

무손실 영상 압축을 위한 향상된 CABAC 방법

정희원 허진*, 종신회원 호요성**

Improved CABAC Method for Lossless Image Compression

Jin Heo* *Regular Member*, Yo-Sung Ho** *Lifelong Member*

요약

본 논문에서는 무손실 영상 압축의 효율을 높이기 위해 새로운 문맥 기반 적응적 이진 산술 부호화(context-based adaptive binary arithmetic coding, CABAC) 방법을 제안한다. 기존의 H.264/AVC의 CABAC은 손실(loosy) 부호화 환경에 적합하게 설계되었기 때문에, 무손실(lossless) 부호화 환경에서 최적의 부호화 성능을 제공하지 못한다. 따라서, 무손실 화면내 부호화 환경에서 잔여 신호의 통계적 특성을 고려하여 향상된 CABAC 기반의 잔여 신호 부호화 방법을 제안한다. 실험 결과로부터 무손실 화면내 부호화 환경에서 본 논문에서 제안하는 향상된 CABAC 방법이 기존의 CABAC 방법에 비해 평균적으로 약 18.2% 정도의 비트 수를 감소시키는 것을 확인했다.

Key Words : H.264/AVC, Lossless Coding, Context-Based Adaptive Binary Arithmetic Coding, Intra Coding

ABSTRACT

In this paper, we propose a new context-based adaptive binary arithmetic coding (CABAC) method for lossless image compression. Since the conventional CABAC in H.264/AVC was originally designed for lossy coding, it does not yield adequate performance during lossless coding. Therefore, we proposed an improved CABAC method for lossless intra coding by considering the statistical characteristics of residual data in lossless intra coding. Experimental results showed that the proposed method reduced the bit rate by 18.2%, compared to the conventional CABAC for lossless intra coding.

I. 서론

H.264/AVC 비디오 부호화 표준^{1,2)}은 이전의 비디오 부호화 표준에 비해 높은 부호화 효율을 제공하지만, 주로 손실(lossy) 부호화를 기반으로 연구되어 왔기 때문에 무손실(lossless) 부호화에서는 기존의 무손실 부호화 방법인 lossless joint photographic experts group (JPEG-LS)³⁾에 비해 비교적 효율이 낮다. 따라서, H.264/AVC 표준은 최근 무손실 부호화의 효율을 높이기 위해 비 변환 무손실 모드(transform-bypass lossless mode)를 지원하는 고급 프로파일(fidelity range extensions, FRExt)⁴⁾을 개발했다.

최근 원본 영상 저장, 고화질 영상 부호화, 의료 영상 처리 등 무손실 압축을 이용하는 응용 분야의 관심이 증대됨에 따라, 무손실 압축의 효율을 향상시키기 위한 새로운 화면내 부호화 방법이 제안됐다⁵⁾. 제안한 방법은 화면내 예측 후, 차분 신호를 차동 펄스 부호 변조(differential pulse-code modulation, DPCM)하는 방법이다.

손실 부호화에서 잔여 신호는 양자화 변환된 값이지만, 무손실 부호화에서 잔여 신호는 변환과 양자화를 수행하지 않으므로 단순히 원 영상과 예측된 영상의 차분 값이다. 따라서, 손실 부호화와 무손실 부호화의 잔여 신호 사이에는 명확한 통계적 특성 차이가

* 광주과학기술원 정보통신공학과({jinheo, hoyo}@gist.ac.kr)

논문번호 : KICS2011-02-100, 접수일자 : 2011년 2월 8일, 최종논문접수일자 : 2011년 5월 31일

존재한다. 이로 인해 본래 손실 부호화에서 양자화 변환된 잔여 신호의 통계적 특성에 적합하게 설계된 현재 H.264/AVC의 문맥 기반 적응적 이진 산술 부호화(context-based adaptive binary arithmetic coding, CABAC)^[6,7]는 무손실 부호화에서 잔여 신호 부호화에 적합하지 않다.

