

의료영상에 적합한 무손실 압축 알고리즘

The Lossless Compression Algorithm for Medical Images

오 명 신*, 한 승 조**

(Myung Shin Oh*, Seung Jo Han**)

*본 논문은 1997년도 조선대학교 학술연구비의 지원을 받아 연구되었음.

요 약

본 논문에서는 일반 X-ray 필름을 사용하는 기존 아날로그 의료 영상 진단 체계의 문제점들을 해결하기 위해 연구 개발된 포괄적인 영상관리 전송 시스템(PACS)에서의 효율적인 영상 전송과 저장을 위해 병원에서 매일 다량으로 발생하는 의료 영상들 중 CT와 MR 영상을 대상으로 하여 새로운 무손실 영상 압축 기법인 CRAC 압축 알고리즘을 설계하였다.

CRAC 압축 알고리즘에서는 CT와 MR 영상의 파일구조를 분석하여 런레쓰 코딩에 적합하도록 데이터를 재배열하는 전처리 작업을 설계하였으며, 이를 CT와 MR 영상에 최적화 시킨 개선된 런레쓰 알고리즘으로 1차 압축시켜 그 결과를 산술 부호화 알고리즘과 결합함으로써 압축효율을 향상시켰다. 이러한 CRAC 압축 알고리즘은 무손실 압축 기법으로, 의료 영상을 압축한 후 손실 없이 원 영상을 그대로 복원할 수 있기 때문에 PACS에서의 CT, MR 영상의 판독을 위한 단기 저장시에 적합한 압축 알고리즘으로 CT와 MR 영상의 무손실 압축에 대해 새로운 전처리 방법을 제시하였고, 기존 무손실 압축 방법들과 비교 분석한 결과 압축률이 2.1%~5.9% 정도 향상되었다.

ABSTRACT

In medical picture diagnosis system using X-ray film, a number of problems occur because of : ownership of space which will store film, the cost of film, the investment of time and labor which is needed to arrange the films, the delay of film-seeking, the impairment of film, the dispute created from the loss of film. To solve the problems of the existing analogue image system, this paper seeks to find a compression technique which reduces the amount of CT and MR data, and thus designed new lossless image compression algorithm (CRAC: Concatenation of Run-length and Arithmetic Coding) which will effectively transmit and store the pictures in PACS.

In CRAC algorithm which analyzes the file structure of CT and MR picture, we designed a system which rearranges data, and combined the improved run length algorithm with arithmetic code algorithm. CRAC compression technique is a compressed algorithm which is able to decode the source image by using lossless image compression method without any loss and which is designed to store the images in PACS for a short term. Therefore, the CRAC compression algorithm which was proposed in this paper shows a new preprocessing method of CT and MR image compression and improves 2.1%~5.9% of the compression rate, compared with the exiting compression methods.

I. 서 론

일반 X-ray 필름을 사용하는 기존 아날로그 영상 체계의 문제점들을 해결하기 위해 제안된 시스템이 PACS (Picture Archiving and Communication System)이다[1].

PACS란 병원 내의 의료진들이 환자 진료 업무를 효율적이고 효과적으로 수행하는데 필요한 시스템으로, 일반적인 X-ray 필름 영상이나 CT, MR 등의 영상들을 디지털

형태로 변환하여 고속의 통신망을 통하여 전송한 후 컴퓨터 내에 저장하고, 데이터베이스화 한 후 워크스테이션이나 단말기 등의 디스플레이를 통하여 영상을 검색, 판독하도록 지원해주는 포괄적인 영상관리 전송 시스템을 말하며[2], 원거리의 경우 공중통신망을 이용하는 원격 방사선 영상 전송(Teleradiology) 및 원격 진료(Telemedicine)[3]까지 포함한다. 특히 필름을 사용하지 않기 때문에 필름에 소모되는 비용과 기존의 영상 관리 체계에서 갖는 문제점 등을 해결할 수 있게 되었다. 이와 같은 PACS의 이점으로 인하여 PACS 연구가 활발하게 진행되고 있으며, 최근에는 이러한 시스템을 도입하는 병원들이 점차 증

* 전남대학교병원 의공학과

** 조선대학교 공과대학 전자·정보통신공학부

접수일자: 1998년 7월 10일

가하는 추세이다[4]. PACS에서는 방대한 양의 영상 자료를 네트워크 상에서 빠르게 전송, 저장 및 검색할 수 있어야 하므로 이러한 문제를 해결하는 방법의 하나가 영상 데이터를 압축하는 것으로 대부분의 PACS에서는 중·장기 저장시 압축 효율이 좋은 손실 압축을 사용한다[5][6].

