

論文2002-39TE-3-6

# 잡음의 정확한 추정 기반 프랙탈 차원 쿼드트리 영역분할과 응용 (Quad-tree Segmentation using Fractal Dimension based on Accurate Estimation of Noise and Its Application)

高 成 植 \* , 金 正 和 \*\*

(Sung-Shik Koh and Chung Hwa Kim)

## 요 약

지금까지 많은 영상 영역분할 방법들이 연구되고 있으나 이들 방법들은 잡음이 영상 내에 포함된다면 잡음으로부터 영상정보를 추정할 수 있는 정확한 파라미터가 없기 때문에 정확한 영역분할을 할 수 없다. 그래서 영역분할 수에 따라 압축률이 결정되는 프랙탈 영상 부호화는 기존의 쿼드트리 영역분할 방법을 이용할 경우 잡음정도에 따라 압축률의 저하를 초래하게 된다. 본 논문에서는 잡음 특성에 효과적인 영상정보 파라미터를 추정할 수 있는 box-counting 차원을 이용한 새로운 쿼드트리 영상 영역분할 기법을 제안하고, 그 응용으로 잡음에 강한 프랙탈 영상 부호화에 적용한다. 시험결과를 통해 본 논문에서 제안된 새로운 쿼드트리 방법이 원 영상에 10% 가우시안 백색 잡음이 포함된 상태에서, 영상정보 파라미터 추출 오류 면에서 기존 쿼드트리 방법보다 31.10% 영역분할이 개선되고, 프랙탈 영상 부호화 측면에서 기존 방법보다 38.93% 압축률을 향상됨을 검증하였다.

## Abstract

There are many image segmentation methods having been published as the results of research so far, but it is difficult to be partitioned to each similar range that should be extracted into the accurate parameters of image information on the images with noises. Also if it is used to fractal coding, according to amount of noise in image, the image segmentation leads to decreasing of the compression ratio. In this paper, we propose the new quad-tree image segmentation using the box-counting dimension which can estimate the effective image information parameters against the noise properties and apply this method to fractal image coding. As the result of simulation, we confirm that the image segmentation is improved to 31.10% for parameter detection of image information and compression ratio is enhanced to 38.93% for fractal image coding when tested on 10% Gaussian white noise image by the proposed quad-tree method compared with method using existing quad-tree.

**Keyword** : box-counting 프랙탈 차원, 쿼드트리 영역분할, 프랙탈 영상압축

\* 正會員, 朝鮮理工大學 光電子情報學部

(Dev. of Photomics · Electronics & Information,  
Chosun College of Science & Technology)

\*\* 正會員, 朝鮮大學校 電子工學科

(Dept. of Electronics Engineering, Chosun University)

※ 본 논문은 1999년도 조선대학교 학술연구비 지원을  
받아 연구되었음

接受日字:2002年7月12日, 수정완료일:2002年8月26日

## I. 서 론

영상 영역분할이란 주어진 영상을 비슷한 성질의 영역들로 분할하는 과정으로 컴퓨터 비전 분야에서 매우 오랫동안 연구되고 있다. 영상을 영역분할 하는 방법에는 쿼드트리 분할법, HV 분할법, 삼각형 분할법 등 다

