

# 영역 성장 분할 기법을 이용한 무손실 영상 압축 Region-Growing Segmentation Algorithm for Lossless Image Compression to High-Resolution Medical Image

\*박정선, \*\*김길중, \*\*\*전계록

\*Jung-Sun Park, \*\*Gil-Jung Kim, \*\*\*Gye-Rok Jun

\*부산대학교 의공학과, \*\*동서대학교 전자공학과, \*\*\*부산대학교 의과대학 의공학교실

\* Dept. of interdisciplinary Program in Biomedical Engineering, Pusan National University

\*\* Dept. of Electronics Engineering, Dong-Seo University

\*\*\*Dept. of Biomedical Engineering, College of Medicine, Pusan National University

E-mail : gjkim@dongseo.ac.kr

## 요약

본 연구에서는 의료영상 저장 및 전송 시스템에 필수적인 무손실 의료영상 압축 기법을 제안하였다. 의료영상은 방사선 영상 중에서 유방영상(mammography)과 자기공명영상을 사용하였으며, 이들 영상을 무손실로 압축하기 위하여 영역성장예 의한 영상분할 알고리즘을 제안하였다. 제안된 알고리즘은 원 영상이 에러 영상과 불연속 계수 영상, 그리고 상위 비트 데이터 등 세 가지의 부 영역으로 분할되도록 하였다. 그리고 영역성장 과정 후 생성된 불연속 계수 영상 데이터와 에러 영상을 국제 이진영상압축 표준이며 그레이코드(graycode)화된 영상의 압축에 적합한 JBIG(Joint Bi-level Image expert Group) 알고리즘을 이용하여 압축시켰다.

제안한 알고리즘과 타 연구에서 사용된 기법들을 비교 검토 한 결과 제안한 무손실 압축 기법을 적용하여 얻어지는 압축율은 JBIG, JPEG, LZ 기법에 비해 평균적으로 각각 3.7%, 7.9%, 23.6% 정도 개선됨을 알 수 있었다.

## Abstract

In this paper, we proposed a lossless compression algorithm of medical images which is essential technique in picture archive and communication system. Mammographic image and magnetic resonance image in among medical images used in this study, proposed a region growing segmentation algorithm for compression of these images. A proposed algorithm was partition by three sub region which error image, discontinuity index map, high order bit data from original image. And generated discontinuity index image data and error image which apply to a region growing algorithm are compressed using JBIG(Joint Bi-level Image experts Group) algorithm that is international bi-level image compression standard and proper image compression technique of gray code digital images.

The proposed lossless compression method resulted in, on the average, lossless compression to about 73.14% with a database of high-resolution digital mammography images. In comparison with direct coding by JBIG, JPEG, and Lempel-Ziv coding methods, the proposed method performed better by 3.7%, 7.9% and 23.6% on the database used.

**Key words:** Medical imageprocessing, Region growing, Lossless image compression.

## I. 서론

최근 의료 영상의 추세는 환자 질환의 진단과 치료 계획을 위하여 촬영 시에 의료기기로부터 직접 디지털 영

상 정보를 획득하는 기법을 많이 사용하고 있다. 의료기기로부터 획득된 의료 영상들을 영상저장전송시스템(picture archive communication system:PACS) 및 처방 전달시스템(order communication system:OCS)과 연계하

여 방사선정보시스템(radiology information system:RIS)을 구축하고, 이를 진료지원시스템(patient care support system: PCSS) 및 통신망과 연계하여 병원내 진료업무의 효율성을 증대시키고 있으며, 병원간의 환자 정보의 교류 및 원격의료(telmedicine) 등에 활용하고 있다.

디지털 의료 영상은 영상 획득과 동시에 실시간으로 처리할 수 있다는 장점을 지니고 있는 반면, 영상 정보를 저장할 때, 영상압축을 시키지 않으면 영상 데이터베이스의 크기가 증가하여 영상을 저장하는 공간상에 문제가 발생한다는 문제점과 통신망을 이용하여 타 시스템으로 전송할 경우 전달 대역폭이 제한되어지며 전송시간이 많이 소요된다는 점이다[1]. 이러한 이유로 인하여 효과적인 영상압축 알고리즘에 관한 연구가 지속적으로 연구되어져 왔으며, 과거 20년 동안 다양한 무손실(lossless) 및 손실 압축(loss compression) 기법이 개발되어져 왔다.

