52개의 양자화 스텝 값들이 정의되며 이는 양자화 파라미터에 의해 지시되는데 이때 양자화 스텝 크기는 양자화 파라미터가 6 증가할 때 마다 두 배가 된다. 식 (7)은 양자화

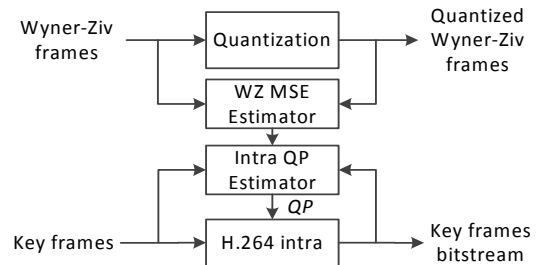


그림 4. 부호기에서 키 프레임의 양자화 파라미터 추정 방법

파라미터와 양자화 스텝 크기간의 관계를 나타낸다<sup>[6]</sup>.

$$Q_{step} = 2^{(QP-4)/6} \quad (7)$$

여기서 QP는 양자화 파라미터이고 Qstep은 양자화 스텝 크기이다. 또한 MSE와 양자화 스텝 크기 간의 관계는 식 (8)과 같이 단순화 시킬 수 있다<sup>[7]</sup>.

$$MSE = \rho Q_{step} \quad (8)$$

식 (7)과 (8)을 이용하여 MSE와 양자화 파라미터 간의 관계를 구할 수 있는데 이를 식 (9)에 나타내었다.

$$MSE = \rho \cdot 2^{(QP-4)/6} \quad (9)$$

Intra QP Estimator에서는 식 (9)를 이용하여 키 프레임에 대한 정수의 양자화 파라미터를 추정하게 된다. 그런데 분산 동영상 부호화 시스템에서 키 프레임의 성능이 Wyner-Ziv 프레임에 복원하기 위해 생성하는 부가정보의 성능에 영향을 크게 미치게 된다. 이를 고려하여 식 (9)를 통해 구한 Wyner-Ziv 프레임의 MSE와 비슷한 MSE를 가지는 실수 값 QP에서 소수 점 버림을 통해 더 성능이 좋은 정수 값의 키 프레임 파라미터를 선택한다. 또한 식 (9)에서  $\rho$ 는 양자화 파라미터를 구하기 위한 파라미터로 입력 영상마다 그 값이 다르다. 따라서 키 프레임의 양자화 파라미터를 적응적으로 찾기 위해서는 입력 영상에 따라 다르게 적용해야 한다. 이를 위해서 식 (10)을 이용하여 과거 입력 영상의 결과로부터 현재 프레임에 대한  $\rho$ 값을 적응적으로 찾는 방법을 사용하였다.

$$\rho_{est} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{MSE_i}{2^{(QP_i-4)/6}} \quad (10)$$

식 (10)에서  $\rho_{est}$ 는 현재 키 프레임 부호화를 위해 추정된  $\rho$ 값이고,  $MSE_i$ 와  $QP_i$ 는  $i$ 번째 과거 키 프레

임의 실제 MSE와 양자화 파라미터이다. 즉,  $N$ 개의 과거 키 프레임의 실제 값들을 이용하여 현재 키 프레임에 대한  $\rho$ 를 추정하게 된다. 즉, 식 (10)에서 추정된  $\rho_{est}$ 를 식 (9)의  $\rho$ 로 하고 WZ MSE estimator에서 계산된 MSE를 이용하여 식 (9)의 키 프레임의 QP를 계산함으로써 Wyner-Ziv 프레임과 비슷한 화질을 갖도록 하기 위한 키 프레임의 양자화 파라미터를 구할 수 있다.