양한 방법들이 있다<sup>11, 21</sup>. 그러나 이들 방법들은 잡음에 매우 민감하여 잡음에 따른 정확한 영역분할을 할 수 없다<sup>13, 41</sup>. 기존 영역분할 방법 중 쿼드트리 분할 방법은 영역 내에 그레이레벨을 이용한 수직적 관계를 이용하므로 중요한 정보의 블록일지라도 수직적 그레이레벨 값의 차이가 역치 값 이하이면 영역분할 대상에서 제외된다. 만약 원 영상에 잡음이 첨가되지 않는다면, 기존 영역분할 방법으로도 치역블록 수를 최적화하는데 문제가 되지 않는다. 그러므로 프랙탈 영상 부호화 시 압축률을 높게 유지시킬 수 있다. 그렇지만 원 영상에 잡음이 포함된다면, 기존의 영역분할은 잡음 대안이 없기 때문에 영역분할의 블록 수를 최적으로 할 수 없게 된다. 이는 기존의 방법이 잡음이 첨가된 영상에서 잡음을 영상정보로 오인했기 때문에 영상정보를 효과적으로 인식할 수 없음을 의미한다. 즉, 기존 쿼드트리 영역분할법은 영상 픽셀의 그레이 레벨 값의 수직적 정보량을 기준으로 영역 분할하므로, 영상 내에 픽셀 농도 값을 급격히 변형시키는 충격성 잡음이 첨가된다면, 잡음을 영상정보와 구별할 수 없게 되어 영역분할을 정확히 추정하는데 어려움이 발생된다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 본 논문은 근사적 프랙탈 차원인 box-counting 차원<sup>15</sup>을 이용한 새로운 쿼드트리 영역분할 방법을 제안한다. box-counting 프랙탈 차원 값을 이용하면 잡음이 영상 내에 집중되어 있지 않고 분포되어 있는 경우에 계산된 차원 값에는 큰 변화가 없게 된다. 따라서 영상에 대해서 잡음에 효과적으로 영상정보의 파라미터를 추정하는 영역분할을 할 수 있고, 이를 응용하여 프랙탈 영상 부호화의 고 압축률을 유지시킬 수 있다.

## II. 제안한 쿼드트리 영역분할

### 1. Box-counting 차원 쿼드트리 영역분할

이 장에서는 영상의 에지를 기반으로 한 box-counting 방법을 이용하여 새로운 쿼드트리 영상분할을 할 수 있는 방법을 제안한다. 영역분할은 내용을 기반으로 영역분할을 하는 방법과 에지를 기반으로 영역분할을 하는 기법들이 제시되어 있지만, 본 논문에서는 에지를 기반으로 영역분할을 하는 방법을 채택한다. 이 방법은 중요한 영상 정보는 에지 성분에 많이 분포되어 있으므로 에지 성분을 기반으로 영상 정보를 검출하는 방법이다.

본 논문은 자기 유사성이 거의 없는 영상의 정보 유·무를 표현하기 위해 근사적 프랙탈 차원을 이용한다. 근사적 프랙탈 차원은 box-counting 프랙탈 차원 계산방법을 이용하고, 이 값은 바로 차원 값의 크기에 따라 영상 정보의 다소를 표현할 수 있는 파라미터 값이 된다. box-counting 차원의 계산은 격자 크기  $s$ 인 격자 상에 그 에지 영상을 놓고 그 에지 성분의 일부를 포함하는 격자 박스 수  $N$ 을 센다. 그 수  $N$ 은 격자의 크기  $s$ 에 의존하므로  $N(s)$ 로 표현할 수 있다. 격자 크기  $s$ 를 점차 작은 크기로 변화시키면서 일치되는 수  $N(s)$ 을 센다. 그리고 격자의 크기에 따라 좌표화된  $\log(N(s))$ 대  $\log(1/s)$  그래프 좌표점과 일치된 직선 기울기를 측정한다. 만약 격자 크기를 한 격자에서 다음 격자  $1/a$  인자로 감소시키면, 이러한 격자들을 이용한 box-counting을 계산하면 다음의 계산 수열  $N(a^{-k})$ ,  $k = 1, 2, \dots$  을 이끌어 낼 수 있다. 이때 하나의 데이터에서 다음 데이터까지 좌표상의 기울기를 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$D_b = \frac{\log N(a^{-(k+1)}) - \log N(a^{-k})}{\log a^{k+1} - \log a^k} = \log_a \frac{N(a^{-(k+1)})}{N(a^{-k})} \quad (1)$$

여기서 측정된 기울기 값을 box-counting 프랙탈 차원  $D_b$ 이라 한다. 평면 상에서 box-counting 차원  $D_b$ 은 2를 초과하지 않는 범위에 속하고, 잡음 영상에서도 효과적으로 영상정보의 파라미터 값을 추정할 수 있게 된다.