따라서, 본 논문에서는 무손실 부호화에서 잔여 신호의 통계적 특성을 분석하고, 이를 고려한 향상된 CABAC 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 효율적인 무손실 영상 압축을 위해 중요 맵 부호화와 차분 화소 값의 이진화 방법을 새롭게 제안한다. 제안한 방법은 기존의 CABAC 방법과 JPEG-LS 방법에 비해 더 좋은 부호화 성능을 나타낸다.

II. H.264/AVC의 CABAC

CABAC의 부호화 과정은 크게 네 단계: 이진화, 문맥 모델링, 이진 산술 부호화, 확률 업데이트로 구성된다. 첫 번째 단계는 이진 값이 아닌 신택스 요소를 이진화된 시퀀스로 매핑하는 과정이다. 만약 이진 값을 갖는 신택스 요소가 입력 신호로 주어지면, 첫 번째 단계인 이진화 과정은 생략된다. 두 번째 단계는 문맥 모델링 과정이다. 이진화된 시퀀스의 각 이진 값은 문맥 모델 단계로 들어간다. 여기서 이진 값은 이진화 과정에서 생성된 이진 시퀀스의 각각의 비트를 의미한다. 문맥 모델링 단계에서는 현재 이진 값에 대응하는 확률 모델을 이전에 부호화된 신택스 요소, 혹은 이진 값에 따라 선택한다. 확률 모델을 결정한 후, 결정된 확률 모델과 주어진 이진 값을 이용하여 이진 산술 부호화를 수행한다. 마지막으로 선택된 확률 모델을 업데이트한다.

4×4 하위 블록에서 양자화 변환된 계수의 CABAC 부호화 과정은 먼저, 주어진 하위 블록의 부호화 블록 플래그(coded block flag)를 사용하여 현재 하위 블록 내에 0이 아닌 계수가 존재하는지를 나타낸다. 만약 부호화 블록 플래그 값이 0이면, 더 이상 전송할 정보가 없으므로 현재 하위 블록에 대한 부호화 과정을 종료한다. 반대로 부호화 블록 플래그 값이 1이면, 중요 맵(significance map) 부호화와 레벨 부호화 과정을 수행한다.

만약 부호화 블록 플래그가 현재 하위 블록 내에 0이 아닌 계수가 존재한다고 나타내면, 중요 맵 부호화 과정에서는 이진 값을 갖는 중요 맵을 부호화한다. 스캔 순서에 따라 각각의 계수에 대해 1비트 신택스 요소 significant_coeff_flag를 부호화한다. 만약 현재 스캔 위

치에서 계수의 값이 0이 아니면, significant_coeff_flag 값은 1이 되고, 또 다른 1비트 신택스 요소 last_significant_coeff_flag를 부호화한다. 이 신택스 요소는 현재 0이 아닌 계수가 하위 블록 내에서 마지막 계수인지 아닌지를 나타낸다.

레벨 부호화 과정에서는 0이 아닌 계수를 coeff_abs_level_minus1과 coeff_sign_flag 두 신택스 요소를 사용하여 부호화한다. 여기서, 신택스 요소 coeff_abs_level_minus1은 레벨의 절대값에서 1을 뺀 값을 의미한다. coeff_sign_flag는 1비트 심볼을 사용하여 레벨 부호의 부호화를 수행하고, coeff_abs_level_minus1의 값은 단항/0차 지수 Golomb (Unary/0th order Exponential Golomb) 이진화 방법을 사용하여 부호화를 수행한다. 레벨의 부호화는 역으로 스캔된 순서에 따라 수행한다.

III. 무손실 영상 압축을 위한 향상된 CABAC

3.1 중요 맵 부호화

손실 부호화에서는 주어진 하위 블록 내의 0이 아닌 계수의 위치를 효율적으로 부호화하기 위해 두 신택스 요소 significant_coeff_flag와 last_significant_coeff_flag를 동시에 사용한다. 그림 1에서 보듯이, 일반적으로 손실 부호화(양자화 계수 값이 12, 24, 36일 때의 평균)에서 0이 아닌 계수의 발생 확률은 스캔 위치가 증가할수록 (고주파 영역으로 이동할수록) 감소한다. 따라서, 마지막 0이 아닌 계수는 스캔 위치상에서 앞쪽에 (저주파 영역) 존재할 확률이 크다. 이와 같은 경우, last_significant_coeff_flag는 효율적인 중요 맵 부호화를 위해 매우 중요하다.