최근 영상압축 분야에서 많이 사용되고 있는 압축 기법들은 대부분 손실 압축이며, 벡터 양자화, 웨이브렛 압축(wavelet and subband coding), 프랙탈 압축(fractal based coding), 신경회로망기반의 압축(neural network based coding), 그리고 모델기반하의 압축(model based coding) 등이다. 이러한 손실 압축 기법들을 이용하여 무손실 압축 기법의 유도는 이론적으로는 가능하다. 즉 손실 압축 기법에 의해 압축된 데이터에 코딩 에러를 추가함으로써 무손실 압축을 할 수 있다. 그러나, 그러한 단순한 절차는 추가된 코딩 에러를 압축하는 과정 중에서 다시 많은 양의 코드가 발생하기 때문에 결과적으로는 낮은 압축율을 가지게 된다. 따라서 무손실 압축 기법은 손실 압축 기법과는 다른 알고리즘을 적용하여야 한다. HINT(highrarchical interpolation)[2], 다해상도기술(multiresolution technique), 2차원선형예측코딩(2-dimensional linear predictive coding)[3], CBC(context-based coding), 2차원중재자동회귀모델압축(2-D multiplicative autoregressive model-based coding)[4], 그리고 고차엔트로피압축(higher-order entropy coding) 등이 무손실 압축 기법으로 최근까지 제안되었다. HINT 기법을 제외한 대부분의 기법들은 매우 복잡한 절차를 거쳐 무손실 압축을 수행한다. 일례로 1982년에 Kocher와 Kunt는 경계(contour)와 결(texture)에 의한 코딩이라는 영상 압축 기법을 제안하였다[5].

본 연구에서는 방사선 영상 중 디지털 영상으로 획득된 유방 방사선영상(mammography)과 자기공명 영상 등에 적용될 수 있는 영역성장식 무손실영상 압축기법 즉, 영역성장기에 의한 영상분할 알고리즘을 제안하고 제안한 영상분할 결과를 영상압축 기법에 적용하였다. 제안된 영상압축 기법은 기존에 사용되는 영상압축 알고리즘들에 비해 알고리즘이 단순하면서도 거의 모든 영상에 적용될 수 있는 장점을 지닌다. 이를 위해 원래의 영상을 에리 영상과 불연속 인덱스 영상, 그리고 상위 비트 데이터 등 세 가지의 부 영역으로 분할되도록 하였다. 여기서 분

할된 세 가지 부영역의 의미는 다음과 같다. 에리영상의 의미는 원 영상에서 각각의 중앙 픽셀(pixel)과 중앙 픽셀에 대응하는 상·하·좌·우 4개의 주변 픽셀 사이의 픽셀 강도(intensity)의 차이를 계산하고 계산된 차이값이 제안한 영역성장 규칙의 에리 비트 내에 포함되는 경우이다. 그리고 불연속 인덱스 영상 데이터는 계산된 차이값이 제안한 영역성장 규칙의 에리 비트 내에 포함되지 않는 경우이다. 즉, 영역성장 과정 후 형성되는 윤곽 집합을 생성시키지 않고 불연속 인덱스로 구성된 영상 데이터를 생성시키며, 이와 동시에 에리영상을 발생시켰다. 또한 상위 비트 데이터는 각각의 시드에 대응되는 상위 비트의 데이터를 의미한다. 이러한 과정을 수행한 목적은 영역성장 과정을 수행하면 원래의 영상이 영상내의 모든 정보를 포함하는 세 가지 부영역으로 재구성되도록 하기 위함이다. 그리고 영역성장 과정 후 생성된 불연속 계수 영상 데이터와 에리 영상을 국제 이진영상(bi-level) 압축 표준이며 그레이코드화된 영상의 압축에 적합한 JBIG(joint bi-level image expert group)[5],[6] 알고리즘을 이용하여 압축시켰다. 본 연구에서 제안한 무손실 압축 기법을 적용한 결과 얻어지는 압축율은 JBIG, JPEG, LZ 기법에 비해 평균적으로 각각 3.7%, 7.9%, 23.6% 정도 개선됨을 알 수 있었다.

## II. 영상 분할

### 2.1 영상 분할 기법

일반적으로 영상분할 또는 영역분할이란 영상의 구성 요소들을 픽셀의 특성에 따라 분류함을 의미한다. 일례로 영상 중에 대상 물체의 형태를 구분하기 위해서는 우선적으로 영상을 객체(object) 및 배경(background) 두 영역으로 분할하고, 그 후 객체로 분할된 영역 내에 존재하는 부 객체들을 분할하는 영상처리 과정을 수행하여야 한다. 따라서 영상분할은 영상처리를 수행하고자 하는 목적과 용도에 따라 다르게 적용되어야 한다. 영상분할 기법은 다음과 같이 크게 세 가지로 구별할 수가 있다. 첫 번째 경우는 특정 공간에 있어 클러스터링(clustering)을 이용하는 기법 즉, 히스토그램(histogram)에 의한 영상을 분할하는 기법과, 두 번째 경우는 입력 영상의 에지(edge)를 이용하는 기법 즉, 윤곽선 추적을 이용한 영상을 분할하는 기법, 마지막으로 세 번째 경우는 입력 영상에 대해서 클러스터링(clustering)을 이용하여 영상을 분할하는 기법으로서 분할법(split method), 분할통합법(split and merge method), 영역성장법 등이 있다.