제안된 쿼드트리 과정은 전체 영상으로부터 시작하고, 하위 영역으로 분할여부를 결정하는 역치 값은 블록 내 영상정보를 대변하는 그 블록의 box-counting 프랙탈 차원 값으로 선정한다. 분할방법은 영상정보가 적으면 프랙탈 차원 값이 적기 때문에 더 이상 하위 블록으로 분할되지 않지만, 반면에 영상정보가 많으면 그 블록의 프랙탈 차원 값이 크기 때문에 하위 블록으로 분할된다. 이러한 과정은 블록의 최소단위까지 반복된다. 그래서 잡음을 배제시킬 수 있으며 최종적으로는 모든 영역이 균일한 영상정보를 갖는 영역으로 분할시킬 수 있다.

### 2. 잡음영상의 정확한 영역분할 추정

기존 쿼드트리 방법은, 영상에 존재하는 잡음이 충격성이며 랜덤하게 존재하기 때문에, 잡음이 영상에 포함

된다면 정확한 영상분할이 어려워진다. 그러나 본 논문에서 제안한 box-counting 프랙탈 차원을 이용해서 쿼드트리 영역분할을 할 경우, 영상정보에 첨가된 잡음의 분포가 다음 식(2)을 만족하면 box-counting 차원 값의 변화가 적기 때문에 잡음에 무관하게 영역분할 할 수 있다.

$$N_k \leq B_k \cdot a^{-k}, \quad (k=1, 2, \dots) \quad (2)$$

여기서  $B_k$ 는 박스 격자 크기이고,  $N_k$ 는 잡음과 잡음 사이의 평균 분포 길이이다.

그림 1은 잡음이 없는 영상의 에지 정보를 box-counting 계산방법으로 계산한 예를 나타낸 그림이다. 이때 계산된 프랙탈 차원  $D_b$ 는 그림 3과 같이 좌표화된 그래프로 나타낼 수 있다.

그림 2와 같이 잡음이 첨가된 상태에서 계산된 box-counting 프랙탈 차원을  $D_{bn}$ 라 할 때,  $D_b$ 와 비교해서 기울기의 변화가 미소하게 차이가 나는 이유는 잡음이 랜덤하게 분포된 잡음이 식(2)를 만족하지 않았기 때문이다. 그러나 전체적인 기울기 변화에는 큰 변화가 없음을 알 수 있다. 이는 box-counting을 이용해

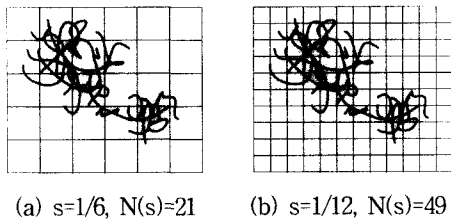


그림 1. 무 잡음 상태의 에지 영상의 box-counting 차원 계산

Fig. 1. Box-counting dimension calculation of edge image without gaussian noise.

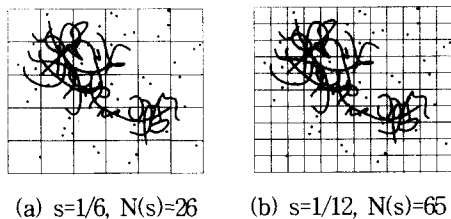
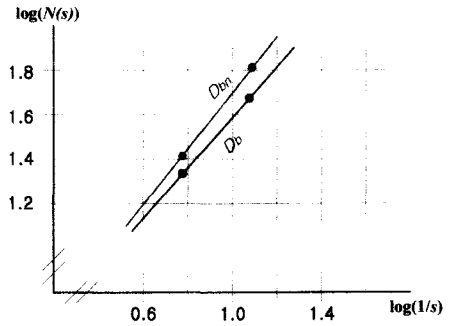


