

효율적인 압축을 위한 영역 세그먼트를 이용한 JBIG2 CODEC 구현

백옥규, 고흥화
광운대학교 전자통신공학과

Implementation of JBIG2 CODEC using Segmentation for Effective Compression

Okyu Baek, Hyung Hwa Ko
Dept. of Electronic Communication Eng., Kwangwoon University
E-mail : okyu100@explore.gwu.ac.kr

요 약

JBIG2 표준은 그레이 문서를 고압축의 이진 영상으로 부호화 하기위하여 선 영역(region of line-art), 하프톤 영역(region of Halftone), 텍스트 영역(region of Text)으로 세그먼트하여 각각 영역에 최적화 모드를 사용하여 부호화한다.

본 논문에서는 JBIG2에서 제공하는 세가지 모드의 코딩, 즉, 제네릭 영역(region of Generic) 코딩, 텍스트 영역을 위한 패턴 매칭(Pattern Matching) 코딩, 하프톤 영역을 위한 하프톤 코딩을 모두 구현하였다.

그리고, 각 영역을 세그먼트하는 방법을 개선하여 적용하여 세그먼트의 성능 향상을 이루었다. 특히, 부호화량이 많은 하프톤 영역의 세그먼트를 향상시켜 최적화 모드로 부호화 하도록 구현하였다.

팩스 테스트 영상(IEEE-167a)으로 구현한 JBIG2 CODEC을 실험한 결과, 각 영역에 대한 세그먼트가 [6]의 방법에 의한 세그먼트보다 더 효율적으로 이루어졌으며 주관적 화질 또한 우수하였다.

I. 서 론

통신 수단이 발전하면서 문서의 압축 저장과 전송 요구가 늘어가고 있다. 그런데, 이러한 문서의 저장과 전송은 압축 방법을 요구하게 된다. ISO(International Standard Organization)는 이진 압축 알고리즘으로 JBIG2 표준 [1]을 1999년 말에 완성하였다. JBIG(Joint Bi-Level

Image Expert Group)은 ISO/IEC와 ITU-T가 함께 구성한 그룹이다[2]. 이전의 이진 압축 표준인 JBIG1 (JBIG)[3], MR(G3/G4 fax)[4] 압축은 물론 MMR이나 JBIG1보다 높은 압축을 목적으로 지각있는 무손실도 가능하다.

JBIG2는 세가지 모드를 갖는데, 그 중 제네릭 코딩(Generic coding)은 MMR이나 JBIG1과 흡사한 템플릿 산술부호화(Arithmetic template coding)을 한다. 텍스트 영역에는 패턴 매칭 코딩을 이용하고, 하프톤 영역은 그레이 영상과 패턴 사진을 이용하여 손실 하프톤 코딩을 한다. JBIG2에서는 텍스트 영역과 하프톤 영역의 코딩을 행하여 고압축률을 실현한다.

따라서, JBIG2에서 고압축의 실현을 위해서는 각 해당영역의 결정이 필수적이고, 영역 결정의 정확도가 압축과 계산속도에 큰 영향을 미치게 된다.

본 논문은 새그먼트 영역과 비텍스트 영역을 구분하는 [6]을 사용하고 [6]의 하프톤 영역구분의 약점을 보완하여 영역결정의 정확도를 향상시켰다. 그리고, 각 영역의 코딩 모드인 MMR, 산술부호화, 패턴 매칭, 하프톤 코딩을 모두 구현하여 JBIG2의 표준에 따른 복호기를 구현하였으며, 새그먼트 알고리즘을 이용하여 각 영역을 결정하여 부호기를 구현하였다.

본 논문은 II. JBIGE의 부호화, III. 세그먼트(Segmentation for JBIG2) 방법, IV. 실험 결과, V. 결론 순으로 이루어진다.

