

움직임 보상된 웨이블릿 기반의 비디오 코딩 시스템에 적용 가능한 임베디드 압축 코덱 알고리즘

Embedded Compression Codec Algorithm for Motion Compensated Wavelet Video Coding System

김송주

광주여자대학교 보건의료공학과

Song-Ju Kim(hsdady07@naver.com)

요약

웨이블릿 방식의 비디오 압축에서 과도한 메모리 요구 사항을 감소시키기 위해 본 논문은 저 복잡도의 임베디드 압축(Embedded Compression : EC) 알고리즘을 적용한다. 본 논문의 EC 알고리즘은 화질 열화가 거의 무손실에 가깝도록 하기 위해 고정 압축률 50%를 사용한다. 본 논문의 EC 기법을 통해 EC가 적용되지 않은 웨이블릿 비디오 인코더와 비교하여 이산 웨이블릿 변환 과정에서 발생하는 임시적인 저주파 웨이블릿 계수들의 메모리의 접근과 크기를 50%로 줄일 수 있다. 또한, 포워드 적응형 양자화(FAQ)와 고정 길이 코드 기반의 EC 알고리즘은 웨이블릿과 SPHIT(Set Partitioning in Hierarchical Trees) 사이의 버퍼의 크기와 대역폭을 50%까지 절감할 수 있다. 시뮬레이션 결과를 통해, 비디오 코더의 목표 비트율이 1 과 0.5 bpp 인 경우에 본 논문에서 적용한 EC 알고리즘에 의한 평균적인 PSNR 저하가 각각 0.179 과 0.162 dB 임을 알 수 있다.

■ 중심어 : | 메모리 크기와 대역폭 | 움직임 보상 | 임베디드 압축 | 이산 웨이블릿 변환 |

Abstract

In this paper, a low-complexity embedded compression (EC) Codec algorithm for the wavelet video coder is applied to reduce excessive external memory requirements. The EC algorithm is used to achieve a fixed compression ratio of 50 % under the near-lossless-compression constraint. The EC technique can reduce the 50 % memory requirement for intermediate low-frequency coefficients during multiple discrete wavelet transform stages compared with direct implementation of the wavelet video encoder of this paper. Furthermore, the EC scheme based on a forward adaptive quantization and fixed length coding can save bandwidth and size of buffer between DWT and SPIHT to 50 %. Simulation results show that our EC algorithm present only PSNR degradation of 0.179 and 0.162 dB in average when the target bit-rate of the video coder are 1 and 0.5 bpp, respectively.

■ keyword : | Memory Size and Bandwidth Reduction | Motion Compensation | Embedded Compression Algorithm | Discrete Wavelet Transform |

I. 서론

비디오 영상 압축을 위한 하드웨어 구조는 일반적으로 입력 영상과 참조 영상들을 저장하기 위해 외부에 공유 가능한 프레임 메모리를 사용한다. 시스템의 과도한 메모리 대역폭 요구사항은 시스템 성능과 파워 소모에서 주요한 장애 요소가 되고 있다. 이것은 최근의 미디어 처리 시스템이 사용하는 영상의 크기가 빠르게 증가하는 것과 함께 보다 많은 영상 프레임을 요구하기 때문이다. 최신의 VLSI 기술의 발전을 통해, 시스템이 요구하는 높은 수준의 계산량은 연산 요소들을 병렬 처리함으로써 메모리 대역폭 문제에 비해 쉽게 해결된다.

따라서 과도하게 요구되는 프레임 메모리 크기와 대역폭을 줄이기 위해, 임베디드 압축(EC)으로 불리는 기술이 MPEG/H.26x 비디오 압축 구조에 광범위하게 적용되고 있다[1-6]. 응용 분야의 요구에 따라 EC 알고리즘은 크게 각각의 장단점이 있는 무손실과 손실 압축 방식으로 분류된다. 무손실의 EC는 화질 저하가 전혀 없으나, 압축된 데이터의 크기가 일정하지 않는 가변 압축률 방식이다. 따라서 이 방식은 외부 메모리의 대역폭을 줄일 수 있으나 크기까지는 줄이지 못한다. 반면에 손실 EC 방식은 요구되는 외부 메모리의 접근 횟수 뿐 아니라 크기도 줄일 수 있다. 그러나 이 방식은 동영상 압축의 예리 확산으로 인해 화질 저하를 일으킬 수 있다.