그림 2. 잡음이 첨가된 에지 영상의 box-counting 차원 계산

Fig. 2. Box-counting dimension calculation of edge image with gaussian noise.



$$D_b = \log_2\left(\frac{49}{21}\right) = 1.2224, \quad D_{bn} = \log_2\left(\frac{65}{26}\right) = 1.3219$$

그림 3. 프랙탈 차원 그래프  
Fig. 3. The fractal dimension graphy.

영상정보의 다소를 나타내는 프랙탈 차원 값이 잡음에 큰 영향을 받지 않는다는 것을 의미한다.

영상 내의 에지 곡선은 직선과 평면의 중간적인 성격을 가지고 있으므로 소수차원을 가지며, 1에서 2사이의 차원을 가진다. 1에 가까운 차원을 지니는 곡선은 직선에 가까운 부드러운 형태이며, 차원의 값이 2에 접근할 수록 곡선은 점점 심한 굴곡을 나타내면서 평면상의 많은 곳을 누비고 다니며 평면을 채우게 된다. 곡선의 차원이 2가 되면 곡선은 평면을 가득 메우게 된다.

따라서 근사적 프랙탈 차원인 소수차원을 이용하는 것은 기존 그레이레벨의 수직적 정보량뿐 아니라 수평적 정보량까지 추정할 수 있는 방법이다. 영상 내의 최대 프랙탈 차원은 2차원이고 그 이하는 소수점으로 나타난다. 따라서 영역분할에 필요한 정보를 얻기 위해 프랙탈 차원이 높으면 정보량이 많고 프랙탈 차원이 낮으면 정보량이 적은 것으로 간주한다.

### III. 제안한 쿼드트리를 이용한 프랙탈 영상 부호화

프랙탈 특성을 지닌 도형은 전체와 부분간에 자기 유사성이 존재한다. 즉, 프랙탈 특성을 강하게 갖는 기하학적 형태들도 전체와 부분간에 강한 자기 유사성이 존재함을 알 수 있다. 이러한 사실로부터 프랙탈 이론을 적용하여 영상을 압축하는 것이 프랙탈 영상 압축 방법이다. 간단한 프랙탈 구조를 갖는 영상에 대해서 IFS(Iterated Function System)를 발견하는 것은 용이하지만, 대부분의 자연계 영상들은 복잡한 프랙탈 영상

들로 이루어져 있기 때문에 IFS를 발견하는 것이 매우 어렵고 때로는 거의 불가능하다. 이 문제에 대한 해결책은 그 프랙탈 영상에 대해 근사적 IFS를 발견하는 것이다. 이를 위해서는 주어진 영상을 서로 중첩되지 않으면서 각각의 합집합이 전체 집합이 되는 부분집합들로 분할한다. 이때 분할된 각각의 분할 객체들은 기하학적인 모양이나 화소 값 분포 측면에서 전체 집합과 어느 정도 유사성의 관계를 수축변환식인 IFS를 이용하여 표현할 수 있게 된다.

Jacquin<sup>[6]</sup>은 원 영상의 지역을 일정하게 영역 분할하여 부호화하였다. Fisher<sup>[7]</sup>는 영상의 내용을 기반으로 한 다중 해상도를 갖는 쿼드트리 영역분할로 부호화를 하여 프랙탈 영상 부호화의 압축률을 개선시켰다. Jacquin이나 Fisher등은 전체 영상을 정의역 블록과 지역블록으로 구성한 후, 부호화 하고자 하는 모든 지역블록에 대하여, 모든 정의역과 비교하여 가장 유사한 블록을 탐색하는 방법을 이용했다.