그러나, 무손실 부호화에서는 변환과 양자화 과정을 수행하지 않으므로 그림 1에서 보듯이 0이 아닌 차분 화소의 발생 확률은 스캔 위치에 독립적이다. 이것

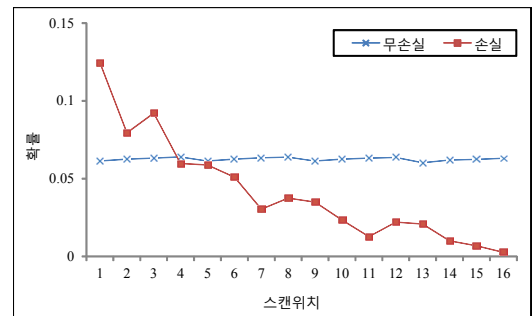


그림 1. 지그재그 스캔 위치에 따른 0이 아닌 잔여 데이터의 확률 분포

은 무손실 부호화에서 마지막 0이 아닌 차분 화소는 스캔 위치상에서 뒤쪽에 (고주파 영역) 존재할 확률이 크다는 것을 의미한다.

표 1은 한 하위 블록 내에서 마지막 0이 아닌 잔여 데이터가 존재하는 평균 위치를 나타낸다. 무손실 부호화에서 마지막 0이 아닌 차분 화소가 존재하는 평균 위치는 14.7로 손실 부호화에서 마지막 0이 아닌 계수가 존재하는 평균 위치보다 훨씬 더 뒤쪽에 (고주파 영역) 위치한다. 이러한 경우, 중요 맵 부호화 과정에서 last_significant_coeff_flag를 부호화하는 것은 무손실 부호화의 압축 효율을 저하시킨다.

따라서, 제안한 중요 맵 부호화 과정에서는 last_significant_coeff_flag 부호화 과정을 제거하고 하위 블록 내 모든 스캔 위치(1부터 16까지)에서 significant_diff_pixel_flag를 부호화한다.

그림 2는 손실 부호화와 무손실 부호화에서 중요 맵을 부호화하는 예를 나타낸다. 손실 부호화의 경우, 마지막 0이 아닌 계수의 스캔 위치 15까지 회색으로 표시한 significant_coeff_flag와 last_significant_coeff_flag를 각각 15번, 13번 부호화한다. 따라서, 중요 맵 부호화에서 이 두 신택스 요소는 총 28번 부호화를 수행한다. 그러나, 무손실 부호화의 중요 맵 부호화 과정에서는 last_significant_coeff_flag 부호화 과정을 제거했기

때문에 significant_diff_pixel_flag를 마지막 스캔 위치까지 모든 스캔 위치에서 부호화한다. 따라서, 그림 2(b)의 제안한 중요 맵 부호화 과정에서는 회색으로 표시한 significant_diff_pixel_flag를 총 16번 부호화하여 부호화 효율을 높인다.

3.2 차분 화소 값의 이진화

손실 부호화에서 양자화 변환된 계수의 절대값(abs_level)은 단항/k차 지수 Golomb (Unary/kth order Exponential Golomb, UEGk) 이진화 방법을 사용하여 이진화를 수행한다. 이 이진화 방법에서 작은 절대값의 계수는 절삭형 단항 (truncated unary, TU) 부호를 사용하여 이진화를 수행한 후, 부호화한다. TU 이진화 방법은 작은 절대값의 계수는 정확하게 부호화하지만, 큰 절대값의 계수를 정확하게 부호화하는 데는 한계가 있다. 따라서, 큰 절대값의 계수는 TU 부호와 지수 Golomb 부호^[8]를 결합하여 이진화를 수행한 후, 부호화한다.