### V. 성능평가

본 논문에서는 제안하는 상관 잡음 모델을 평가하기 위하여 QCIF 규격의 Coastguard 300 프레임, Foreman 400 프레임, Hall monitor 300 프레임, Stefan 100 프레임, Soccer 300 프레임의 표준 동영상을 각각 사용하였으며 Coastguard 영상과 Stefan 영상의 프레임 율은 25Hz 이고 Foreman 영상과 Hall monitor 영상, Soccer 영상의 프레임 율은 30Hz이다. 또한 부가정보를 생성할 때 순방향 움직임 추정을 위한 블록 크기는 16×16으로 하였으며 움직임 탐색 영역은 48×48로 하였다. 양방향 및 가중치 벡터 중간 값 필터를 위한 블록 크기는 8×8로 하였다. 또한 부가적으로 움직임 보상보관을 수행하기 이전에 키 프레임에 저역 통과 필터를 사용하여 잡음에 대한 영향을 줄임으로써 최적의 부가정보를 생성하였다.

키 프레임 부호화에는 H.264 intraframe 부호화 방법을 사용하고 키 프레임 양자화 파라미터를 위하여 앞에서 제안한 알고리즘을 사용하였다. 표 2는 제안한 방법을 사용하였을 때의 평균 키 프레임 양자화 파라미터이다. 이때 초기  $\rho$ 값은 1로 하였고  $N$ 은 2로 고정하였는데 초기 값은 실험을 통하여 가장 적합한 값을 찾았다. 그림 5는 Foreman 영상에서 Wyner-Ziv 양자화 값에 따른 프레임별 PSNR 결과를 나타낸다. 홀수 번째 프레임은 키 프레임의 PSNR 결과이며 짝수 번째 프레임은 Wyner-Ziv 프레임의 PSNR 결과이다.

표 2. 제안한 알고리즘으로 추정된 평균 키 프레임 양자화 파라미터

WZ 프레임 양자화 테이블 영상(QCIF)	0	1	2	3	4	5	6	7
Coastguard	45.4	45	42.6	37.4	37.1	34.7	31.3	25.7
Foreman	43	42.6	40.2	35.4	34.7	32.2	29.1	24.1
Hall monitor	46.2	46	43.7	38.3	38	35.7	32.3	26.8
Stefan	45	44.8	43.2	38.8	38.1	35.4	33.2	28.2
Soccer	43	41.3	39.2	33.9	33.6	31	27.3	21.8

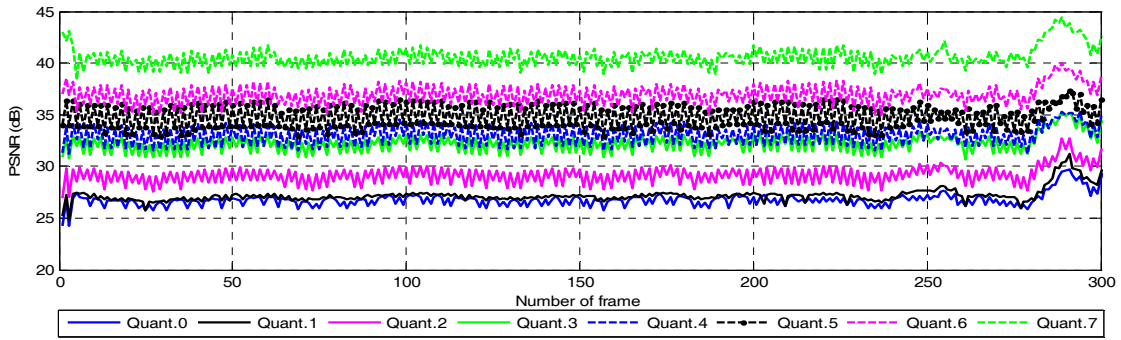


그림 5. 프레임 별 PSNR 결과 - Foreman (아래부터 양자화 테이블 0~7번에 대한 결과임)

그림 5에서 1번 프레임부터 약 5번 프레임까지는 적절한  $\rho$  값을 찾아가는 과정으로 볼 수 있다. 또한 약 270번 프레임 이후 움직임이 큰 부분이 생기는데 이때에도 변화에 잘 적응해 가면서 따라가는 모습을 볼 수 있다. 또한 표 3은 제안한 방법을 이용하였을 때의 Wyner-Ziv 프레임과 키 프레임간의 평균 PSNR 결과이다.