프랙탈 영상 부호화의 압축률은 영상을 구성하는 지역 블록 수와 밀접한 관계가 있다. 그래서 영역분할 방법에 대한 연구가 계속 진행되고 있고 이러한 방법들이 프랙탈 영상 부호화에 응용되고 있다. 기존 쿼드트리 영역분할을 이용한 프랙탈 영상부호화를 제안한 Fisher 방법은, 영상에 잡음이 첨가된다면, 잡음에 대한 대책이 전혀 없다. 이장에서는 잡음이 포함된 영상에서 영역분할을 위한 영상정보의 최적 파라미터를 구하기 위해, 제안한 쿼드트리 영역분할을 이용한 프랙탈 영상 부호화 및 복호화 알고리즘을 그림 4와 같이 구성한다.

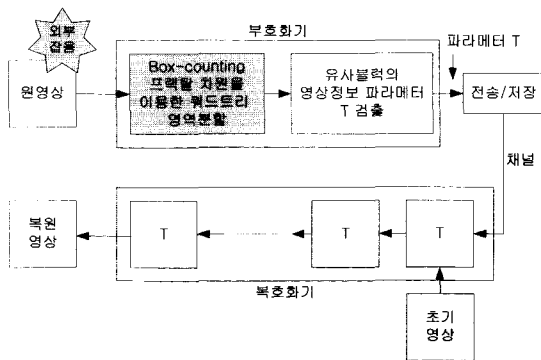


그림 4. 제안한 영역분할 방법을 이용한 프랙탈 영상 부호화 및 복호화 알고리즘  
Fig. 4. The encode and decode algorithm using the proposed image segmentation method.

#### IV. 실험결과 및 검증

본 실험에서 이용된 원 영상은 그림 5의 Lenna 크기 256×256, 256 그레이레벨의 영상이다.

제안된 쿼드트리 영역분할의 우수성을 평가는 가우산 백색 잡음을 원 영상에 첨가하여 프랙탈 영상 부호화의 압축률을 기존의 쿼드트리를 이용한 방법과 비교한다.

표 1은 기존 쿼드트리 영역분할 방법을 이용한 Fisher의 프랙탈 영상 부호화 방법과 본 논문에서 제안한 box-counting 프랙탈 차원을 이용한 쿼드트리 영역분할에 의한 프랙탈 영상 부호화 방법의 비교 데이터이다. 비교 방법은 영상에 잡음을 점차 증가시킴에 따라서 잡음량에 따른 영역분할 추정 정도, 이로 인한 프랙탈 영상 압축률, 그리고 복원된 화질 비교하여 우수

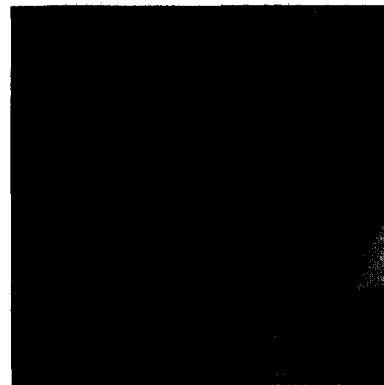


그림 5. Lenna 시험영상  
Fig. 5. Lenna test image.

표 1. 잡음에 따른 영역분할 추정, 압축률 그리고 복원화질 비교

Table 1. Comparison with image segmentation, compression, and image quality.

noises	Fisher Method			Proposed Method		
	block no [EA]	comp. ratio [bpp]	PSNR [dB]	block no [EA]	comp. ratio [bpp]	PSNR [dB]
0%	2363	0.6402	26.91	2356	0.6372	26.82
3%	2438	0.6642	26.97	2317	0.6252	26.51
5%	2651	0.7314	27.01	2323	0.6268	26.54
8%	3212	0.9082	27.16	2530	0.6924	26.76
10%	3368	0.9570	27.18	2569	0.7044	26.79
15%	4001	1.1562	26.03	3592	1.0272	26.43