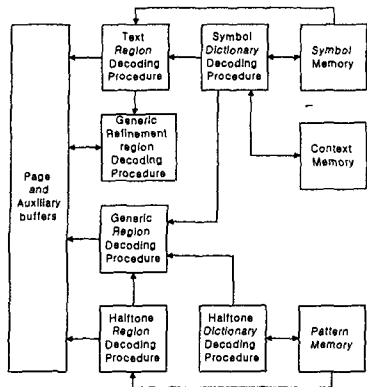


그림 1. 주요 복호기 성분들의 블록도

II. JBIG2의 부호화

JBIG2[1][2]는 비트 스트림과 복호기만을 표준으로 정의한다. 따라서 어떻게 부호화기를 구성하는가는 표준화 되어있지 않다. JBIG2 신택스(Syntax)는 (1)패턴 매칭 코딩, (2)제네릭 코딩, (3)그레이 스케일에 대한 하프톤 코딩의 세가지 코딩방법을 제시한다. 그림 1은 세가지 코딩 방법을 보여주는 JBIG2 복호기의 간단한 블록도이다. (그림 1의 심벌 영역(Symbol region)은 텍스트 영역이라고 부른다.) 네 번째 주요 성분은 제네릭 정련 복호기(Generic refinement region)는 손실 비트맵을 더 적은 손실 또는 무손실로 정련하는 방법이다.

2.1. 텍스트 영역 부호화(Text Region Coding)

텍스트 영역 부호화는 텍스트에서 추출된 심벌이 저장된 심벌 사전내의 인덱스와 텍스트상의 수평위치(S) 및 수직위치(T)를 부호화 과정이다.

복호기는 심벌사전, 비트맵 인덱스와 위치 정보의 순서대로 복호화 한다. 즉, 복호기는 심벌 영역의 비트맵과 각 심벌 비트맵을 결합하는 것이다. 이 코딩 방법은 스캐닝 노이즈로 인해 같은 문자가 조금씩 다른 심벌 비트맵으로 생성되는데 이를 하나의 심벌로 만들어 부호화시 비트 낭비를 막는다. JBIG2는 한 페이지 뿐만아니라 전체 문서에 대해서도 압축이 가능하다. 같은 심벌사전을 이용하여 더 많은 페이지를 코딩하면 더 효과적인 압축을 할 수 있다[5].

2.2. 제네릭 영역 부호화(Generic Region Coding)

제네릭 영역 부호화는 '1' 과 '0'의 직사각형의 비트맵을 MMR이나 템플릿을 이용한 순차적 산술부호화로 부호화한다. 후자는 현재 부호화 할 화소 주변의 부호화된 화소에 템플릿을 이용하여 콘텍스트(context)를 구해 산술부호화의 확률 평가를 이용하여 압축을 행한

다. 산술부호화에서는 각 화소의 값이 마크로프 정보원이란 가정 하에서 각 화소의 값을 예측할 수 있는 템플릿을 만들고 이 값을 통해서 부호화를 행하게 된다. 그림 2에서 원은 부호화될 현재 픽셀을 의미하고 X는 픽셀의 기하학적 패턴인 템플릿에 위치한 이웃 픽셀을 의미하며 $A_1 \sim A_4$ 는 "Adaptive" 픽셀을 의미한다.

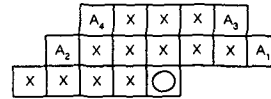


그림 2. 제네릭 영역 부호화를 위한 템플릿 중 하나

2.3. 하프톤 영역 부호화(Halftone Region Coding)

하프톤 영역 부호화는 그레이 영상을 이진 영상으로 만들어 시각적으로는 그레이 스케일 이미지에 유사하게 하면서 압축은 높이는 코딩 방법이다. 즉, 이진 영역의 그레이 스케일 값의 평균을 하프톤 패턴으로 대체하여 그레이 영상을 이진화 한다. 부호화에서 임의의 하프톤 패턴은 사용이 허용된다. 그림 3.1과 3.2는 각각 하프톤 부호화에 사용되는 하프톤 패턴을 나타낸다.