논문 [7]에서는 JPEG2000[8]에 적용하기 위한 외부 DRAM의 대역폭을 감소시키는 방안으로 무손실의 고정길이 부호화(Fixed Length Coding : FLC)와 골롬 라이스(Golomb Rice) 부호화 방식의 EC 알고리즘이 제안되었다. DWT(Discrete Wavelet Transform)[9]는 정지영상 압축에서 높은 압축률로 좋은 화질을 갖도록 코딩하는 제로트리 구조에 쓰였다. 논문 [10]의 EZW(Embedded Zerotree of Wavelet coefficients) 알고리즘이 좋은 압축 성능을 보이나, SPHIT[11] 알고리즘이 정해진 목표 비트율에서 정지 영상들을 인코딩하는 가장 좋은 방법들 중의 하나로 알려져 있다. 많은 논문에서 웨이블릿 변환이 비디오 코딩에 적용되었다[12][13]. 움직임 보상된 예측 기법은 비디오 코딩에서 주파수 변환

이후에 또 다른 중요한 기술이다. 적절한 예측 기법은 코딩 효율을 개선시킬 수 있다. 일반적으로, 큰 블록 크기는 프레임의 부드러운 부분에 적합하고, 작은 크기는 상세한 부분에 적합할 수 있다.

본 논문에서는, 움직임 보상과 웨이블릿 변환을 사용하는 비디오 코더에 적용 가능한 EC 알고리즘을 제안한다. 제안한 손실 EC 방식은 고정 압축률 50%로 압축하여 화질의 열화가 크지 않으며, 웨이블릿 변환 과정과 DWT와 SPIHT 사이의 코딩 과정에 필요한 메모리 접근을 줄일 수 있도록 한다. 제안한 알고리즘은 계산 횟수가 작고, 지연 시간이 짧으면서 적당한 임의의 접근성을 제공한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 움직임 보상된 DWT와 SPIHT 기반의 비디오 코딩 프레임워크에 대해 살펴보고, 3장에서는 웨이블릿 비디오 인코더를 위한 EC 알고리즘을 LL 그룹용과 Non-LL 그룹용으로 나누어 서술한다. 4장에서는 제안한 알고리즘에 대한 실험결과를 기술하고, 마지막으로 5장에서는 결론에 대하여 서술한다.

II. 움직임 보상된 DWT와 SPIHT 기반의 비디오 코딩 프레임워크

비디오 시퀀스의 각 프레임은 intra("I") 또는 inter("P") 프레임으로 인코딩된다. [그림 1]은 움직임 보상과 DWT 기반의 일반적인 이차원 비디오 코딩의 프레임워크(framework)를 나타낸다. I 프레임 영상들은 정지영상 압축 방식과 같이 전체 영상을 웨이블릿 변환하고, 양자화 및 엔트로피 코딩을 수행한다. P 프레임의 경우, 시간상의 상관성을 줄이기 위해 움직임 추정과 보상을 사용하여 예측 프레임을 만들어 낸다. 예측 오차 영상들은 주파수 변환되고, 양자화되며 양자화 된 계수들은 엔트로피 코딩에 의해 코딩된다. 이 프레임 워크에서, 본 논문은 DWT와 SPIHT를 사용한다.

SPIHT 알고리즘은 DWT에서 출력되는 계수들에 적용된다. 일반적으로, 웨이블릿 변환된 영상의 주 에너지는 저주파 서브 밴드에 집중된다. SPIHT 알고리즘은

DWT 변환된 영상을 서브 밴드간의 중복성을 제거하기 위해 많은 구조적인 트리들로 나누게 된다. 구조적인 트리는 EZW의 제로트리와 유사하다. DWT로 분해된 영상이 구조적인 트리들로 나뉘진 후에, SPIHT 알고리즘은 구조적인 트리들을 비트-평면 별로, 각 비트-평면의 뿌리에서 자손 노드들의 순서로 처리한다. 임베디드 코딩 방식의 SPIHT는 미리 정해놓은 목표 비트율에 정확히 인코딩되게 해준다.