UEGk는 컷 오프 (cutoff) 값이 14인 TU 부호를 접두사로 0차 지수 Golomb (EG0) 부호를 접미사로 (UEG0) 사용하여 이진화를 수행한다. 즉, abs_level이 14보다 작으면 TU 부호를 접두사로 사용하여 이진화하고, 그 이상이면 TU 부호와 EG0 부호를 각각 접두사와 접미사로 결합하여 이진화한 후, 부호화를 수행한다. EG0은 식 (1)에 나타난 확률 밀도 함수(probability density function, pdf)와 같이 기하학적 분포를 갖는 심볼을 부호화하는데 매우 효율적이기 때문이다.

$$p(x) = 1/2 \cdot (x+1)^{-2} \text{ with } x \geq 0 \quad (1)$$

이론적으로 부호화의 성능은 할당된 부호의 통계적 특성이 부호화할 심볼의 확률 분포 특성에 얼마나 근접하는가에 달려있다. 그러므로 잔여 데이터의 통계적 특성과 현재 이진화에 사용되는 TU 부호와 EG0 부호의 통계적 특성을 비교하여 부호화 성능을 확인할 수 있다.

무손실 부호화에서 차분 화소의 절대값(abs_diff_pixel)의 통계적 특성은 손실 부호화에서 abs_level의 통계적 특성과 큰 차이가 있다. 손실 부호화에서 abs_level의 통계적 분포는 작은 값으로 집중된다. 그러나, 무손실 부호화에서 abs_diff_pixel의 통계적 분포는 그림 3에서 보듯이, 전 영역에 넓게 분포한다. 또한, 그림 3으로부터 TU 부호는 손실 부호화(양자화 계수 값이 12, 24, 36일 때의 평균)에서

표 1. 한 하위 블록에서 마지막 0이 아닌 잔여 데이터의 평균 위치

실험 영상	양자화 계수			
	0	12	24	36
News	14.55	9.84	6.63	4.05
Foreman	14.77	12.55	6.99	2.83
Mobile	14.79	12.85	10.45	6.29
Tempete	14.79	12.46	9.04	3.81
City_corr	14.78	10.41	5.67	2.31
Crowdrun	14.82	13.60	6.67	2.62
평균	14.75	11.95	7.58	3.65

스캔 위치	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
양자화 변환 계수	8	-6	3	0	13	4	-9	1	0	11	-7	-2	5	-4	6	0
significant_coeff_flag	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
last_significant_coeff_flag	0	0	0		0	0	0	0		0	0	0	0	0	1	

(a) 손실 부호화에서 중요 맵 부호화 예

스캔 위치	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
차분 화소 값	8	-6	3	0	13	4	-9	1	0	11	-7	-2	5	-4	6	0
significant_diff_pixel_flag	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0

(b) 무손실 부호화에서 중요 맵 부호화 예

그림 2. 손실과 무손실 부호화에서 중요 맵 부호화 예

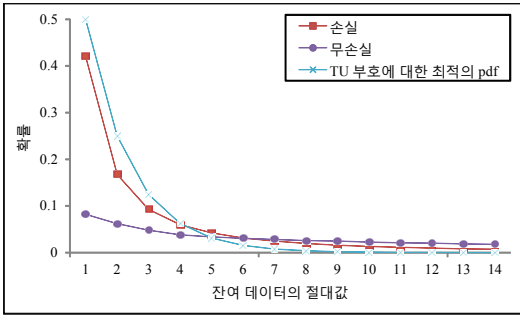


그림 3. 손실과 무손실 부호화에서 잔여 데이터의 절대값의 확률 분포와 TU 부호의 최적의 확률 밀도 함수

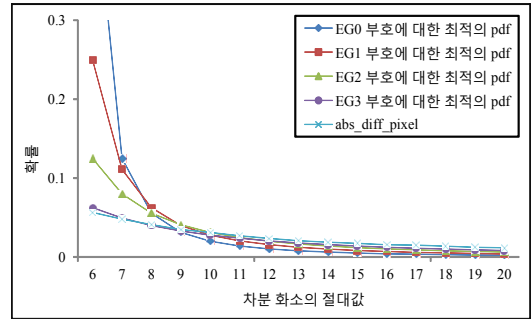


그림 4. k = 0, 1, 2, 3의 EGk에 대응하는 최적의 확률 밀도 함수의 확률 분포와 차분 화소의 절대값의 확률 분포

abs_level의 통계적 분포에 적합하게 설계된 부호인 반면, 무손실 부호화에서 abs_diff_pixel의 통계적 분포에는 적합하지 않다는 것을 확인할 수 있다.

