

정의역 탐색영역 제한 부호화 알고리즘을 이용한 고속 프랙탈 영상복원

°정 태일*, 강 경원*, 권 기룡**, 문 광석*, 김 문수*
* 부경대학교 전자컴퓨터정보통신공학부
** 부산외국어대학교 전자컴퓨터공학부

A Fast Fractal Image Decoding Using the Encoding Algorithm by the Limitation of Domain Searching Regions

°Tae-il Jeong*, Kyung-won Kang*, Ki-ryong Kwon**
Kwang-seok Moon*, Moon-su Kim*

* School of Elec., Computer and Telematics Eng., Pukyong National Univ.

** School of Elec. and Computer Eng., Pusan Univ. of Foreign Studies

e-mail : tijeong@korea.com

요약문

기존의 프랙탈 영상복원은 모든 치역 블록에 대해 반복축소변환을 수행하므로 복원시 많은 계산량이 요구되었다. 이를 개선하기 위해 각 치역 블록마다 반복축소변환이 필요한 영역과 필요하지 않은 영역으로 구분하는 방법이 제시되었다. 만약 반복축소변환 영역이 줄어들면 고속 복원이 가능하다. 본 논문에서는 부호화 과정에서 정의역 블록의 탐색 영역을 치역 블록과 비슷한 영역으로 제한하여 반복축소변환이 필요한 영역을 최소화한다. 그래서 반복축소변환에 필요한 계산량을 감소시켜 고속 복원이 가능하다.

Abstract

The conventional fractal decoding was required a vast amount computational complexity. Since every range blocks was implemented to IFS(iterated function system). In order to improve this, it has been suggested to that each range block was classified to iterated and non-iterated regions. If IFS region is contractive, then it can be performed a fast decoding. In this paper, a searched region of the domain in the encoding is limited to the range region that is similar with the domain block, and IFS region is a minimum. So, it can be performed a fast decoding by reducing the computational complexity for IFS in fractal image decoding.

I. 서론

프랙탈 기하학은 자연 물체에 존재하는 자기 유사성(self similarity)을 이용하여 자연 물체를 표현하기에 적합하다. 자기 유사성이란 물체의

입의의 한 부분이 다른 한 부분과 서로 유사하게 생긴 특성을 의미한다.

Barnsley^[1]는 자기 유사성에 기인하는 간단한 규칙에 의하여 복잡한 프랙탈 구조를 생성한다. 또한 영상 데이터를 반복축소변환으로 표현함으로써 데이터 양을 줄이는 프랙탈 영상 압축의 이론적 기반을 처음으로 제시하였다. Barnsley의 이론을 기반으로 하여 Jacquin^[2]은 입력영상을 에지(edge), 중간(middle), 평탄(shade) 영역별로 구분하여, 정의역 탐색영역을 해당영역으로 제한함으로써 부호화 과정을 개선하였고, Fisher^[3]는 영상의 화질에 따라 치역 블록을 분할하는 quad-tree 방식을 제안하였다.

화상전화 서비스, VOD(video on demand), CD-ROM 등과 같이 주로 영상 데이터의 재생만이 요구되는 경우에는 수신측에서 빠른 영상복원이 요구된다. 그래서 Øien 등^[4]은 내적 공간 접근 방법을 이용한 반복 적용이 필요 없는 복원 알고리즘을 제안하여 복원 시간을 단축하였다. 그러나 이 방법들은 치역 블록의 크기를 8×8 이하로 제한하므로, 화소값이 부드럽게 변하는 영

역을 효율적으로 부호화하지 못하는 단점을 갖는다. 복원속도를 더욱 향상시키기 위해 류^[5] 등은 프랙탈 코드 정보로부터 복원하고자하는 치역에 참조된 정의역과 참조되지 않은 정의역으로 구분하여, 한번 반복하는데 소요되는 계산량을 감소시키는 데이터 의존성을 이용한 고속 복원 알고리즘을 제안하였다.

본 논문에서는 부호화 과정에서 정의역 블록의 탐색영역을 치역 블록과 비슷한 영역으로 제한하는 알고리즘을 이용하여 반복축소변환 영역을 최소화한다. 그래서 반복축소변환에 필요한 계산량을 감소시켜 고속 복원이 가능함을 제안한다.