### 2.2 제안한 영상 분할 기법

영상압축을 보다 효율적으로 수행하기 위한 영상분할의 목적은 객체의 정의나 특성의 분석이 아니라 원래의 영상을 분할함으로써 2 차원적인 공간에 위치한 픽셀을

공간적인 위치정보를 가지는 또 다른 단순한 형태의 정보를 가지는 픽셀로 변형함에 있다.

본 연구에서는 타 연구에 의해 수행된 영상분할 기법과는 다른 영역성장 영상분할 기법을 제안하였다. 제안한 영역성장 규칙은 표 1과 같으며, 영역성장 과정은 그림 1과 같다. 우선 시드 픽셀(seed pixel)이라고 불리는 하나의 픽셀이 그림 1(a)의 #0에서 출발하였다고 가정한다. 그리고 다음 단계로서 시드 픽셀의 상, 하, 좌, 우에 위치하는 4 개의 이웃 픽셀, 그림 1 (a)의 #1에서 #4까지, 각각을 영역성장 규칙에 의해 검사한다. 그림 1(b)에서는 중앙 픽셀과 이웃하는 네 개의 픽셀 간의 관계를 나타내었다. 그림에서 픽셀 A는 영역성장과정 중에서 새로운 중앙 픽셀이 된 경우이다. 이때 이웃하는 네 개의 픽셀은 B, C, D, E가 되며, 이 픽셀들이 중앙 픽셀과 같은 영역에 포함되는지를 검사한다. 이러한 과정에 의해 이웃하는 픽셀이 성장영역에 포함되는 경우에는 중앙 픽셀과 해당 픽셀과의 차이값에 에러레벨을 더하여 픽셀의 에러 영상 값으로 산정하고, 포함하지 않는 경우에는 불연속 계수 영상 값을 1만큼 증가시킨다.

표 1. 제안한 영역 성장 규칙

Table 1. Proposed region growing rules.

1. 해당 픽셀이 어떤 영역에도 포함되지 않아야 한다.
2. 해당 픽셀의 값과 대응하는 중앙 픽셀의 값과의 차이가 아래에 정의된 에러 레벨보다 작아야 한다.

$$\text{에러레벨 (error level)} = 2^{\text{error bits}} - 1$$

3. 조건 1만을 만족하는 경우에는 픽셀의 불연속 계수의 값을 1 증가시킨다

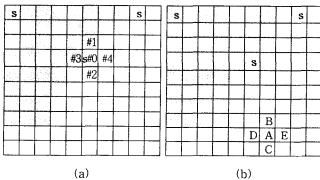


그림 1. 영역성장 과정 중 시드 픽셀과 이웃하는 네 개의 픽셀 간의 예 (a) 초기상태, (b) 영역성장상태 (S = Seed).

Fig. 1. Example of a seed pixel(#0) and its neighborhood four pixels(#1~#4) in region growing, (a) initial region growing stage, (b) during region growing step (S=Seed).

이와 같은 영역성장 과정은 예시하면 그림 2와 같다. 그

림 2(a)는 원래 영상의 명도를 나타내며, 그림 2(b)는 영역성장 과정을 거친 후 구해지는 영역분할(3개의 성장된 영역)의 결과를 나타내고, 그림 2(c)는 불연속 계수의 영상 값을 저장하는 장소를 나타내며, 그림 2(d)는 에러 영상 값을 나타내고 각 시드 픽셀의 하위 5비트 데이터가 저장된다. 그림 2(e)는 그림 2(a)의 명도를 8 비트로 나타낼 때 각 시드 픽셀의 상위 3 비트의 값을 차례로 저장한 것을 나타낸다. 따라서 영역성장 조건을 만족하는 경우에는 에러 영상을 나타내는 그림 2(d) 내의 동일한 위치에 에러 영상 값을 저장하고, 만약 영역성장 조건을 만족하지 아니하는 경우에는 그림 2(c) 내의 동일한 위치에 불연속 계수 값을 +1하여 저장한다. 따라서 영역성장 과정을 최종적으로 수행한 후에는 그림 2(d)와 같은 에러 영상 값과 그림 2(c)와 같은 불연속 계수 영상 값이 저장되어 지고 각각의 시드 픽셀 명도에 대응되는 8비트 중에서 상위 3비트의 데이터가 그림 2(e)와 같이 저장된다.

영역성장 과정이 끝난 후 새로운 생성된 세 개의 데이터들 즉, 에러 영상과 불연속 계수 영상 그리고 상위 비트 데이터는 JBIG 알고리즘에 의해 영상을 압축한 후 압축된 영상을 다시 원래의 영상으로 복원시키는 복호화 과정에 사용된다. 영상복원 시에 필요한 영역성장 조건은 두 가지인데 첫 번째 조건은 중앙 픽셀에 인접한 이웃 픽셀이 기존에 성장된 어떤 영역의 일원이 아닐 경우이고 두 번째 조건은 이웃 픽셀의 불연속 계수의 값이 0일 경우이다.

상기와 같은 일련의 과정 즉, 영역성장 알고리즘의 순서도를 도식화하면 그림 3과 같으며, 영역성장 조건에 대한 순서도는 그림 4와 같다.