그림 3.1. 4x4 하프톤 패턴



그림 3.2. 6x6 하프톤 패턴 (Angled 하프톤(45°))

JBIG2에서는 Non Angled 하프톤 부호화와 Angled 하프톤 부호화를 모두 지원한다. $M \times M$ 패턴 크기를 갖는 Non Angled 하프톤은 그림 4의 하프톤 영역과 하프톤 그리드(grid)가 각을 형성하지 않으며, 하프톤 그리드와 하프톤 패턴의 크기가 일치한다. 하프톤 그리드안의 그레이 스케일 값을 평균하여 하프톤 패턴의 레벨로 나누어 패턴의 크기 만큼 다운 샘플링 영상을 얻는다. 그레이 스케일 영상에서 다운 샘플링 영상으로부터 $B(j)$ 의 비트 플랜(Bit Plane)얻는다. $B(0)$ 는 MSP(Most Significant Plane)이다. 비트 플랜의 부호화는 $B(0)$, $B(0) \text{ XOR } B(1)$, $B(1) \text{ XOR } B(2)$ 등의 순으로 MMR 부호화를 한다. 각 비트 플랜끼리 XOR를 하는 이유는 '0' 픽셀과 '1'인 픽셀을 모아 놓음으로 MMR 부호화시 압축을 높이기 위함이다.

Angled 하프톤의 경우는 그림 4에서와 같이 하프톤 영역과 하프톤 그리드가 각을 이루고 있다. 하프톤 영역은 (x,y) 좌표를 갖으며, 그리드 벡터는 HRX, HRY 를 갖는다. m_g, n_g 는 하프톤 그리드의 인덱스이다. 하프톤 영역의 $(0,0)$ 을 기준으로 하프톤 그리드의 기준인 (HGX, HGY) 를 구할 수 있다. 따라서, x 와 y 값은 식 (1),(2)로부터 구할 수 있다. 여기서, $HRX, HRY, HGX,$

HGY는 자신의 값에 256배 한 값이다.

$$x = (HGX+m_g \times HRY+n_g \times HRY) \gg 8 \quad (1)$$

$$y = (HGY+m_g \times HRY-n_g \times HRY) \gg 8 \quad (2)$$

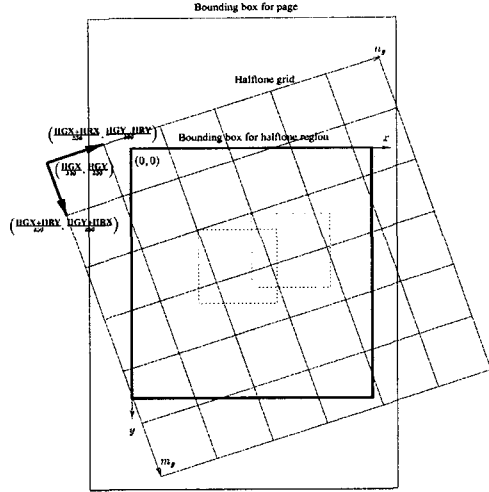


그림 4. JBIG2의 하프톤 구조

하프톤 그리드의 길이는 식 (3)으로 구할 수 있다. 여기서 HGW는 하프톤 그리드의 윗변 길이, RW와 RH는 하프톤 영역의 윗변길이와 높이, HDPW는 하프톤 패턴의 변길이이다.

$$HGW = \frac{\cos(\tan^{-1}(RW/RH) - \theta) \cdot \sqrt{RW^2 + RH^2} \cdot (\cos(\theta) + \sin(\theta))}{HDPW} \quad (3)$$

Angled 하프톤의 비트 플랜 중 하프톤 영역의 값이 존재하는 (x,y)에 한하여 램플릿을 이용한 순차적 산술 부호화를 한다.