무손실 부호화에서 abs_diff_pixel을 효율적으로 부호화하기 위해, 먼저 UEG0 이진화에서 TU 부호의 컷 오프 값을 변경한다. 그림 3에서 보듯이, TU 부호에 대한 최적의 확률 밀도 함수 곡선과 무손실 부호화에서 abs_diff_pixel의 확률 분포 곡선은 잔여 데이터의 절대값이 5인 곳에서 만난 후, 잔여 데이터의 절대값이 증가함에 따라 TU 부호와 abs_diff_pixel 사이의 통계적 차이는 점차 증가한다. 따라서, 제안한 이진화 방법에서는 접두사로 사용하는 TU 부호의 컷 오프 값을 5로 결정한다.

변형된 TU 부호를 기반으로 무손실 부호화 효율을 더욱 높이기 위해, EGk 부호에 대한 적합한 매개변수 k 값을 결정한다.

심볼 x에 대한 EGk 부호는 다음과 같이 생성된다. 먼저 접두사는 $l(x) = \lfloor \log_2(x/2^k + 1) \rfloor$ 의 값으로 표현되며, 접미사는 $k+l(x)$ 길이를 갖는 $x + 2^k(1 - 2^{l(x)})$ 값의 이진 비트열로 표현된다. 매개변수 k에 따라 최적의 부호를 갖는 각각의 EGk 부호의 확률 밀도 함수는 식 (2)를 이용하여 계산한다.

$$p_k(x) = 1/2^{k+1} \cdot (x/2^k + 1)^{-2} \text{ with } x \geq 0 \quad (2)$$

여기서, $p_k(x)$ 는 EGk 부호의 최적의 확률 밀도 함수를 나타낸다.

그림 4는 매개변수 k 값이 0, 1, 2, 3일 때, $p_k(x)$ 의 확률 분포와 6~20사이의 abs_diff_pixel의 확률 분포를 나타낸다. 여기서, 1부터 5까지의 abs_diff_pixel은 앞에서 언급한 TU 부호를 사용하여 이진화한다. 그림 4에서 보듯이, 매개변수 k 값이 3인 $p_3(x)$ 의 확률 분포가 abs_diff_pixel의 확률 분포와 가장 근접

한 것을 알 수 있다. 이 결과는 EG3 부호가 무손실 부호화에서 6보다 큰 abs_diff_pixel을 부호화하는데 가장 이상적인 코드라는 것을 의미한다.

이러한 결과로부터, 무손실 부호화에서 효율적으로 abs_diff_pixel을 부호화하기 위한 새로운 이진화 방법을 개발했다. 제안한 abs_diff_pixel의 UEGk 이진화는 컷 오프 값이 5인 TU 부호를 접두사로 3차 지수 Golomb (EG3) 부호를 접미사로 (UEG3) 사용한다. 표 2는 제안한 UEG3 이진화를 나타낸다.

표 2. 제안한 UEG3 이진화

abs_diff_pixel	이진 시퀀스	
	TU 접두사	EG3 접미사
1	0	
2	1 0	
3	1 1 0	
4	1 1 1 0	
5	1 1 1 1 0	
6	1 1 1 1 1 1	0 0 0 0
7	1 1 1 1 1 1	0 0 0 1
8	1 1 1 1 1 1	0 0 1 0
9	1 1 1 1 1 1	0 0 1 1
10	1 1 1 1 1 1	0 1 0 0
11	1 1 1 1 1 1	0 1 0 1
12	1 1 1 1 1 1	0 1 1 0
13	1 1 1 1 1 1	0 1 1 1
14	1 1 1 1 1 1	1 0 0 0 0 0
...
빈 인덱스	1 2 3 4 5	6 7 8 9 10 11 ...