84	84	91	83	72	57	66	136
86	90	80	76	55	65	113	173
54	60	57	64	77	107	160	198
63	65	75	88	127	158	188	202
101	102	116	137	163	186	197	198
132	138	146	157	182	187	193	197
148	156	156	158	168	173	176	187
133	142	151	154	151	158	165	167

(a)

S0	84	91	83	72	57	66	S4
86	90	80	76	55	65	S2	S3
54	60	57	64	77	S4	S2	S6
63	65	75	88	S7	S8	188	202
S9	102	116	S1	S1	186	197	198
132	138	146	157	182	187	193	197
148	156	156	158	168	173	176	187
133	142	151	154	151	158	165	167

(b)

0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	2	0	2	2
1	1	1	0	0	2	2	2
0	0	1	1	2	4	1	0
2	2	2	3	4	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1	0
1	0	0	0	1	0	0	1

(c)

20	16	23	8	5	1	25	8
18	22	5	9	6	24	17	13
10	19	9	4	29	11	0	0
25	21	26	29	31	30	2	26
5	17	30	9	3	5	25	12
10	8	5	15	11	17	23	15
9	16	14	6	2	2	5	6
7	2	11	12	9	1	9	14

(d)

Seed	S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S11	S12
high-3bits value of seed data	2	4	3	5	3	5	6	3	4	3	4	5

(e)

그림 2. 영역 성장과정의 단순한 예와 에러 비트를 5로 하였을 때의 결과 (a) 8×8 크기의 원래의 영상, (b) 영역 성장의 결과, (c) 불연속 인덱스 영상, (d) 에러 영상, (e) 시드 픽셀의 상위 3비트 데이터.

Fig. 2. A simple example of the region growing procedure and its result with error bits set to five (a) original image with a size of eight rows by eight columns, (b) result of region growing, (c) corresponding discontinuity index image data part, (d) corresponding error image data part, (e) corresponding high-3bits seed data part.

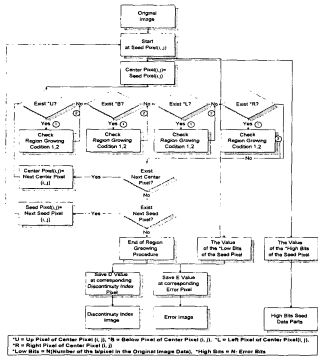


그림 3. 영역 성장 알고리즘의 전체적인 순서도

Fig. 3. Flow chart of region-growing algorithm.

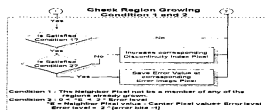


그림 4. 영역 성장 조건에 대한 순서도

Fig. 4. Flow chart of region growing condition

### III. 무손실 영상 압축

영상압축의 기본적인 유형에는 무손실 압축 기법과 손실 압축 기법의 두 가지 형태가 있다. 무손실 영상 압축 기법은 영상을 완벽하게 부호화하고 또 복원시키며 결과 영상내의 데이터들 또한 원래의 영상내의 데이터들과 정확하게 일치한다. 그리고 영상의 복원과 압축 과정에서 자료의 손실이 발생하지 않으므로 영상의 질이 저하되지 않는 장점을 가진다. 손실 영상 압축기법은 원래의 영상내에 존재하는 중복되고 필요하지 않는 정보를 손실시키기로서 압축율을 증가시킨다. 그리고 압축된 영상의 크기가 원래의 영상에 비해 매우 작아지지만, 압축된 결과 원래의 영상내의 데이터들이 상당 부분 손실되어 원래의 영상으로의 복원이 불가능한 형태로 나타난다. 따라서, 의료영상과 같은 원래의 영상의 손실이 허용되지 않는 분야에 적용될 경우에는 손실 영상 압축법보다 무손실 영상 압축법을 이용해 영상을 압축하여야 한다.

본 연구에서는 여러 가지 무손실 영상 압축방법중 이진 영상이나 그레이스케일(gray-scale) 영상의 압축에 적합한 JBIG 알고리즘을 채택하였다. 왜냐하면 본 연구에 사용된 디지털 방사선 영상은 해상도가 매우 높고 데이터 량 또한 매우 크기 때문에 상대적으로 높은 압축비를 지니는 무손실 압축기법이 필요하기 때문이다. 본 연구에서 제안한 영역 성장식 무손실 영상 압축 알고리즘의 전체적인 흐름도는 그림 5와 같다.

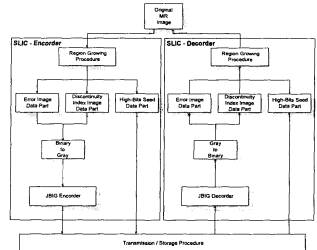


그림 5. 영역성장식 무손실 영상압축 방법에 대한 전체적인 알고리즘 흐름도

Fig. 5. A compression with region-growing algorithm flowchart of lossless segmentation.