그림 5와 표 3에서 Wyner-Ziv 프레임의 평균 PSNR 과 키 프레임의 평균 PSNR 결과가 약간의 차이가 있음을 알 수 있다. 이는 제안하는 방법이 부호기에서 사용할 수 있는 정보들만을 사용하여 키 프레임을 위한 양자화 파라미터를 추정하였기 때문이다. 복호기에서는 Wyner-Ziv 프레임을 복원하기 위해서 상관 잡음 모델링을 이용한 방법으로 복원 성능을 향상시키는데 부호기에서는 복호기에서 추정한 상관 잡음 모델을 모르기 때문에 이러한 방법을 사용할 수 없다<sup>8)</sup>. 하지만 기존의 방법과 달리 제안한 방법은 정의되지 않은 영상이 입력되었을 때 여러 번의 실험을 통해 적절한

양자화 파라미터를 선택해야하는 기존의 방법과 달리 적절한 양자화 파라미터를 동적으로 찾아주게 된다.

본 논문에서 제안한 상관잡음 모델링을 적용하였을 때의 분산 동영상 부호화 시스템의 성능을 분석하기 위해서 복호기에서 원 Wyner-Ziv 영상을 알고 있다고 가정한 경우와 원 Wyner-Ziv 프레임을 모르는 경우에 대하여 상관 잡음 모델을 적용한 분산 동영상 부호화 시스템의 성능을 다양한 영상에 대해서 구한 결과를 그림 6~10에 도시하였다. 이때 Wyner-Ziv 영상에 대한 부호화 결과와 H.264 intraframe 부호화 방식으로 부호화 하였을 때의 성능 결과를 모두 포함하였다. 그림 6~10에서 offline은 원 Wyner-Ziv 영상을 알고 있다고 가정한 결과를 의미하고 online은 원 Wyner-Ziv 프레임을 모르는 경우를 의미한다.

각 영상에 대한 결과에서 알 수 있는 것과 같이 밴드별 상관 잡음 모델은 online과 offline의 경우 근접한 성능을 보이며 계수별 상관 잡음 모델은 offline일 때와 비교하여 약 1~2dB의 PSNR 성능 저하를 보인

표 3. Wyner-Ziv 프레임과 키 프레임의 평균 PSNR 결과

WZ 프레임 양자화 테이블 영상(QCIF)		0	1	2	3	4	5	6	7
Coastguard	KEY	24.59	24.82	26.10	29.14	29.36	30.85	33.25	37.63
	WZ	24.60	24.80	27.14	30.76	31.41	33.20	35.55	39.79
Foreman	KEY	26.50	27.00	28.37	31.39	31.88	33.57	35.79	39.72
	WZ	26.87	27.23	29.54	32.56	33.60	35.55	37.40	40.90
Hall monitor	KEY	24.63	24.78	26.24	30.29	30.51	32.22	34.91	39.08
	WZ	24.70	24.91	27.46	31.94	32.68	34.80	37.18	41.02
Stefan	KEY	22.08	22.20	23.37	26.82	27.41	29.55	31.60	36.18
	WZ	22.21	22.33	24.38	28.18	29.50	31.83	33.70	37.66
Soccer	KEY	28.44	29.22	30.40	33.21	33.38	34.88	37.25	41.49
	WZ	28.68	29.14	30.86	33.69	33.97	35.49	37.75	41.99

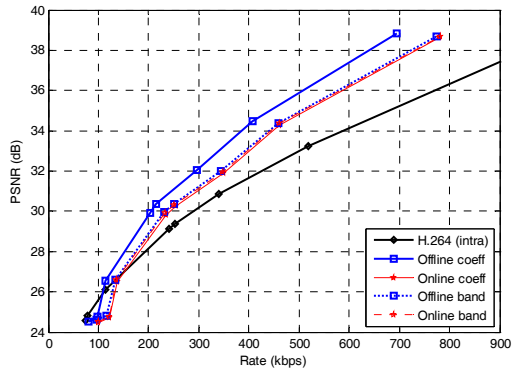


그림 6. 제안한 방법과 offline에 대한 평균 PSNR 결과 (Coastguard)