Angled 하프톤 방법이 Non Angled 하프톤 방법보다 비록 복잡하고 더 많은 시간과 메모리를 요구하지만 그림 5에서와 같이 대각선에 민감하지 않는 시각적 특성을 활용하여 시각적으로 향상된 영상이 된다.



그림 5-1. Non Angled 하프톤(4x4패턴, 16레벨)



그림 5-2. 45° Angled 하프톤(6x6, 19레벨)

그림 5. Barbara 512x512의 하프톤 구현 결과

III. 세그먼트(Segmentation for JBIG2) 방법

JBIG2는 높은 압축률을 갖기 위해 영상을 제네릭, 하

프톤, 텍스트 영역으로 나누어 각각 다른 코딩을 한다. 따라서, 문서에서 각 해당영역의 결정의 정확도가 JBIG2 알고리즘의 압축률과 계산 속도에 큰 영향을 미치게 된다[6]. JBIG2의 세그먼트 방식은 영역 타입의 오인에 대한 영향을 고려해야 한다. 만일, 텍스트 영역이나 제네릭 영역을 하프톤 영역으로 부호화 한다면 영상의 질이 떨어질 것이며, 텍스트가 아닌 영역을 텍스트 영역으로 부호화하면 대체로 압축은 약간 떨어지나 퍼포먼스(performance)에서 큰 차이를 보일 것이다.

3.1. 세그먼트 알고리즘(Segmentation Algorithm)

[6]에서 제안한 알고리즘은 다음과 같다.

1) 빠른 세그먼트를 위해 그레이 문서를 threshold한 이진 문서에 대해 MxN 다운 샘플링을 한다. 이 때 MxN 영역에 한 픽셀이라도 흑 픽셀이 있으면 흑으로 다운 샘플한다. (본 논문에서는 4x4를 사용.)

2) 다운 샘플 영상에 4방향 컨투어(4-connected technique)를 하여 심벌을 추출한다. 이 때 심벌의 크기와 가중치를 고려하여 비 텍스트(Non-Text) 영역을 구분한다.(가중치는 심벌 영역에 대한 흑 픽셀의 비율)

3) 비 텍스트영역을 threshold 영상의 영역으로 환원하여 흑백을 전환하고 그 영역에 대해 다시 1)의 방법을 반복한다. 심벌의 수가 30이상이면 흑과 백이 전환된 텍스트 영역으로 판정하고, 하프톤 부호화를 하지 않는다.

[6]의 알고리즘은 하프톤 영역에 대한 구분만을 고려한 알고리즘이다. 그런데, 복잡한 하프톤 영역인 경우 흑백이 전환된 텍스트 영역으로 오인하여 하프톤 코딩을 하지 않을 수도 있다. 또한, 제네릭 영역에 대한 세그먼트 방법이 불분명하다.

3.2. 웨이브릿 계수 분포를 이용한 세그먼트

웨이브릿 LH, HL, HH 밴드의 계수 히스토그램은 라플라시안 분포(Laplacian distributions)를 따르는 경향이 있다[8]. 웨이브릿 LH 밴드의 계수와 라플라시안 분포의 상관도를 이용하면 연속 톤 영상(Continuous-tone images)를 구분하는데 효과적이다[7].

계수 분포와 라플라시안 분포의 매칭 정도는 χ^2 테스트[9]를 식 (4)와 같이 샘플 크기 N으로 정규화한 값을 이용한다[7].

$$\chi^2/N = \sum_{i=1}^k (f_i - F_i)^2 / F_i \quad (4)$$

f_i 는 Haar 웨이브릿 LH 밴드 계수의 히스토그램 카테고리 C의 i번째(C_i)에 관련된 주파수 값이고, F_i 는 C_i 에 관련된 라플라시안 분포의 pdf의 기대 주파수이다. 따라서, 식 (4)는 f_i 와 F_i 값이 서로 근접 할

경우 계수 분포와 라플라시안 분포의 상관도가 높아진다.