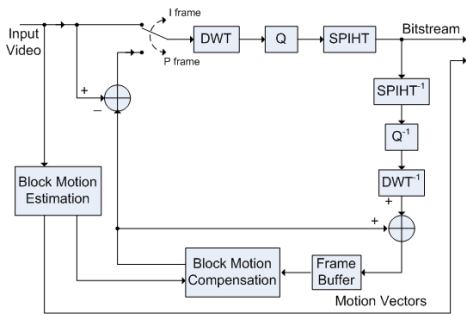


그림 1. 일반적인 2D 웨이블릿 비디오 코더의 프레임워크

그러나 SPIHT 알고리즘은 DWT와 SPIHT 사이에 크기가 큰 버퍼 메모리를 필요로 한다. DWT는 워드 레벨의 산술 연산이고, SPIHT 엔진은 계수들을 비트-평면 별로 인코딩과 디코딩한다. 게다가 SPIHT는 이미지 레벨의 메모리 접근을 요구한다. 이것은 하나의 비트-평면 코딩할 때 영상 전체의 현재 비트-평면이 이용 가능해야 함을 의미한다. DWT와 SPIHT 사이의 데이터 흐름에서 발생하는 이와 같은 차이로 인해, 영상 전체에 해당하는 DWT 계수를 저장하는 큰 메모리가 필요하다. [그림 2]에서와 같이, 다 단계의 DWT 분해를 위해 각각의 웨이블릿 변환 단계에서 만들어진 임시 LL(저주파-저주파) 서브밴드들은 외부의 DRAM에 위치한 LL 임시 메모리에 저장되고 반복적으로 다음 단계의 웨이블릿 변환의 입력으로 전달된다. 또한 비 LL 서브 밴드들(LH, HL, HH 서브밴드)과 마지막 LL 밴드는 DRAM에 위치한 버퍼에 저장되고 SPIHT 엔진에 의해 인코딩되는 과정을 거친다. 이와 같이 비디오 코딩 과정에서는 외부 메모리에 대한 접근이 매우 빈번하게 발생한다.

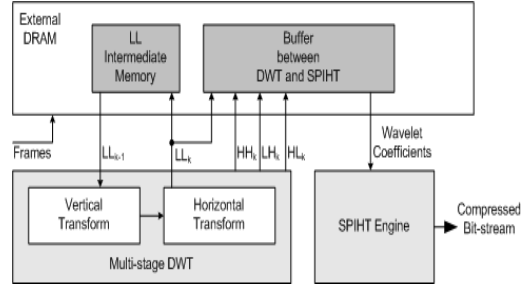


그림 2. 다 단계 웨이블릿의 LL 밴드 임시 메모리와 DWT와 SPIHT의 버퍼의 구조

III. 웨이블릿 비디오 인코더를 위한 EC 알고리즘

이전 장에서 언급한 움직임 보상된 웨이블릿과 SPIHT 기반의 비디오 코더에서 요구되는 대역폭 문제를 해결하기 위한 EC 알고리즘을 적용한다. [그림 3]은 움직임 보상과 웨이블릿 변환을 이용한 비디오 인코더에 적용하여 외부 메모리 접근을 줄이기 위해 제안한 EC 기법을 보인다. 평균적으로, 외부 메모리 대역폭은 EC 엔진의 압축률에 따라 감소된다.

양자화 된 웨이블릿 계수들은 EC에 의해 압축되면 요구되는 메모리의 대역폭을 효율적으로 줄일 수 있다. 비 LL 서브밴드들의 양자화 된 웨이블릿 계수들은 라플라시안 분포 특성을 보이며, LL 서브밴드의 경우에는 다른 서브밴드에 비해 훨씬 평탄한 분포를 보인다. 이러한 사실을 기초로 각 레벨에서 발생한 LL 서브밴드들을 "LL 그룹"으로 정하고, LH, HL, HH 서브밴드들을 "Non-LL 그룹"으로 하여 각각 다른 압축 방식을 적용하는 것이 효율적이다.

본 논문에서는 LL 그룹을 위한 EC 기법은 여러 단계의 DWT 과정에서 발생하는 LL 임시계수를 저장하는 메모리의 크기 및 대역폭 요구사항을 줄이는 데 초점을 두고, Non-LL 그룹은 DWT와 비트-평면 부호화기 사이의 코드 블록 메모리의 크기와 대역폭을 줄이기 위한 기법에 중점을 둔다.