영상 데이터를 압축하는 방법에는 무손실 압축과 손실 압축이 있는데, 무손실 압축 방법은 의료 영상과 같이 압축률보다 복원한 영상의 화질을 중요시하는 분야에 적합하지만 압축비가 2:1~3:1 이하로 낮은 단점이 있으며 [7][8][9], 손실 압축 방법은 일반적으로 변환 부호화 기술을 사용하여 압축비가 10:1~30:1 정도의 높은 압축 효율을 갖지만 복원시 원 영상이 완전하게 복원되지 않는 단점이 있다[10][11].

PACS에서의 의료 영상 저장에는 특성상 장기·중기·단기저장으로 나눌 수 있는데, 중기지장은 진료에 대한 판독이 이미 끝난 과거 1년간의 영상이 평균 압축비 20:1의 고효율 방식의 손실 압축 방법으로 저장되고[12], 장기저장은 최대 10년까지의 영상이 중기지장과 마찬가지로 압축률이 높은 손실 압축방법으로 저장된다. 그러나 단기저장은 진료에 대한 판독용으로 사용하기 때문에 현재 사용하고 있는 대부분의 PACS에서는 판독기간 동안에는 압축을 하지 않고 생성된 의료 영상 데이터를 그대로 저장하고 있는 실정이다. 그러므로 이러한 방대한 양의 원 영상을 그대로 저장할 경우에는 막대한 메모리 공간이 필요하며, 전송을 할 경우에는 고가의 물리적인 고속 디바이스가 필요하게 되어 PACS에 있어서 저장과 전송에 대해 매우 비경제적이며 비효율적이 된다. 때문에 PACS 및 원격 방사선 영상 전송에서의 실시간 전송과 디스플레이를 위해서는 효율적인 영상 압축기법이 연구 개발되어야 한다. 특히 판독실 영상의 경우 저장이나 전송 중에 발생한 화질 열화로 인한 오진 발생시 법적인 책임 문제 등이 있으므로 손실이 없는 압축기법이 쓰이고 있다.

따라서 본 논문에서는 이러한 정밀성 갖는 판독용 의료 영상들 중에서 가장 많이 사용되고 있는 CT와 MR 영상을 대상으로 분석하고, 그 특성을 파악하여 압축 및 복원시 영상 데이터의 정보 손실이 전혀 없으면서 압축률을 높일 수 있는 효율적인 새로운 무손실 압축 알고리즘을 제안하고 기존의 무손실 압축기법들과 비교 분석하였다.

II. CRAC 압축 알고리즘 설계

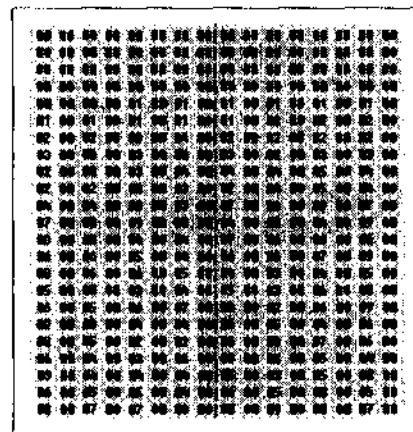
보관시 많은 공간을 차지했던 기존의 의료영상 필름에 비하여 PACS는 보관 장소의 공간을 줄일 수 있으며, 보관된 필름을 찾는데 소요되었던 시간들은 컴퓨터의 주기억장치나 보조기억장치 등을 이용함으로써 빠르게 검색할 수 있게 되었다.

이러한 실시간 영상 전송을 구현하기 위해서는 방대한 양의 영상 자료를 컴퓨터에 저장할 수 있어야 하며 한정된 저장 공간을 효과적으로 이용하여 전송 및 저장하기 위해서는 영상 데이터의 압축을 시행하는 것이 효율적이다.

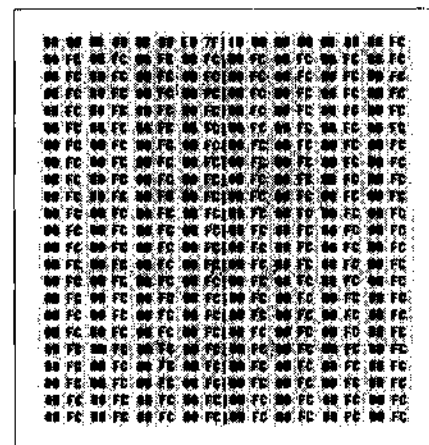
본 논문에서는 PACS에서의 무손실 압축 알고리즘 개선의 필요성에 의하여 CT와 MR 영상 파일의 구조를 분석하여 런LENGTH 코딩에 적합하도록 전처리를 설계하고 개선된 런LENGTH 코딩과 산술 부호화 알고리즘을 결합하는 효율적인 압축 기법을 설계한다. 이러한 개선된 압축 기법을 CRAC(Concatenation of Run-length and Arithmetic Coding) 알고리즘이라 칭한다.

