

에러 피드백의 컨텍스트 기반 예측기법을 이용한 무손실 영상 압축에 관한 연구

論 文

56-12-32

A Study on the Lossless Image Compression using Context based Predictive Technique of Error Feedback

秋亨錫* · 朴柄秀** · 安鍾久[†]

(Hyung-Suk Chu · Byung-Su Park · Chong-Koo An)

Abstract - In this paper, the wavelet transform based lossless image compression algorithm is proposed. The proposed algorithm transforms the input image using 9/7 ICFB and S+P filter, and eliminates the spacious correlation of the subband coefficients, applying the context modeling predictive technique based on the multi-resolution structure and the feedback of the prediction error. The prediction context exploits the subordination and direction property of the different level subband in the vertical, horizontal, and diagonal subband coefficients. The simulation result of the high frequency images such as PEPPERS, BOAT, and AIRPLANE shows that the proposed algorithm efficiently predicts the edge area of each multi-resolution subband.

Key Words : Lossless Image Compression, Wavelet, Context Prediction Technique, Error Feedback

1. 서 론

JPEG은 정지 영상에 대한 영상 부호화 국제 표준화 기구에서 정한 표준으로 영상의 질에 큰 영향을 미치지 않고 10~50%의 압축율을 가지는 영상 압축 방식이다. 연속 정지 영상, 흑백, 컬러 사진을 위한 가장 대중적이고 효율적인 코딩 방식을 제공하였으며 다른 영상 부호화 국제 표준에도 영향을 미쳤다. 하지만 JPEG의 큰 단점으로는 블록화 현상이 나타난다는 점이다. 이러한 현상을 방지하고, 압축율을 더욱 개선한 표준으로는 JPEG 2000이 제안되었다. JPEG 2000은 기존의 JPEG에서 발생했던 블록화 현상의 문제점을 해결하고, 정지 영상의 압축율과 이미지의 복원율을 크게 향상시켰다. 또한 정지 영상의 압축율이 개선됨에 따라 메모리 크기에 제한받는 휴대용 기기의 적용에 효율적인 압축 방식으로 고려되고 있다[1][2]. 웨이블릿 기반 영상 압축 알고리즘이 제공하는 중요한 장점은 다중 분해능의 부밴드 영역값(subband samples)을 저장하고, 점진적 전송을 할 수 있다는 데에 있다. 웨이블릿 기반 영상 압축은 크게 웨이블릿 변환, 양자화, 부호화(entropy coding)의 3단계로 구성된다. 웨이블릿을 이용한 무손실 영상압축을 위해 실수연산을 정수연산으로 대체하면서도 영상에너지 압축효율 또한 뛰어난 정수 웨이블릿(ICFB: Integer Coefficient Filter Bank) 변환 방식이 많이 쓰이고 있다[3][4].

최근에는 Said 와 Pearlman의 S+P 웨이블릿 변환이 많이 이용되고 있다[5]. 간단하면서도 효율적인 S+P 변환은 S-변환을 이용하여, 각각의 웨이블릿 변환마다 예측기를 적용하였다. 이와 같은 방법은 웨이블릿 변환을 한 후에 예측기를 적용한 결과보다 더 좋은 결과를 보여주고 있다.

무손실 압축을 위하여 고안된 수많은 방법들 중에서 예측기법이 가장 간단하고 효율적이다. 여기에서 송·수신단에서는 래스터 주사(raster scan)방식으로 영상을 처리하고, 이미 전송된 화소(pixel) 값들에서 현재 화소 값을 예측한다. 예측이 정확하게 수행되었다면 예측 오차의 분포는 거의 0 값에 집중되고, 원 영상보다 현저하게 낮아진 엔트로피 값을 얻을 수 있다. 예측 오차 값으로 구성된 영상이 i.i.d. (independent and identically distributed) source 이면 호프만(Huffman) 혹은 산술부호화(arithmetic coding)등의 엔트로피 코딩방법을 이용하여 효율적으로 부호화 할 수 있다. 그러나 가장 세밀한 예측방법을 적용하더라도 잔여 영상에는 i.i.d. 가정에서 벗어나는 구조를 갖기 때문에 예측오차를 효율적으로 부호화하기 위하여 예측한 후에 남은 구조를 처리할 모델이 필요하다. 대부분의 무손실 압축 기법에서는 컨텍스트 모델링이 에러 모델링 기법(error modelling technique)으로 이용되고 있고, 각 화소에서 예측 오차는 이미 부호화된 주위 화소 값들을 이용하여 계산된다[7][8].