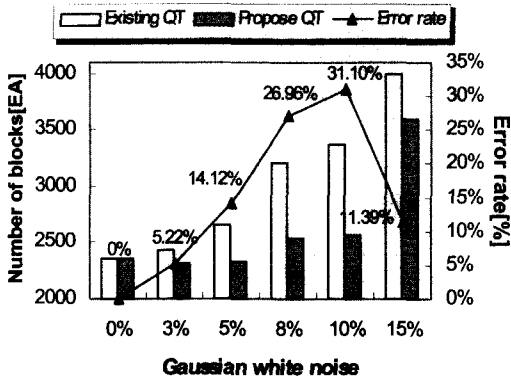
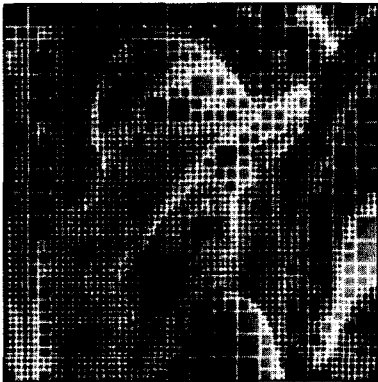


그림 6. 잡음에 따른 제안한 쿼드트리 영역분할의 에러를 비교

Fig. 6. Comparison with error rate to the proposed quad-tree segmentation by adding gaussian noise.



(a) 기존 쿼드트리 방법(블록 수: 2363개)



(b) 제안 쿼드트리 방법(블록 수: 2356개)

그림 7. 무 잡음 영상의 쿼드트리 영역분할(16-8-4 블록)

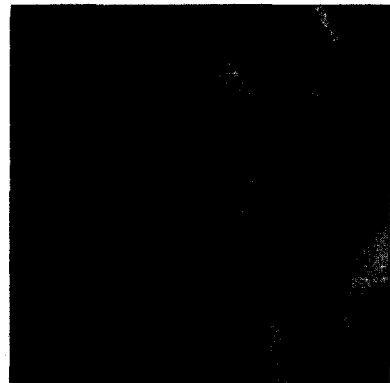
Fig. 7. Quad-tree segmentation to an image without gaussian noise(16-8-4 blocks).

성을 평가하였다.

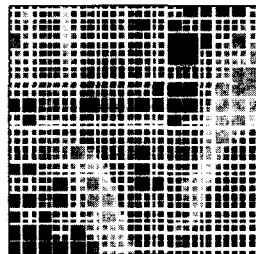
그림 6은 잡음에 따른 영역분할 수와 기존 방법과 제안한 방법에 대한 잡음에 따른 분할 에러율을 나타낸다. 제안한 방법은 잡음이 10%정도 인가되더라도 낮은 에러율로 영역분할을 할 수 있음을 알 수 있다.

원 영상 Lenna에 대해서 그림 7(a)는 기존 쿼드트리 방법에 의해 영상을 분할 한 방법이고, 그림 7(b)는 본 논문에서 제안한 box-counting 차원을 이용한 새로운 쿼드트리 방법에 의해 영역 분할된 영상이다. 잡음이 없는 영상에 대해서 두 방법은 동일한 영역블록의 수로 분할시킬 수 있다. 그렇지만 기존 방법에 의한 영역분할은 그레이레벨 농도차이가 큰 블록에 대해서 영역분할 되고, 제안한 방법은 프랙탈 차원에 의해 영역블록의 정보를 추정하여 영역분할이 된다는 차이가 있다.

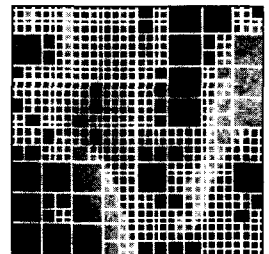
그림 8(a)는 원 영상(그림 5)에 가우시안 백색 잡음 10%을 첨가한 예지영상이다. 이 영상을 이용해 동일한 조건에서 기존 쿼드트리방법과 본 논문에서 제안한 프



(a) 10% 가우시안잡음이 포함된 Lenna 예지 영상



(b) 기존 쿼드트리방법 (블록 수: 3368개)



(c) 제안한 쿼드트리방법 (블록 수: 2569개)

그림 8. 10% 가우시안잡음이 포함된 영상의 쿼드트리 영역분할(16-8-4 블록)

Fig. 8. Quad-tree segmentation to an image with 10% gaussian noise(18-8-4 blocks).

