저 비트율에서 프레임 스킵 발생을 줄이는 MPEG-4 비트율 제어 기법의 개선

부희형[†], 최용도^{††}, 김승호^{†††}

요 약

본 논문에서는 저 비트율에서 프레임 스킵 현상을 줄이는 비트율 제어 기법을 제안한다. 제안한 기법은 기존의 기법에서 압축 과정 중에 손실되는 부분을 고려한 방법으로서, 이전 프레임의 압축 후 남겨지는 잔여값에 대하여 압축 비트로 환산하고, 이전 프레임의 MAD에 대한 현재 프레임의 MAD의 비율을 곱한 후 현재 프레임의 목표 비트율에서 차감해주는 개선된 비트율 제어 기법이다. 실험은 VM (verification model) 코드에서, 제안한 기법과 기존의 기법을 적용하여 압축을 수행한 후 스킵된 프레임의 개수와 PSNR을 구하여 비교한다. 실험에 이용된 테스트 비디오는 CIF(352×288) 비디오들이고, 비트율은 384kbps ~ 768kbps까지의 변화를 이용한다. 실험 결과, 0 ~ 150 프레임의 비디오들에 대하여 제안한 기법을 적용한 경우, 비트율의 변화에 따라 모두 프레임 스킵이 발생하지 않았고 기존의 기법을 적용한 경우, 최대 36개까지의 프레임 스킵이 발생하였다. 또한 PSNR의 측면에서도 제안한 기법이 기존의 기법보다 평균 0.73dB 더 높게 나타났다. 결과적으로, 제안한 비트율 제어 기법은 기존의 기법에 비하여 저 비트율에서 프레임 스킵 현상을 줄여주었고, PSNR의 변화율이 더 낮으면서 화질을 더욱 높여주는 향상된 기법임을 알 수 있었다.

An Improvement of MPEG-4 Rate Control Scheme by Reducing the Occurrence of Frame Skipping at Low Bit-Rate

Hee Hyung Boo[†], Yong Do Choi^{††}, Sung Ho Kim^{†††}

ABSTRACT

In this paper, we propose the rate control scheme reducing frame skipping at low bit-rate. As the method considering lossy parts in the compressing process at the existing scheme, the proposed scheme is improved by subtracting the converted bits from the target bit-rate of the current frame. The converted bits are the value resulted from multiplying the ratio of the current frame MAD to the previous frame MAD by the compressed bits changed from the remaining values after compressing the previous frame.

Key words: Rate Control Scheme(비트율 제어 기법), Constrained Variable Bit-Rate(제약된 가변 비트율), Scalable Rate Control(확장 가능한 윌 제어), Frame Skip(프레임 스킵)

※ 교신저자(Corresponding Author): 김승호, 주소: 대구광역시 북구 대학로 80 경북대학교 IT대학 컴퓨터학부 E9-529(702-701), 전화: (053) 950-5556, FAX: (053) 957-4846, E-mail: shkim@knu.ac.kr

접수일: 2012년 5월 21일, 수정일: 2012년 7월 27일

완료일: 2012년 8월 2일

[†] 준회원, 경북대학교 전자전기컴퓨터학부

(E-mail: hhboo@knu.ac.kr)

^{††} 준회원, 경북대학교 모바일통신공학과

(E-mail: ydchoi@mmlab.knu.ac.kr)

^{†††} 정회원, 경북대학교 컴퓨터학부 교수

※ 이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임(과제번호 2012-0001829).

※ 이 논문은 2012학년도 경북대학교 학술연구비에 의하여 연구되었음.

1. 서 론

최근 네트워크 환경이 다양해지면서 가변적인 네트워크 대역폭에서, 적응성이 높으면서 최적의 화질을 구현할 수 있는 비디오 스트리밍 기술이 요구되고 있다. 현재 비디오 스트리밍 기술은 여러 분야에서 연구가 이루어지고 있고, 그중 요소기술로서 FGS 부호화 구조에 대한 연구가 고화질과 압축 효율 면에서 다양하게 이루어지고 있으며, 비트율 제어 기법에서도 가변 비트율 (VBR: variable bit rate) 제어 기법에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다[1-9].