본 논문에서는 에러 피드백의 컨텍스트 예측기법을 이용하는 무손실 영상 압축 알고리즘을 제안하였다. 제안한 알고리즘은 9/7탭 필터와 S+P 변환 필터를 이용하여 웨이블릿 변환을 하였고, 다중 분해능 구조의 종속성과 예측에러의 피드백을 고려한 컨텍스트 모델링(context-modeling) 예측기법을 적용하여 부밴드 계수값들의 공간적인 상관관계를 제거하였다. 예측에 이용된 컨텍스트는 수직, 수평, 그리고 대각방향의 부밴드 영역값에서 레벨이 다른 부밴드 간의 종속

[†] 교신저자, 終身會員 : 蔚山大 工大 電氣電子工學部 教授
E-mail: ckan@ulsan.ac.kr

* 正 會 員 : 蔚山大 工大 電氣電子工學部 講義專擔教授

** 學生會員 : 蔚山大 工大 電氣電子工學部 碩士課程

接受日字 : 2007年 5月 17日

最終完了 : 2007年 9月 17日

성과 방향성을 고려한 컨텍스트를 이용하였다. 제안한 알고리즘은 다양한 영상에 대하여 실험하였고, 실험결과는 기존의 JPEG 2000의 실험 결과와 S+P 변환을 이용하여 얻은 결과를 이용하여 비교하였다. PEPPER, BOAT 등과 같은 고주파 영상에 대한 실험 결과에서 다중 분해능 구조의 부밴드 에지 영역에 대한 예측 성능이 향상되었음을 확인하였다.

서론에 이어 2절에서는 정수 웨이블릿 필터를 이용한 웨이블릿 변환에 관하여 개략적으로 언급하였고, 3절에서는 본 논문에서 제안한 알고리즘에 대하여 언급하였다. 4절에서는 실험에 대한 설명과 제안한 알고리즘의 실험결과를 비교하였고, 5절에서 결론을 맺었다.

2. 정수 웨이블릿 변환

정수 웨이블릿을 구현하는 방법으로 가장 간단한 것이 S-변환이다. S-변환은 덧셈과 비트 시프트(bit shift) 연산만으로 이루어져 있으므로 구현이 간단한 반면 일반적으로 스무스한 성질을 갖는 영상의 상관관계를 제거하는 데는 적절하지 못하다. 따라서 이 변환을 보다 개선시킨 것으로 S+P 변환이 있다. 이는 S-변환에 예측을 적용함으로써 고역필터의 성능을 개선시킨 것이다. Said와 Pearlman은 예측기에 사용되는 계수들을 찾는 방법을 제안하였고 세가지 예측기의 파라미터들을 제안하였다. 표 1에 예측기에 쓰이는 파라미터들을 나타내었다. 이 세 가지 예측기중 B가 대체적으로 우수한 압축 성능을 나타내었다. 하지만 이것은 영상의 특성에 많은 영향을 받게 되므로 다른 것에 비해 절대적으로 성능이 좋은 단일 예측기를 만드는 것은 상당히 어렵다고 할 수 있다. 고주파 성분이 많은 영상에는 예측기 A가 B, C에 비해 월등한 압축성능을 나타내고 자연(natural) 영상에서는 B와 C가 대체적으로 우수한 성능을 나타낸다. S+P 변환에서 사용된 Haar wavelet은 가장 간단한 정수 웨이블릿 필터중의 하나이고 여러 가지 다른 정수 웨이블릿 필터들이 제안되었다[7].