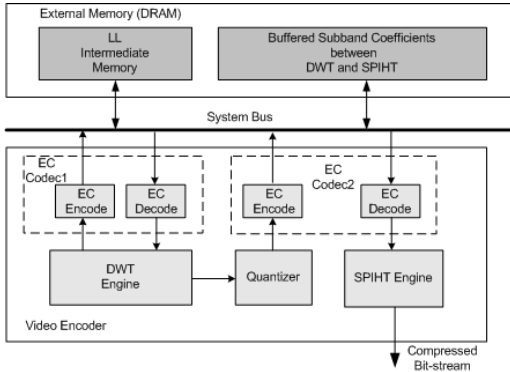
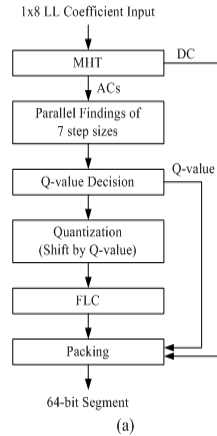


그림 3. EC 알고리즘이 적용된 웨이블릿 비디오 코딩 시스템

1. LL 그룹용 EC 알고리즘 : LL 임시 메모리 감소용 EC

LL 그룹들의 웨이블릿 계수는 원 영상을 저주파 필터링하고 다운 샘플링 한 영상들이다. 따라서 이 영상들은 시각적으로 매우 중요한 정보를 가지고 있기 때문에 화질의 열화가 심하지 않은 방향으로 압축되어야 한다. 따라서 본 논문은 LL 그룹에 화질 열화가 적은 알고리즘을 사용한다. LL 서브밴드 EC 알고리즘은 LL 웨이블릿 계수들의 1x8 배열에 수행된다. 임시적인 LL 웨이블릿 계수들은 50% 압축률의 EC를 통해 압축된다. [그림 4]의 (a)는 LL 서브밴드 계수들 압축하는 과정을 나타내는 EC 알고리즘의 흐름도이다. 계수들의 상관성을 줄이기 위해 1x8의 하다마드(hadamard) 변환을 통해 DC와 AC의 주파수 성분으로 분리된다. AC들은 그 값들의 크기에 따라 스텝 사이즈가 변화되도록 FAQ(Forward Adaptive Quantization) 방식에 의해 양자화 된다. 7 개의 계수에서 나온 양자화 스텝 사이즈 후보들 중 가장 큰 값을 최종적인 Q_value로 선택된다. 양자화 된 AC 성분들은 미리 정해진 고정 비트수에 의해 고정길이 부호화로 코딩된다. 이 방식은 압축된 세그먼트들이 고정된 주소 값을 갖기 때문에 가변길이 코드 방식에 비해 임의 접근성이 뛰어나고 하드웨어 복잡도가 개선된다. Q value와 DC 및 코딩된 AC 성분들은 [그림 4]의 (b)와 같은 압축 세그먼트 형식으로 묶인다.



Q-value (2 bits)	DC (16 bits)	AC1 (7 bits)	AC2 (7 bits)	AC3 (7 bits)	AC4 (6 bits)	AC5 (6 bits)	AC6 (6 bits)	AC7 (7 bits)
---------------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------

(b)

그림 4. (a) LL 그룹용 EC의 코딩 플로우 차트, (b) 압축된 세그먼트의 패킷 형식

2. Non-LL 그룹용 EC 알고리즘 : DWT와 SPIHT 메모리 감소용 EC

DWT와 SPHIT 블록 간의 버퍼 메모리의 대역폭을 줄이기 위해, 본 논문에서는 [8]에서 제안된 Non-LL 그룹용 EC 알고리즘을 사용한다. 고정된 50%의 압축률을 갖는 거의 무손실의 EC 방식을 사용하여 Non-LL 계수들을 압축한다. Non-LL 그룹용 EC 알고리즘은 하다마드 변환과 같은 주파수 변환을 사용하지 않는 점을 제외하고 LL 그룹용 EC 알고리즘과 거의 유사하다. 이것은 Non-LL 계수들이 웨이블릿 과정에서 상관성이 제거된 고주파수 성분들이기 때문이다. [그림 5]의 (a)는 코드블록 EC 알고리즘의 플로우 차트를 나타낸다. DWT와 SPHIT의 버퍼 메모리의 임의 접근성을 보장하기 위해, 1x4의 압축된 계수로 이루어진 고정 길이의 [그림 5]의 (b)와 같은 패킷 형식을 사용한다. 최종 압축된 세그먼트는 그림과 같으며, 각 계수마다 미리 정해진 5와 6 비트가 코드워드로 할당된다. 네 개의 계수들은 Q_value에 의해 병렬적으로 양자화 된다. 적응적으로 양자화 된 계수들은 FLC에 의해 코딩된다.

