

전역적·국부적 중복성을 이용한 의료영상의 무손실 압축

이종실, 권오상, 한영환*, 홍승홍
인하대학교 전자공학과, *상지대학교 전산과

A Lossless compression of Medical Images using Global & Local redundancy

J. S. Lee, O. S. Kwon, Y. H. Han*, S. H. Hong
Dept. of Electronics, Inha Univ., *Dept. of Computer Science, Sangji Univ.
E-mail: g9511117@inhavision.inha.ac.kr Fax: 082-32-872-7267

ABSTRACT

In this paper, we studied two image characteristics, similarity and smoothness, which give rise to local and global redundancy in image representation. The similarity means that any patterns in the image repeat itself anywhere in the rest of image. The smoothness means that the gray level values within a given block vary gradually rather than abruptly. In this sense, we propose a lossless medical image compression scheme which exploits both types of redundancy. This method segments the image into variable size blocks and encodes them depending on characteristics of the block. The proposed compression schemes works better than other compression schemes such as the Huffman, the arithmetic, the Lempel-Ziv and the lossless scheme of JPEG.

1. 서론

최근 병원에서 사용되고 있는 의료 영상들이 정보 처리기술과 첨단기술의 발달로 인하여 점차적으로 디지털로 바뀌어 가고 있다. CT(computered tomography)나 자기공명상(MRI)은 자체적으로 디지털 신호를 만들어 낼 뿐 아니라, 기존의 다른 진단용 영상도 CR(computer radiography)이나 필름스캐너 등을 이용하여 디지털 데이터로 바꾸어, 영상 처리 시스템을 진단에 이용하고 있다. 디지털화된 의료영상의 크기는 영상기기 종류에 따라 다르다. X-ray CT의 경우 512x512가 대부분이며, RI와 초음파 영상의 경우 256x256이 주로 이용된다. 핵의학 영상의 경우 그 해상도가 떨어지므로 64x64에서 256x256 정도의 저해상도 영상으로 충분하다.

PACS(picture archiving and communication system)와 같은 디지털 의료 영상을 다루는 분야에서도 경제적인 저장과 전송을 위해서는 진단의 가치를 떨어뜨리지 않으면서도 데이터의 양을 줄이는 압축기술이 요구된다.

영상이 일반 데이터와 가장 큰 차이점은 중복성의 존재이다. 영상신호에는 상당히 많은 양의 중복된 정보가 들어 있기 때문에 디지털 신호처리의 압축 또는 부호화 과정을 통해 중복된 정보를 제거하여 디지털 영상정보의 기억용량을 줄임으로서 압축을 행할 수 있다. 디지털 영상에서의 중복성은 한 화소 주위의 화소 값들이 갑자기 변화되지 않고 서로 상관관계를 가지면서 점차적으로 변화하는데서 기인하는 국부적 중복성(local redundancy)과 한 영상내의 어떤 패턴들의 반복에서 기인하는 전역적 중복성(global redundancy)이 존재한다. 이런 관점에서 여러 가지 의료영상을 가변블록으로 분할하여 각각 블록의 특성에 맞는 압축방법을 사용하여 국부적·전역적 중복성을 줄여서 압축을 행하였다.

2. 가변블록을 이용한 압축 알고리즘

영상신호는 일반 데이터와는 달리 상당히 많은 양의 중복된 정보가 들어 있기 때문에 이 중복된 정보를 제거하여 영상정보의 기억용량을 줄임으로서 압축을 행한다. 일반적으로 디지털 영상에는 국부적 중복성과 전역적 중복성이 존재한다.