표 1 예측기 계수들

Table 1 Coefficients of the selected predictors for the S+P Transform

예측기	파라미터			
	α_{-1}	α_0	α_1	β_1
A	0	1/4	1/4	0
B	0	2/8	3/8	2/8
C	-1/16	4/16	8/16	6/16

Balasingham 등은 정수 웨이블릿 필터들을 소개하고, 정수 웨이블릿 필터들을 이용하여 무손실 압축을 한 결과를 비교 분석하였다[9]. 표 2에 나타낸 실험 결과에서 정수 웨이블릿 필터의 성능을 확인할 수 있다. 여기에서 각 실험 영상들은 공간적 특성과 주파수 특성이 다르기 때문에 어느 한 정수 웨이블릿 필터가 모든 실험 영상에 대하여 최적인

결과를 낼 수 없음을 알 수 있다. 또한 2/2 탭 정수 웨이블릿 필터 즉 Haar wavelet을 이용한 실험 결과는 다른 필터들에 비교하여 성능이 떨어지고, 정수 웨이블릿 필터 계수의 수가 클수록 5개의 실험 영상에 대한 평균 BPP(bit per pixel) 성능이 향상됨을 확인할 수 있다.

표 2 ISO 영상들에 대한 BPP 비교

Table 2 Exact bit rates of the chosen ISO images

Image	정수 웨이블릿 필터(ICFB)						
	2/2	5/3I	5/3II	9/7	13/7	13/11	17/11
Lenna	4.62	4.26	4.28	4.26	4.26	4.27	4.26
Barbara	5.34	4.87	4.88	4.80	4.78	4.78	4.76
Goldhill	5.08	4.79	4.80	4.80	4.80	4.82	4.82
Aerial1	6.27	5.56	5.58	5.41	5.42	5.39	5.39
Finger	5.78	5.50	5.52	5.46	5.46	5.47	5.46
Mean	5.42	4.99	5.01	4.94	4.94	4.95	4.94

위의 실험에서 나타난 필터들을 비교하였을 때 5/3 탭 필터가 계수의 수가 작으면서 상대적으로 좋은 BPP 성능을 보여주고 있다. 또한 9/7 탭 필터는 평균압축률에서 5/3 탭 필터와 비교하였을 경우에 더 좋은 성능을 갖고 17/11 필터 보다는 계수의 수가 적다. 9/7 정수 웨이블릿 변환 식은 다음과 같다[3][4].

일련의 1차원 입력신호를 $x[n]$ ($n = 0, \dots, N-1$, N 은 짝수)이라 하면

$$y[2i+1] = x[2i+1] - \lfloor 9(x[2i+2] + x[2i])/16 \rfloor + \lfloor (x[2i+4] + x[2i-2])/16 \rfloor, \tag{1}$$

$$y[2i] = x[2i] + \lfloor (y[2i+1] + y[2i-1])/4 \rfloor \tag{2}$$

역 변환식은 다음과 같다.

$$x[2i] = y[2i] - \lfloor (y[2i+1] + y[2i-1])/4 \rfloor, \tag{3}$$

$$x[2i+1] = y[2i+1] + \lfloor 9(x[2i+2] + x[2i])/16 \rfloor - \lfloor (x[2i+4] + x[2i-2])/16 \rfloor \tag{4}$$

3. 제안한 알고리즘

본 논문에서 제안한 알고리즘의 전체적인 시스템 구조를 그림 1에서 보았다. 제안한 알고리즘은 9/7 탭 필터와 S+P 변환을 이용하여 입력 영상을 웨이블릿 변환하였고, 변환된 웨이블릿 계수들은 [9]에서 제안된 Magnitude-Set Variable-Length-Integer(MS-VLI) 표현 기법을 적용하여 크기 세트(magnitude set), 부호 비트(sign bit), 그리고 크기 비트(magnitude bit)의 정보로 변환하였다. 코딩 효율을 높이기 위하여 부호 비트와 크기 비트는 계수간의 상관성이