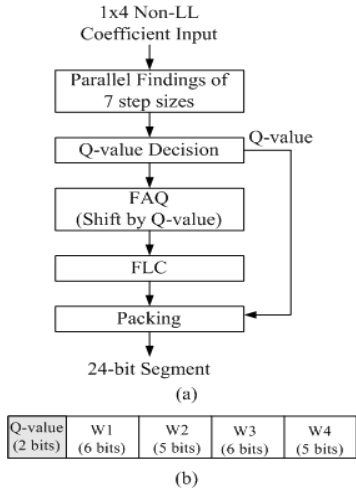


그림 5. (a) Non-LL 그룹용 EC의 코딩 플로우 차트, (b) 압축된 세그먼트의 패킷 형식

IV. 실험 결과

본 논문에서 제안한 비디오 인코더에 적용되는 EC 알고리즘을 사용하여 웨이블릿 계수들을 압축하기 위한 실험을 소프트웨어로 구현하였다. 본 논문에서는 LL과 Non-LL 그룹에 각기 다른 EC 기법을 적용하고 고정 압축률 50%에서 평가 비교하였다. 비디오 영상들에 적용한 EC 기법에 대한 성능 평가는 원래의 (EC를 적용하지 않은) 시스템 대역폭에 대해 백분율로 표현되는 외부 메모리 대역폭 감소와 EC에 의해 발생하는 화질 열화를 기준으로 한다. 화질 열화는 EC가 없는 인코더와 적용된 인코더 사이에서 평균적인 PSNR의 차이로 정의된다. 본 논문은 고정 압축률 50%의 EC를 사용하였기 때문에, EC에 의한 대역폭의 감소량은 항상 50%를 보장한다. LL 그룹에는 하다마드 변환과 고정 길이 부호화 기반의 EC 알고리즘을 적용하였으며, Non-LL 그룹에는 손실 고정길이 부호화 방식의 EC를 사용하였다.

Intra와 예측 오차 프레임의 주파수 변환을 위해 Daubechies 9/7 리프팅 DWT를 사용하여 입력 영상을 4 단계로 분해하고, SPHT 알고리즘을 통해 인코딩하였다. 웨이블릿 필터 계수 값으로 $\alpha = -1.586134342$, β

$= -0.05298011854$, $\gamma = 0.8829110762$, $\delta = 0.4435068522$, $K(\text{scaling factor}) = 1.230174104914$ 를 사용하였다. [8]에 따라, 본 논문의 실험에서 모든 임시적인 서브 밴드의 LL 계수들은 16 비트 표현이 충분하다고 가정하였다. 임시적인 LL 계수들은 정수부 12 비트와 소수부 4 비트의 고정 소수점 형식을 사용하였으며, 모든 양자화된 웨이블릿 계수들은 12 비트의 정수부를 사용하였다. 본 논문의 실험은 4 : 2 : 0 형식의 CIF (Common Intermediate Format) 해상도의 표준 테스트 시퀀스들을 가지고 수행되었다. 제안한 비디오 코더에서 사용한 DWT 단계별 다른 크기의 양자화 스텝을 사용한 양자화 방식은 [그림 6]과 같이 서브밴드의 중요도에 따라 다른 양자화 크기를 사용하였다. [표 1]은 제안한 비디오 코더의 인코딩에 사용한 주요한 파라미터 값들을 나타낸다.