2.1 국부적 중복성(Local Redundancy)

한 화소주위의 값들은 갑자기 변화되지 않고 서로 상관관계를 가지면서 변화한다. 일루미네이션(illumination)이나 섀도잉(shadowing) 효과는 이런

특성을 더 크게 나타나게 한다. 이 특성은 또한 완만함(smoothness)이라 불리운다. 어떤 한 블록내, 또는 어떤영역내에 있는 화소들의 최대·최소 그레이 레벨의 차(difference)가 완만함(smoothness)의 척도이다. 이 차가 0이면 이 블록내의 화소값들은 동일한 그레이 레벨임을 의미하고 만약 이 블록을 압축할 경우 줄 길이를 부호화(RLC)로 압축을 하여 한 값만을 저장하여 압축을 행할수 있다. 만일 이 블록내의 값이 0이 아니더라도 일반적으로 d 값은 매우 작다. 그래서 어떤 주어진 블록은 이 블록내에 있는 최소 그레이 레벨과 각각 주위의 화소값들과의 오프셋(offset)으로 표시될 수 있다. 각 오프셋은 식-1에서 보여주는 N비트를 가지고 부호화 될 수 있다.

$$N = \lfloor \log_2 V_{th} \rfloor + 1 \quad \text{----(1)}$$

어느정도의 임계값(threshold)을 정해 놓고 이 값보다 적을 경우 최소 그레이 레벨과 오프셋만을 저장하여 압축을 행한다. 따라서 적절한 기준치(임계값)를 정하는 것이 매우 중요함을 알 수 있다. 그림 1은 Lena 영상에 대한 임계값에 따른 영상 분할을 보여주고 있다.

일반적으로 블록이 커지면 그 해당 블록내에 있는 화소값의 최대치와 최소치 사이의 차(difference)는 커지게 된다. 블록의 크기에 따른 블록내의 차(difference)의 분포는 그림2와 같다. 그림2에서 보여주듯이 여러영상을 대상으로 할 때 차의 분포는 거의 비슷함을 알 수 있다. 블록의 크기에 따른 블록내의 차(difference)의 분포는 그림 2와 같다.

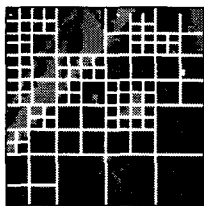


그림 1. Lena 영상에 대한 영상분할 예.
Fig. 1. Example of segmentation for Lena image.

일반적으로 영상내에서 어떤 패턴들의 반복에 의해 생기게 되는 중복성이다. 즉, 한 영상에서 밝기 패턴이 반복되는 통계적 유사성에 근거한다. 그림 3은 영상에서의 어떤 패턴이 반복되는 것을 보여주고 있다. 전체적인 영상에서 어떤 한 블록이 n번 반복된다면 n-1번은 그 좌표값만을 저장하여 압축을 행할 수 있음을 알 수 있다.

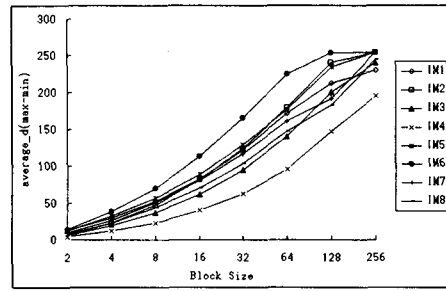


그림 2. 블록의 크기에 따른 차(difference)의 평균분포.
Fig. 2. Average distribution of d values according to block size.

2.2 전역적 중복성(Global Redundancy)

