한국통신학회논문지 '12-11 Vol.37A No.11
http://dx.doi.org/10.7840/kics.2012.37A.11.952

분산 동영상 부호화 시스템을 위한 전송률 및 왜곡 제어 방법

문 학 수•, 이 창 우°

Rate-Distortion Control Method for Distributed Video Coding System

Hak-soo Moon•, Chang-woo Lee°

요 약

간단한 부호기를 사용하는 분산 동영상 부호화 시스템은 복호기에서 생성한 부가정보와 원 Wyner-Ziv (WZ) 프레임간의 차이를 채널부호를 이용해 정정하게 되는데 오류정정이 제대로 이루어지지 않으면 복호기에서 피드백 채널을 통해 추가 패리티 비트를 요청하게 된다. 특히 이동통신 등과 같이 제한된 환경에서 분산 동영상 부호화 시스템을 사용하기 위해서는 전송률 및 부호화 왜곡을 효율적으로 제어할 수 있어야 한다. 본 논문에서는 부호기에서 비트 전송률을 제한함으로써 통신환경에 맞도록 비트 전송률을 일정하게 제어하는 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 전송률을 적절히 제어할 뿐 만 아니라 부호화 성능도 일정하게 유지하는 장점이 있다.

Key Words : Distributed video coding system, feedback channel, Wyner-Ziv frame, quantization parameter, constant rate control.

ABSTRACT

In the distributed video coding (DVC) system, the difference between the side information and the original Wyner-Ziv frame is corrected using channel codes and the additional parity bits are requested through feedback channel if the error is not corrected. The efficient bit rate control is important to use the DVC system in the band-limited channel, such as mobile communication environments. In this paper, the constant bit rate control method in the encoder of the DVC system is proposed. The coding performance as well as the bit rate is efficiently controlled by the proposed method.

Ⅰ. 서 론

분산 동영상 부호화 시스템은 H.264와 같은 기존의 부호화 방식과 달리 부호기의 복잡도를 낮추기 위해 부호기에서 움직임 추정을 하지 않고 프레임간의 상관성을 복호기에서 이용하는데 움직임 보상 보간 기법을 이용하여 부가정보를 생성하게 된다. 이렇게 생성한 부가정보와 원 WZ(Wyner-Ziv) 프레임간의 차이를 채널 부호를 이용해 정정하게 된다[1-3,11,12]. 이때 부호기에서 전송한 패리티 비트인 WZ 비트를 이용해 오류 정정을 하게 되는데 채널 부호 복호기에서 오류 정정이 제대로 이루어지지

※ 본 연구는 2012년도 가톨릭대학교 교비 연구비 지원 및 정부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (No.2012-0002935).
• 주저자 : 가톨릭대학교 정보통신전자공학과, haksoo84@catholic.ac.kr, 준회원
° 교신저자 : 가톨릭대학교 정보통신전자공학과, changwoo@catholic.ac.kr, 종신회원
논문번호 : KICS2012-08-344, 접수일자 : 2012년 8월 2일, 최종논문접수일자 : 2012년 10월 22일

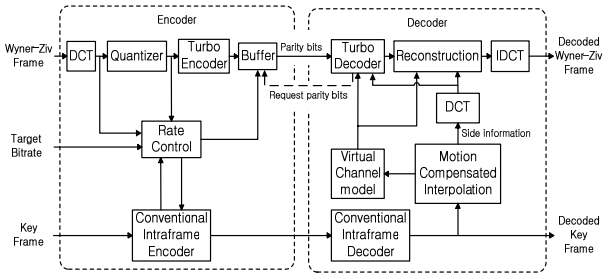

그림 1. 고정 비트율 제어를 위한 분산 동영상 부호화 시스템의 구조
Fig. 1. Structure of distributed video coding system for constant bit rate control

않으면 피드백 채널을 이용하여 추가 WZ 비트 전송을 요청하게 된다. 분산 동영상 부호화 시스템에서 키 프레임은 H.264 intraframe 부호화 방법과 같은 기존의 intraframe 부호화 방식을 이용하여 부호화 되는데 이때 양자화 파라미터에 따라 키 프레임 부호화에 따른 정보량이 정해진다. WZ 프레임은 DCT 영역으로 변환된 후 양자화 테이블을 사용하여 양자화 하는데 이때 사용하는 양자화 테이블에 따라 bitplane의 수가 정해지고, 각 bitplane을 채널 부호기의 입력으로 하여 WZ 비트를 생성하게 되는데 복호기에서 필요한 WZ 비트를 부호기에서 전송함에 따라 WZ 프레임에 대한 비트 전송량이 결정된다[1-5].

본 논문에서는 부가정보와 WZ 프레임간의 차이를 정정하기 위해 전송되는 WZ 비트 정보량과 키 프레임 정보량을 부호기에서 제어함으로써 한정된 대역폭을 사용하는 환경에서 사용할 수 있는 효율적인 비트 전송률 및 부호화 왜곡 제어 방법을 제안한다. 할당된 비트 전송량에 따라 적절한 WZ 프레임과 키 프레임 양자화 방법을 선택하는데 이때 기존의 방식처럼 단순히 비트 전송량 제어 뿐 아니라 WZ 프레임과 키 프레임의 화질이 비슷하도록 세밀하게 조절하는 방법을 제안한다. 즉, WZ 프레임에 대한 비트 전송률을 제어하기 위해 지그재그 스캔 방식을 이용하여 확장한 WZ 프레임 양자화 테이블을 사용하여 비트 전송량과 화질을 세밀하게 제어한다. 본 논문의 2장에서는 분산 동영상 부호화 시스템에 대하여 설명하고 3장에서는 고정 비트 전송률 제어 방법을 설명한다. 4장에서는 본 논문에서 제안하는 고정 비트 전송률 제어 방법에 대한 모의실험 및 그 결과에 대해 논의하고 5장에서 결론을 맺는다.

