임베디드 시스템의 영상압축을 위한 분할정렬 알고리즘의 개선

Improvement of Set Partitioning Sorting Algorithm for Image Compression in Embedded System

김 진 만, 주 동 현, 김 두 영

Jin-Man Kim, Dong-Hyun Ju, Doo-Young Kim

요 약

멀티미디어 사용의 증가에 따라 정보화 사회에 있어 정지영상 정보를 높은 압축율로 방대한 데이터를 얼마나 빠르게 에러 없이 전송 또는 처리하는가 하는 문제가 요구되어지고 있다. 본 논문은 임베디드 시스템 환경의 정지영상 인코딩 분야에서 다양한 기능과 압축 성능을 보이고 있는 JPEG2000의 압축효율 향상을 위하여 양자화 전 단계에서 추출데이터를 축소시켜 EBCOT 단계로 전달되는 데이터의 양을 줄이는 방법으로, 웨이블렛 계수의 저주파 대역에 대한 부호화를 제거하여 부호화 과정에서의 sign bit를 줄이고, 중요도 판별과정에서 각 단계별 임계치를 설정하여 중복비트를 제거하는 분할 정렬 알고리즘을 이용하여 웨이블렛 계수를 줄이는 방법을 제안하였다. 실험결과, 제안한 방법을 통해 임베디드 환경아래에서 기존의 JPEG2000 표준보다 더 우수한 양질의 성능과 저 비트율을 확인할 수 있었다.

Abstract

With the increasing use of multimedia technologies, image compression requires higher performance as well as new functionality in the informationized society. Specially, in the specific area of still image encoding in embedded system, a new standard, JPEG2000 that improve various problem of JPEG was developed. This paper proposed a method that reduce quantity of data delivered in EBCOT(Embedded Block Coding with Optimized Truncation) process using SPIHT(Set Partitioning in Hierarchical Trees) Algorithm to optimize selection of threshold from feature of wavelet transform coefficients and to remove sign bit in LL area for the increment of compression efficiency on JPEG2000. The experimental results showed the proposed algorithm achieves more improved bit rate in embedded system.

Key words : JPEG2000, SPIHT, Huffman Coding, Embedded System

I. 서 론

임베디드 시스템은 정보가전, 단말, 통신장비, 산업제어 등과 같이 현대인의 일상생활의 많은 분야에서 중요한 기능을 수행해 오고 있으며, 미래에는 우리 생활의 모든 분야에 더욱더 깊숙하게 침투하여 활용될 것으로 예상되고 있다. 이에 따른 다양한 멀티미디어 기능의 요구가 증대 되고 있으며, 그에 따라 임베디드 시스템 역시 다양한 형태의 멀티미디어 기능을 감당하기 위한 하드웨어, 소프트웨어적인 성능 향상을 거듭하고 있다.

그러나 서버급 기반의 워크스테이션에 비해 상대적으로 낮은 사양의 하드웨어 베이스를 가지는 임베디드 시스템은 CPU의 부하와 메모리 공간의 한계로 인해 멀티미디어 기능의 처리에 어려움을 가지고 있다.[9]

따라서 멀티미디어 및 정지영상 정보를 효율적으로 압축하여 빠르게 에러 없이 방대한 데이터를 처리하는 문제가 임베디드 시스템에서는 아주 중요한 분야라고 할 수

*동아대학교 전자공학과
접수 일자 : 2005. 7. 13 수정 완료: 2005. 7. 25
논문 번호 : 2005-2-13
※본 논문은 2004년도 동아대학교 교내 학술연구 공모과제 지원으로 수행되었습니다.

있다.