없기 때문에 코딩하지 않고 산술 부호화하여 전송하였고, 크기 세트에서는 다중 분해능 구조의 종속성과 예측에러의 피드백을 고려한 컨텍스트 모델링(context-modeling) 예측기법을 적용하여 부밴드 계수값들의 공간적인 상관관계를 제거하였다. 예측에 이용된 컨텍스트는 수직, 수평, 그리고 대각방향의 부밴드 영역값에서 레벨이 다른 부밴드 간의 종속성과 방향성을 고려한 컨텍스트를 이용하였다. 코딩된 데이터들은 블록별로 적응산술부호화를 이용하여 비트 스트림으로 전송하였다.

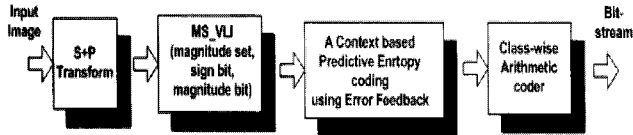


그림 1 제안한 알고리즘의 구조
Fig 1 The structure of the proposed algorithm

3.1 에러의 피드백을 이용한 컨텍스트 기반 예측 기법

본 논문에서는 웨이블릿 변환 후 발생한 웨이블릿 계수들의 코딩을 위하여 먼저 [7]에서 제안된 MS-VLI 표현기법을 이용하여 변환하였다. 여기서 모든 웨이블릿 계수들은 크기 세트, 부호 비트, 크기 비트의 세 부분으로 분류된다. 예를 들면 15와 -16은 각각 (7,+3)와 (8,-0)으로 변환된다. 표 3에서 MS_VLI 표현기법을 나타내었다.

표 3 MS-VLI 표의 정의

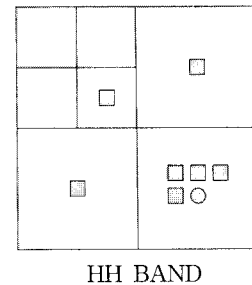
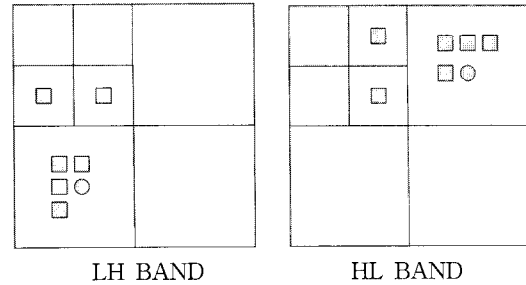
Table 3 Definition of The Magnitude-Set Variable-Length Integer(MS-VLI) Representation

magn. set	amplitude intervals	sign bit	magn. bits
0	[0]	no	0
1	[-1],[1]	yes	0
2	[-2],[2]	yes	0
3	[-3],[3]	yes	0
4	[-5,-4],[4,5]	yes	1
5	[-7,-6],[6,7]	yes	1
6	[-11,-8],[8,11]	yes	2
7	[-15,-12],[12,15]	yes	2
8	[-23,-16],[16,23]	yes	3
9	[-31,-24],[24,31]	yes	3
⋮	⋮	⋮	⋮

웨이블릿 계수들은 대부분의 에너지가 최저밴드 영역에 분포하고, 나머지 영역에는 영상의 에지 성분이 주로 분포하게 된다. 또한 최저밴드 영역을 제외한 나머지 영역에서는 방향성이 존재하게 된다. 그림 1에서 크기 세트의 예측을 위한 context를 보였고, 식 (5)에서 각 서브밴드에 대한 식을 나타내었다. 여기서 컨텍스트는 주위 화소들과 계층적인 피라미드 구조의 다른 레벨 화소 값에 따라서 각 서브밴드를 구성한다.

