

JPEG2000 이미지의 전송오류 제어를 위한 오류 은닉 기법

강진미*, 이주경*, 정기동*

*부산대학교 컴퓨터공학과

e-mail : {wolf, jklee, kdchung}@melon.cs.pusan.ac.kr

New Error Concealment Scheme for JPEG2000 Image Transmission over Network

Jin-Mi Kang*, Joo-Kyong Lee*, Ki-Dong Chung*

*Dept. of Computer Engineering, Pusan National University

요 약

JPEG2000[1][2]은 DWT(Discrete Wavelet Transform)[3] 변환을 기반으로 하는 이미지의 새로운 표준으로 오류가 빈번히 발생하는 네트워크상의 전송을 위한 오류 제어 기법들을 제공한다. JPEG2000에서 제공하는 오류 제어 기법은 스트림 내에서 오류를 발견하고 오류 전파를 제어하지만, 손실된 웨이블릿 계수를 복원하지는 못한다. 본 논문에서는 DWT 변환 후 각 부대역 및 이웃의 상호 연관성을 이용하여 오류로 인해 손실된 웨이블릿 계수를 효과적으로 예측하여 이미지의 화질을 향상시키는 오류 은닉 기법을 제안한다.

제안된 기법의 성능을 무선네트워크 환경에서 모의 실험한 결과 기존의 오류 제어 기법보다 성능이 뛰어났고 특히 이미지 내의 변화가 적은 경우 부대역 및 이웃 웨이블릿 계수의 상호 연관성이 크므로 더욱 효과적인 성능을 보였다.

1. 서론

유무선 네트워크를 통한 멀티미디어 전송의 일반화로 양질의 멀티미디어 서비스에 대한 요구가 높아지고 있다. 일반적으로 네트워크 상으로 멀티미디어 데이터를 전송할 때 네트워크 에러 발생으로 인해 데이터의 일부에 손실이 발생할 수 있으며 이는 수신측에서 복원된 이미지 또는 비디오의 화질을 떨어뜨리는 요인이 된다. 이러한 배경을 바탕으로 양질의 멀티미디어 서비스 제공을 위한 오류제어 기법이 활발히 연구되고 있다.

JPEG2000은 ISO/ITU-T에서 새로 제정한 이미지 표준으로 이전의 JPEG 표준에 비하여 성능이 향상되었으며[2], 이미지 변환기법을 DCT (Discrete Cosine Transformation) 대신 DWT를 이용하고, 손실 또는 무손실 압축이 가능하며 특정 영역의 이미지 화질을 조절할 수 있는 ROI (Region of interest) 기법 등을 추가하였다[3].

또한 JPEG2000은 엔트로피 코딩 단계와 패킷 단계

에서 에러의 피해를 줄일 수 있는 오류 제어 기능을 제공한다[1]. 그러나 JPEG2000에서 제공되는 이러한 오류 제어 기법들은 에러를 발견하고 에러의 전파를 방지하는 역할만 하게 되어 에러가 발생한 이후, 손실된 웨이블릿 계수의 값을 복원하지는 못한다[5]. 이러한 문제 해결을 위해 JPEG2000의 VM(verification model) 7.2 프로그램에서는 손실된 웨이블릿 계수를 0으로 대체시키는 방법이 사용된다. 그러나 이러한 방법은 손실되기 전 0이 아닌 웨이블릿 계수(특히 저주파 영역의 값)가 손실되어 이미지의 화질을 떨어뜨리게 된다.

본 논문에서는 JPEG2000 이미지의 오류제어를 위해 웨이블릿 변환의 특성을 이용하는 오류은닉 기법을 제안한다. 즉, 오류가 발생한 계수의 상위 부대역 계수와 오류 발생 계수의 이웃 계수와의 상호연관성을 고려하여 손실된 웨이블릿 계수를 예측하는 것이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 JPEG2000 이미지의 전송 오류 제어를 위한 기존 연구를 살펴보고 3장에서는 본 논문에서 제안하는 기법을

살펴보기로 한다. 4 장에서는 실험결과를 살펴보고 5 장에서 결론과 향후 연구에 대해 밝히도록 한다.

2. 관련 연구

본 장에서는 JPEG2000 에서 제공되는 오류 제어 기법과 기존의 JPEG2000 관련 오류 제어 기법을 살펴보기로 한다.

2.1 JPEG2000 의 오류 제어 기법[1][3]

JPEG2000 에서 기본적으로 제공하는 오류 제어 기법은 (표 1)과 같이 엔트로피 코딩 단계와 패킷 단계에서 이루어진다.