랙탈 차원을 이용하여 쿼드트리방법을 비교 추정할 수 있다.

그림 8(b)와 같이 잡음으로 인한 영역분할 수가 많다는 것은 영상 내에 존재하는 잡음을 영상정보로 인식했기 때문이고, 이는 기존 방법이 정확한 영역분할이 되지 않음을 의미한다. 그러나 그림 8(c)는 잡음의 유무에 관계없이 영역분할되어 제안한 방법이 비교적 잡음의 영향을 적게 받는다. 따라서 본 연구에서 제안한 영역분할 방법(그림 8(c))이 종래 방법(그림 8(b))에 비해서 높은 정확도의 분해 능력으로 영역분할 추정을 할 수 있음을 알 수 있다.

프랙탈 영상 부호화 시, 무잡음 초기영상에서 잡음 증가에 따른 압축률 변화가 기존 쿼드트리를 이용한 Fisher의 프랙탈 부호화 방법은 잡음을 영상의 중요한 정보로 오인하는 정도가 급증하는 반면, 제안한 방법은 상대적으로 잡음을 영상정보로 오인하는 정도가 비교적 적음을 알 수 있다.

그림 9는 제안한 쿼드트리를 이용하여 프랙탈 영상 부호화에 응용한 압축률 결과를 나타낸다. 무 잡음 초기 영상에 대해서 기존 쿼드트리 분할에 의한 영역분할 수는 2363개이고, 제안한 방법에 의한 영역분할 수가 2356개이다. 잡음이 10%이상 첨가된 영상은 상업적 가치가 없기 때문에 10% 잡음에서 테스트하였다. 10% 가우산 백색 잡음이 첨가된 영상에 대해서 기존 쿼드트리 분할은 3368개로 무 잡음 초기 영상보다 영역분할 수가 42.53% 증가되었고 이 방법을 이용한 압축률 역시 49.48% 압축률이 감소되었다. 그러나 제안한 방법은 2569개로 영역분할 수가 오직 9.04% 증가되어 이 방법을 이용한 압축률은 오직 10.54%만이 감소되어 기

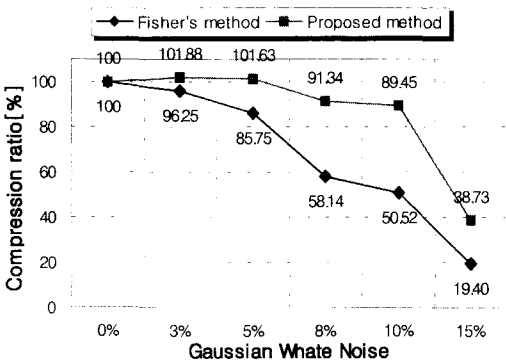
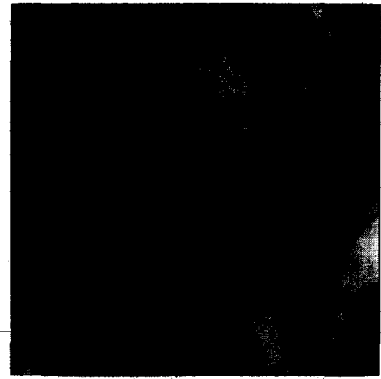
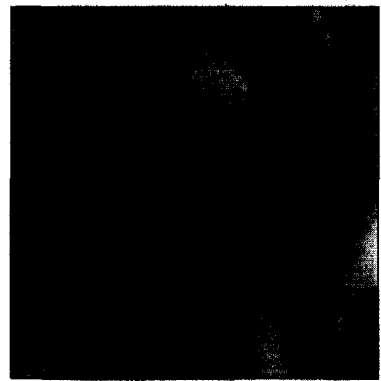


그림 9. 다양한 가우산 잡음에 따른 압축률 비교  
Fig. 9. Comparison of compression ratio by the various gaussian noise.