VBR 기법에는 보통 세 가지로 나눌 수 있다. 첫째, 화질 기반의 VBR 기법은 가능한 한 가장 높은 화질을 일정하게 얻기 위해 화질의 레벨을 설정하여 이용하는 기법이다. 이 기법은 부호화 전에 미디어의 크기와 대역폭의 요구사항을 미리 알지 못하기 때문에, 휴대용 미디어 플레이어 또는 낮은 대역폭의 인터넷 연결과 같이 메모리 또는 대역폭이 제한되는 상황에서 적절하게 적응하지 못하는 단점이 있다. 두 번째, 제약되지 않은 VBR 기법은 평균 비트율을 이용하는 기법으로서, 예측 가능한 평균 대역폭을 유지하면서 가능한 높은 화질을 얻을 수 있도록 해주는 기법이다. 단점으로는 제약되지 않았기 때문에 peak 부분에서 순간 비트 소비량이 많아질 수 있다는 단점이 있다. 마지막 세 번째, 제약된 VBR (C-VBR: constrained variable bit rate) 기법은 보통 최대 비트율이 정해지지만 초당 비트율이 가변적이고 최대 버퍼 크기가 정해진 가상 버퍼를 이용한다. 이 기법은 부호화 복잡도에 기반하여 비트율을 변화시키면서 최대의 화질을 얻을 수 있도록 유연성을 제공해주는 기법이다.

MPEG-4 VM의 SRC (scalable rate control) 기법은 R-D (rate-distortion) 모델을 이용한 C-VBR 기법으로서, 프레임과 객체 그리고 매크로 블록에 대해 확장 가능한 율 제어 기법이다[1-3]. 이 기법은 가변적인 네트워크 대역폭에서 최적의 화질을 구현할 수 있는 FGS (fine granular scalability) 부호화 구조에 효과적으로 이용될 수 있다.

그러나 SRC 기법은 이론적인 측면에서 효율성이 높지만 실제 코딩을 하게 되면, 저 비트율에서 프레임 스킵 현상이 자주 발생하는 단점을 보인다. 이러한 SRC 기법의 단점을 보완하기 위해, 본 논문에서

는 저 비트율에서 프레임 스킵 현상을 줄이는 개선된 비트율 제어 기법을 제안한다. 제안한 기법은 기존의 SRC 기법에서 압축 후 손실되는 부분을 고려한 방법으로서, 현재 프레임의 손실되는 부분을 예측하여 현재 프레임의 목표 비트율에서 차감해주는 개선된 비트율 제어 기법이다.

제안한 비트율 제어 기법은 기존의 SRC 기법에서 확장성의 장점을 유지하면서, 기존에 자주 발생하였던 저 비트율에서의 프레임 스킵 현상을 줄여주고 화질 면에서도 더욱 우수한 효과를 보인다.

다음 제2장에서는 MPEG-4 SRC 기법에 대하여 설명하고, 제3장에서는 본 논문에서 제안한 저 비트율에서 프레임 스킵 현상을 줄이는 개선된 비트율 제어 기법에 대하여 상세히 서술한다. 제4장의 실험에서는 스킵된 프레임의 개수와 PSNR을 구하여 결과를 보이고 제5장에서는 결론을 맺는다.

2. MPEG-4 SRC 기법

MPEG-4 SRC 기법에 대한 내용은 [1]과 [2]에 상세하게 설명되어 있다. 여기서는 SRC 기법에 이용되는 2차식의 유도과정과 식을 간단하게 살펴본다.