Ⅱ. 분산 동영상 부호화 시스템

분산 동영상 부호화 시스템은 키 프레임을 부호화하는 부분과 WZ 프레임을 부호화 하는 부분으로 나눌 수 있다[1,2,11,12]. 키 프레임을 부호화하는 부분은 기존의 영상 부호화 시스템의 intraframe 부호화 방식으로 부호화된다. 또한 WZ 프레임은 부호기에서 4×4 블록으로 나뉘어 DCT 영역으로 변환하고 각 DCT 계수에 대해서 bitplane을 생성하게 되는데 이렇게 생성된 bitplane은 채널 부호기의 입력이 되어 복호기에서 오류 정정을 위한 패리티 비트인 WZ 비트를 생성하게 된다. 복호기에서는 복호화된 키 프레임들을 이용하여 부가정보를 생성하게 되는데 이때 채널 복호기에서는 부가정보와 원 WZ 프레임간의 차이를 채널 부호기에서 전송한 WZ 비트를 이용하여 복원하게 된다. 이때 복호기에서 오류 정정이 제대로 이루어지지 않을 경우 피드백 채널을 이용하여 부호기에 추가 WZ 비트 전송을 요구하게 된다. 여기서 부호기에서 키 프레임 양자화 파라미터를 이용하여 키 프레임에 대한 비트 전송률을 제어할 수 있고 WZ 프레임은 WZ 프레임 양자화 테이블을 이용하여 WZ 프레임 복호를 위한 패리티 비트인 WZ 비트 전송률을 제어함으로써 전체적인 비트 전송률을 제어할 수 있다. 그림 1에 고정 비트 전송률 제어를 위한 동영상 부호화 시스템의 구조를 도시하였다. 부호기의 rate control 부분에서 초기에 목표 비트 전송률을 설정하게 되는데 이때 설정된 목표 비트 전송률에 따라 키 프레임 부호화를 위한 양자화 파라미터와 WZ 프레임 복호화를 위해 전송되는 패리티 비트인 WZ 비트 전송량을 제어한다.

Ⅲ. 전송률 및 부호화 왜곡 제어 방법

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. 기존의 방법

Jakubowski 등은 분산 동영상 부호화 시스템에서 WZ 테이블의 평균적인 비트 전송률 차이를 실험 영상에 따라 계산하여 다음 WZ 비트 전송률을 예측하는 방법과 키 프레임 부호화율 예측 방법을 동시에 사용하는 방법을 제안하였다. 그림 2에

Jakubowski 등이 제안한 알고리듬을 도시한다[3]. 먼저 WZ 프레임에 대한 부호화를 수행하는데 이후 예상되는 비트 전송량을 이용하여 키 프레임에 대한 양자화 파라미터를 설정하고 부호화를 수행한다. 이후 WZ 복호화를 수행하게 되고, 결과적으로 얻은 최종 비트 전송률을 통해 다음 WZ 프레임 부호화를 위한 양자화 테이블을 선택하게 된다. 여기서 키 프레임 양자화 파라미터를 이용하여 식 (1)과 같은 방법으로 비트 전송률을 예측한다.

$$R_{I1} = R_{I0} \times 2^{-\frac{QP_1 - QP_0}{6}} \quad (1)$$

R_{I0}은 이전 키 프레임 부호화에 사용한 비트 전송량이고 R_{I1}은 다음 키 프레임 부호화를 위해 예측된 비트 전송량이다. 키 프레임 부호화를 위해 사용한 H.264 intraframe 부호화 방법에서는 *QP* 값이 6 증가하거나 감소할 때 비트 전송량은 절반이 되거나 두 배가 된다. 기존의 방법에서는 식 (1)을 이용하여 양자화 파라미터의 값을 예측할 때 양자화 파라미터 값의 변화량을 -3~+5까지 제한하였는데 만약 한번에 주어진 목표 비트 전송률에 맞게 양자화 파마리터 값을 설정하였을 경우 다음 키 프레임 양자화 파라미터를 설정할 때 값이 반대 방향으로 크게 변화하기 때문에 일정한 변화량 안에서 값을 설정되도록 제한하였다.