$$\begin{aligned}
 \text{LH band: } \hat{C} &= \{x_w, x_{nw}, x_n, x_{ne}, x_{p1}, x_{p2}\} \\
 \text{HL band: } \hat{C} &= \{x_w, x_{nw}, x_n, x_{ne}, x_{p1}, x_{p2}\} \\
 \text{HH band: } \hat{C} &= \{x_w, x_{nw}, x_n, x_{ne}, x_{sie1}, x_{sis2}, x_{p1}\}
 \end{aligned}
 \tag{5}$$

여기서 첨자 w, nw, n, ne는 각각 화소의 서, 북서, 북, 북동방향을 표시하고, $p_k(k=1,2)$ 는 k번째 부모 화소, sis는 주위 서브밴드의 화소들을 가리킨다.



- : 현재 화소의 크기세트
- : 현재화소의 예측을 위한 크기세트

그림 2 예측을 위한 contexts
Fig 2 Set of conditioning contexts.

그림 2에서 현재 화소의 크기세트 $x[i, j]$ 에 대한 예측값 $\hat{x}[i, j]$ 은 예측을 위한 크기세트들의 평균값을 이용한다. 그러나 예측을 위한 크기 세트들의 평균값만으로는 컨텍스트를 구성하는 화소들과 예측 값 $\hat{x}[i, j]$ 사이의 복잡한 관계를 제거하는 데에는 적절하지 못하다. 여기서 예측 값과 주변 화소값들의 관계에 대한 고려는 영상의 텍스처 패턴(texture pattern)이나 국부 동작성(local activity)과 같은 특성들을 이용함으로써 더 높은 압축률을 얻을 수 있다. 이와 같은 접근은 컨텍스트 사이에서 예측 바이어스(prediction bias)를 제거하는 에러 피드백 기법이 엔트로피 코딩 전에 예측 값을 재고하여 볼 수 있다.

본 논문에서는 대부분의 큰 예측 오차가 부밴드의 에지(edge)에서 발생하기 때문에 $\hat{x}[i, j]$ 을 구한 후 텍스트를 구성하는 화소들과 다시 비교하여 예측값 $\hat{x}[i, j]$ 이 주위 화소 값에 대한 영향을 나타내는 $\hat{e}[i, j]$ 을 계산하였다. 식

(6)에서 예측값 $\hat{x}[i, j]$ 을 컨텍스트 \mathcal{C} 의 화소들과 비교하여 $B = b_4b_3b_2b_1b_0$ 와 같이 5 비트의 값으로 나타내었고, 식 (7)에서 B 값에서 $\hat{e}[i, j]$ 값을 구하는 과정을 보았다.

$$b_k = \begin{cases} 1 & \text{if } x_k \geq \hat{x}[i, j] \\ 0 & \text{if } x_k < \hat{x}[i, j] \end{cases} \quad (6)$$

$$\hat{e}[i, j] = \begin{cases} 0 & \text{if } B < T \\ 1 & \text{if } B \geq T \end{cases} \quad (7)$$

여기에서 T 값은 실험을 통하여 얻은 적절한 임계값(thresholding value)이다.

현재 화소의 크기세트에 대한 최종 예측값 $\hat{p}[i, j]$ 은 주위 화소들의 평균값 $\hat{x}[i, j]$ 에 $\hat{e}[i, j]$ 을 더하여 구한다.

$$\hat{p}[i, j] = \hat{x}[i, j] + \hat{e}[i, j] \quad (8)$$

3.2 Class-wise Arithmetic Coding Scheme

예측을 하고 남은 값들의 전체적인 엔트로피를 줄이기 위하여 비트 스트림(bit stream)으로 전송하기 전에 부밴드 영역의 국부적인 성질에 따라서 블록으로 분류하였다. 각 레벨의 부밴드 중에서 세 개의 최고주파 부밴드 영역(the highest frequency subband)은 8×8 크기의 블록, 그 다음 레벨의 세 개의 부밴드 영역은 4×4의 블록, 나머지 부밴드 영역은 2×2 크기의 블록으로 구성하여 각 블록 화소값들의 평균값을 구하여 각각의 블록을 4개의 부류로 구분하였다[4].