그중에서 정지영상 정보의 압축은 현재 실용화되고 있는 영상처리 시스템에 있어서는 처리속도와 저장용량 문제에 많은 과제를 던져주고 있다. 이런 문제점을 해결하기 위해 1992년에 JPEG(Joint Photographic Expert Group)이 국제 표준으로 채택된 이후 이 표준은 다양한 멀티미디어 응용분야에 사용되고 있다. 그러나 JPEG은 구현이 쉽다는 장점에도 불구하고 손실과 무손실 압축이 단일화 되어있지 않고 잡음이 많은 저 비트율 환경에서 뚜렷한 성능 열화를 보이고 있으며 DCT(Discrete Cosine Transform)을 취한 후에 압축과정을 수행하기 때문에 고압축을 할 경우 블록화 현상이 심하게 일어나는 단점을 가지고 있다. 최근 이러한 문제점들을 해결하기 위해 JPEG의 표준화 작업을 담당하고 있는 ISO/IEC 산하의 JTC1/SC29/WG1 그룹에서 JPEG2000을 개발 하였다.[7]

본 논문에서는 JPEG2000 압축단계의 양자화 전 단계에서 추출 데이터를 축소하여 JPEG2000의 전반적인 압축효율을 개선시키고자 하였다. 웨이블렛 계수의 축소를 위해 웨이블렛 계수의 저주파 영역에 대한 sign-bit를 제거하고 중요도 판별과정에서 각 단계별 threshold를 설정한 분할정렬 알고리즘을 사용하여 bit-rate를 줄인 다음 scalar quantization방법을 사용하여 각각의 sub-band의 특성에 따라 달리 적용이 된 계산을 통하여 양자화 전 단계까지의 웨이블렛 계수 자체의 용량감소를 구현하였으며, 그 결과 임베디드 환경에서 기존의 JPEG2000 표준보다 더 우수한 양질의 성능과 저 비트율을 확인할 수 있었다.

II. 배경 이론

1. JPEG2000의 표준 구조

그림1은 JPEG2000 인코더/디코더의 블록도이다. 이산 웨이블렛 변환을 소스 영상 데이터에 적용하고 변환된 계수는 양자화를 거쳐 코드열을 생성하기 전에 엔트로피 부호화 과정을 거친다.

1) 이산 웨이블렛 변환 (Discrete Wavelet Transform)

각각의 독립적인 밴드에 대해 64 X 64 Pixel이하의 code block 단위로 분리된 bit-plane에 웨이블렛 변환이 적용된다. 비가역 변환은 Daubechies 9/7-tap 필터에 의해 실행되고 가역 변환은 5/3-tap 필터에 의해 실행된다.

본 논문에서는 비가역 변환인 Daubechies 9/7-tap 필터를 사용하였다. 이산 웨이블렛 변환 후 양자화 과정은 모든 계수들을 scalar 양자화 시킨다.

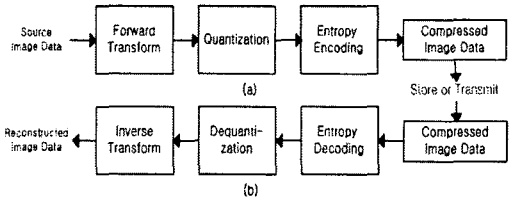


그림 1. JPEG2000 블록도

Fig. 1. Block diagram of JPEG2000

2) EBCOT (Embedded Block Coding with Optimized Truncation)

그림 2는 EBCOT 구성으로서 T1, T2 block으로 나눌 수 있다. T1 block은 웨이블렛 변환과 양자화를 거친 sub-band를 EBCOT에서 처리하기 적당한 크기의 code-block으로 나누며 bit-plane으로 분할하여 3 가지의 pass(Significance Propagation Pass, Magnitude Refinement Pass, Clean up Pass)그룹으로 나누게 되며, ZC(Zero Coding), SC(Sign Coding), RLC(Run Length Coding), MR(Magnitude Refinement)의 4가지 coding 방법으로 19개의 Context중 현 샘플이 해당되는 Context(CX)와 Decision(D)을 추출하게 된다.[1],[6]