IV. 실험 결과 및 분석

제안한 방법은 H.264/AVC 표준 소프트웨어 JM 13.2^[9]를 이용하여 실험했다. 자세한 실험 환경은 표 3에 나타낸다.

표 3. 실험 환경

실험 변수	값
ProfileIDC	244 (High4:4:4)
IntraPeriod	1 (Only intra)
QPISlice	0 (Lossless)
SymbolMode	1 (CABAC)
QPPrimeYZZeroTransformBypassFlag	1 (Lossless)

제안한 방법의 효율을 증명하기 위해, 두 가지 실험을 수행했다. 첫 번째 실험에서는 각 실험 영상을 100 프레임 부호화한 후, 제안한 CABAC과 기존의 CABAC의 성능을 비교했다. 이 때, 무손실 화면내 부호화에서 제안한 방법의 효율성을 평가하기 위해 다음과 같이 각 방법에 대한 성능 평가를 수행했다.

- 1) 방법 1: 제안한 중요 맵 부호화
- 2) 방법 2: 방법 1+제안한 차분 화소 값의 이진화

두 번째 실험에서는 제안한 방법(방법 2)을 기존의 무손실 부호화 방법인 JPEG-LS와 비교했다. 각 실험 영상은 한 영상(첫 번째 영상)만을 부호화한 후, 결과를 비교했다. 제안한 방법과 H.264/AVC 참조 소프트웨어 방법의 성능을 비교하기 위해 식 (3)의 비트수 이득을 사용했다. 그리고 제안한 방법과 JPEG-LS 방법의 성능을 비교하기 위해 식 (4)의 압축율을 사용했다.

$$\text{비트수이득} = \frac{\text{비트수}_{H.264/AVC} - \text{비트수}_{\text{제안한방법}}}{\text{비트수}_{H.264/AVC}} \times 100 \quad (3)$$

$$\text{압축율} = \frac{\text{비트수}_{\text{원영상}}}{\text{비트수}_{\text{제안한방법}}} \quad (4)$$

표 4의 실험 결과로부터, 제안한 CABAC 방법이 기존 H.264/AVC의 CABAC 방법과 비교하여 QCIF 급 영상의 경우 약 14%, CIF급 영상의 경우 약 24%, HD급 영상의 경우 약 16%의 비트 수를 감소시킴을 확인할 수 있다. 또한, 표 4의 실험 결과로부터 제안한 방법은 Mobile, Tempete와 같이 영상이 복잡하여 잔여 데이터의 통계적 분포가 랜덤한 특성을 갖는 영상에 보다 효율적임을 알 수 있다.

표 5는 제안한 방법과 JPEG-LS의 압축율을 비교한 표이다. 실험 결과를 통해 제안한 방법이 기존의 무손실 영상 압축에 널리 사용되는 JPEG-LS보다 뛰어난 압축율을 제공함을 알 수 있다.

표 4. 제안한 방법과 기존 CABAC의 성능 비교

영상	방법	전체 비트수	비트수 이득
News (QCIF)	H.264/AVC	13941080	0
	방법 1	12563136	9.884
	방법 2	12197216	15.639
Foreman (QCIF)	H.264/AVC	14344176	0
	방법 1	12857928	10.361
	방법 2	12572368	12.352
Mobile (CIF)	H.264/AVC	91371512	0
	방법 1	85034984	6.935
	방법 2	68152408	25.412
Tempete (CIF)	H.264/AVC	79063136	0
	방법 1	72756080	7.977
	방법 2	60830560	23.061
City_corr (HD)	H.264/AVC	565080864	0
	방법 1	507403880	10.207
	방법 2	470393024	16.757
Crowdrun (HD)	H.264/AVC	1250235376	0
	방법 1	112077696	10.355
	방법 2	1047171240	16.242
평균	H.264/AVC		0
	방법 1		9.287
	방법 2		18.244