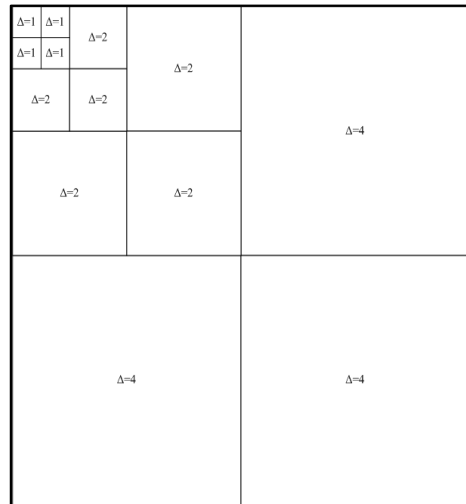


그림 6. 서브밴드별 양자화 스텝 크기

본 논문의 비디오 인코더에 적용된 EC 알고리즘에 의한 PSNR 결과를 [그림 7]에 나타내었다. 테스트 영상들 중 Foreman 비디오 시퀀스의 초기 100 프레임에 대한 결과이다. [표 2]는 LL과 Non-LL 그룹의 EC 기법을 사용한 실험결과를 나타낸다. 테스트 시퀀스들에 EC의 50% 압축률로 적용해 화질과 화질 열화를 PSNR로 나타내었다. 시뮬레이션 결과를 통해, 비디오 코더의 타겟 비트율이 1 과 0.5 bpp로 설정한 경우에 본 논문에

서 적용한 EC 알고리즘에 의한 평균적인 PSNR 저하가 각각 0.179 와 0.162 dB 임을 알 수 있다. 따라서 [표 1]의 결과는 EC를 적용하여 화질의 큰 열화 없이 LL 서브밴드들의 임시 메모리와 DWT와 SPHIT 사이의 메모리의 크기 및 대역폭을 2 배로 줄일 수 있음을 보여 준다.

표 1. 제안한 비디오 코더의 인코딩 파라미터

참조 프레임 수	1
웨이블릿	4 level 리프팅 기반의 DWT
Group of Picture (GOP)	IPPPPPPPPP (I frame 주기 : 10)
전체 프레임 수	300 (30 GOPs)
엔트로피 코더	SPHIT
ME 알고리즘	Full Search, block size : 16×16
ME 검색 범위	[H: ±46, V : ±46]

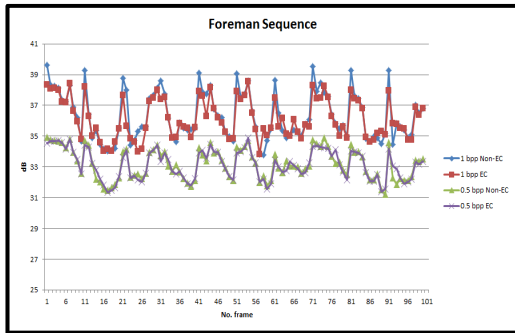


그림 7. Foreman 비디오 시퀀스에 대한 EC 알고리즘의 PSNR 결과

V. 결론

웨이블릿 방식의 비디오 압축 시스템에서 과도한 메모리 요구 사항을 감소시키기 위하여 본 논문은 저 복

잡도의 EC 알고리즘을 적용하였다. EC 알고리즘은 화질 열화가 거의 무손실에 가깝도록 하기 위해 LL과 Non-LL 그룹에 고정 압축률 50%의 두 가지의 다른 전략을 사용한다. 웨이블릿 과정에서 발생하는 임시 LL 계수를 압축하기 위해 LL 그룹의 계수들은 하다마드 변환에 의해 주파수 성분으로 분해되고 FLC에 의해 코딩된다. 본 논문의 EC 기법은 EC가 적용되지 않은 웨이블릿 비디오 인코더와 비교하여 다 단계의 이산 웨이블릿 변환 과정에서 발생하는 임시적인 LL 계수들의 메모리의 접근과 크기를 50%로 줄일 수 있었다. 또한, FAQ와 FLC 기반의 EC 알고리즘은 DWT와 SPHIT 사이의 버퍼의 크기와 대역폭을 50%까지 절약할 수 있다.

기존의 EC 관련 선행 연구들은 단지 MPEG, H.264 동영상의 부호화/복호화 시스템에 적용하기 위한 방법이며, 웨이블릿 기반의 영상 압축을 위한 방식이 아니다. 또한 본 논문과 동일한 압축률 조건에서 비교해 보아도 기존의 EC 기법들은 복잡한 하드웨어 구조로 인하여 큰 지연시간을 가지며, 화질 열화와 함께 외부 메모리의 데이터에 대한 임의적인 접근성에 한계를 갖는다.

시뮬레이션 결과를 통해, 비디오 코더의 목표 비트율이 1 과 0.5 bpp로 설정한 경우에 본 논문에서 적용한 EC 알고리즘에 의한 평균적인 PSNR 저하가 각각 0.179 와 0.162 dB 임을 알 수 있다. EC 알고리즘은 작은 화질 열화에도 불구하고, 연산이 단순하고 지연 시간이 짧으며, 외부 메모리에 대한 충분한 임의 접근성을 제공한다.