(a) 기존 쿼드트리(27.18[dB])



(b) 제안 쿼드트리(26.79[dB])

그림 10. 프랙탈 복원영상(10% 가우산 잡음 포함)  
Fig. 10. Decoded fractal image(with 10% gaussian noise).

존 방법보다 38.93%개선시킬 수 있었다. 그러나 3%, 5% 가우산 백색 잡음에 대해서 영역분할 감소 이유는 잡음에 의해 블록 내 영상정보의 프랙탈 차원을 감소시켰기 때문이다.

그림 10은 잡음 10%인 영상에 대해 기존 쿼드트리 영역분할로 프랙탈 영상 복원된 영상과 본 논문에서 제안한 쿼드트리 영역분할을 이용해 복원된 영상이다.

### V. 결론

본 논문에서는 영상에서 box-counting 차원을 이용하여 잡음이 포함되어도 정확히 영상정보 파라미터를 추정할 수 있는 새로운 쿼드트리 영역분할 방법을 이용하여 잡음에 효과적으로 압축률을 유지시킬 수 있는 프랙탈 영상 부호화를 제안했다. 시험결과를 통해 원 영상에 10% 가우산 백색잡음이 포함된 상태에서, 본

논문에서 제안된 새로운 쿼드트리 방법이, 기존 쿼드트리 방법보다 영상정보 파라미터 추출 오류 면에서 31.10% 개선되고, 프랙탈 영상 부호화면에서 38.93% 압축률을 향상시킬 수 있음을 확인하여 우수성을 검증하였다.

차후에는 다양한 프랙탈 차원과 잡음과의 관계를 상세히 비교 검증할 것이고, 본 논문에서 제안한 영역분할법에 의해 잡음이 포함된 환경에서 영상인식에 응용할 예정이다.

### 참 고 문 헌

- [1] A. E. Jacquin, "Image Coding Based on a Fractal Theory of Iterated Contractive Image Transformation." IEEE Transactions on Image Processing, Vol. 1 No. 1, pp. 18~32, 1992/1.
- [2] Y. Fisher, Fractal Image compression: Theory and Application, New York: 1994, Chap. 3, pp. 55~78.
- [3] D. Cortez, P. Nunes, M. Sequeira. and F. Pereira. "Image segmentation towards new image representation methods," Signal Processing: Image Communication, vol.6, no.6, pp. 485~498, Feb.1995.
- [4] P. Salembier, "Morphological multiscale segmentation for image coding," Signal Processing, vol. 38, pp.359-386, 1994.
- [5] P. P. Pentland, "Fractal-based description of natural scenes," IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell., vol.PAMI-6, no.6, pp. 661-674, 1984.
- [6] S. Peleg, J. Naor, R. Hartly, and D. Avnir, "Multiple resolution texture analysis and classification," IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell., vol. PAMI-6, no.4, pp.518-523, 1984.
- [7] B. B. Mandelbrot, The Fractal Geometry of Nature, Freeman, San Francisco, CA, 1983.

### 저 자 소 개

高 成 植(正會員) 第38卷 TE編 第2號 參照



金 正 和(正會員)

1979년 : 조선대학교 전자공학과(공학사). 1981년 : 조선대학교 대학원 전자공학과(공학석사). 1991년 : 숭실대학교 대학원 전기공학과(공학박사). 1979년~현재 : 조선대학교 전자정보통신공학부 교수. <주관심분야>

야 : 영상처리, 디지털 워터마킹, 신호처리 및 시스템 분야 임>