분류를 한 후에 각 부밴드 영역에서 4개의 부류에 속한 블록의 모든 화소들에 대하여 적응산술부호화를 이용하여 비트 스트림으로 나타내어 전송하였다. 또한 블록 분류 맵(block classification map)도 적응산술부호화를 적용하여 부가정보(side information)로서 전송하였다.

4. 시뮬레이션 결과

본 논문에서 제안한 알고리즘의 실험을 위하여 그레이 레벨(gray level)을 갖고, 부밴드 영역에서 각각 다른 주파수 특성을 나타내는 512×512 크기의 표준영상들을 이용하였다. 웨이블릿 변환은 영상 크기에 따라서 최저밴드 영역의 수직 혹은 수평축의 화소수가 8보다 작을 때까지 실행하였다. 제안한 알고리즘은 정수 웨이블릿 필터 중에서 상대적으로 우수한 성능을 보이는 9/7 탭 필터와 S+P 변환을 이용하여 무손실 영상 압축 성능을 평가하였다. 실험결과는 기존에 잘 알려진 S+P변환을 이용한 결과[7][8]와 비교하여 표 4에서 보였다. 제안한 알고리즘에 9/7탭 정수 웨이블릿 필터와 S+P 변환을 적용한 결과를 비교하면, 각 실험 영상에 대하여 비슷한 성능을 보이나 S+P 변환을 적용하였을 경우에 평균 압축 성능에서 0.03bpp 정도의 향상된 결과를 보였다.

[7]에서는 S+P 변환과 MS-VLI 표를 이용하여 변환하고

예측하고자 하는 주변 크기 세트 화소들의 평균값과 부모 화소의 상태에 따라서 적절한 컨텍스트 모델을 선택하였고, 여기에 적응 산술 부호화를 적용하여 비트 스트림으로 전송하는 엔트로피 코딩 방법을 제한하였다. [8]에서는 S+P변환과 MS-VLI 표를 이용한 변환과 함께 적절한 컨텍스트 모델의 선택에 있어서 가중값 최소자승(weighted least square)방법을 이용하여 컨텍스트 모델의 선택에 좀 더 적응성을 주었고 여기에 적응산술부호화를 적용하는 방법을 제안하였다.

제안한 알고리즘의 실험결과를 S+P 변환을 이용한 실험결과와 비교하면 PEPPERS, BOAT, 그리고 AIRPLANE 영상들과 같이 고주파 성분을 많이 갖는 영상에 대하여 최대 0.39 bpp의 압축 성능이 향상됨을 보였다. 또한 상대적으로 저주파 성분이 많은 LENA, BRIDGES의 영상에서는 최대 0.41 bpp의 압축 성능이 떨어짐을 확인하였다.

이와 같은 결과에서 본 논문에서 제안한 알고리즘은 실험영상들이 각각 다른 영상정보를 가지면서 공간적 혹은 주파수 성질이 다르기 때문에 모든 영상에 최적의 성능을 나타내지는 않지만, 고주파 부밴드 영역에서 에지 값에 대한 예측 성능이 향상되었음을 알 수 있다.

표 4 제안한 알고리즘과 S+P 변환에 의한 무손실 압축률(B/PIXEL)

Table 4 Lossless compression rates (B/PIXEL) obtained with the proposed coding method, and methods proposed by Said & Pearlman [5], M.G. Stintzis [8].