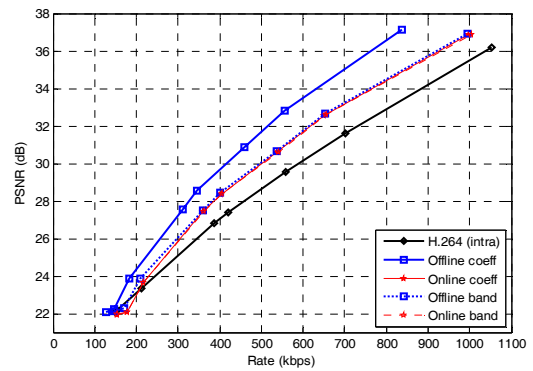


그림 9. 제안한 방법과 offline에 대한 평균 PSNR 결과 (Stefan)

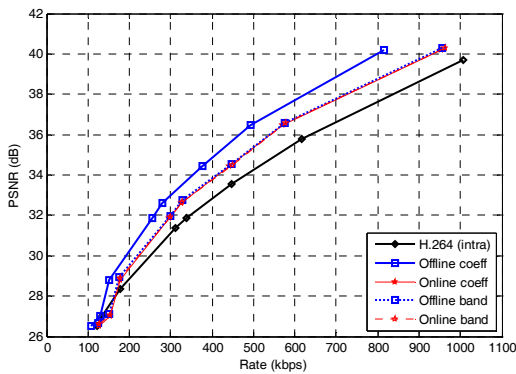


그림 7. 제안한 방법과 offline에 대한 평균 PSNR 결과 (Foreman)

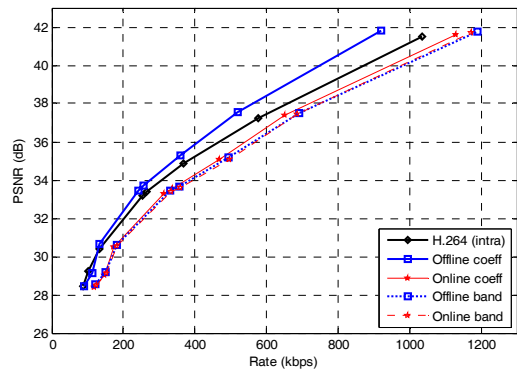


그림 10. 제안한 방법과 offline에 대한 평균 PSNR 결과 (Soccer)

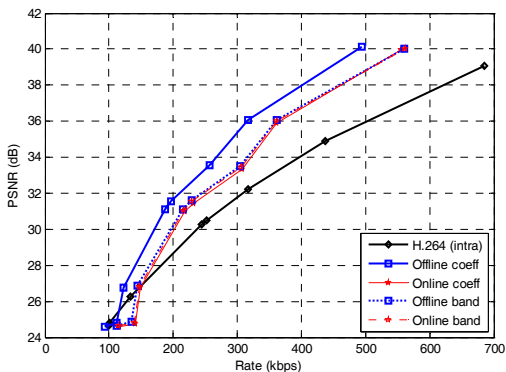


그림 8. 제안한 방법과 offline에 대한 평균 PSNR 결과 (Hall monitor)

다. 특히 움직임이 큰 Stefan과 Soccer 영상에 대해서 계수별 상관 잡음 모델은 online의 경우 offline에 비해 성능 저하가 비교적 크다. 그러나 원 Wyner-Ziv 프레임은 복호기에서 알 수 없기 때문에 offline인 경

우의 결과는 성능 비교를 위한 목적으로만 사용될 수 있다. 이상의 결과에서 복호기에서 원 Wyner-Ziv 프레임을 모르는 경우에 제안하는 상관 잡음 모델을 사용하면 밴드별 결과의 경우 원 Wyner-Ziv 프레임을 알고 있는 경우에 근접하는 우수한 결과를 보임을 알 수 있다. H.264 intraframe 부호화 기법의 성능과 비교하면 움직임이 매우 큰 Soccer 영상을 제외하면 online과 offline의 성능 모두 제안하는 분산 동영상 부호화 시스템이 우수한 PSNR을 보인다.