SRC 기법은 2차식의 비트율 왜곡 함수 (rate-distortion function)를 이용한다. 이 함수의 소스 통계는 라플라스 분포의 아래 식 (1)로 가정되었다[1,2].

$$P(x) = \frac{\alpha}{2} e^{-\alpha|x|}, \quad -\infty < x < \infty \quad (1)$$

식 (1)에서, 왜곡도 $D(x, \bar{x}) = |x - \bar{x}|$ 을 이용하면, 식 (2)의 율-왜곡 함수의 닫힌 해가 존재한다.

$$R(D) = \ln\left(\frac{1}{\alpha D}\right), \quad (2)$$

$$D_{\min} = 0, \quad D_{\max} = \frac{1}{\alpha}, \quad 0 < D < \frac{1}{\alpha}$$

식 (2)의 율-왜곡 함수는 테일러 급수로 전개하면 아래 식 (3)과 같이 표현된다.

$$\begin{aligned} R(D) &= \left(\frac{1}{\alpha D} - 1\right) - \frac{1}{2} \left(\frac{1}{\alpha D} - 1\right)^2 + R_3(D) \\ &= -\frac{3}{2} + \frac{2}{\alpha} D^{-1} - \frac{1}{2\alpha^2} D^{-2} + R_3(D) \end{aligned} \quad (3)$$

식 (3)에 기반하여 [1]에서는 율-왜곡 함수를 식 (4)와 같이 제안하였고, 왜곡도에 양자화 레벨을 적

용하였다.

$$R_i = \frac{X_1}{Q_i} + \frac{X_2}{Q_i^2} \quad (4)$$

식 (4)는 정확성을 위해, [2]에서 두 개의 파라미터를 도입하여 수정되었다. [2]에서 제안한 최종 2차식의 비트율 왜곡 함수 (rate-distortion function)는 아래 식 (5)와 같다.

$$\frac{R_i - H_i}{M_i} = \frac{X_1}{Q_i} + \frac{X_2}{Q_i^2} \quad (5)$$

R_i : i 번째 현재 프레임을 인코딩하는 데 이용되는 총 비트 수

H_i : 헤더, 모션 벡터, 형상 정보에 이용되는 비트 수

M_i : MAD (mean of absolute difference), i 번째 압축되는 프레임의 Y-성분의 절대 평균값 (P-프레임의 경우 현재 입력 프레임과 예측된 프레임의 차이 값이 된다).

Q_i : i 번째 현재 프레임에 이용되는 양자화 레벨
 X_1, X_2 : 1차와 2차식의 계수

위 식 (5)에서 MAD (M_i)는 비디오 부호화의 복잡성을 나타내고 R-D 모델을 확장 가능하게 만든다. SRC 기법에서, i 번째 현재 프레임의 QP (quantization parameter) 값 (Q_i)을 구하기 위해 이용되는 수식은 아래 식 (6)과 같다.

$$T_i = MAD_i \left(\frac{X_1}{Q_i} + \frac{X_2}{Q_i^2} \right) \quad (6)$$

T_i : 목표 비트율, i 번째 현재 프레임을 인코딩하기 위해 추정된 총 비트 수

MAD_i : i 번째 압축되는 프레임의 Y-성분의 절대 평균값.

Q_i : i 번째 현재 프레임에 이용되기 위한 양자화 레벨

X_1, X_2 : 1차와 2차식의 계수

SRC 기법의 절차는 크게 네 단계로 이루어진다. 첫 번째는 초기화 단계로서, 전송률을 설정하고 버퍼 사이즈와 버퍼 레벨을 초기화한다. 두 번째는 인코딩 전 단계로서, 프레임 레벨의 목표 비트율을 추정하고 양자화 레벨을 구한다. 이 단계에서는 이용자의 설정에 따라 객체 레벨과 매크로 블록 레벨의 목표 비트

율을 추가로 조정할 수 있다. 세 번째는 실제 인코딩 단계를 수행한다. 네 번째는 인코딩 과정 후 단계로서, 모델 파라미터 X_1 과 X_2 를 업데이트한다. 이 과정에서는 최적의 데이터를 선택하기 위해 슬라이딩-윈도우를 이용한 선형회귀 연산이 이용된다. 업데이트 마지막 과정에서는 버퍼의 점유도가 버퍼 사이즈의 80%를 초과하는지 확인한다. 만약 80%를 초과하면 버퍼의 점유도가 안전레벨로 줄어든 때까지, 인코딩은 들어오는 프레임들을 스킵한다.