(표 1) JPEG2000 에서의 오류 제어 기법

유형	오류 제어 기법
엔트로피 코딩 단계	1. 코드 블록 2. 산술 코더의 각 패스 마다 종결 3. 각 코딩 패스 후 내용 리셋 4. 산술 코딩의 선택적 회피 5. 분할 기호
패킷 단계	6. 짧은 패킷 포맷 7. 동기화 정보를 넣은 패킷

JPEG2000 의 엔트로피 코딩 단계에서는 부호화 및 복호화가 코드 블록 단위로 독립적으로 이루어지기 때문에 한 코드 블록 내 비트 스트림에서의 비트 에러는 그 코드 블록 내에서만 오류가 전파된다. 또한 엔트로피 코딩 시 모든 코딩 패스(coding pass)마다 산술 부호화를 종료하고 재시작 가능하므로 오류 발생 시 코드 블록 이후의 다음 코딩 패스를 복호화할 수 있으며 압축효율은 높지만 오류를 전파시키는 산술 코딩의 사용 여부를 선택할 수 있다. 마지막으로 각 비트 평면의 마지막 부분에 분할 기호를 추가할 수 있는데, 이 분할 기호는 복호 과정에서 비트 평면의 복호가 제대로 되었는지를 확인하여 오류를 발견할 수 있다.

패킷 단계에서는 모든 패킷 앞에 0 으로 시작하는 일련의 숫자인 SOP(start of packet)를 삽입하여 공간적으로 정보를 나누고 동기화가 가능하다. 또한 패킷 헤더 및 타일 헤더를 조정하여 패킷을 짧게 할 수 있다. 만약 오류가 발견되면, SOP 의 일련의 숫자를 이용해서 헤더를 오류가 나지 않은 패킷으로 연결하여 오류의 전파를 막을 수 있다.

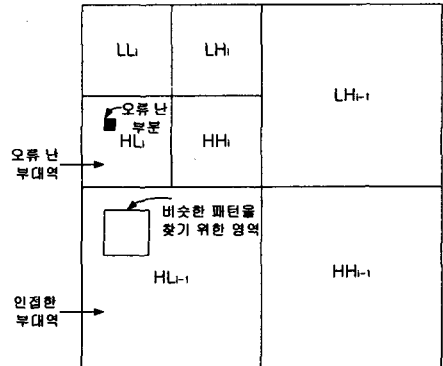
2.2 JPEG2000 의 VM 7.2 에서의 오류 은닉 방법

위와 같이 JPEG2000 은 다양한 오류제어 기법을 제공하지만 이 기법들은 오류의 발견 및 오류의 전파 방지를 수행할 뿐 손상된 정보를 은닉하거나 회복할 수는 없다. 오류로 인해 손상된 정보를 은닉하기 위해 JPEG2000 의 VM 7.2 프로그램에서는 손실된 웨이블릿 계수를 모두 0 으로 대체하는 간단한 오류 은닉 기법을 이용한다.

2.3 PRD(Patch repetition and deformation) 기법[4]

PRD 기법은 같은 웨이블릿 변환 단계의 인접한 부대역, 또는 다른 단계의 동일 위치 부대역 간의 공간적 상호 연관성을 이용한 오류 은닉 기법이다.

(그림 1)과 같이 인접한 부대역에서 오류가 난 지점과 같은 영역에서 가장 비슷한 웨이블릿 계수의 패턴을 찾아서 가장 비슷한 패턴으로 오류를 은닉한다. 이 기법은 비슷한 패턴을 찾기 위한 계산이 복잡하고 최상위 레벨까지 확장하지 못한다는 단점이 있다.

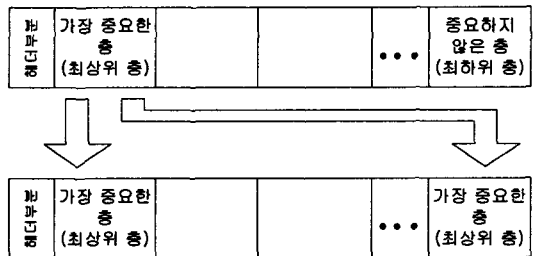


(그림 1) PRD 기법

2.4 계층 구조를 이용한 기법[5]

JPEG2000 비트 스트림은 이미지의 질에 따라 계층적 구조로 이루어진다. 코드 블록들의 상위 비트 평면은 중요한 정보를 포함하고 있으므로 상위 층에, 그와는 반대로 하위 비트 평면은 비교적 덜 중요한 정보를 포함하고 있으므로 하위 층에 할당된다. 이러한 계층 구조 때문에 복호시에는 비트율에 따라 상위 층부터 원하는 비트율까지만 복호하고 나머지 하위 층은 버리게 된다.