Image	Proposed Algorithm		S+P Trans (Said & Pearlman)	S+P Trans (M.G. Stintzis)
	9/7 ICFB	S+P Trans		
lena	4.58	4.51	4.17	4.14
peppers	4.19	4.16	4.58	4.54
crowd	4.37	4.34	4.00	3.97
boat	4.19	4.15	4.31	4.26
airplane	3.84	3.84	3.91	3.87
bridges	6.05	6.03	5.58	5.53
barbara	4.60	4.59	4.55	4.49
couple	4.02	4.02	3.87	

표 5에서는 제안한 알고리즘의 실험결과를 기존에 잘 알려진 JPEG 2000과 LOCO-I의 실험결과와 비교하였다. 상대적으로 저주파 성분이 많은 LENA 영상에 대한 실험 결과를 보면, 제안한 알고리즘은 JPEG 2000과 비교하여 0.19 bpp 그리고 LOCO-I 과는 0.26 bpp의 압축 성능이 떨어짐을 확인하였고, 상대적으로 고주파 성분이 많은 BARBARA, PEPPERS 영상에서는 제안한 알고리즘이 최대 0.34 bpp의 향상된 결과를 보였다.

여기서 제안한 알고리즘의 무손실 압축 성능은 표 4에서 보인 S+P 변환에 의한 결과와 표 5에서 JPEG 2000과의 비교에서 유사한 결과를 보임을 알 수 있다. 따라서 제안한 알고리즘은 수직, 수평, 그리고 대각방향의 부밴드 영역값에서 레벨이 다른 부밴드 간의 종속성과 방향성을 고려한 컨텍스트를 이용하여 다중 분해능 구조의 종속성과 예측에러

의 피드백을 고려한 컨텍스트 모델링 예측을 함으로써 상대적으로 고주파 성분을 많이 갖는 영상에 대하여 무손실 영상 압축 성능이 개선되었음을 확인하였다.

표 5 제안한 알고리즘, LOCO-I, 그리고 JPEG 2000의 무손실 압축률

Table 5 Lossless compression rates obtained with the proposed coding method, LOCO-I, and JPEG 2000

Image	Proposed Algorithm		LOCO-I	JPEG 2000
	9/7 ICFB	S+P Trans		
lena	4.58	4.51	4.245	4.315
barbara	4.60	4.59	4.864	4.785
peppers	4.19	4.16	4.438	4.53

5. 결 론

본 논문에서는 다중 분해능 구조의 종속성과 방향성을 고려한 컨텍스트 모델링과 예측오차의 피드백을 이용하여 고주파 부밴드 영역에 대하여 예측을 적용하는 무손실 영상 압축 알고리즘을 제안하였다. 제안한 알고리즘은 9/7 텡 정수 웨이블릿 필터와 S+P 변환을 이용하여 웨이블릿 변환을 하였고, 예측에 이용된 컨텍스트는 수직, 수평, 그리고 대각 방향의 부밴드 영역값에서 레벨이 다른 부밴드 간의 종속성과 방향성을 고려한 컨텍스트를 이용하였다.

실험 결과에서 제안한 알고리즘에 9/7텡 정수 웨이블릿 필터와 S+P 변환을 적용한 결과는 비슷한 성능을 보였다. 기존의 JPEG 2000과 S+P 변환을 이용한 결과와 제안한 알고리즘의 실험결과를 비교하였을 경우에는 상대적으로 저주파 성분과 고주파 성분이 많은 영상에 대한 압축 성능이 떨어짐을 확인하였고, 고주파 성분이 많은 영상에서는 제안한 알고리즘이 최대 0.34 bpp의 향상된 결과를 보였다. 여기서 제안한 알고리즘은 실험영상들이 각각 다른 영상정보를 가지면서 공간적 혹은 주파수 성질이 다르기 때문에 모든 영상에 최적의 성능을 나타내지는 않지만, 예측오차의 피드백을 고려한 컨텍스트 모델링 예측을 적용함으로써 상대적으로 고주파 성분을 많이 갖는 영상에 대하여 무손실 영상 압축 성능이 개선되었음을 확인하였다. 향후에는 국부적인 영상정보의 성질에 맞추어 적응적으로 웨이블릿 필터를 적용하는 방법과 블록에 대한 확률적인 성질을 이용하는 방법 등에 대한 연구가 필요하리라고 본다.