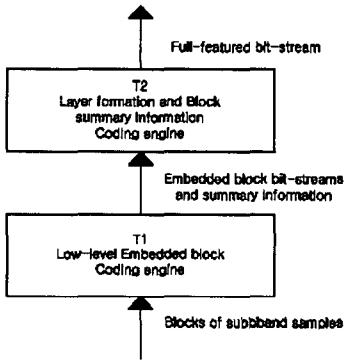


그림 2. EBCOT 구성

Fig. 2. Structure of EBCOT

산술부호화(Arithmetic coding)는 곱셈연산과 덧셈연산을 사용하는 Q-coder, QM-coder 대신에 덧셈연산과 쉬프트 연산을 사용하는 MQ-coder를 사용하여 추출된 Context와 Decision을 이용하여 실질적인 압축을 산술 부호화에서 수행하게 된다. T2 block은 T1에서 만들어진 압축된 bit-stream을 주어진 bit-rate에 맞게 데이터를 삭제하거나 주어진 bit-rate를 맞추어 점진적인 SNR Scalability와 Resolution Scalability가 가능하게, 압축된 데이터를 재배열 시키는 block이다.[5][7]

2. 분할 정렬 알고리즘

부호화 하는 과정은 초기화 과정(initialization)과 분류과정(sorting pass), 세분화과정(refinement), 그리고 양자화

단계 갱신(quantization-step update)등 4개의 단계로 나누어진다.[8]

그림 3은 분할정렬 알고리즘의 블록도를 나타낸다. 먼저 초기화 과정은 식(1)을 통해 n을 구하고 식(2)의 해를 구하여, 임계값(Threshold, T)을 선택하는 것에 의해 시작된다.

$$n = [\log_2 \max_{i,j}(C_{i,j})] \quad (1)$$

$$T = 2^n \quad (2)$$

여기서 $C(i,j)$ 는 좌표 (i,j) 에서의 웨이블렛 계수이다. 위에서 구한 임계값을 이용하여 임계값보다 크면 중요계수(significant coefficient) 그리고 작으면 비 중요계수(insignificant coefficient)로 구분하게 된다. 집합의 중요도를 판별하기 위해 중요한 계수들의 목록인 LSP(list of significant pixels)와 중요하지 않은 계수들의 목록인 LIP(list of insignificant pixels), 그리고 중요하지 않은 집합들의 목록인 LIS(list of insignificant sets)라 불리는 3개의 리스트를 사용한다.

여기서 LIP와 LSP에서의 좌표 (i,j) 는 각각의 계수를 나타내고 LIS는 아래의 조건에 따르는 $D(i,j)$ (type-A)와 $O(i,j)$ (type-B)를 나타낸다.

$$L(i,j) = D(i,j) - O(i,j) \quad (3)$$

$O(i,j)$: (i,j) 의 자식(offspring)들의 집합

$D(i,j)$: (i,j) 의 자손(descendants)들의 집합

분류과정은 LIP에 있는 모든 계수들을 조사해 가면서 임계값(T)보다 크면 LSP로 이동시키고, LIS에서도 집합들의 중요도를 판별하여 중요한 집합인 경우 리스트에서 제거되고 4개의 계수들에 대해 중요하면 LSP로 이동시키고 중요하지 않으면 LIP로 이동시킨다.

세분화하는 과정은 LSP에 있는 모든 계수들의 n번째 MSB(most significant bit)를 차례대로 세분화하여 세분화 정보를 만든다. 마지막으로 양자화 단계 갱신 과정에서는 임계값을 반으로 줄여가면서 원하는 비트율에 도달할 때까지 반복하게 된다.[2]~[4]

Ⅲ. 제안한 알고리즘

본 논문에서는 기존 분할정렬 알고리즘의 구조적인 문제점을 해결하기 위하여 초기치 에서 각 단계에 발생되어지는 여분 비트의 소모를 감소시키는 방식을 적용하였고 그 방법으로 아래와 같은 3가지 방법을 제안한다.

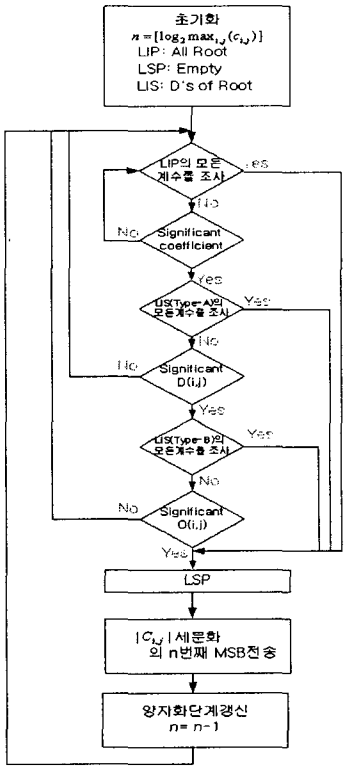


그림 3. 분할정렬 알고리즘의 순서도.