일반적인 영상의 블록의 크기에 따른 블록의 중복성 즉 전역적 중복성은 블록이 작을 때 더 두드러진다. 그래서 본 연구에서는 마지막 단계인 2x2 블록에서만 전역적 중복성을 고려했으며, 이때 만일 중복된 값이 있다면 그 점의 이전에 나왔던 블록의 좌표만을 저장하므로 50%의 압축률을 얻을 수 있다. 이 방법은 프랙탈 부호화에 사용된다. 프랙탈에서는 영상을 아주 작은 단위로 나누어 보면 각 단위는 유사한 형태로 표현될 수 있다는 생각하에 공통으로 쓸 수 있는 기본 형태를 찾는다. 일정한 크기의 블록 영상을 기본 형태로 하여 이것을 확대, 회전, 등의 기하학적 변환 및 밝기 값의 스케일링(scaling) 등을 통하여 전체 영상 내에서 유사성(similarity)을 조사하여 기본 형태와 변환 정도로 전 영상을 표현할 수 있다. 그림3은 이를 보여주고 있다. 이 프랙탈 방법의 가장 치명적인 단점은 압축하는 데 시간이 많이 걸린다는 것이다. 즉, 실시간 부호화가 어렵다는 이유로 실시간 영상 서비스 위주의 연구에서 다소 밀려나 있으나 MPEG-4의 응용분야 중 멀티미디어 응용이나 자료 검색등 실시간 부호화를 필요로 하지 않는 분야에서는 영상의 화질 및 고압축률이 우선적이라는 면에서 연구가 계속되고 있다. 프레임 내의 유사성만을 이용한 프레임내 처리에선 압축률이 높을 경우, DCT보다 우수함이 입증되어 있다. 본 논문에서는 시간문제를 해결하기 위해서 그림3에서 나타나 있는 회전, 확대 등의 기하학적인 변환이나 스케일링(scaling)을 하지 않고 점선으로 이루어져 있는 눈부위와 같이 완전히 동일한 블록만을 찾아서 중복성을 줄일 수 있었다.

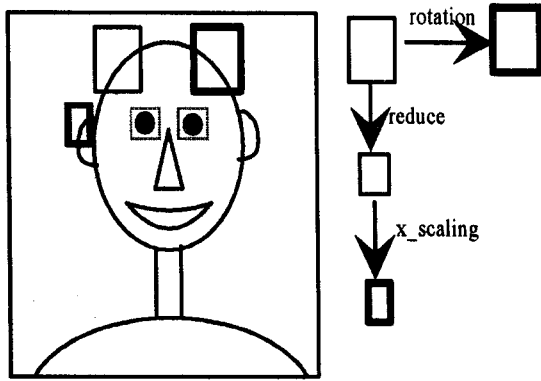


그림 3. 프랙털 부호화 과정의 예.
Fig. 3. The example of fractal encoder.

2.3 제안한 알고리즘의 전체적 구조

제안한 압축 방법의 개괄적인 순서도는 그림4와 같다. 먼저 원영상을 동일한 크기 ($K \times K$)의 블록으로 나누고 각각의 블록에 대해서 다음 절차를 적용한다. 만일 블록내의 모든 화소가 같은 값을 가지면 줄길이 부호화(Run Length Coding, RLC)방법을 적용하여 부호화하고, 블록내의 값의 변화 정도가 미리 정해 놓은 임계값보다 작으면 차만을 비트수를 줄여 부호화한다. 물론 한 바이트를 이용하여 최소값도 저장하여야 한다. 위의 두가지를 만족하지 않을 때는 블록을 네 개의 소블록($\frac{K}{2} \times \frac{K}{2}$)으로 나눈 4개의 소블록 각각에 대해서 국부적 중복성을 없애기 위해서 위의 두 방법을 적용한다. 이런 절차를 계속 행하여 2×2 의 블록이 될 때까지 블록을 분할하여 위의 두가지를 적용한다.

블록의 크기가 2×2 일 때는 절차순서와 약간의 적용 절차가 달라진다. 이는 그림5에서 보듯이 압축률에 상당히 영향을 주고 있음을 알 수 있다. 이 적용순서에 따라 압축률이 달라진다. 만일 모든 화소값이 동일하면 줄길이 부호화를 적용하고 이를 만족하지 않으면 현재의 블록주위에 동일한 블록이 존재하는지를 검색하여 존재한다면 현재의 블록으로 부터 동일한 블록이 처음 발생했던 위치사이의 거리를 저장하여 압축을 행하고 위의 두가지를 모두 만족하지 않을 경우 정해놓은 임계값보다 적으면 차만을 저장하여 부호화한다. 만일 블록내의 화소들의 값이 임계값보다 클 경우에는 4개의 화소값들은 압축없이 그냥 저장한다. 여기에서 이 그 앞단계와 같이 먼저 임계값을 이용하여 차를 부호화하는 방법을 적용할 경우 전역적 중복성의 기여도는 줄어들게 되어 압축률은 당연히 떨어진다. 그러므로 이 마지막 단계에서 전역적 중복성을 충분히 줄이는 것이 필요하다. 여기서 주위에