WZ 프레임 양자화를 위한 방법으로 표 1과 같은 입력 영상에 따른 평균 WZ 비트 전송률 차이에 대한 비율을 구한 테이블을 이용한다. 표 1에서 Q_{I0}은 이전에 부호화된 WZ 프레임 양자화 테이블이고 Q_{I1}은 현재 부호화 될 WZ 양자화 테이블을 의미한다. 이때 사용하는 8개의 WZ 양자화 테이블은 그림 3와 같다. 하지만 표 1에서 구한 테이블 간의 비트 전송률 차이에

표 1. WZ 양자화 테이블 간 WZ 비트 전송률 차 이에 대한 비율
Table 1. Ratio for bit rate differences of WZ bit rates between WZ quantization tables

Q_{I1} / Q_{I0}	0	1	2	3	4	5	6	7
0	0	0.44	0.72	1.82	2.11	3.54	5.19	10.75
1	-0.30	0	0.19	0.96	1.16	2.14	3.28	7.09
2	-0.41	-0.16	0	0.64	0.81	1.64	2.59	5.79
3	-0.64	-0.49	-0.39	0	0.10	0.60	2.59	3.14
4	-0.68	-0.54	-0.45	-0.09	0	0.45	0.98	2.74
5	-0.78	-0.68	-0.62	-0.37	-0.31	0	0.36	1.56
6	-0.83	-0.76	-0.72	-0.54	-0.49	-0.26	0	0.88
7	-0.91	-0.87	-0.85	-0.75	-0.72	-0.60	-0.46	0

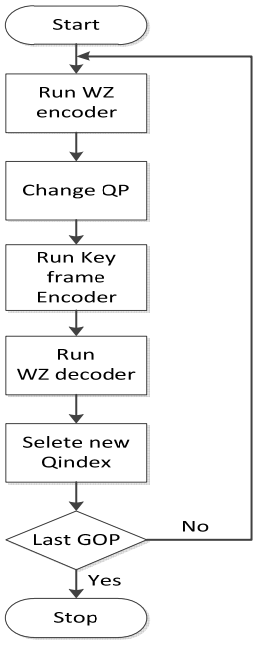

그림 2. Jakubowski 등이 제안한 고정 비트 전송률 제어 방법[7]
Fig. 2. Conventional constant bit rate control method[7]

대한 비율 값들은 영상에 따라 차이가 있는데 표 1의 값은 4개의 QCIF 표준 영상(Coastguard, Foreman, Hall monitor, Soccer)의 WZ 양자화 테이블에 따른 각각의 표준 변화율을 나타내기 때문이다. 기존의 방법에서는 이전에 부호화된 WZ 영상의 WZ 비트 전송률을 이용하여 식 (2)와 같이 다음 WZ 프레임의 WZ 비트 전송률을 예측한다[3].

$$R_{WZ1} = R_{WZ0} + R_{WZ0} \times T[Q_{I0}][Q_{I1}] \quad (2)$$

여기서 R_{WZ0}은 이전에 부호화된 WZ 프레임의 비트 전송률이고 R_{WZ1}은 다음 WZ 프레임을 위해 예측된 비트 전송률이다. 이때 $T[Q_{I0}][Q_{I1}]$는 표 1의 값을 사용한다. 이렇게 선택된 WZ 양자화 테이블을 이용하여 부호화하고 복호화한 후 남은 비트 전송률에 맞는 다음 키 프레임 양자화 파라미터를 찾게 된다. 기존의 방법에서는 현재의 양자화 테이블을 선택하기 위해 표 2와 같이 실험을 통해 얻은 평균적으로 성능이 비슷한 키 프레임 양자화 파라미터와 WZ 양자화 테이블 번호를 이용하여 양자화 테이블을 선택하였는데 현재의 WZ 양자화 테이블은 이전에 양자화된 키 프레임의 양자화 파라미터 값에 따라서 비슷한 성능을 가지는 양자화 테이블을 선택하는 방법을 사용하였다. 하지만 이러한 방법은 WZ 프레임 부호화 후 예

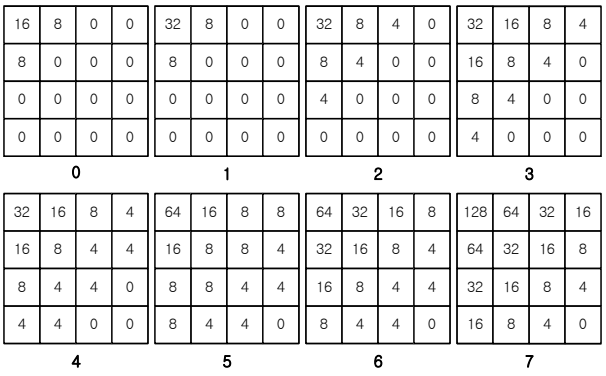

그림 3. WZ 프레임 부호화를 위한 WZ 양자화 테이블
Fig. 3. WZ quantization tables for encoding WZ frames

측된 WZ 비트 전송률이 실제 값과 크게 차이가 날 경우 목표 비트 전송률을 맞추기 위해 다음 부호화되는 키 프레임의 화질이 크게 변하게 되는 단점이 있고 이에 따라 WZ 양자화 테이블도 값이 크게 변할 수 있다. 또한 앞서 제시한 표 1과 표 2를 사용할 경우 실험 영상들에 대한 평균적인 값으로 움직임이 크거나 복잡도가 크게 변하는 영상에서는 예측하기 힘들며 이때 PSNR 값 또한 크게 변하게 된다.