감사의 글

본 논문은 2007년도 울산대학교 학술연구비 지원에 의하여 연구된 논문임.

참 고 문 헌

- [1] Ning Zhang, Xiaolin Wu, "Lossless compression of color mosaic images", Image Processing, IEEE Transactions on Vol. 15, Issue 6, June 2006, pp. 1379-1388.
- [2] Srikanth, R., Ramakrishnan, A.G., "Contextual encoding in uniform and adaptive mesh-based lossless compression of MR images", Medical Imaging, IEEE Transactions on Vol. 24, Issue 9, Sept. 2005, pp. 1199-1206.
- [3] Hua Cai, Jiang Li, "Lossless image compression with tree coding of magnitude levels", Multimedia and Expo. 2005. ICME 2005. IEEE International Conference on 6-8 July 2005
- [4] Ming Yang, Bourakis. N, "An overview of lossless digital image compression techniques", Circuits and Systems, 2005. 48th Midwest Symposium on 7-10 Aug. 2005, pp.1099-1102.
- [5] C. Christopoulos, A. Skodras, T. Ebrahimi, "The JPEG 2000 Still Image Coding System: an Overview", IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol. 46, No. 4, November 2000, pp. 1103-1127.
- [6] Marpe. D, Blattermann. G, Rieke. J, Maass, "A two-layered wavelet-based algorithm for efficient lossless and lossy image compression", Circuits and Systems for Video Technology, IEEE Transactions on Volume 10, Oct. 2000, pp. 1094-1102.
- [7] A. Said and W. A. Pearlman. "An image multiresolution representation for lossless and lossy image compression". IEEE Trans. Image Processing, Sept. 1996, pp. 1303-1310.
- [8] G. A. Triantafyllidis, M. G. Strintzis. "A context based adaptive arithmetic coding technique for lossless image compression", IEEE SIGNAL PROCESSING LETTERS.vol. 6, NO. 7, JULY 1999.
- [9] Ilango Balasingham, John M. Lervik, Tor A. Ramstad. "Lossless image compression using integer coefficient filter banks and class-wise arithmetic coding". proceedings of the IEEE ICASSP, volume 3, v.3, May. 1998.
- [10] Nasir Memon, Xiaolin Wu. "Recent developments in context-based predictive techniques for lossless image compression". THE COMPUTER JOURNAL, volume. 40, No.2/3, 1997.

저 자 소 개



추형석 (秋亨錫)

1971년 12월 16일생. 1997년 울산대 전자공학과 졸업. 1999년 울산대학교 대학원 전자공학과 (공학석사). 2003년 울산대학교 대학원 전자공학과 (공학박사). 2004년~현재 울산대학교 전기전자정보시스템공학부 강의전담교수

Tel : 052-259-1282

Fax : 052-259-1686

E-mail : hschu4@mail.ulsan.ac.kr



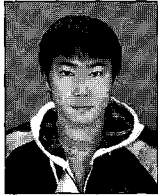
안종구 (安鍾久)

1953년 7월 7일생. 1977년 서울대 전기공학과 졸업. 1979년 한국과학기술원 전기및전자공학과 (공학석사). 1989년 Univ. of Texas at Austin (공학박사). 1979~1980년 현대중공업주식회사 1980~현재 울산대학교 전기전자정보시스템공학부 교수

Tel : 052-259-2183

Fax : 052-259-1686

E-mail : ckan@mail.ulsan.ac.kr



박병수 (朴柄秀)

1981년 11월 10일생. 2007년 울산대학교 전기전자공학부 졸업. 2007년~현재 울산대학교 대학원 전기전자공학부 석사과정

Tel : 052-259-2213

Fax : 052-259-1686

E-mail : bsbd@nate.com