Fig. 3. Flowchart of set partitioning sorting algorithm

1. 저주파대역에 대한 부호화 제거

기존의 방법은 계수의 중요도를 판별하기 위하여, 1비트를 할당하고, 또한 중요계수에 대하여 양수인지 음수인지를 판별하기 위하여 1비트를 할당하게 된다.

그러나 웨이블렛 변환된 계수들 중 저주파대역은 항상 양수이기 때문에 부호화 할 필요가 없으므로 할당되는 1비트를 감소시킬 수 있었다.

2. LIS(Type-A)에서의 임계값 설정

분할정렬 알고리즘에서 고정된 임계값을 가지고 LIP에 있는 목록의 중요도를 판별한 후 모든 자손(descendants)의 목록인 $D(i,j)$ (type-A)를 판별해 나가게 된다. 그러나 여기서 Type-A에서의 임계값과 초기 임계값은 표 1에서처럼 차이가 있으며, 결국은 자손(descendants)들이 중요해질 때까지 중복적으로 트리의 수만큼 1비트를 낭비하게 된다.

표 1. 각 대역별 임계치(Threshold)비교

Table. 1. Comparison of threshold for each subband

T	LENA	Gold Hill	Camera	Hat
초기치	1024	1024	1024	1024
LH	479	380	428	505
HL	380	309	678	581
HH	272	201	320	300

따라서 본 논문에서는 표 1에서처럼 다수의 영상에 대한 통계적인 특징들을 살펴볼 때 LH, HL, HH영역의 임계값은 서로 다르다는 사실을 이용하여 초기에 LIS에서의 좌표는 갖지 않고, LH영역 HL영역 그리고 HH영역에 대하여, 각각의 대표하는 제일 큰 계수값을 구하여 임계값으로 설정 한 후, 초기 임계값을 반으로 줄여가면서 자손들의 영역의 임계값과 비교해 가면서 각각의 영역에 대한 임계값과 일치할 때 LIS에서 자손들의 좌표를 갖게 함으로써 모든 자손들에 대한 적합한 임계치를 가지게 되어 비트를 줄일 수 있었다.

3. LIS(Type-B)에서의 임계값 설정

LIS(Type-B)에서 집합들이 중요하다고 판단될 때, 그것은 리스트에서 제거 되어지고 분할되어진다. 그리고 4개의 새로운 계수들은 현재의 임계값에 따라 판별되어지고 LIP나 LSP로 이동하게 된다.

표 2. 자손들 간의 임계치 비교

Table. 2. Comparison of threshold among descendants

T	Lenna	Airplane	Hat	Camera
descendants	256	512	512	512
offspring(1)	256	256	256	256
offspring(2)	128	128	64	128

이러한 과정에 있어서 이 새로운 계수들이 분할되어져야 할 임계값과 현재의 임계값은 표 2에서처럼 웨이블렛 변환된 영상들의 특징을 살펴볼 때 같거나, T/2 혹은 T/4보다 작기도 하다. 만일 T/2보다 작다면 현재의 임계값에서 처리하지 않고 다음단계의 임계값에서 처리할 수 있으므로 1bit를 절약할 수 있다. 마지막 단계로, 초기양자화 과정에서부터 6단계까지는 전체적인 비트가 중요하지 않기 때문에 연속되는 0이 많이 발생하게 된다. 이러한 사실을 통해, 허프만 부호화를 적용하여 비트의 수를 감소시켰다.

Ⅳ. 실험 및 결과

제안하는 알고리즘의 실험을 위하여 256 X 256 Gray 영상을 사용하였으며, 영상의 명도차이에 의해 압축률이 차이가 많을 수 있으므로 인물영상과 배경영상 등 여러 가지 영상을 가지고 실험을 하였다. 정지영상 압축효율 향상을 위해 사용된 개선된 분할정렬 알고리즘의 코딩 및 실험결과는 Intel PXA-255와 Embedded Linux 환경 아래에서 수행되었다.