영역 성장 알고리즘에 의해 원래의 영상은 불연속 인덱스 영상, 에러 영상, 그리고 상위 비트 시드 데이터 등의 세 가지 부 영역으로 분할된다. 세 가지 부 영역으로 분할된 데이터들 중 불연속 인덱스 영상과 에러 영상은 먼

저 그레이 코드화 시킨 후 이차적으로 비트 영역으로 변환시키며, 최종적으로 JBIG 압축 알고리즘에 의해 압축한다. 상위 비트 시드 데이터들은 저장되거나 전달되어지며, 상위 비트 시드 데이터들의 저장공간은 단지 영역 당 원래의 영상의 비트 수에 지정한 에러 비트의 수를 뺀 비트 수만큼의 저장 공간을 필요로 한다.

복호화 과정의 알고리즘은 부호화 과정의 역순이 된다. 즉 JBIG 코드화된 데이터들은 일차적으로 JBIG 압축 알고리즘에 의해 부호화되고 이를 다시 이차적으로 그레이 코드화된 비트 영역으로 변환시킨 후, 다시 이진 영상화시킨다. 이러한 과정을 거친 후 최종적으로 복원된 세 개의 데이터 부분은 원영상을 복원하기 위해 부호화 과정에서와 동일한 영역 성장 과정에 의해 원래의 영상을 복원시키게 된다.

#### IV. 실험결과 및 분석

본 연구에 사용된 디지털 유방 영상 데이터는 4096×4096이상의 해상도와 12-비트 픽셀을 가지는 Eikonix-1412 카메라 케이블을 사용하여 디지털화된 의료 영상이다. 그리고 총 12장의 유방 X-선 사진을 사용하였으며, 이 사진들은 디지털 유방 영상촬영 기기에서 원래의 12-비트 영상으로 획득하였으나, 4-비트의 하위비트류 버리고 픽셀 당 8 비트(bit/pixel)만을 사용하였다. 하위 4 비트를 제거한 이유는 대부분의 영상 무손실 압축기법에 사용되어지는 영상들이 대부분 픽셀 당 8-비트로 구성되어 있기 때문이다. 그러므로 이러한 영상 변환은 타 영상 무손실 압축 방법과 본 연구에서 제안한 방법과의 효과적인 압축을 비교를 제공한다.

본 연구에서 제안한 고휘상도 의료영상을 위한 무손실 영상 압축 알고리즘은 에러 비트라는 변환이 가능한 가변적인 파라미터를 가진다. 에러 비트는 전체적인 압축과정에서 두 가지 중요한 역할을 수행한다. 첫 번째 역할은 에러 비트가 전체적인 영역성장 과정에서 원래의 영상 내에 존재하는 각각의 픽셀들에 대해 영역의 포함성을 결정하는 영역 성장 조건으로 사용된다는 점이다. 두 번째 역할은 에러 비트가 영역 분할 과정 후 발생하는 세 개의 데이터 중 에러 영상과 상위 비트 시드 데이터의 픽셀 당 비트 수를 결정하는 중요한 매개변수라는 점이다. 즉 에러 비트는 압축된 데이터의 전체적인 크기를 결정하는데 크게 기여하는 중요한 매개변수로 사용되어진다. 따라서, 에러 비트를 적절하게 결정하는 것은 본 연구에서 제안한 압축 알고리즘의 효율성을 검증하는데 매우 중요한 과정이다.

일반적으로 영상압축 시에 에러 비트의 수가 작을 수록 분할된 영역의 수는 증가하며 또한 상위 비트 데이터의 크기 또한 증가한다. 그러나 이에 반해 에러 영상의 픽셀 당 비트 수는 작아지므로 결과적으로는 에러 영상의 전체적인 크기 또한 작아진다. 예를 들어 픽셀 당 비

트 수가 8인 영상의 경우 선택할 수 있는 에러 비트의 수는 1에서부터 7까지 선택할 수 있으나 대개의 경우 4, 5, 6 비트를 선택하여 사용한다. 에러 비트가 4인 경우에는 에러 레벨의 범위가 -8에서 +7사이이며, 영역 성장 과정 후 생성되는 에러 영상의 픽셀 당 비트 수는 4가 된다. 그리고 에러 비트가 5인 경우에는 에러 레벨의 범위는 -16에서 +15 사이이며, 영역 성장 과정 후 생성되는 에러 영상의 픽셀 당 비트 수는 5가 된다. 마지막으로 에러 비트가 6인 경우에는 에러 레벨의 범위는 -32에서 +31의 범위이며, 영역 성장 과정 후 생성되는 에러 영상의 픽셀 당 비트 수는 6이 된다.

각각의 에러 비트에 대한 디지털 유방촬영 영상의 영역 성장 알고리즘의 적용 결과를 나타내면 그림 6과 같으며, 자기공명영상에 대한 영역 성장 알고리즘의 적용 결과는 그림 7과 같다.