## VI. 결론

본 논문에서는 분산 동영상 부호화 시스템을 위한 효율적인 상관 잡음 모델링 기법을 제안하였다. 제안한 방법은 부가정보 생성을 위해 추정된 움직임 벡터를 이용하므로 상관 잡음 모델링을 위한 복잡도를 줄일 수 있다. 밴드별 상관 잡음 모델은 복호기에서 원



Wyner-Ziv 영상을 알고 있을 때와 비교하여 유사한 성능을 보임을 알 수 있었다. 또한 성능 평가를 위해 Wyner-Ziv 프레임의 양자화 테이블에 따라서 적응적으로 키 프레임의 양자화 파라미터를 추정하는 방법을 제안하였다. 기존의 영상이나 양자화 테이블에 따라서 모든 키 프레임에 같은 양자화 파라미터를 사용하는 기존의 방법과는 달리 제안하는 방법을 사용하면 부호기에서 양자화 파라미터를 동적으로 추정함으로써 프레임마다 적절한 양자화 파라미터를 선택하는 것을 확인할 수 있었다. 제안하는 방법은 다른 입력 영상을 위해서 별도의 키 프레임 양자화 파라미터를 선택하는 과정이 필요 없고 키 프레임의 양자화 파라미터를 동적으로 찾을 수 있다.

### 참 고 문 헌

[1] B. Girod, A. Aaron, S. Rane, and D. Rebollo-Monedero, "Distributed video coding," Proc. IEEE, Vol.93, No.1, pp.71-83, Jan., 2005.

[2] A. Aaron, S. Rane, E. Setton and B. Girod, "Transform-domain Wyner-Ziv codec for video," in Proc. SPIE Visual Communications and Image Processing, San Jose, CA, pp. 520-528, Jan., 2004.

[3] C. Brites and F. Pereira, "Correlation noise modeling for efficient pixel and transform domain Wyner-Ziv video coding," IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology, Vol.18, No.9, pp.1177-1190, Sep., 2008.

[4] C. Berrou, A. Glacieux, "Near optimum error correcting coding and decoding: turbo-codes," IEEE Trans. on Comm., Vol.44, pp.1261-1271, Oct., 1996.

[5] R. G. Gallager, "Low-density parity-check codes," IRE Trans. Inform. Theory, Vol.IT-8, pp.21-28, Jan., 1962.

[6] S. Ma, W. Gao, and Y. Lu, "Rate-distortion analysis for H.264/AVC video coding and its application to rate control," IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., Vol.15, No.12, pp.1533-1544, Dec., 2005.

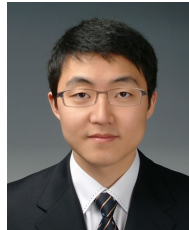
[7] H. Wang and S. Kwong, "A rate-distortion optimization algorithm for rate control in H.264," in Proc. IEEE ICASSP, 2007, Vol.1, pp.1149-1152.

[8] D. Kubasov, J. Nayak, and C. Guillemot, "Optimal reconstruction in Wyner-Ziv video coding with multiple side information," in Proc. IEEE Workshop Multimedia Signal Process., Crete, Greece, Oct., 2007, pp.183-186.

[9] J. D. Areia, F. Pereira, W.A.C. Fernando, "Impact of the key frames quality on the overall Wyner-Ziv video coding performance," in ELMAR-2008. 50th International Symposium, Zadar, Croatia, Vol.2, pp.467-470 sept., 2008.

문 학 수 (Hak-soo Moon)

준회원



2009년 2월 가톨릭대학교 정보통신전자공학부 학사 졸업  
2010년 3월~현재 가톨릭대학교 정보통신전자공학과 석사과정 <관심분야> 영상통신, 영상처리

이 창 우 (Chang-woo Lee)

종신회원



1988년 서울대학교 제어계측공학과(공학사)  
1990년 서울대학교 제어계측공학과 석사졸업  
1996년 서울대학교 제어계측공학과 박사 (영상신호처리전공)  
현재 가톨릭대학교 정보통신전자

공학부 교수

<관심분야> 영상 신호처리, 영상 통신

이 성 원 (Seong-won Lee)

정회원



1988년 서울대학교 제어계측공학과(공학사)  
1990년 서울대학교 제어계측공학과 석사졸업  
2003년 University of Southern California 전기공학과 박사  
현재 광운대학교 전자정보공과

대학 컴퓨터공학과 교수

<관심분야> 2D/3D 영상 신호처리, ASV, ASIP 및 SoC설계, Power-Aware Computing