최상위 층이 최상위 비트 평면의 가장 중요한 정보를 가지고 있는 반면, 최하위 층은 가장 중요하지 않은 정보를 가지고 있으므로, 최상위 층의 오류 복구를 위해 최하위 층 대신 최상위 층을 중복하는 기법이 제안되었다.

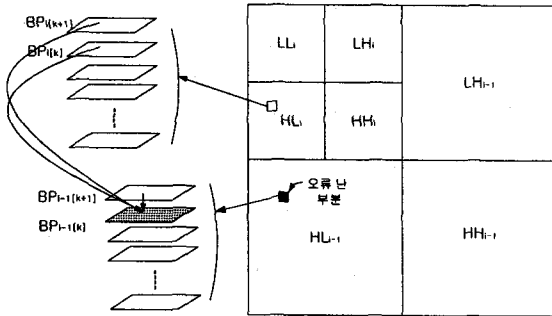


(그림 2) 중요한 데이터를 중복하는 구조

이 기법은 가장 중요한 정보를 중복함으로써 중요 정보의 오류에 대해서는 효과적이지만, 최하위 층을 제거함으로써 낮은 오류에서는 일정한 정보의 손실을 가져오는 단점이 있다.

2.5 비트 평면 단위에서의 오류 은닉 기법[6]

JPEG2000 은 비트 평면 단위로 잘라서 중요도에 따른 전송이 가능하고, DWT 로 나뉘어진 각 부대역은 상위 계층과 상관관계가 크다. 이를 이용하여 오류가 난 부분의 상위 부대역을 참고하여 오류부분을 예측하는 기법이다. 상위 부대역의 같은 위치의 비트 평면을 참고 할 뿐만 아니라, 더욱 정확한 예측을 위하여 상위 비트 평면도 함께 참고하는 오류 은닉 기법이다.



(그림 3) 비트평면 단위에서의 오류 은닉 기법

이 기법은 상위 부대역 간의 상관관계를 이용하여 오류 난 부분을 예측함으로써, 보다 정확한 값을 예측할 수 있지만 상위 부대역의 오류를 은닉할 수 있는 방법을 제시하지 못하는 단점이 있다.

3. 제안된 기법 (UNC 기법)

JPEG2000 은 DWT 를 이용하므로 각 웨이블릿 분해 단계의 부대역 간의 상호 연관성이 크고, 동일한 부대역 내의 이웃 웨이블릿 계수들의 절대값이 유사한 특징이 있다. 본 논문에서는 이러한 웨이블릿 변환의 특성을 이용하여 UNC(Upper subband and Neighbor's Correlation)기법을 제안한다.

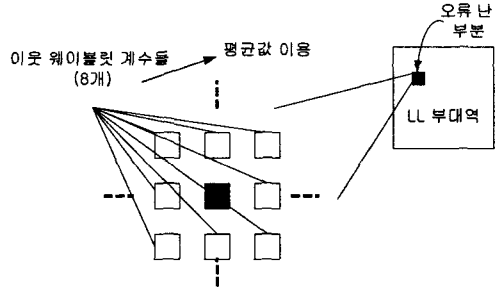
UNC 기법은 웨이블릿 계수가 웨이블릿 분해 단계에 따른 각 부대역의 상호 연관성과 이웃 계수들과의 연관성을 이용하여 유무선 네트워크 전송 시 발생하는 오류를 은닉한다. 일반적으로 네트워크 전송시 오류는 웨이블릿 계수의 손실을 가져오고, 이는 이미지 질을 떨어뜨리게 되는데 UNC 기법은 부대역 및 이웃 계수들과의 연관성을 이용하여 손실된 웨이블릿 계수를 예측함으로써 오류를 은닉하게 된다.

세부적으로 DWT 의 최상위 단계의 LL 부대역에 적용시키는 방법과 상위 단계 부대역을 가지는 그 외 다른 부대역에 적용시키는 방법으로 나뉜다.