같은 블록이 존재하는지를 탐색할 경우 메모리에 많은 소블록을 저장할 경우 메모리 문제뿐만 아니라 탐색하는 데 시간이 상당히 걸린다. 그래서 적절히 이 메모리 버퍼를 사용함으로써 큰 효율을 얻을 수 있다. 많은 소블록이 들어가도록 버퍼를 할당한다고 해도 그다지 압축률에는 영향을 주지 못한다. 그리고 헤더를 붙이는데 효과적으로 나타내기 위해서는 동적 허프만 부호화(dynamic huffman encoding)를 적용하여 효율을 높였다.

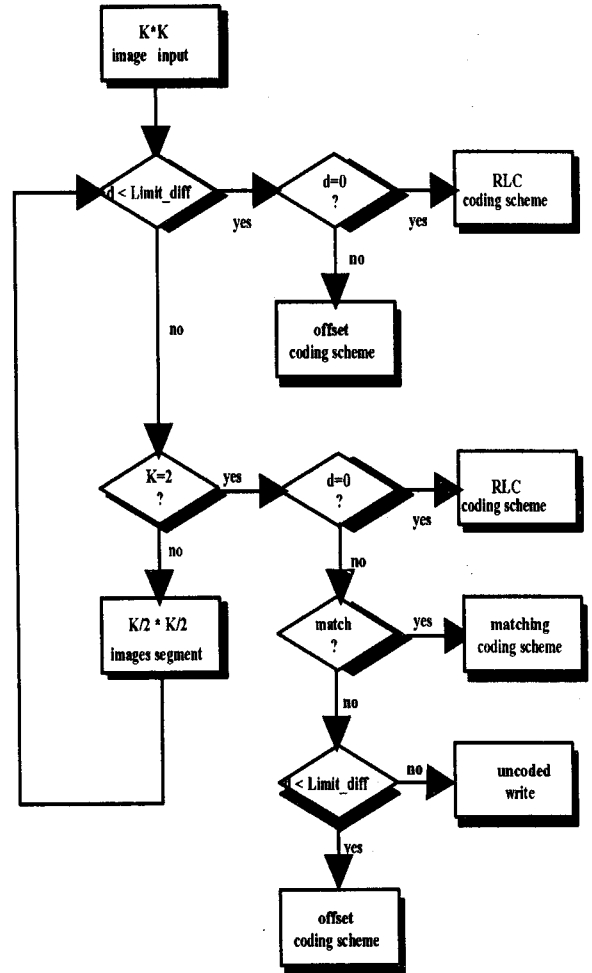


그림 4. 제안한 압축방법의 흐름도.
Fig. 4. Flowchart of Proposed compression scheme.

3. 실험 및 결과

전역적 중복성을 제거하기 위해서는 마지막 단계가 매우 중요하다. 만일 진단과 같은 절차로 압축을 행한다면 전역적 중복성을 거의 제거할 수가 없다. 그림 5는 진단과 동일한 순서를 적용

했을 때와 제안한 순서에 의한 압축률의 증가분을 보여주고 있다. 그림 5에서 나타난 제안한 순서 증가분이 바로 전역적 중복성의 제거에 의한 압축률의 증가를 보여주고 있다.

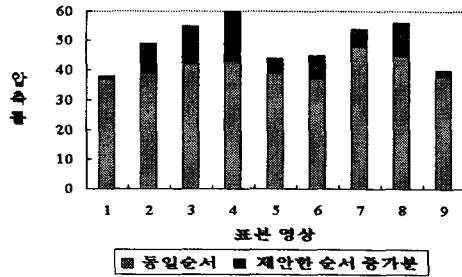


그림 5. 전역적·국부적 중복성을 이용한 압축률. Fig. 5. Compression Ratio using Global and Local Redundancy.