II. 프랙탈 영상 압축

1. 일반적인 프랙탈 영상 부호화

프랙탈 영상의 부호화 과정은 일반적으로 치역 블록은 $R \times R$ 의 크기로 서로 중첩되지 않게 분할하며, 정의역 블록은 $2R \times 2R$ 의 크기로 중첩이 가능하게 분할한다. 이 때 정의역 블록의 크기가 치역 블록의 4배이므로 공간 영역에서의 축소율은 $1/4$ 로 결정된다. 하나의 치역 블록에 대한 변환 계수를 구하는 과정은 임의의 정의역 블록에 대해서 계조도 변화량 s 및 밝기 조절값 o 를 구한 후, 각각의 화소들의 오차 E 가 가장 작은 정의역 블록을 찾아, 그 때의 정의역 블록에 대한 인덱스 및 s, o 값을 변환 계수를 구함으로써 부호화가 이루어진다^[3].

2. 일반적인 프랙탈 영상복원

프랙탈 영상의 복원은 복원 영상의 반복축소변환 W 가 주어진 상태에서 임의의 초기 영상을 설정한 후 모든 치역 블록에 대해 주어진 횟수만큼 반복축소변환을 적용함으로써 복원 영상을 얻을 수 있다^[3].

3. 데이터 의존성을 이용한 고속 복원

프랙탈 부호화 과정에서 만들어진 프랙탈 코드에는 정의역과 치역 매핑 정보, 스케일 값, 오프셋 값등이 저장된다. 여기서 복원하고자 하는 치역 블록에 참조된 정의역과 참조되지 않은 정의역으로 구분할 수 있다. 류^[5] 등은 참조되지 않은 정의역 영역을 데이터 의존영역으로 정의하였다. 그래서 참조된 영역은 기존의 방법으로 우선적으로 복원하고, 참조되지 않은 영역의 정의역

은 이미 복원된 영역에 존재하므로, 참조되지 않은 정의역 영역은 데이터 의존영역으로서 단 한번만에 복원이 가능하다. 이러한 데이터 의존영역은 중간단계의 반복축소변환 과정에서 제외시키고, 마지막 반복축소변환시 한번만 적용되므로, 한번 반복축소변환 하는데 소요되는 계산량을 감소시켜 고속 복원이 가능하다.

R1 2	R2 2	R3 6	R4 6
R5 2	R6 2	R7 6	R8 6
R9 0	R10 8	R11 8	R12 0
R13 0	R14 8	R15 8	R16 0

그림 1. 참조된 치역과 참조되지 않은 치역의 구분

III. 제안한 고속 프랙탈 영상복원

3.1 정의역 탐색영역 제한 부호화 알고리즘

프랙탈 복원에 필요한 모든 파라메타들은 부호화 과정에서 만들어진 프랙탈 코드에 저장된다. 부호화 과정에서 정의역의 선택영역을 제한하여 정의역이 더 많이 중복 또는 중첩되도록 한다면, 반복축소변환이 최소가 되는 최소 정의역을 구현할 수 있다. 복원과정에서 치역들을 고려할 때, 그림 1과 같이 정의역이 참조된 치역과 참조되지 않은 치역으로 구분할 수 있다. 이러한 치역과 정의역 영역사이의 관계를 식으로 표현하면 식 (1)과 같다.

$$\hat{R} = R(R) + R(D) \quad (1)$$

여기서 \hat{R} 은 복원하고자하는 치역이며, $R(R)$ 은 복원하고자 하는 치역에 참조된 정의역으로서 반복축소변환이 필요한 영역이며, $R(D)$ 는 복원하고자 하는 치역에 참조되지 않은 정의역으로서 반복축소변환이 불필요한 데이터 의존영역이다. 최소 정의역은 반복축소변환 영역이 최소가 되는 최소 정의역으로, 식 (1)에서 참조된 치역 $R(R)$ 영역이 최소($R(D)$ 영역이 최대)가 되는 영역이다. 따라서 제안한 방법은 부호화 할 때 최소 정의역이 생성하도록 부호화함으로써 복원시 계산량이 더욱 감소하도록 구현한다.

제한한 방법은 부호화 할 때 정의역 탐색영역을 치역과 비슷한 영역으로 제한하여, 정의역이 더 많이 중복되도록 하였다. 정의역이 더 많이 중복된다면, $R(D)$ 영역들은 더 많아질 수 있다.

그림 2는 기존의 방법에서처럼 정의역 탐색영

역을 제한하지 않았을 때, 치역 블록 R9는 임의의 정의역 블록 Dj가 참조되었기 때문에 데이터 의존 블록이 되지 못한다. 만약 부호화 과정에서 정의역 탐색영역을 치역 블록과 비슷한 영역으로 제한한다면, 정의역 블록 Dj는 치역 블록 R1, R2, R3, R4로 매핑되어 치역 블록 R9는 데이터 의존 블록이 될 수 있다.