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)



(g)

그림 6. 디지털 유방촬영 영상 (a) 원래의 영상, (b) 에러 비트가 4인 경우의 에러 영상, (c) 에러 비트가 5인 경우, (d) 에러 비트가 6인 경우, (e) 에러 비트가 4인 경우의 불연속 계수 영상, (f) 에러 비트가 5인 경우의 불연속 계수 영상, (g) 에러 비트가 5인 경우의 불연속 계수 영상, Fig. 6. Digital mammographic image (a) Original image, (b) Error image in error bits 4, (c) Error image in error bits 5, (d) Error image in error bits 6, (e) discontinuity index image in error bits 4, (f) discontinuity index image in error bits 5, (g) discontinuity index image in error bits 6.

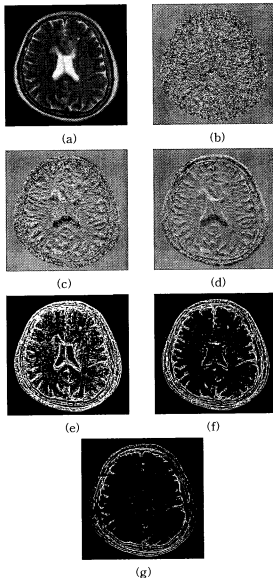


그림 7. MRI 영상 (a) 원래의 영상, (b) 에러 비트가 4인 경우의 에러 영상, (c) 에러 비트가 5인 경우, (d) 에러 비트가 6인 경우, (e) 에러 비트가 4인 경우의 불연속 계수 영상, (f) 에러 비트가 5인 경우의 불연속 계수 영상, (g) 에러 비트가 5인 경우의 불연속 계수 영상,

Fig. 7. MRI image (a) Original image, (b) Error image in error bits 4, (c) Error image in error bits 5, (d) Error image in error bits 6, (e) discontinuity index image in error bits 4, (f) discontinuity index image in error bits 5, (g) discontinuity index image in error bits 6.

아래의 표 2와 3은 제안한 압축 알고리즘에 에러 비트를 4, 5, 6로 각각 상이하게 적용하였을 경우의 압축결과이다. 표 2는 디지털 유방촬영 영상에 대한 적용 결과이며, 표 3는 자기공명영상에 대해 적용한 결과이다.

표 2. 각각의 에러 비트에 대한 디지털 유방촬영 영상의 압축을 비교.

Table 2. Comparison to compression ratio of mammographic image for each error bit.

IMAGE (8 Bits)	Error Bits		
	4	5	6
Aes (909×2444×256)	68.32	70.39	68.44
Hja (1097×2429×256)	68.54	69.71	67.35
Hks (1033×2409×256)	66.92	67.53	66.97
Hyh (1117×2437×256)	73.36	72.20	70.05
Hvy (1437×2441×256)	68.25	68.04	66.57
AVERAGE	69.06	69.57	67.88

표 3. 각각의 에러 비트에 대한 MRI 영상의 압축을 비교.

Table 3. Comparison to compression ratio of MRI image for each error bit.

IMAGE (8 Bits)	Error Bits		
	4	5	6
Chn1 (256×256×256)	44.22	43.26	40.39
Chn2 (256×256×256)	47.05	48.77	47.71
Cj4 (256×256×256)	49.97	50.35	49.53
Cj5 (256×256×256)	47.46	46.36	46.04
Mag1 (256×256×256)	55.96	55.95	55.56
AVERAGE	48.93	48.94	47.85

표 2와 3에서 알 수 있듯이 일반적으로 픽셀 당 비트 수가 8인 영상의 경우에는 에러 비트가 6일 때 보다 에러 비트가 4와 5인 두 가지의 경우가 압축율이 우수함을 알 수 있었다. 즉, 에러 비트가 6 비트인 경우에는 평균 영상압축율이 47.85이였으나, 4인 경우에는 평균 영상 압축율이 48.93이었고, 5인 경우에는 평균 영상압축율이 48.94이었다. 즉 에러 비트가 4와 5 비트 두 가지 경우 영상 압축율은 거의 비슷하게 나타남을 알 수 있었다. 따라서 픽셀 당 비트 수가 8인 영상의 경우 본 연구에서 제안한 알고리즘을 적용하여 무손실 영상 압축을 하고자 할 경우에는 에러 비트를 4 또는 5로 선택하여야 함을 알 수 있다. 표 2와 3에서 에러 비트가 5일 때가 비록 에

리 비트가 4일 때와 근소한 차이를 가지나, 평균적으로 압축율이 가장 좋을 수 있었다. 그러므로 본 논문에서 실험은 여러 비트를 전체적으로 5로 고정하여 실행하였다.

본 논문에서 제안한 알고리즘의 효율성 검증은 위해 정지 영상의 압축 시에 일반적으로 사용되는 두 가지 국제기준인 JBIG[5],[6] 및 JPEG[7]과 서로 상대 비교를 하였다. 그리고 Lempel-Ziv(LZ) 압축기법도 압축율의 검증을 위해 사용되었다. 본 논문에서 제안한 방법과 JBIG, JPEG, 그리고 LZ를 적용하여 디지털 유방 영상을 압축한 결과를 상대 비교하면 표 4와 같다.