3. 저 비트율에서 프레임 스킵 현상을 줄이는 개선된 비트율 제어 기법

본 논문에서는 저 비트율에서 프레임 스킵 현상을 줄이는 비트율 제어 기법을 제안한다. 제안한 기법은 기존의 기법에서 압축 과정 중에 손실되는 부분을 고려한 방법으로서, 이전 프레임의 압축 후 남겨지는 잔여값에 대하여 압축 비트로 환산하고, 이전 프레임의 MAD에 대한 현재 프레임의 MAD의 비율을 곱한 후 현재 프레임의 목표 비트율에서 차감해주는 개선된 비트율 제어 기법이다.

제안한 기법은 기존의 SRC 기법에서 이용된 2차식의 모델에서, 현재 프레임의 손실되는 비트에 대한 변수 C 를 추가한 방법이다.

$$T_i = MAD_i \left(\frac{X_1}{Q_i} + \frac{X_2}{Q_i^2} \right) + C_i \quad (7)$$

$$C_i = \frac{MAD_{curr_frame}}{MAD_{pre_frame}} \times Bits_text_{pre_residue} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} Bits_text_{pre_residue} \\ = \frac{MAD_{pre_residue}}{MAD_{pre_frame}} \times Bits_text_{pre_frame} \end{aligned} \quad (9)$$

T_i : 목표 비트율, i 번째 현재 프레임을 인코딩하기 위해 추정된 총 비트 수

MAD_i : i 번째 압축되는 프레임의 Y-성분의 절대 평균값.

Q_i : i 번째 현재 프레임에 이용되기 위한 양자화 레벨

X_1, X_2 : 1차와 2차식의 계수

C_i : i 번째 현재 프레임의 예측된 손실되는 비트 수

MAD_{curr_frame} : 현재 프레임의 MAD

MAD_{pre_frame} : 이전 프레임의 MAD

$Bits_text_{pre_residue}$: 이전 프레임의 압축 후 남겨지는 잔여값에 대하여 압축 비트로 환산된 비트 수

$Bits_text_{pre_frame}$: 이전 프레임에서 실제 이용된 압축 비트 수

위 식 (7)은 인코딩 전에 QP 값을 구하는 단계에서 이용되는 수식이고, T_i 가 C_i 보다 큰 경우에만 적용하였다. T_i 는 i 번째 현재 프레임의 추정된 목표 비트율이고, X_1 과 X_2 는 이전 프레임에서 업데이트된 파라미터 값들이다. C_i 은 이전 프레임의 잔여 값에 대한 환산된 압축 비트값 ($Bits_text_{pre_residue}$)에, 이전 프레임의 MAD에 대한 현재 프레임의 MAD의 비율을 곱해준 값이다.

$Bits_text_{pre_residue}$ 는 이전 프레임에 실제 이용된 비트값 ($Bits_text_{pre_frame}$)에 이전 프레임의 MAD에 대한 잔여 MAD의 비율을 곱해준 값이다. 연산 과정에서의 이전 프레임에 대한 값들은 프레임 타입에 따라 각각 다르게 적용된다.

본 논문에서 제안한 비트율 제어 기법은 기존의 SRC 기법에서 확장성의 장점을 유지하면서, 기존에 자주 발생하였던 저 비트율에서의 프레임 스킵 현상을 줄여주고 화질 면에서도 더욱 우수한 효과를 보인다.

다음 제3장의 실험에서는 VM 코드에서, 제안한 기법과 기존의 기법을 적용하여 스킵된 프레임의 개수와 PSNR을 구하여 비교한다.

4. 실험 및 결과

본 논문에서는 저 비트율에서 프레임 스킵 현상을 줄이는 비트율 제어 기법을 제안한다. 실험은 VM 코드에서, 제안한 기법과 기존의 SRC 기법을 적용하여 압축을 수행한 후 기본 계층에서의 스킵된 프레임의 개수와 PSNR을 구하여 비교한다.