3.1 최상위 단계 LL 부대역

최상위 단계의 LL 부대역은 손실된 웨이블릿 계수를 예측하기 위해 참고할 상위 부대역이 없으므로 동일한 부대역 내의 이웃 웨이블릿 계수들과의 연관성만을 이용하여 오류를 은닉한다. (그림 4)와 같이 오류가 발생한 웨이블릿 계수는 동일 부대역에서 이웃인 8 개의 웨이블릿 계수의 절대값을 이용하여 평균을 구

한 값으로 대체된다. 이때, 부호는 이웃 웨이블릿 계수들 중 수가 많은 부호를 따른다. 만약 이웃한 웨이블릿 계수 중 오류가 발생한 계수가 있다면 그 계수를 제외하고 나머지 계수들의 평균을 이용한다.



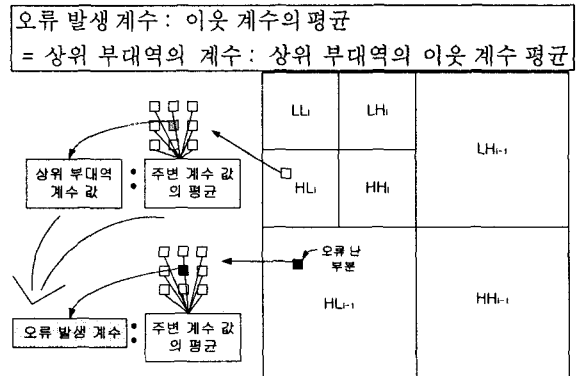
(그림 4) LL 부대역에서의 오류 은닉 기법

3.2 그 외 부대역

최상위 단계의 LL 부대역을 제외한 나머지 부대역은 상위 단계의 부대역이 존재하고, 웨이블릿 계수들은 상위 부대역의 계수들과 밀접한 연관성이 있다[4].

UNC 기법은 손실된 웨이블릿 계수를 예측하기 위해 오류 난 부분의 이웃 웨이블릿 계수들 뿐만 아니라 이러한 상위 단계 부대역과의 상호 연관성을 이용한다.

우선, 손실된 웨이블릿 계수의 위치와 대응되는 상위 부대역의 계수와 그 이웃 계수들과의 관계를 구하고, 이 상관관계를 손실된 웨이블릿 계수와 그 이웃 계수들과의 관계에 적용시켜 오류가 난 웨이블릿 계수를 예측한다. 이 때, 상위 부대역의 웨이블릿 계수는 오류가 나지 않았거나, 오류가 난 경우에도 복호화 과정에서 상위 부대역을 먼저 수행하기 때문에 이전에 UNC 기법을 이용하여 예측된 값으로 오류가 은닉되어있다.(그림 5)



(그림 5) UNC 기법

또한 손실된 웨이블릿 계수의 이웃 계수들이 오류가 난 경우에는 그 값은 제외 시킨 평균값을 이용하고 예측 값의 부호는 오류 난 계수의 이웃 계수들 중 수가 많은 부호를 따른다.

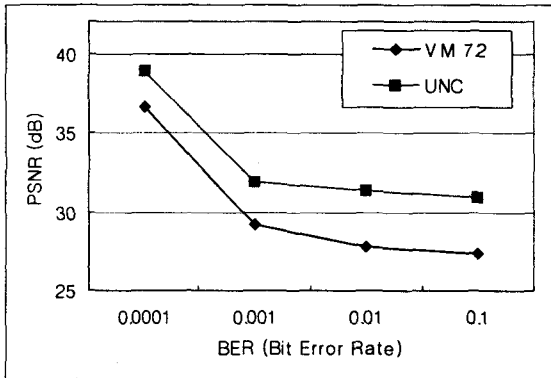
4. 실험결과

본 논문에서는 제안된 기법의 성능 평가를 위해 512x512 크기의 2 가지 흑백 이미지(Lena, Goldhill)를 대상으로 JPEG2000 표준에 따른 이미지 변환 프로그램 Jasper 를 이용하여 실험하였다.

각 이미지는 1 개의 타일로 이루어지고 타일마다 적용되는 웨이블릿 변환은 4 단계의 분해를 적용하였으며 엔트로피 코딩 단위인 코드블록 크기는 16x16 으로 설정하였다.

성능 비교 대상으로는 손실된 웨이블릿 계수를 0 으로 대체하는 JPEG2000 의 VM 7.2 에서의 오류 은닉 기법을 이용하였으며 비트 에러율은 길버트 모델을 이용하여 오류를 만들었고 성능을 측정하기 위한 단위는 PSNR(Peak Signal Noise Ratio)를 사용하였다.