표 5. 제안한 방법과 JPEG-LS의 압축율 비교

영상	방법	압축율
News (QCIF)	JPEG-LS	2.087
	제안한 방법	2.493
Foreman (QCIF)	JPEG-LS	1.818
	제안한 방법	2.419
Mobile (CIF)	JPEG-LS	1.487
	제안한 방법	1.785
Tempete (CIF)	JPEG-LS	1.656
	제안한 방법	2.000
City_corr (HD)	JPEG-LS	1.908
	제안한 방법	2.351
Crowdrun (HD)	JPEG-LS	1.680
	제안한 방법	2.376
평균	JPEG-LS	1.773
	제안한 방법	2.237

V. 결 론

본 논문에서는 무손실 영상 압축을 위한 향상된 문맥 기반 적응적 이진 산술 부호화 (context-based adaptive binary arithmetic coding, CABAC) 기반의 잔여 신호 부호화 방법을 제안했다. 실험 결과로부터 본 논문에서 제안하는 향상된 CABAC 방법이 무손실 부호화의 경우 현재 H.264/AVC의 CABAC 방법에 비해 평균적으로 약 18% 정도의 비트 수를 감소시켰고, 무손실 영상 압축 방법인 JPEG-LS보다 우수한 압축율을 제공함을 확인했다.

참 고 문 헌

- [1] A. Luthra, G. J. Sullivan, and T. Wiegand, "Introduction to the special issue on the H.264/AVC video coding standard," IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, Vol.13, No.7, pp.557-559, July 2003.
- [2] G. J. Sullivan and T. Wiegand, "Video compression-from concepts to the H.264/AVC standard," Proceedings of the IEEE, Vol.93, Issue1, pp.18-31, Jan., 2005.
- [3] M. J. Weinberger, G. Seroussi, and G. Sapiro, "The LOCO-I lossless image compression algorithm: principles and standardization into JPEG-LS," IEEE Transactions on Image Processing, Vol.9, No.8, pp.1309-1324, Aug., 2000.
- [4] G. J. Sullivan, P. Topiwala, and A. Luthra, "The H.264/AVC Advanced Video Coding Standard: Overview and Introduction to the Fidelity Range Extensions," SPIE conference, Special Session on Advances in the New Emerging Standard: H.264/AVC, Aug., 2004.
- [5] Y.-L. Lee, K.-H. Han, and G. J. Sullivan, "Improved lossless intra coding for H.264/MPEG-4 AVC," IEEE Transactions on Image Processing, Vol.15, No.9, pp.2610-2615, Sept., 2006.
- [6] D. Marpe, H. Schwarz, and T. Wiegand, "Context-based adaptive binary arithmetic coding in the H.264/AVC video compression," IEEE Transactions on Circuits and Systems for

Video Technology, Vol.13, No.7, pp.620-636, July 2003.

- [7] 호요성, 허진, "H.264/AVC 표준의 CAVLC/CABAC 알고리즘 이해 및 분석," 두양사, 2009.
- [8] J. Teuhola, "A compression method for clustered bit-vectors," Information processing letters, Vol.7, pp.308-311, Oct., 1978.
- [9] Reference Software Version 13.2 http://iphome.hhi.de/suehring/tml/download/old_jm/jm13.2.zip, Joint Video Team, Reference Software Version 13.2.

허 진 (Jin Heo)

정회원



2004년 광운대학교 전기공학과 졸업(학사)

2006년 광주과학기술원 정보통신공학과 졸업(석사)

2006년~현재 광주과학기술원 정보통신공학과 박사과정

<관심분야> 디지털 신호처리, 영상 신호 처리 및 압축, 비디오 부호화, 고화질 비디오 부호화

호 요 성 (Yo-Sung Ho)

종신회원



1981년 서울대학교 공과대학전자공학과 졸업(학사)

1983년 서울대학교 대학원 전자공학과 졸업(석사)

1989년 Univ. of California, Santa Barbara, Dept. of Electrical and Computer Engineering. (박사)

1983년~1995년 한국전자통신연구소 선임연구원

1990년~1993년 미국 Philips 연구소, Senior Research Member

1995년~현재 광주과학기술원 정보통신공학과 교수
<관심분야> 디지털 신호처리, 영상 신호 처리 및 압축, 디지털 TV와 고선명 TV, 멀티미디어 시스템, MPEG 표준, 3차원 TV, 실감방송