표 2. WZ 양자화 테이블에 따른 키 프레임 양자화 파라미터
Table 2. Quantization parameters of key frames for WZ quantization tables

실험 영상 / WZ 테이블 번호	Coastguard	Foreman	Hall monitor	Soccer	평균
0	39	42	37	45	41
1	38	40	36	44	40
2	38	39	35	42	39
3	35	36	33	38	36
4	34	35	32	38	35
5	33	33	31	35	33
6	31	31	29	31	31
7	27	26	25	26	26

3.2. 제안하는 방법

제안하는 비트 전송률 제어 방법은 크게 두 부분으로 나뉘게 되는데 초기 입력 영상에 따라 초기 값을 설정하여 부호화된 값들을 이용하여 적당한 키 프레임 양자화 파라미터 값과 WZ 양자화 파라미터를 찾게 되고 이후 비슷한 화질을 갖도록 세밀하게 키 프레임 양자화 파라미터와 WZ 양자화 테이블을 조절한다. 제안하는 방법의 알고리듬을 그림 4에 도시하였다. 제안하는 방법은 먼저 키 프레임 부호화를 실시한다. 이후 다음 키 프레임 부호화를 위한 양자화 파라미터를 계산하기 위해 ρ 값과 λ 값을 구하게 된다. 이후에는 WZ 프레임에 대한 부호화와 복호화를 실시하고 이후에는 다음 WZ 프레임에 대한 양자화 테이블을 선택하게 된다. 키 프레임 부호화를 위한 양자화 파라미터 또한 앞서 구한 ρ 값과 λ 값을 이용해 구한다.

먼저 키 프레임 부호화를 위하여 본 논문에서는 H.264 intraframe 부호화 방법을 사용하였는데 H.264에서는 총 52개의 양자화 파라미터를 정의하며 이때 양자화 스텝 크기는 양자화 파라미터가 6 증가할 때마다 두 배가 된다. 식 (3)은 H.264에서 양자화 파라미터와 양자화 스텝 크기 간의 관계를 나타낸다[8,9].

$$Q_{step} = 2^{(QP-4)/6} \tag{3}$$

양자화 스텝과 MSE 값 사이의 관계는 식 (4)과 같이 단순화 시킬 수 있다[8,9].

$$MSE = \rho Qstep \tag{4}$$

여기서 ρ는 양자화 스텝과 MSE의 관계를 나타내는 파라미터로 영상마다 그 값이 다르다. 또한 양자화 스텝과 정보량 간의 관계는 식 (5)와 같이 나타낼 수 있는데 여기서 λ는 양자화 스텝과 정보량간의 관계를 나타내는 파라미터로 역시 입력 영상에 따라 그 값이 다르다[8,9].

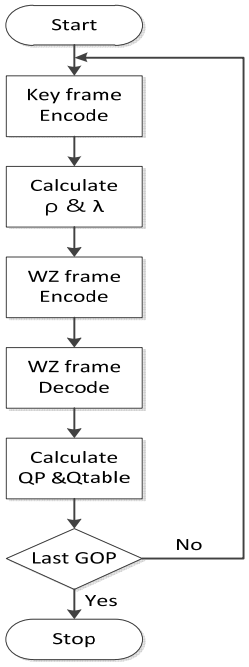

그림 4. 제안하는 고정 비트 전송률 제어 방법
Fig. 4 Proposed constant bit rate control method

$$R = \lambda \frac{1}{Qstep} (bits) \quad (5)$$

위의 식들을 이용하여 양자화 파라미터와 양자화 후 생성되는 정보량과 MSE 간의 관계를 구할 수 있는데 이를 식 (6)과 식 (7)에 나타내었다.

$$R = \lambda \cdot 2^{-(QP-4)/6} (bits) \quad (6)$$

$$MSE = \rho \cdot 2^{(QP-4)/6} \quad (7)$$

위와 같은 식들을 이용하여 키 프레임에서 생성되는 정보량과 화질을 예측할 수 있다. 처음에는 식 (6)을 이용해 목표 정보량에 따른 적당한 키 프레임 양자화 파라미터를 찾게 되고 이후에는 식 (7)을 이용하여 비슷한 화질을 갖게 하기 위하여 키 프레임 양자화 파라미터를 조절하게 된다. 식 (6)과 식 (7)을 이용하기 위해서는 ρ값과 λ값을 알아야 한다. 하지만 초기에는 비트율과 MSE 값을 모르기 때문에 처음 두 개의 키 프레임을 H.264 intraframe 부호화 방식을 이용하여 부호화 할 때 초기 양자화 파라미터 값은 45를 사용하여 부호화 하고 이후 키 프레임을 부호화 할 때부터는 이전 키 프레임을 부호화 할 때 생성된 비트율과 MSE 값을 알 수 있기 때문에 ρ값과 λ값을 구하여 비슷한 화질을 갖는 키 프레임 양자화 파라미터를 찾는다.

WZ 프레임을 부호화하기 위하여 처음 WZ 양자화 테이블은 Jakubowski 등이 제안한 기존의 방법과 같이 이전의 WZ 프레임 정보량을 이용하여 적절한 다음 WZ 양자화 테이블을 찾는다. 하지만 기존의 8개

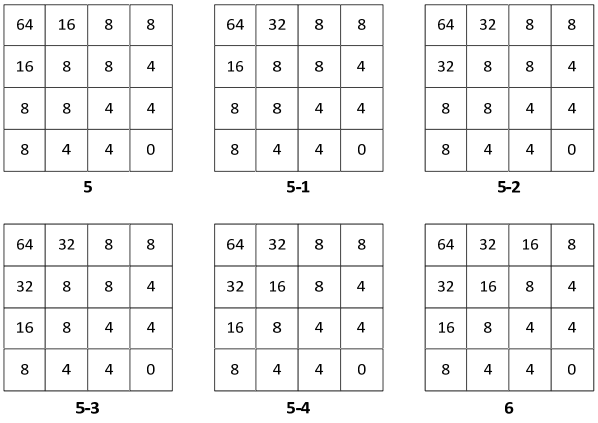

그림 5. 추가로 사용된 WZ 양자화 테이블(5번과 6번 사이)
Fig. 5. Additional WZ quantization table (used between quantization table 5 and 6)