(그림 6)은 비트율 1 일 때, 비트 에러율에 따른 Lena 이미지의 PSNR 값의 변화를 나타낸다. 비트 에러율이 클수록 즉, 에러가 빈번히 발생할수록 UNC 기법의 성능이 JPEG2000 의 VM 7.2 프로그램보다 더욱 우수함을 알 수 있고, 0.1 의 비트 에러율에서는 최고 약 3.5dB 정도의 향상된 성능을 나타낸다.

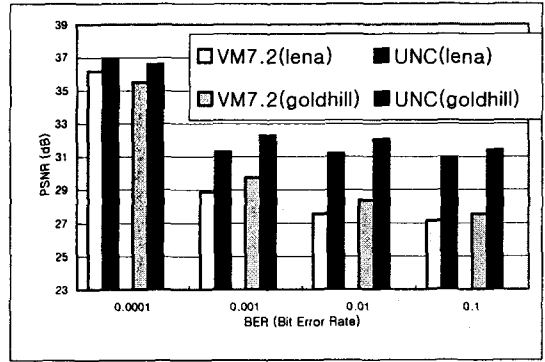


(그림 6)비트 에러율에 따른 PSNR 값 비교(Lena)

(그림 7)은 두 이미지의 비트 에러율에 따른 PSNR 값의 변화를 나타낸다. 두 이미지를 여러 가지 비트율 (1, 0.5, 0.25, 0.125, 0.005)로 변화하여 평균 값으로 비교하였다.

UNC 기법은 인물의 상반신이 이미지의 영역을 크게 차지하여 이미지 내의 변화가 급격한 Lena 이미지에서는 0.7~3.5dB 의 성능 향상을 보였고 마을의 풍경을 전체적으로 나타내어 이미지 내의 변화가 적은 Goldhill 이미지에서는 1.1~3.9dB 의 성능 향상을 보였다. 이미지의 변화가 적은 경우 이웃 웨이블릿 계수간의 연관성이 더욱 밀접하여 UNC 기법의 성능이 더욱 뛰어났다.

두 이미지 모두 전체 비트율과 비트 에러율에 따른 변화에서 PSNR 값이 JPEG2000 의 VM 7.2 보다 높았고, 비트 에러율이 높을수록 더욱 좋은 성능을 나타내었다. PSNR 값 뿐만 아니라, 시각적인 측면에서도 오류 난 부분을 주위 이미지와 부드럽게 이어지는 효과를 나타내어 향상된 성능을 나타내었다.



(그림 7) 비트에러율에 따른 PSNR 비교(Lena, Goldhill)

5. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 JPEG2000 에 사용되는 웨이블릿 변환의 특성을 이용하여 오류를 은닉하는 UNC(Upper subband and Neighbor's Correlation)기법을 제안하였다. UNC 기법은 웨이블릿 변환으로 각 단계로 나뉘어진 부대역의 상호 연관성과 부대역 내의 이웃 웨이블릿 계수들의 상호 연관성을 함께 이용하여 오류 발생으로 인해 손실된 웨이블릿 계수의 값을 효과적으로 예측할 수 있다.

실험 결과 제안된 기법은 이미지 내 변화가 적을수록 성능이 높았으며 에러율이 높을수록 더 안정적인 결과를 보여주었다. 향후 연구 과제로는 더욱 다양한 유무선 네트워크 환경에서 여러 종류의 이미지에 대해 제안한 기법을 실험하여 성능을 평가하는 것이다.

참고문헌

- [1] C. Christopoulos, A. Skodras, and T. Ebrahimi, "The JPEG2000 Still Image Coding System: An Overview", *IEEE Trans. on Consumer Electronics*, Nov. 2000.
- [2] M. D. Adams, "The JPEG-2000 Still Image Compression Standard", *ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 1N 2412*, Feb. 2002.
- [3] D. S. Taubman, and M. W. Marcellin, "JPEG 2000 Image Compression Fundamentals, Standards and Practice", Kluwer Academic Publishers, 2002.
- [4] L. Atzori, S. Corona, and D.D. Giusto, "Error Recovery in JPEG2000 Image Transmission", *IEEE Int. Conf. Acoustics, Speech, and Signal Processing*, May 2001.
- [5] M. Kurosaki, K. Munadi, H. Kiya, "Error Concealment Using layer Structure for JPEG2000 Image", *IEEE Asia-Pacific Conf. Circuits and Systems*, Oct. 2002.
- [6] Pei-Jun Lee and Liang-Gee Chen, "Bit-plane error recovery via cross subband for image transmission in JPEG2000", *IEEE Int. Conf. Multimedia and Expo*, Qug. 2002.