표 4. 12개의 8 비트 유방 촬영 영상에 대한 제안한 방법과 JBIG, JPEG, LZ와의 비교.(ebits=error bits)

Table 4. Comparison of proposed method with JBIG, JPEG and LZ using twelve 8-bit mammograms.

IMAGE (8 Bits)	Compress- ion ratio of LZ	Compress- ion ratio of JBIG	Compress- ion ratio of JPEG	Proposed (ebits=5)
Aes (909×2444)	53.07	67.22	63.26	70.39
Hja (1097×2429)	53.91	67.05	62.77	74.71
Hks(1033×2409)	52.25	59.97	60.35	67.53
Hyh(1117×2437)	52.16	69.96	65.95	72.20
Hyy(1437×2441)	48.47	66.81	63.15	70.04
Jks (1221×2441)	58.39	78.18	70.00	79.57
Jsr (1077×2421)	55.43	70.62	65.23	72.31
Keh (1305×2309)	50.90	71.30	66.36	75.07
Kjs (1353×2317)	57.50	69.08	63.50	75.09
Kks (1525×2365)	53.18	69.62	65.39	72.27
Kms(1053×2441)	55.23	71.02	68.65	74.35
Kmy(1217×2429)	49.14	72.95	67.34	74.09
AVERAGE	49.55	69.48	65.16	73.14

제안한 기법은 LZ에 비해 23.6%, JBIG에 비해 3.7%, 그리고 JPEG에 비해 7.9% 정도 개선됨을 알 수 있었다. 그리고 비교적 해상도가 낮은 256×256 크기의 방사선 의학 영상에 대해 제안한 방법과 타 압축방법과의 압축율의 비교를 표 5에 나타내었다. 각각의 영상에 대한 압축율의 비교에 있어서 제안한 방법이 평균적으로 LZ에 비해 27.86%, JBIG에 비해 2.5%, 그리고 JPEG에 비해 4.2% 정도 개선되었음을 알 수 있다. 그러므로 표 4와 표 5의 비교에서 본 연구에서 제안한 방법이 자기공명영상과 같은 해상도가 낮은 영상 보다 디지털 방사선 영상과 같은 고해상도 의료 영상에 대해 보다 더 좋은 압축율을 가짐을 알 수 있었다.

표 5. 8개의 8 비트 자기공명영상에 대한 제안한 방법과 JBIG, JPEG, LZ와의 비교.

Table 5. Comparison of proposed method with JBIG, JPEG and LZ using eight 8-bit MRI.

IMAGE (8 Bits)	Compress- ion ratio of LZ	Compress- ion ratio of JBIG	Compress- ion ratio of JPEG	Proposed (ebits=5)
Chn1(256×256)	38.62	57.05	51.45	58.51
Chn2(256×256)	41.95	50.40	52.80	59.45
Cj1 (256×256)	30.53	58.45	58.09	58.69
Cj2 (256×256)	28.15	52.92	56.64	56.97
Akt1 (256×256)	31.85	55.01	51.31	51.75
Akt2 (256×256)	34.30	57.29	50.48	60.06
Kim1(256×256)	34.20	58.30	54.21	63.01
Kim2(256×256)	36.49	55.25	55.62	56.03
AVERAGE	30.22	55.58	53.82	58.06

### V. 결론

본 논문에서는 의료영상을 영역 분할한 후 압축이라는 개념을 도입하여 디지털화된 방사선 영상에 적용하기 위해 영역 성장식 분할 알고리즘과 JBIG 알고리즘을 결합하였다. 그리고 8 비트 고해상도 디지털 유방촬영 영상과 자기공명영상에 대해 제안한 알고리즘을 적용한 결과와 타 압축 알고리즘을 적용한 결과를 비교하였다. 즉 영역 성장식 무손실 영상압축 기법 즉, 영역성장에 의한 영상 분할 알고리즘을 제안하고 제안한 영상분할 결과를 영상 압축 기법을 적용하였다. 제안한 영상 압축 기법은 원래의 영상을 여러 영상과 불연속 인덱스 영상, 그리고 상위 비트 데이터 등 세 가지의 부 영역으로 분할되도록 하였다. 그리고 영역성장 과정 후 생성된 불연속 계수 영상 데이터와 여러영상을 국제 이진 영상(bi-level) 압축 표준이며 그레이코드화된 영상의 압축에 적합한 JBIG 알고리즘을 이용하여 압축시켰다. 제안한 알고리즘의 효율성 검증은 위해 정지 영상의 압축시에 일반적으로 사용되는 LZ, JBIG, 그리고 JPEG와 서로 상대 비교를 하였다.