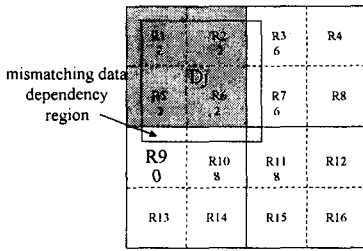


그림 2. 데이터 의존영역의 불일치

그림 3은 $R(D)$ 영역을 크게 하기 위해, 정의역이 중복되도록 하는 알고리즘을 나타내었다. $R(D)$ 영역을 최대로 하기 위해, 그림 3에서처럼 임의의 치역 블록에 대하여 근사화 오차가 임계치보다 작으면 치역 블록을 16×16 으로 설정하고, 임계치보다 크면 치역 블록을 8×8 로 설정한다. 16×16 블록 영역은 자기 영역 내에 한해서 유사한 영역을 찾더라도 크게 화질 저하를 야기 시키지 않기 때문에, 정의역 탐색 영역을 이 영역 내로 제한하여 부호화를 수행한다. 이때 정의역은 16×16 블록 영역내의 32×32 블록이다. 치역과 정의역 블록을 설정한 후, 데이터 의존영역이 생기는지를 체크한다. 이때 만들어진 데이터 의존영역이 그림 3에서 D1영역이다. IFS1 영역은 반복축소변환이 필요한 영역으로서 이 영역이 우선적으로 복원된다면, D1 영역의 정의역은 IFS1영역 내에 있기 때문에 반복축소변환이 필요 없이 마지막 변환시 한번만에 복원이 가능하다.

16×16 영역은 8×8 영역에 대해 정의역이 될 수 있으므로, 참조 여부를 조사하여 참조되지 않은 데이터 의존영역 D2 영역이 만들어진다. 나머지 남은 치역에 대한 정의역은 D2 영역이고, 치역과 정의역 사이에 참조 여부를 조사하여 참조되지 않은 데이터 의존영역 D3 영역이 만들어진다. 같은 방법으로 나머지 남은 치역에 대한 정의역은 D3 영역이고, 치역과 정의역 사이에 참조 여부를 조사하여 참조되지 않은 데이터 의존영역 D4 영역이 만들어진다. 마지막으로 남은 8×8 영역은 그 자체 영역내에서 정의역과 치역을 구성

하고, 데이터 의존영역이 발생하는지를 체크하여 데이터 의존영역 D4가 만들어진다.

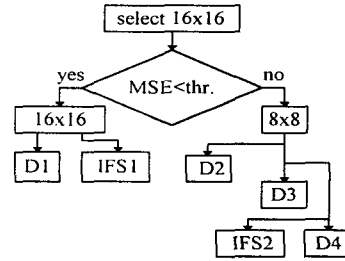


그림 3. 부호화 알고리즘

3.2 제안한 방법의 복원

프랙탈 복원은 부호화시 만들어진 정의역 정보를 바탕으로 치역을 복원하는 것을 의미한다. 먼저 반복축소변환이 필요한 IFS1, IFS2 영역을 우선적으로 복원한다. 이 영역들이 복원되었다면, IFS1 영역에 정의역을 둔 D1이 한번만에 복원이 가능하고, IFS2 영역에 정의역을 둔 D4이 한번만에 복원이 가능하다. IFS1과 D1 영역이 복원되었다면, 이 영역에 정의역을 둔 D2 영역이 복원 가능해진다. D2영역까지 복원되었다면 D2 영역에 정의역을 둔 D3영역이 복원 가능하다. 이처럼 D1, D2, D3, D4영역들은 데이터 의존영역으로서 마지막 반복축소변환시 한번만에 복원이 가능하다.

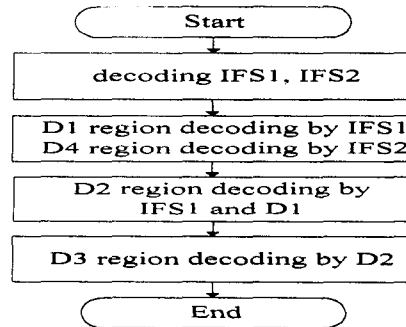


그림 4. 복원 순서도

IV. 실험결과 및 고찰

본 논문에서는 512×512 크기의 표준 영상에 대하여 Fisher가 제안한 적응적 quadtree 방식의 프랙탈 영상 부호화 알고리즘을 기반으로 실험하였다. 기존의 방법은 트리의 최대 깊이를 6, 최소깊이를 5로 하여, 치역 블록을 16×16 , 8×8 크기로 가변 되게 하였으며, 그때의 분할 임계값은 8로 설정하였다. 임계치(그림 3에서)가 8일 때, 기존의 방법과 제안한

방법의 최소 정의역 영역 비교를 그림 5에 나타내었다. 여기서 기존의 방법은 Fisher의 quadtree 기법으로 부호화 한 후 참고문헌[5]의 데이터 의존성 알고리즘으로 복원한 방법이고, 제안한 방법은 부호화 과정에서 반복 축소변환이 필요한 정의역이 최소가 되도록 정의역 탐색영역 제한하여 부호화 한 후, 특별한 순서에 의해 순차적으로 복원을 하는 방법이다. 제안한 방법의 최소 정의역은 전체영상에서 58.6%, 기존의 방법은 78%로서 최소 정의역이 75% 감소하였다. 반복축소변환이 필요한 정의역이 감소할수록 복원과정에서 계산량이 감소되어 고속 복원이 가능하다.