실험 환경은 Intel® Core™ 2 Duo CPU E8400 @ 3GHz, 3.25GB RAM, Windows 7이고, 실험 대상은 CIF(352×288) 비디오의 Hall, Mother-daughter, Coastguard, Carphone을 대상으로 한다[10]. 실험 조건은 아래 표 1과 같다.

표 2는 테스트 비디오들에 대하여 384kbps ~ 768kbps까지의 비트율의 변화에 따른 스킵된 프레임의 개수를 나타낸다. 결과에 의해, 저 비트율로 갈수록

표 1. 실험 조건

항 목	값	항목	값
Intra period	8	FPS	30
초기 QP	8	M	1
VOL Type	17-FGS		

* M: 1 (IPPP... 구조), FPS: frame per second, VOL: video object layer

표 2. 테스트 비디오들에 대하여, 기존의 기법과 제안한 기법의 비트율의 변화에 따른 스킵된 프레임의 개수 (0~150프레임)

비디오	적용기법	384K	512K	640K	768K
Hall	기존기법	36	24	23	7
	제안기법	0	0	0	0
Mother-daughter	기존기법	23	16	14	10
	제안기법	0	0	0	0
Coastguard	기존기법	33	24	17	14
	제안기법	0	0	0	0
Carphone	기존기법	22	14	7	10
	제안기법	0	0	0	0

록 기존의 기법을 적용한 경우, 프레임 스킵 현상이 최대 36개까지 발생하였고 제안한 기법을 적용한 경우, 한 번도 나타나지 않았다.

결과적으로, 제안한 기법이 기존의 기법보다 프레임 스킵 현상을 줄이는 면에서 더욱 우수한 효과를 보임을 알 수 있었다.

기존의 기법에서 프레임 스킵 현상은 MAD 값이 크게 나오는 복잡한 영상에서 자주 발생하였고, 그 외에 MAD 값이 작게 나오는 경우에도 발생 비트양이 목표 비트양을 크게 초과했을 때 발생하였다. 프레임 스킵은 이전 프레임에서 버퍼의 점유된 비트양이 버퍼 사이즈의 스킵마진을 넘어갈 경우 다음 프레임을 스킵하게 되는데 Hall 비디오의 경우, 프레임 스킵이 발생되기 이전 프레임의 목표 비트율은 제안한 기법의 목표 비트율보다 평균 1,678bits 정도 더 높았다.

테스트된 비디오들의 화질 평가는 정량적인 측면과 정성적인 측면에서 평가되었다. 정량적인 측면에서의 화질 평가는 PSNR (peak signal to noise ratio)을 이용하였다. PSNR은 최대 신호 전력 (peak signal power)과 잡음 전력 (noise power) 비율의 log 표현 방법으로서, PSNR이 클수록 원 영상에 근접함

표 3. 테스트 비디오들에서, 기본 계층의 비트율의 변화에 따른 제안한 기법과 기존의 기법의 평균 PSNR의 비교 (0~150프레임)

비디오	비트율	제안기법	기존기법	PSNR 이득
Hall	384K	38.28	37.82	+0.46
	512K	39.18	38.73	+0.45
	640K	39.74	39.46	+0.28
	768K	40.11	39.65	+0.46
Mother-daughter	384K	42.66	42.42	+0.24
	512K	43.66	42.79	+0.87
	640K	44.36	43.31	+1.05
	768K	44.87	44.22	+0.65
Coastguard	384K	37.73	37.53	+0.20
	512K	38.40	38.11	+0.28
	640K	38.92	38.42	+0.50
	768K	39.40	38.64	+0.76
Carphone	384K	40.34	38.76	+1.58
	512K	41.30	39.81	+1.49
	640K	42.08	40.74	+1.34
	768K	42.64	41.58	+1.07

을 나타낸다[11].