의 WZ 테이블을 이용하여 WZ 정보량을 예측할 때 WZ 정보량의 차이는 양자화 테이블에 따라 균등하게 증가하거나 감소하지 않고 사용하는 테이블에 따라 다르기 때문에 세밀한 예측을 하기 어렵다. 한 예로 6번 양자화 테이블과 7번 양자화 테이블 간에는 거의 두 배 정도의 WZ 정보량이 증가하는 반면, 3번과 4번 사이에는 약 10% 정도의 증가량만 보인다[3]. 그렇기 때문에 세밀한 WZ 정보량 제어를 위해서는 다양한 양자화 테이블을 사용할 필요가 있다. 본 논문에서는 8개의 WZ 양자화 테이블 사이에 지그재그 스캔 순서로 새로운 WZ 양자화 테이블을 추가함으로써 좀 더 세밀한 WZ 정보량 제어를 하였는데 이때 기존의 8개의 WZ 양자화 테이블을 포함하여 총 42개의 테이블을 사용하였다. 그림 5은 5번과 6번 테이블을 포함하여 추가로 생성되는 양자화 테이블을 나타낸 것인데 5번 양자화 테이블과 6번 양자화 테이블 사이에는 5개의 bitplane을 추가하게 된다. 이때 5개의 bitplane을 한꺼번에 추가하여 바로 6번 양자화 테이블을 생성하지 않고 지그재그 스캔 순서로 하나씩 더해가면서 추가적인 WZ 양자화 테이블을 생성하였는데 이와 같이 WZ 양자화 테이블을 추가함으로써 좀 더 세밀하게 WZ 정보량 제어가 가능하도록 하였다.

비트 전송률을 효과적으로 제어하기 위해서 본 논문에서는 WZ 비트 skip 방법을 사용하였는데 WZ 비트를 전송할 때 GOP당 목표 정보량에 도달 했을 때 이후 WZ 비트를 전송하지 않고 skip하는 방법을 사용하였다. 하지만 skip되는 bitplane의 수가 증가할 경우 성능이 저하되는 문제가 발생할 수 있는데 이때 복호기에서 생성한 부가정보 값을 그대로 사용하여 성능을 향상시키는 방법을 사용하였다. 한 예로 WZ 비트를 전송할 때 5번째 계수에 대한 bitplane 부분에서 목표 비트 전송률에 도달하였을 때 6번째 계수에 대한 bitplane 부분부터는 skip을 하게 된다. 이때 복호기에서는 skip한 계수에 대한 비슷한 값을 부가정보를 통해 알 수 있으므로 skip된 6번째 계수부터 같은 위치에 있는 부가정보의 계수 값을 그대로 가져와 성능을 향상시키게 된다. 또한 사용한 정보량이 목표 정보량보다 적게 사용하였을 경우 남은 비트를 다음 GOP의 부호화에 추가적으로 사용할 수 있도록 하여 좀 더 좋은 화질을 갖도록 하였다. 하지만 바로 다음번 GOP에만 해당 비트를 넘겨 줄 경우 역시 화질이 크게 변경되기 때문에 이후 4개의 GOP에 균등하게 나누어 분배하여 균등한 화질을 갖도록 하였다.

Ⅳ. 성능평가

본 논문에서는 제안하는 고정 비트 전송률 제어 방법을 평가하기 위해 QCIF 규격의 Coastguard 200 프레임, Foreman 200 프레임, Hall monitor 200 프레임, Stefan 100 프레임의 표준 동영상을 각각 사용하여 성능을 평가하였으며 GOP 크기는 2로 고정하였다. 목표 비트 전송률은 GOP 당 1000kbps로 하였는데 GOP의 크기가 2일 경우 프레임 당 500kbps에 해당한다. 복호기에서 부가정보를 생성할 때 순방향 움직임 추정 방법, 양방향 움직임 추정 방법, 가중치 벡터 중간 값 필터를 순서대로 수행하여 부가정보를 생성하였는데 이때 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[7]. 또한 부가적으로 움직임 보상 보간을 수행하기 이전에 키 프레임에 저역 통과 필터를 사용하여 잡음에 대한 영향을 줄임으로써 최적의 부가정보를 생성하였다[7]. WZ 프레임과 키 프레임이 비슷한 화질을 갖도록 하기 위해서는 부호기에서도 복호기에서 복원된 WZ 프레임을 알고 있어야 한다. WZ 프레임을 복원할 때 목표 정보량에 도달하였을 경우 skip하는 방법을 이용하였는데 이때 성능 향상을 위하여 skip된 bitplane 위치에 복호기에서 생성된 부가정보의 같은 위치의 값을 그대로 사용하였다. 이럴 경우 부호기에서도 복호화된 WZ 프레임에 대한 성능을 예측하기 위해 복호기에서 생성된 부가정보를 알고 있어야 한다. 하지만 복호기에서 부가정보를 생성하는 방법을 부호기에서 사용할 경우 부호기의 복잡도가 크게 높아진다. 따라서 본 논문에서는 대표블록과 육각형 기반 움직임 추정을 이용하여 간단한 부가정보 생성 방법을 사용하여 부가정보를 생성하였다[10]. 실험을 위한 분산 동영상 부호화 시스템에서 복호기에서 WZ 복원을 위해 채널 부호를 사용하는데 본 논문에서는 Shannon 의 한계치에 근접한 성능을 보이는 터보 부호를 사용하였다[4,5]. 세밀한 비트 전송률 제어를 위해 터보 부호의 puncturing 주기를 48로 하였으며 상관 잡음 모델링 방법은 부가정보를 생성할 때 생성되는 움직임 벡터를 사용하였다[12]. 또한 성능 향상을 위해 터보 부호에서 생성된 패리티 비트를 한번에 한 비트씩 전송하는 방법을 사용하였다.