따라서 동일순서를 적용한 것은 주로 국부적인 중복성을 제거하여 압축을 행한 것이고 압축률의 증가분은 전역적 중복성을 제거하여 압축을 행한 것이다.

제안한 알고리즘의 성능을 평가하기 위해서 여러 가지 다른 압축방법들과 비교하였다. 압축의 척도로서 압축성능(compression performance, CP)과 bits/pixel를 비교하였다. 표에서 각 압축 방법에서 첫 번째 열은 CP를 나타내고 두 번째 열은 bits/pixel를 나타낸다.

$$CP = \frac{\text{원영상의 크기} - \text{압축된 영상의 크기}}{\text{원영상의 크기}} \times 100\%$$

여러 가지 다른 방법들과 비교를 하였는데 이 비교되는 방법들로는 다음과 같다.

- H : Huffman coding schem(No include the Predictor)
- LZ : Lempel-Ziv(Unix Compression) scheme
- LZ77 : Unix Gzip scheme(PC에서 재컴파일 하여 PC에서 사용함)
- JPEG : Absolutely lossless compression scheme with 1st order predictor.
- P : Proposed scheme.

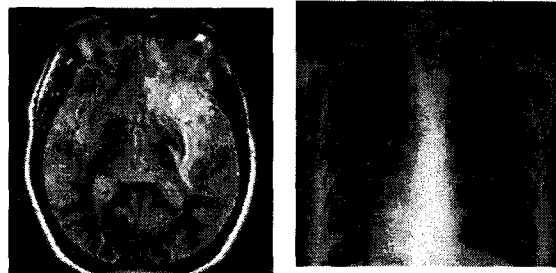
위에 나열한 압축방법과 본 논문에서 제안한 방법을 이용한 결과를 표1에 나타내었다. 일반적인 블럭코딩이 전역적인 중복성에 중점을 두고 이를 제거하여 압축을 행하나 본 논문에서는 제안한 알고리즘은 국부적·전역적 중복성을 제거함으로써 실행속도를 증가시켰을 뿐만 아니라 압축률도 증가 시켰다.

표 1. MRI 및 X-ray에 대한 압축성능.

Table 1. Compression Performance for MRI and X-ray images. [Unit:%]

schemes image	H	LZ	LZ77	JPEG	P
MRI_1	14	29	29	44	49
MRI_2	22	44	47	54	60
MRI_3	7	12	12	32	45
MRI_4	18	28	28	46	56
X-ray1	48	61	62	46	63
X-ray2	43	63	61	45	64
X-ray3	45	63	61	44	59
X-ray4	49	64	63	43	65

본 알고리즘에서 중요한 변수는 임계값 d인데 여기서는 16을 사용하였고 속도를 빨리하기 위해서 동일한 블럭을 검색하는 버퍼의 크기는 16으로 작게 하였다. MRI와 X-ray 영상을 대상으로 실험을 하였을 때 다른 압축방법인 LZW, 허프만 코딩, JPEG보다 압축성능이 개선되었음을 알 수 있었다. 이 방법은 무손실 압축방법에만 적용가능한 것은 아니다. 마지막 단계에서 버퍼의 값과의 차를 제한 함으로써 가장 작은 차를 갖는 블럭으로 대신함으로써 근사 무손실 압축에 응용이 가능하다.



References

1. Gregory A. Bakes, Digital Image Processing, John wiley & Sons, Inc. 1994, pp.179-215
2. Boris Y. Kavalarchik, "Generalized Block Coding of Black and White Images", IEEE Trans. on Image Processing, vol.1, No.4 1992
4. Stephen wong et al., " Radiologic Image Compression - A Review ", Proc. IEEE, vol.83, No.2, Feb. 1995
5. Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, Digital Image Processing, Addison-Wesley, Inc. 1992, pp.307-407.