위 표 3은 0~150 프레임의 테스트 비디오들에 대하여, 비트율의 변화에 따른 PSNR을 나타낸다. 기존의 기법에 대한 PSNR들은 스킵된 프레임들을 모두 제외하여 계산된 값들이다. 결과에 의해 제안한 기법을 적용한 경우, 기존의 기법보다 평균 PSNR이 모두 높게 나타났고 전체적으로 0.73dB의 이득이 있었다. 이 수치는 작은 값을 나타내지만 기존의 기법에서는 스킵된 프레임들을 제외하였기 때문에 실제 시각적인 차이는 더 크다고 볼 수 있다.

그 외에 표 3에서의 PSNR의 이득은 스킵된 프레임의 개수에 영향을 받을 수 있다. 왜냐하면 프레임이 스킵될 경우, 2차식의 파라미터 X_1 과 X_2 는 스킵이 안 됐을 때와 비교하여 값이 달라지게 되는데 그에 따라 QP값도 달라지게 되어 정확도가 떨어질 수 있기 때문이다.

아래 그림 1은 512kbps에서 0~150프레임에 대한 Hall 비디오의 PSNR을 나타낸 그래프이다. 제안한 기법을 적용한 비디오의 PSNR은 굵은 선으로 나타

그림 1. 512kbps에서 Hall 비디오의 PSNR의 비교

내었고, 기존의 기법을 적용한 비디오의 PSNR은 가는 선으로 나타내었다.

그림 1의 기존의 기법을 적용한 그래프에서는 스킵된 프레임에 값을 주지 않음으로써 그래프에서 끊기는 형태로 표현하였다. 결과에 의해, 제안한 기법은 기존의 기법에 비하여 PSNR의 변화의 폭이 작고 매끄럽게 변화하는 현상을 보이며 끊김 현상이 나타나지 않음을 알 수 있었다.

아래 그림 2와 그림 3은 512kbps일 때, Hall 비디오의 80번 프레임을 나타낸 것으로 비디오의 화질을 정성적으로 비교하기 위해 나타낸 것이다. 시각적인 효과를 보이기 위해 PSNR의 차이가 큰 프레임을 선택하였다. 결과에 의해, 제안한 기법은 기존의 기법보다 정성적인 화질 측면에서도 더욱 우수함을 알 수 있었다.

그림 2. 512kbps일 때, 제안한 기법을 적용한 경우의 Hall 비디오의 80번 프레임

그림 3. 512kbps일 때, 기존 기법을 적용한 경우의 Hall 비디오의 80번 프레임

그림 4. 512kbps일 때, Hall 비디오의 압축 과정에서 나타나는 버퍼의 점유된 비트양 (Fullness)

위 그림 4는 Hall 비디오의 압축 과정에서 나타나는 버퍼의 점유된 비트양을 나타낸다. 여기서 버퍼 사이즈는 비트율의 1/2이고 초기값은 비트율의 1/4이다. 이 그림에서 나타나는 하강 곡선들은 발생하는 비트양이 출력 비트양보다 적었을 때 나타나는 현상이고, 상승 곡선들은 발생하는 비트양이 출력 비트양보다 많았을 때 나타나는 현상이다. 전체적으로 제안한 기법은 기존의 기법에 비하여 버퍼의 점유도를 상대적으로 낮게 유지하고 있다.

6. 결 론

본 논문에서는 저 비트율에서 프레임 스킵 현상을 줄이는 비트율 제어 기법을 제안하였다. 제안한 기법은 기존의 기법에서 압축 과정 중에 손실되는 부분을 고려한 방법으로서, 이전 프레임의 압축 후 남겨지는 잔여값에 대하여 압축 비트로 환산하고, 이전 프레임

의 MAD에 대한 현재 프레임의 MAD의 비율을 곱한 후 현재 프레임의 목표 비트율에서 차감해주는 개선된 비트율 제어 기법이다.

제3장의 실험 결과에 의해, 제안한 기법을 적용한 경우 비트율의 변화에 따라 모두 프레임 스킵이 발생하지 않았고, 기존의 기법을 적용한 경우 최대 36개까지의 프레임 스킵이 발생하였다. 결과에 의해, 제안한 기법은 기존의 기법보다 프레임 스킵 현상을 줄이는 면에서 더욱 우수한 효과를 보임을 알 수 있었다.