키 프레임 부호화에는 H.264 intraframe 부호화 방법을 사용하고 초기 양자화 파라미터는 45를 사용하였다[6]. 또한 WZ 프레임 부호화를 위한 WZ 양자화 테이블의 초기 값은 3번 테이블을 이용하였다. 그림 6과 그림 7은 Coastguard 실험 영상에 대한 GOP당 비트 전송량과 프레임 당 PSNR 결과이다. 초기에는 할당된 비트 전송률에 맞는 키 프레임 양자화 파라미터와 WZ 테이블을 찾아가는 것을 볼 수 있다. 처음 2개의 GOP에서는 목표 비트 전송량에 적합한 양자화 파라미터와 WZ 양자화 파라미터를 찾기 위해서 부호율의 변화율이 크지만, 목표 비트 전송량에 적합한 키 프레임 양자화 파라미터와 WZ 프레임 양자화 테이블을 찾은 후에는 비슷한 PSNR 값을 갖도록 조절하면서 부호화를 수행하는 것을 볼 수 있다. 특히 Jakubowski 등이 제안한 기존의 방법과 비교하여 전체적으로 PSNR 결과가 좋은 것을 볼 수 있으며 제안하는 방법이 기존의 방법보다 키 프레임과 WZ 프레임 PSNR 결과의 차이가 크기 않은 것을 볼 수 있다. 또한 약 70 프레임 정도에서 영상의 전체적인 움직임이 큰 부분에서도 적응적으로 부호화율이 조절되는 것을 볼 수 있다. 또한 그림 8과 그림 9는 Foreman 실험 영상에 대한 GOP당 비트 전송량과 프레임 당 PSNR 결과인데 Coastguard 영상과 같이 제한적인 비트 전송률 환경에서 비슷한 PSNR을 갖도록 하기 위해 적응적으로 부호화율이 조절되는 것을 볼 수 있다. 특히 기존의 방법과 비교하여 제안하는 방법이 PSNR 결과가 차이가 적은 것을 볼 수 있다. 그림

표 3. 기존의 방법과 제안하는 방법의 평균 PSNR과 평균 비트 전송률 (목표 비트 전송률 : 1000kbps)
Table 3. PSNR and average bit rate for conventional and proposed methods (target bit rate : 1000kbps)

실험영상 (Test video sequence) / 실험결과 (Results)		Coastguard	Foreman	Hall monitor	Stefan
평균 PSNR (Average PSNR)	기존의 방법 (Conventional)	33.8756	34.7316	38.6095	27.9275
	제안하는 방법 (Proposed)	34.3097	36.6751	39.8415	28.4404
평균 bit rate(kbps) (Average bit rate)	기존의 방법 (Conventional)	918.6016	932.4078	901.8419	926.7331
	제안하는 방법 (Proposed)	977.1446	977.8473	972.2206	972.6882

10과 그림 11은 Hall monitor 영상에 대한 결과인데 전체적으로 기존의 방법보다 제안하는 방법의 PSNR 결과가 좋은 것을 확인할 수 있으며 이전의 실험 영상들의 결과와 마찬가지로 제안하는 방법이 PSNR 결과의 변화율이 작은 것을 볼 수 있는 것으로 보아 적응적으로 부호화율이 조절되는 것을 볼 수 있다. 그림 12와 그림 13은 Stefan 영상에 대한 결과인데 움직임이 큰 Stefan 영상에서는 처음에 적당한 양자화 파라미터와 테이블을 찾지 못해 PSNR 결과가 유동적으로 변하는 것을 볼 수 있다. 그러나 제안하는 방법은 상황에 따라 적절한 WZ 양자화 테이블과 키 프레임 양자화 파라미터를 찾아가는 것을 볼 수 있지만 기존의 방법은 50 프레임 이후의 PSNR 결과가 다시 크게 변화하는 것을 볼 수 있다.

표 3에 기존의 방법과 제안하는 방법 간의 평균 PSNR과 전체 비트 전송률을 비교하였는데 제안하는 방법이 기존의 방법보다 목표 비트 전송률에 좀 더 가까이 도달한 것을 볼 수 있으며 평균 PSNR도 기존의 방법보다 제안하는 방법이 약 0.5dB이상 높은 것을 확인할 수 있다. 또한, 복잡도면을 기존의 방법과 제안하는 방법을 비교하였을 때 큰 차이가 없다. 기존의 방식과 비교하여 부호화 순서가 바뀌면서 기존의 방식에서 WZ 프레임 부호화 후 남은 비트 전송률에 적절한 키 프레임 양자화 파라미터를 찾는 것을 제안하는 방법에서는 ρ값과 λ값을 이용하는 방법으로 변경하였으며 이때 구하는 ρ값과 λ값 사이에는 수식을 통해 서로 관계가 있기 때문에 어느 한 값을 구하면 다른 한 값을 구하기 쉽다. 또한 기존의 방법에서 WZ 프레임 부호화를 위한 양자화 테이블을 찾는 부분을 제안하는 방법에서는 단순 PSNR 비교를 통해서 해결하였기 때문에 전체적인 복잡도를 비교하였을 때 큰 차이가 없다.