2.1 데이터 재배열 알고리즘

런LENGTH 코딩에 최적화를 위한 전처리 과정으로 CT와 MR 영상의 파일 구조를 분석하여 데이터의 재배열을 시행한다. 그림 1은 의료영상 표준안인 DICOM(Digital Imaging and Communications in Medicine)[13] 포맷으로 저장된 CT와 MR 영상 파일의 코드 값으로 홀수 번째 데이터와 짝수 번째 데이터로 교차하여 저장되어 있는 것을 볼 수 있다.



(a) CT 영상



(b) MR 영상

그림 1. CT와 MR 영상 파일의 코드 값
Fig. 1. Code value of CT & MR image file.

CT와 MR 영상의 데이터 배열이 그림 1과 같은 특성들을 가지고 있기 때문에 재배열하지 않고 압축을 시행한 경우 좋은 압축률을 기대할 수 없으므로 의료 영상 파일의 특성을 분석하고 데이터를 재배열하여 전처리 과정을 설계한다.

전처리의 알고리즘은, 데이터 $D(D_1, D_2, D_3, \dots, D_{2n})$ 가 주어질 때 홀수 번째 데이터(D_o)와 짝수 번째(D_e) 데이터를 나누어 재배열하면 재배열 원소들(T)을 얻을 수 있다. T_1 은 원 데이터들의 배열이다. T_n 은 데이터 재배열의 최대값이며 홀수 번째 데이터들이 앞쪽에 배치되고 짝수 번째 데이터들은 모두 뒤쪽에 위치하게 된다. 그림 2에 재배열 원소들(T)을 간단히 도시하였다.

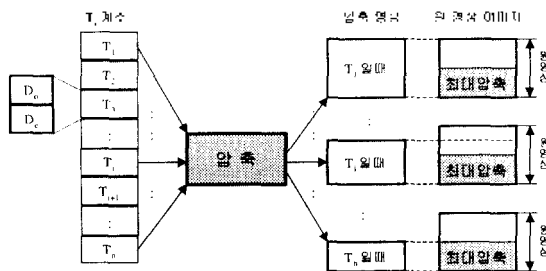


그림 2. 전처리 T_i 에 따른 압축
Fig. 2. Compression according to pre-processing T_i .

또한 표 1과 같이 T_i 값에 의해 압축률이 변화되며 T_i 값이 커짐에 따라 지수함수적으로 그 이미지 파일의 압축 한계값에 수렴하고 있기 때문에 압축률은 T_i 값이 평균 10,000 이상이 되면 변화가 없다.

표 1. 런랜스 코딩에서의 T_i 값에 따른 압축률 변화
Table 1. The change of compression ratio according to T_i .

T_i	3	5	10	50	100	500	1,000	5,000	10,000
압축률(%)	98.745	79.418	62.950	49.795	48.138	46.871	46.774	46.579	46.579

$$\text{압축률(\%)} = \frac{\text{압축파일 원본파일}}{\text{원본파일}} \times 100(\%)$$

데이터(D)에 따른 데이터의 재배열(T)은 아래와 같이 표현된다.

데이터(D): (첨자 o 와 e 는 홀수와 짝수 번째의 데이터들을 나타낸다.)

$$D = \{D_1, D_2, D_3, \dots, D_{2n}\}$$

$$D_o = \{D_1, D_3, D_5, \dots, D_{(2n-1)}\}$$

$$D_e = \{D_2, D_4, D_6, \dots, D_{(2n)}\}$$

데이터의 재배열(T): (첨자 i 는 홀짝의 데이터들을 묶는 개수를 나타낸다.)

$$T_1 = \{D_1, D_2, D_3, D_4, D_5, D_6, D_7, D_8, \dots, D_{2n}\}$$

$$T_2 = \{D_1, D_3, D_5, D_7, D_9, D_{11}, D_{13}, D_{15}, \dots, D_{(2n-1)}\}$$

$$T_3 = \{D_2, D_4, D_6, D_8, D_{10}, D_{12}, D_{14}, \dots, D_{(2n)}\}$$

$$\vdots$$

$$T_i = \{D_1, D_3, D_5, \dots, D_{(2i-1)}, D_2, D_4, D_6, \dots, D_{(2i)}, \dots, D_{(2n)}\}$$

$$\vdots$$

$$T_n = \{D_1, D_3, D_5, \dots, D_{(2n-1)}, D_2, D_4, D_6, \dots, D_{(2n)}\}$$

그림 3은 전처리 알고리즘을 도식화한 것으로 CT나 MR 영상의 데이터들을 받아 홀수 번째 데이터와 짝수 번째 데이터를 분류한 후 표 1의 T_i 를 고려하여 출력파일의 재배열 원소들을 모으게 된다. 이러한 재배열 원소들이 압축대상 데이터가 된다.