아래의 표 3에 원 영상과 JPEG2000을 적용한 영상의 비트율과 제안한 알고리즘을 적용한 영상의 비트율의 비교치를 나타내었다.

표 3. JPEG2000과 제안한 알고리즘의 압축 비트율 비교

Table. 3. Comparison of compression rate between JPEG2000 and proposed algorithm

Bit rate	1/2	1/4	1/8	1/16	1/32	1/64	1/100
o_baboon	32,742	16,358	8,180	4,036	2,026	1,019	623
p_baboon	32,452	16,090	7,997	4,023	1,982	1,014	604
o_bird	28,121	16,383	8,073	4,018	2,006	993	631
p_bird	23,467	16,322	8,072	4,058	2,047	1,019	456
o_lenna	32,768	16,384	8,166	4,080	2,018	1,018	653
p_lenna	32,645	16,235	8,076	4,065	2,016	994	642
o_f16	32,343	16,278	8,101	4,087	2,037	998	650
p_f16	32,291	16,260	8,064	4,003	2,033	943	621

표 3에서 확인할 수 있듯이 o_로 표현된 기존의 JPEG2000 방식으로 압축한 영상의 비트율에 비해 p_로 표현된 제안하는 알고리즘으로 압축한 영상의 비트율이 개선된 것을 확인할 수 있다. 이러한 압축률의 향상에도 불구하고 표 4.의 결과에서 보듯이 원 영상을 기준으로 할 때 기존 방식의 압축 영상과 제안하는 알고리즘으로 압축한 영상의 PSNR값 차이는 매우 낮음을 알 수 있으며, 표 5.의 압축영상 비교와 같이 육안으로 비교해 보아도 차이가 없는 것을 확인할 수 있다.

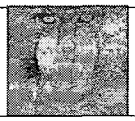
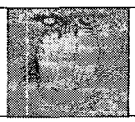
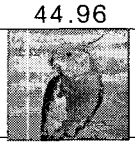
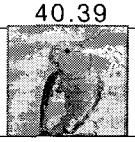
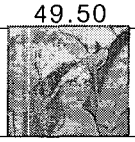
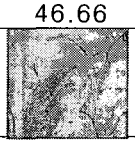
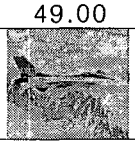
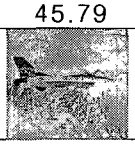
표 4. JPEG2000과 제안한 알고리즘의 PSNR 비교

Table. 4. Comparison of PSNR between JPEG2000 and proposed algorithm

PSNR 비교	1/2	1/4	1/8	1/16	1/32	1/64	1/100
o_baboon	44.96	40.05	37.39	36.85	36.03	35.62	35.43
p_baboon	40.39	38.38	36.24	35.96	35.73	35.52	35.35
o_bird	49.50	47.29	45.50	43.98	42.09	40.06	38.40
p_bird	46.66	44.49	42.38	41.13	40.05	39.13	38.49
o_lenna	49.00	45.03	42.50	40.24	38.40	37.05	36.26
p_lenna	45.79	43.77	41.50	39.25	38.00	36.96	36.20
o_f16	49.32	45.23	41.89	39.24	37.20	35.54	34.80
p_f16	44.04	42.00	40.94	37.82	36.92	35.32	34.77

표 5. 100:1 압축 시 결과 비교

Table. 5. Comparison of result at compression of 100:1

NO	원영상	JPEG2000	제안한 알고리즘적용
baboon			
PSNR	-	44.96	40.39
bird			
PSNR	-	49.50	46.66
lenna			
PSNR	-	49.00	45.79
f16			
PSNR	-	49.32	44.04

V. 결 론

본 논문에서는 임베디드 시스템에서 정지영상의 효율적인 영상압축을 구현하기 위하여 JPEG2000의 웨이블렛 계수 데이터를 축소하는 방법으로 저주파 대역에 대한 부호화의 제거와, 중복비트 제거를 이용한 개선된 분할정렬 알고리즘을 제안하였다.