V. 결 론

본 논문에서는 분산 동영상 부호화 시스템에서 비트 전송률 및 부호화 왜곡을 효율적으로 제어하기 위한 방법을 제안하였다. 이를 위해 목표 비트 정보량에 따라 적절한 키 프레임 양자화 파라미터를 계산하는 방법과 WZ 양자화 테이블을 사용하는 방법을 제안하였으며 고정 비트 전송률 환경에서도 비슷한 화질을 유지하는 방법을 제안하였다. 실험을 통하여 그 결과를 확인하였는데 입력 영상에 따라 적응적으로 양자화 파라미터와 테이블을 찾아가는 것을 확인할 수 있었으며 움직임이 있는 부분에서도 WZ 프레임과 키 프레임의 PSNR 결과가 비슷한 것을 볼 수 있다. 하지만 움직임이 매우 큰 영상의 경우 처음에는 적당한 양자화 파라미터와 양자화 테이블을 찾지 못해 PSNR 결과가 변화하는 것을 볼 수 있었지만 이후 비슷한 PSNR을 갖는 양자화 파라미터와 테이블을 찾는 것을 볼 수 있었다. 제안하는 비트 전송률 제어 방법은 모든 영상에 대해서 처음 몇 개의 GOP에 대해서 전송률에 맞는 키 프레임 양자화 파라미터와 WZ 테이블을 찾기 위해서 전송률이 다소 변화하지만 이후에는 전송률을 일정하게 유지하는 것을 볼 수 있었다. 기존의 방법과 비교하였을 때 전체적으로 높은 PSNR 결과를 보였으며 프레임 당 PSNR 결과에서도 기존의 방법보다 키 프레임과 WZ 프레임의 결과가 비슷한 것을 알 수 있었다.

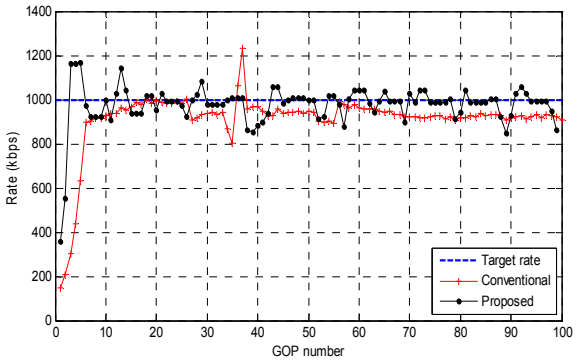

그림 6. GOP 당 비트 전송률 (Coastguard)
Fig. 6. Bit rate for each GOP (Coastguard)

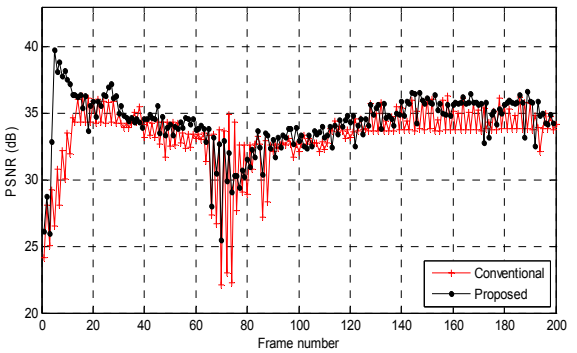

그림 7. 프레임 당 PSNR 결과 (Coastguard)
Fig. 7. PSNR for each frame (Coastguard)

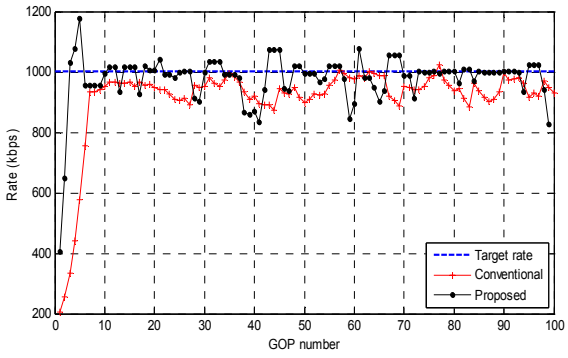

그림 8. GOP 당 비트 전송률 (Foreman)
Fig. 8. Bit rate for each GOP (Foreman)

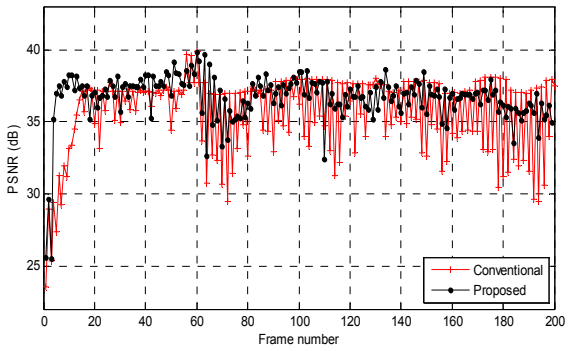

그림 9. 프레임 당 PSNR 결과 (Foreman)
Fig. 9. PSNR for each frame (Foreman)