본 논문에서 제안한 EC 알고리즘은 고화질 TV와 디지털 시네마와 같이 메모리 대역폭이 크게 요구되는 다

표 2. 비디오 인코더의 목표 비트율에 따른 EC 알고리즘에 의한 성능 평가

테스트 비디오 영상	PSNR/ Quality Drop			
	Target bit-rate = 1 bpp		Target bit-rate = 0.5 bpp	
	WithoutEC	WithEC	WithoutEC	WithEC
Foreman	35.1688	35.0515/ 0.1173	31.9572	31.9062/ 0.0510
Akiyo	42.2448	42.0277/ 0.2171	42.2068	41.9370/ 0.2698
Mother and Daughter	41.8729	41.6704/ 0.2025	40.5241	40.3574/ 0.1667
Average PSNR/ Quality Drop	39.7622	39.5832/ 0.1790	38.2294	38.0669/ 0.1625

양한 분야에 적용될 수 있다.

참 고 문 헌

[1] P. H. N. deWith, P. H. Frencken, and M. v.d. Schaar-Mitrea, "An MPEG decoder with embedded compression for memory reduction," IEEE Trans. Cons. Electro, Vol.44, No.3, pp.545-555, 1998.

[2] M. v. d. Schaar-Mitrea and P. H. N. deWith, "Near-lossless complexity-scalable embedded compression algorithm for cost reduction in DTV receivers," IEEE Trans. Cons. Electr., Vol.46, No.4, pp.923-933, 2000.

[3] T. Y. Lee, "A new algorithm and its implementation for frame recompression," IEEE Trans. Cons. Electr., Vol.47, No.4, pp.847-852, 2001.

[4] T. Y. Lee, "A new frame-recompression algorithm and its hardware design for MPEG-2 video decoders," IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., Vol.13, No.6, pp.529-534, 1998.

[5] T. C. Chen, K. C. Wu, Y. H. Chen, and L. G. Chen, "Hybrid-mode embedded compression for H.264/AVC coding system," Proc. of IEEE ISPACS, 2005.

[6] C. C. Cheng, P. C. Tseng, C. T. Huang, and L. G. Chen, "Multi-mode embedded compression codec engine for power-aware video coding system," IEEE SIPS, pp.532-537, 2005.

[7] C. H. Son, S. M. Park, and Y. M. Kim, "An embedded compression algorithm integrated with JPEG2000 system for reduction of off-chip video memory bandwidth," IEEE CIT2008, pp.571-576, 2008.

[8] 이상복, 신승수, "Wavelet 변환 영역에서의 의료

영상압축", 한국콘텐츠학회논문지, 제2권, 제4호, pp.23-29, 2002.

[9] 김호용, 김형준, 서영진, "Correlation of ROI Coding Parameters and ROI Coding Methods in JPEG2000", 한국콘텐츠학회논문지, 제6권, 제10호, pp.143-152, 2006.

[10] J. M. Shapiro, "Embedded image coding using zerotree of wavelet coefficients", IEEE Trans., Signal Processing, Vol.41, No.12, pp.3445-3462, 1993.

[11] A. Said and W. A. Pearlman, "A New Fast and Efficient Image Codec Based on Set Partitioning in Hierarchical Trees," IEEE Trans., Circuits and Systems for Video Tech., Vol.6, No.3, pp.243-250, 1996.

[12] D. Marpe and H. L. Cycon, "Very low bit-rate coding using wavelet-based techniques," IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., Vol.9, No.1, pp.85-94, 1999.

[13] S. A. Martucci, I. Sodager, T. Chiang, and Y. Q. Zhang, "A zerotree wavelet video coder," IEEE Trans. Circuits Syst. Video Tech., Vol.7, No.1, pp.109-118, 1997.

저 자 소 개

김 송 주(Song-Ju Kim)

정희원



- 1992년 2월 : 전남대학교 전자공학과(공학사)
- 1998년 2월 : 전남대학교 전자공학과(공학석사)
- 2012년 2월 : 전남대학교 전자정보통신공학과(공학박사)

▪ 2010년 12월 ~ 현재 : UHK 연구소장, 광주여자대학교 보건의료공학과 겸임교수

<관심분야> : 영상압축, 임베디드 시스템, RFID, RF SoC 설계