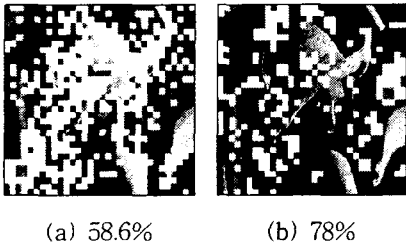


그림 5. 최소 정의역 비교 (a)제안한 방법 (b)기존의 방법

표 1은 임계치의 변화에 따른 최소 정의역 (minimum domain:MD) 생성율과 PSNR 비교를 나타내었다. 임계치가 3일 때, 제안한 방법의 최소 정의역 생성율과 PSNR은 각각 13.1% 27.52(dB)였으며, 임계치가 8일 때는 최소 정의역 생성율과 PSNR은 각각 58.6% 27.62(dB)였다. 이는 그림 3에서 임계치가 작을수록 정의역 블록은 지역 블록과 비슷한 정의역 블록을 선택하게 되고, 정의역은 더 많이 중복될 수 있다는 것을 나타낸다.

표 1. 임계치에 따른 최소 정의역과 PSNR

threshold	MD region(%)	PSNR(dB)
3	13.1	27.52
4	30.7	27.57
5	45.6	27.59
6	51.7	27.59
7	55.0	27.57
8	58.6	27.62

그림 6은 임계치가 3일 때, 제안한 방법과 기존의 방법에 대한 반복횟수에 따른 누적된 곱셈 계산량 비교를 나타내었다. 4회 반복했을 때, 기존의 방법과 제안한 방법들은 거의 수렴하였으며, 이때 제안한 방법의 누적 곱셈 계산량은 730,112회, 기존의 방법은 1,756,160회로서 58% 계산량이 감소하여 고속 복원이 가능하였다.

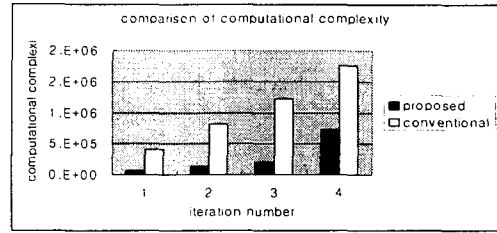


그림 6. 곱셈 계산량 비교

V. 결 론

기존의 프랙탈 영상 압축은 부호화시 각 지역 블록별로 가장 자기 유사성을 가지는 정의역을 주어진 영상의 전 영역에서 찾기 때문에 정의역 영역이 골고루 분포한다. 따라서 본 논문에서는 부호화 과정에서 정의역의 선택영역을 제한하였다. 그 결과 반복축소변환에 필요한 정의역들이 최소가 되도록하여 프랙탈 영상 복원과정에서 계산량을 감소시켜 고속 복원이 가능한 알고리즘을 제안하였다.

실험결과 제안한 방법은 기존의 방법과 비교하였을 때 임계치가 8일 경우, Lena 영상에서 최소 정의역이 75% 감소하였다. 4회 반복했을 때, 제안한 방법과 기존의 방법의 누적 곱셈 계산량은 각각 730,112회, 1,756,160회로서 58% 계산량이 감소하였다.

참 고 문 헌

[1]M. F. Barnsley, "Application of recurrent iterated function system to images," *SPIE Visual Communications and Image Processing*, pp. 122-131, 1988.

[2]A. Jacquin, "Image coding based on a fractal theory of iterated contractive image transformations," *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 1, no. 1, pp. 18-30, Jan. 1992.

[3]Y. Fisher, *Fractal image compression: theory and application*, Springer-Verlag, New York, pp. 1995.

[4]G. E. Øien, S. Lepsø y, and T. A. Ramstad, "An inner product space approach to image coding by contractive transformations," *Proc. of ICASSP '91*, pp. 2773-2776, 1991.

[5]류권열, 정태일, 강경원, 권기룡, 문광석, "프랙탈 영상에서 데이터 의존성을 이용한 고속 부호화 알고리즘," *한국통신학회 논문지*, vol. 22, no. 10, pp. 2091-2101, Oct. 1997.