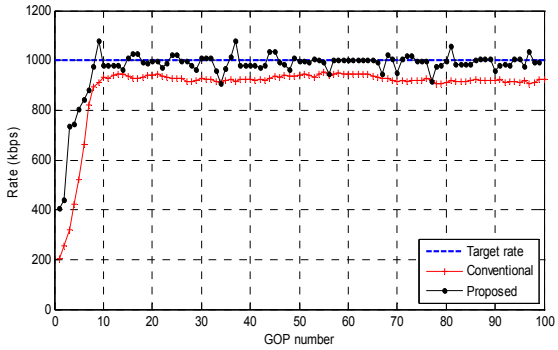

그림 10. GOP 당 비트 전송률 (Hall monitor)
Fig. 10. Bit rate for each GOP (Hall monitor)

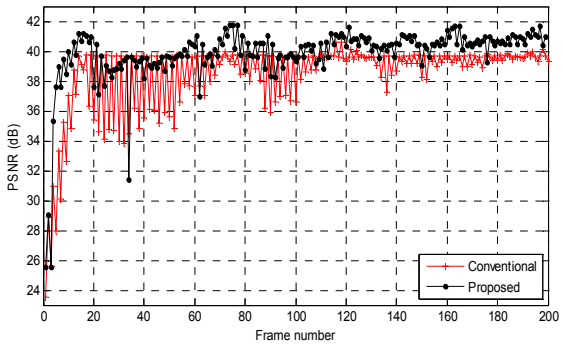

그림 11. 프레임 당 PSNR 결과 (Hall monitor)
Fig. 11. PSNR for each frame (Hall monitor)

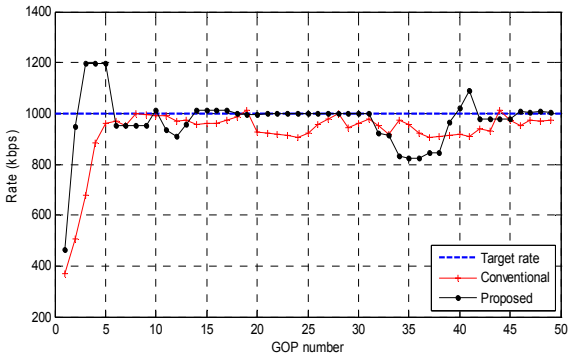

그림 12. GOP 당 비트 전송률 (Stefan)
Fig. 12. Bit rate for each GOP (Stefan)

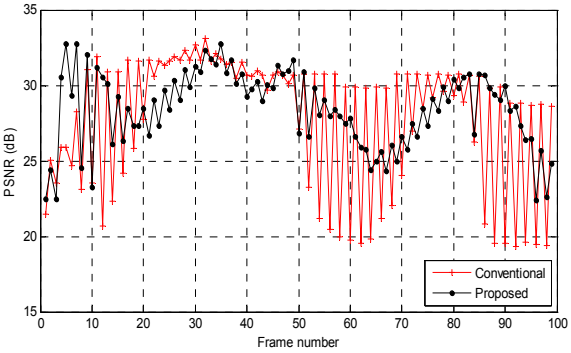

그림 13. 프레임 당 PSNR 결과 (Stefan)
Fig. 13. PSNR for each frame (Stefan)

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,* pp. 520-528, San Jose, CA, Jan. 2004.

[3] M. Jakubowski, J. Ascenso, G. Pastuszak, “Constant bitrate control for a distributed video coding system,” in *SIGMAP 2008,* pp. 131-138, Jul. 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] C. Brites and F. Pereira, “Probability updating for decoder and encoder rate control turbo based Wyner-Ziv video coding,” *IEEE ICIP,* Hong

Kong, Sep. 2010.

[6] 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,* pp. 467-470, Zadar, Croatia, vol. 2, Sept. 2008.

[7] 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.,* pp. 183~186, Crete, Greece, Oct. 2007.

[8] 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.

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

[10] C. Zhu, X. Lin, and L. P. Chau, "Hexagon-based search pattern for fast block motion estimation," *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.,* vol. 12, pp. 349-355, May 2002.

[11] Hiuk Jae Shim and Byeungwoo Jeon, "Distributed video coding technique," *Magazine of IEEK*, vol. 36, no. 6, pp. 91-105, April 2009.

[12] H. S. Moon, C. W. Lee, S. W. Lee, "Effective Correlated Noise Modeling and Performance Evaluation for the Distributed Video Coding System", *KICS journal,* vol. 36, no. 6, pp. 368-375, June 2011.

문 학 수 (Hak-soo Moon)

2009년 2월 가톨릭대학교 정보통신전자공학부 학사 졸업

2012년 2월 가톨릭대학교 정보통신전자공학과 석사 졸업

현재 LG전자 연구원

<관심분야> 영상통신, 영상처리

이 창 우 (Chang-woo Lee)

1988년 서울대학교 제어계측공학과(공학사)

1990년 서울대학교 제어계측공학과 석사졸업

1996년 서울대학교 제어계측공학과 박사 (영상신호처리전공)

1996년 3월~1997년 8월 삼성전자 신호처리연구소 선임연구원

현재 가톨릭대학교 정보통신전자공학부 교수

<관심분야> 영상 신호처리, 영상 통신