3.3. 효율적 JBIG2 부호화를 위한 세그먼트 구현

3.1절의 3)방법은 threshold한 이진 영상으로부터 세그먼트를 행하므로 제너릭 영역을 하프톤 영역으로 오인하거나 하프톤 영역을 제너릭 영역으로 처리 하는 문제점을 가지고 있다. 따라서, 본 논문에서는 이 문제점을 3.2절의 세그먼트 방법을 추가함으로써 개선하였다.

세그먼트 방법은 3.1절의 세그먼트 방법 중에서 1)과 2)방법까지는 그대로 행하고, 3)방법 대신 3.2절의 세그먼트 방법을 사용하여 하프톤 영역과 제너릭 영역을 구분하게 된다. 본 시스템에서는 비 텍스트 영역 중 χ^2/N 의 값이 0.9 보다 작으면 하프톤 영역으로 구분하고 그렇지 않으면 제너릭 영역으로 구분한다.



그림 6.1 원영상(IEEE-167a)



그림 6.2 JBIG2 부호화/복호화 한 이진 영상

IV. 실험 결과

본 논문에서 구현한 그림 6.2의 JBIG2 부호화한 이진 영상은 5개의 하프톤 영역을 구분하여 주관적 화질이 우수하다. 이에 반해 [6]의 방법은 제너릭 영역을 하프톤으로 오인하고, 하프톤 영역을 제너릭영역으로 오인하여 부호화를 행하여 주관적 화질이 떨어지고 퍼포먼스가 떨어진다.

방법	심벌의 수	압축률	상대 시간
본 논문	26,911	68.12	1.0
3.1절 [6]	47,397	71.65	1.25

표 1. IEEE-167a에 대한 부호화 퍼포먼스

V. 결론

본 논문에서는 정확한 영역구분 세그먼트를 이용하여 JBIG2 CODEC을 완전히 구현하였다. 영역구분의 정확성을 높였으나 그로 인해 복잡한 문서에서 부호화시간이 증가하였다. 따라서 앞으로는 영역 세그먼트 시간을 줄이기 위한 방법에 대한 연구가 더 필요하겠다.

VI. 참고 문헌

- [1] ISO/IEC 14492 FDIS Text, JBIG2 "Final Draft International Standard,," 9 December 1999.
- [2] p.Howard, F.Kossentini, B.Martins S. Forchhammer, W.Rucklidge, f.Ono, "The Emerging JBIG2 Standard", IEEE Transation on Circuit and System for Video Technology, Vol.8,No.5, 1998
- [3] ISO/IEC International Standard 11544, JBIG, "Information thchnology-Coded representation of picture and audio information-Progressive Bi-level Image Compression," Geneve, 1993.
- [4] CCITT Rec, T.4, Rec. T.6, "Standardization of Group 3 facsimile apparatus for document transmission" and "Facsimile coding schemes and coding control functions for Group 4 facsimile apparatus," Recommendation VII, ITU, Geneva, Swizerland(1984), pp 21-57.
- [5] 강병택, 고희화, "JBIG2 부호화에서의 한글의 효율적 처리에 관한 연구", 한국통신학회논문집 v.25, n.68,pp.1050-15-059 2000
- [6] Dave A.D.Tompkins and Fauzi Kossentini, "A Fast Segmentation Algorithm for Bi-Level Image Comprossion usion JBIG2," IEEE, Image Processing , 1999 pp. 224-228.
- [7] Jia Li, M.Gray, "Context-Based Multiscale Classification of Document Images Using Wavelet Codfficient Distribution," IEEE Transaction on Image Procc, v.9, NO.9 2000..
- [8] M.Vetterli, J.Kovacevic, "Savelts and Subband Coding," Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1995
- [9] G.Snedecor, W.G.Cochran, "Statistical Methods," Ames, IA: Oct.1996.