또한 PSNR의 측면에서도 제안한 기법이 기존의 기법보다 전체적으로 더 높게 나타났고, 평균 0.73dB의 이득이 있었다. 이 수치는 작은 값을 나타내지만 스킵된 프레임들을 제외하였기 때문에 실제 시각적인 차이는 더 크다고 볼 수 있다.

결과적으로, 제안한 비트율 제어 기법은 기존의 기법에서 확장성의 장점을 유지하면서 기본 계층에서 자주 발생하였던 프레임 스킵 현상을 줄여주었고, PSNR의 변화율이 더 낮으면서 화질을 더욱 높여주는 향상된 기법임을 알 수 있었다. 만약 향후 연구에서 손실되는 비트양을 더 정확하게 예측한다면 제안한 기법은 더욱 우수한 화질을 얻을 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- [1] Tihao Chiang and Ya-Qin Zhang, "A New Rate Control Scheme using Quadratic Rate Distortion Model," *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, Vol. 7, No. 1, pp. 246-250, 1997.
- [2] Hung-Ju Lee, Tihao Chiang, and Ya-Qin Zhang, "Scalable Rate Control for MPEG-4 Video," *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, Vol. 10, No. 6, pp. 878-894, 2000.
- [3] ISO/IEC 14496-2:2001, *Information technology: Coding of audio-visual objects - Part2: Visual*, ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, 2001.
- [4] W. Li, "Overview of Fine Granularity Scalability in MPEG-4 Video Standard," *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, Vol. 11, No. 3, pp. 301-317, 2001.
- [5] Lu Zhaohua, LIHua, and LIU Jixing, "An

- Improvement of MPEG-4 Rate Control Algorithm,” *Transactions of Tianjin University*, Vol. 11, No. 1, pp. 40-43, 2005.
- [6] Seung-Hwan Kim and Yo-Sung Ho, “Optimal Bit Allocation for MPEG-4 Video Coding,” *Picture Coding Symposium (PCS 2004)*, pp. 1-6, 2004.
- [7] Anthony Vetro, Huifang Sun, and Yao Wang, “MPEG-4 Rate Control for Multiple Video Objects,” *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, Vol. 9, Issue 1, pp. 186-199, 1999.
- [8] Sang-Hyun Park, “Model-based Macroblock Layer Rate Control for Low Bit Rate Video Coding,” *Journal of IEEK*, Vol. 46-SP, No. 4, pp. 50-57, 2009.
- [9] 이명진, “부호화 정보에 기반한 라이브 비디오의 전송률 결정,” *한국멀티미디어학회논문지*, Vol.8, No.9, pp. 1216-1226, 2005년 9월.
- [10] Arizona State University, YUV Video Sequences, <http://trace.eas.asu.edu/yuv/index.html>, 2007.
- [11] D.K. Fibush, “Practical Application of Objective Picture Quality Measurements,” *SMPTE J.*, Vol. 108, No. 1, pp. 10-19, 1999.

부 희 형

2004년 목포대학교 컴퓨터공학과 학사
2006년 전남대학교 컴퓨터정보통신공학과 석사
2008년~현재 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 박사과정

관심분야 : 동영상 압축, 그래픽스, 유한요소법 등

최 용 도

2007년 경북대학교 천문대기과학과 학사
2009년 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 석사
2009년~현재 경북대학교 모발일통신공학과 박사과정

관심분야 : H.264/AVC 압축기술, 다시점 동영상, 동기식 인터넷, 대역폭 예약기술

김 승 호

1981년 경북대학교 전자공학과 학사
1983년 한국과학기술원 전산학과 석사
1993년 한국과학기술원 전산학과 박사

1985년 3월~현재 경북대학교 컴퓨터학부 교수

관심분야 : 알고리즘, 멀티미디어, 다시점 동영상, 감시 시스템, 동기식 인터넷 등