먼저 영상정보를 저장하기 위하여 필요로 하는 디스크 저장공간의 상대 비교는 다음과 같다. 제안한 알고리즘은 LZ와 비교한 경우 약 68.5 %만의 저장공간이 필요하며, JBIG과 비교한 경우 약 96.1%만을 필요로 하였다. 또한 JPEG과 비교한 경우에는 약 90.1%만의 저장공간을 필요로 하였다. 다음으로 영상 압축율의 상대비교는 다음과 같다. 제안한 기법과 JBIG, JPEG, 그리고 LZ를 적용하여 디지털 유방 영상을 압축한 결과들 상대 비교한 결과 제안한 기법은 LZ에 비해 23.6%, JBIG에 비해 3.7%, 그리고 JPEG에 비해 7.9% 정도 개선됨을 알 수 있었다. 그리고 비교적 해상도가 낮은 256×256 비트 크기의 방사선 의학 영상 즉, 자기공명 영상에 대해 제안한 방법은 타 압축기법과 압축율을 상대 비교한 결과 제안한 기법이 평균적으로 LZ에 비해 27.86%, JBIG에 비해 2.5%, 그리고 JPEG에 비해 4.2% 정도 개선됨을 알 수 있다. 따라서 본 연구에서 제안한 방법이 자기공명 영상과 같은 해상도가 낮은 영상보다 디지털 유방 영상과 같은 고해상도 의료영상에 대해 보다 더 좋은 압축율을 가짐을 알 수 있었다.

향후 연구 방향은 여러 영상과 불연속 계수 영상에 대해 효과적인 압축 방법과 효율적인 영역 성장 과정의 개선에 대한 연구를 지속하고자 한다.

접수일자 : 2001. 12. 18      수정완료 : 2002. 1. 22

### 참고 문헌

- [1]. M.G. Strintzis, "A review of compression methods for medical images in PACS", International Journal of Medical Informatics, 52 (1998) 159-165.
- [2]. T. V. Ramabadran and K. S. Chen, "The use of contextual information in the reversible compression of medical images", IEEE Trans. Med. Imag., vol. 11, no. 2, pp. 185-195, 1992.
- [3]. S. S. Yu, M. N. Wernick, and N. P. Galatsanos, "Lossless compression of multi-dimensional medical image data using binary-decomposed high-order entropy coding", in Proc. IEEE Int. Conf. Image Processing, Austin, Texas, Nov. 1994, pp. 351-355.
- [4]. "Progressive bi-level image compression", International Telegraph and Telephone Consultative Committee(CCITT), Recommendation T. 82, 1993.
- [5]. International Organization for Standard/International Electrotechnical Commission (ISO/IEC). "Progressive bi-level image compression", International Standard 11544, 1993.
- [6]. G. K. Wallace, "The JPEG still picture compression standard", Communication ACM, vol. 34, no. 4, pp. 30-44, Apr. 1991.
- [7]. P. C. Cosman, R. M. Gray, and R. A. Olshen, "Evaluating quality of compressed medical images: SNR, subjective rating, and diagnostic accuracy", Proc. IEEE, vol. 82, no. 6, pp. 919-932, 1994.
- [8]. S. Wong, L. zaremba,, D. Gooden, and H. K. Huang, "Radiologic image compression: A review", Proc. IEEE, vol. 83, no. 2, pp. 194-219, 1995.
- [9]. J. A. Provine and R. M. Rangayyan, "Lossless compression of peanoscanned images", J. Electron. Imag., vol. 3, no. 2, pp. 176-181, 1994.
- [10]. J. Vaisey and A. Gersho, "Image compression with variable block size segmentation", IEEE Trans. Signal Processing, vol. 40, no. 8, pp. 2040-2060, Aug. 1992.



**박정선(Jung-Sun Park)**  
 1998년 동서대학교 전자공학과  
 2000년 부산대학교 일반대학원  
 의공학협동과정(공학석사)  
 2000년 - 현재 삼선전자 정보 통신  
 총괄 무선 개발 3그룹  
 관심분야 : 의료영상처리,  
 디지털 신호처리



**김길중(Gil-Jung Kim)**  
 正會員  
 1975년 부산대학교 전자공학과  
 1978년 동아대학교 전자공학과  
 (공학석사)  
 1989년 부산대학교 전자공학과  
 (공학박사)  
 1978년 -1992년 6월 경남정보대학 전자과 부교수  
 1992년 6월 - 현재 동서대학교 정보시스템공학부  
 전자과 부교수  
 관심분야 : 신경회로망, 의료영상처리



**전계록(Kye-Rok Jun)**  
 正會員  
 1978년 부산대학교 전기기계공학과  
 1981년 부산대학교 전자공학과  
 (공학석사)  
 1988년 동아대학교 전자공학과  
 (공학박사)  
 1983년-1985년 2월 (주) 삼보 컴퓨터 기술연구소  
 선임연구원  
 1985년-현재 부산대학교 대학원 의공학과  
 협동과정 교수  
 관심분야 : 의료영상처리, 생체신호처리