저주파 대역에 대한 부호화 제거로서 부호화 과정에서의 sign bit를 줄이고, LIS에서의 임계값을 설정함으로 초기 임계값의 비트를 축소하였으며, 초기양자화 단계에서 발생되는 중복 비트를 허프만 부호화를 사용하여 감소시켰으며, 이러한 웨이블렛 계수의 축소로 인하여 EBCOT 단계로 전달되는 데이터의 감소가 전반적인 JPEG2000 압축효율의 향상을 가져오게 되었다.

원 영상의 웨이블렛 계수의 비가역 축소로 인해 복원영상에 어느 정도 변화가 있을 것으로 예상하였으나, 영상의 명도차에 의한 압축률 차이를 고려하여 여러 영상에 적용해 본 결과 압축 효율이 높아졌음에도 불구하고 PSNR의 차이는 크지 않았으며, 육안으로 확인하여도 원 영상과 거의 차이가 없음을 확인할 수 있었다.

본 연구의 정지영상 압축방식은 Embedded 환경 특유의 소형 디스플레이 환경에서 보다 효율적으로 사용될 수 있을 것이며, 향후 산술코딩 부분의 개선을 통해 Embedded System에서 보다 나은 압축효율 개선과 디코딩 속도의 향상이 가능할 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

[1] A. Said and W. A. Pearlman, "A new fast/efficient image codec based on set partitioning in hierarchical trees," IEEE trans. Video Technol.vol. 6, pp.243-250,1996.

[2] j. M. shapiro, "Embedded image coding using zerotrees of wavelet coefficient", IEEE Transactions on Signal Processing, Vol. 41, NO.12, pp.3445 3262 Dec. 1993.

[3] David Taubman, "High Performance Scalable Image Compression with EBCOT", IEEE Transaction on Image Processing, Vol 6, pp. 243-250, 1966.

[4] Maryline Charrier, Deigo Santa Cruz, Mathias Larsson, "JPEG2000, the Next Millennium Compression Standard for Still Image", IEEE 1999

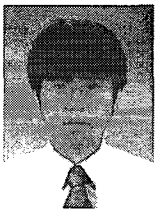
[5] Skodras A, Christopoulos C, and Ebrahimi T, "The JPEG2000 still image compression standard", IEEE Signal Processing Magazin, Volume : 18 Issue : 5 , Sep 2001

[6] David Taubman, "High Performance Scalable Image Compression with EBCOT" IEEE transac- tions on image processing, Vol. 9, No. 7, July 2000

[7] 홍성훈, "JPEG2000 정지영상 압축 부호화 표준의 이해" IDEC 2002.

[8] 설경호, 조상현, 주동현, 김태형, 김두영, "프로그레시브 영상 전송에 적합한 SPIHT알고리즘의 개선에 관한 연구", 신호처리·시스템학회 하계학술대회, p130-133, 2003.

[9] 김홍남, "임베디드 S/W 최신 기술 동향 ", 대한 전자공학회지, 1016-9288, 제31권11호, pp.19-29, 2004.



김 진 만(Jin_Man Kim)
2004년 동아대학교 전자공학과 공학사
2005년~현재 동아대학교 전자공학과 석사 과정
관심분야 : 영상 압축, 컴퓨터 비젼, 디지털 신호처리

주 동 현(Dong-Hyun Ju)
2000년 동아대학교 전자공학과 공학사
2002년 동아대학교 전자공학과 공학석사
2004년 동아대학교 전자공학과 박사수료
관심분야 : 영상 압축, 컴퓨터 비젼, 패턴인식

김 두 영(Doo-Young Kim)
1972년 부산대학교 전자공학과 공학사
1975년 부산대학교 전자공학과 공학석사
1983년 경북대학교 전자공학과 박사수료
1977년 ~현재 동아대학교 전자공학과 교수
1998년~1999년 대한 전자공학회 부산경남지부장
2000년 8월 ~ 현재 한국 신호처리 시스템 학회장
관심분야 : 디지털 신호처리, 영상처리 및 컴퓨터비젼, 신경망 등