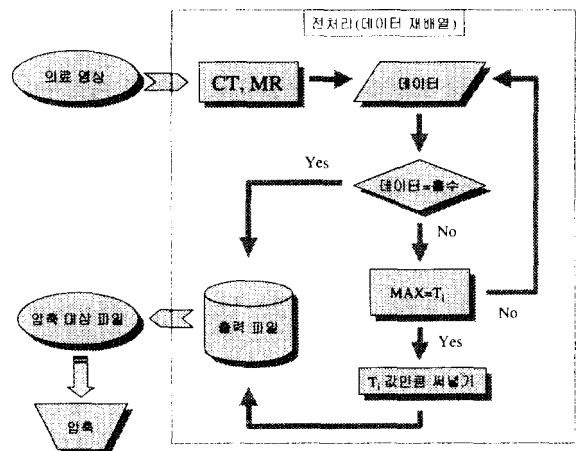


그림 3. 전처리 알고리즘
Fig. 3. Pre-processing algorithm.

2.2 개선된 런랜스 코딩

CT와 MR의 영상 데이터는 DICOM 포맷의 파일로 저장된다. 이 파일에서 한 데이터의 크기를 1바이트씩 받아 한 데이터와 이전 데이터를 비교한 후 데이터 값이 같지 않으면 출력 파일에 그 데이터를 write한다. 연속되는 데이터가 3개 이상이면 그 수를 카운트하여 표 2와 같이 헤더를 먼저 write하고 다음에 카운트된 데이터와 카운트 값을 순차적으로 write한다.

표 2. Write 블록 형태
Table 2. Write block form.

(a) 카운트 값이 256보다 작을 때

구분	블록	첫 번째 바이트	두 번째 바이트	세 번째 바이트
실제 데이터	FF(레디시작코시)	데이터 값	데이터 카운트 값	
출력 분류	헤더 부	데이터 부	카운트 부	
크기		1 byte	1 byte	1 byte

(b) 카운트 값이 256보다 크거나 같을 때

블록 구분	첫 번째 바이트	두 번째 바이트	세 번째 바이트	네 번째 바이트	다섯 번째 바이트
실제 데이터	FF (헤더시각표시)	데이터 값	00 (256보다 크다)	하위 8비트	상위 비트
출력분류	헤더 부	데이터 부	16진 코드 부	카운트 부	
크기	1 byte	1 byte	1 byte	2 byte	

복호화를 위한 처리 방법으로는 헤더부가 'FF'이므로 'FF'가 1개이거나 2개인 경우에 위와 같이 바로 write한다면 복호화시 헤더부와 구별하지 못한다. 따라서 이를 위해서 'FF'가 1개 또는 2개이면 표 3의 16진 코드 표와 같이 카운트 부에 16진 코드 테이블을 참조하여 값을 write하게 한다.

따라서 연속되는 데이터가 3개 이상일 경우에는 표 2와 같이 3바이트 크기의 블록으로 write하고 카운트 값에 따라 (a)또는 (b)와 같이 나누어지며, 만약 바이트 단위로 받아들인 데이터 카운트 값이 256개를 오버했을 경우에는 1바이트의 카운트 부에 저장하지 못하므로 표 2의 (a), (b)와 같이 256보다 작을 때와 그렇지 않는 상태로 나누어 파일에 카운트 값을 write하게 된다.

카운트 부에 '00', '01' 그리고 '02'를 사용하는 것은 연속되는 데이터가 최소한 3개 이상일 때 카운트하여 데이터를 출력 파일에 기록하게 되어 카운트 부에서는 '00', '01', '02'는 사용하지 않게 되므로 이를 이용하여 표 3과 같이 16진 테이블을 작성하여 프로그램에 이용한다.

표 3. 카운트 값의 16진 코드 표

Table 3. The hexadecimal code of count value.

코드 값	코드 값에 따른 내용
00	데이터 카운트 값이 256보다 크거나 같다
01	'FF'가 1개(디코딩시 헤더부와의 교착을 피하기 위해)
02	'FF'가 2개(디코딩시 헤더부와의 교착을 피하기 위해)
나머지 코드	실제 카운트 값

부호화 알고리즘을 결합한다.

산술 부호화 알고리즘의 누적 빈도에 있어서 w (평균부호 구간의 폭)과 u (기호의 발생확률의 스케일 팩터)의 관계는 $u < 2^w$ 이므로 u 값이 w 와 u 의 관계에 만족하고 커진다면 압축률이 향상된다[14].

예를 들면 w 를 15로 했을 때 u 값이 10,000이나 30,000 모두를 만족하지만 30,000인 경우에 압축률이 더 향상된다.

그림 4는 산술 부호화 알고리즘과의 결합을 나타낸 것이다.

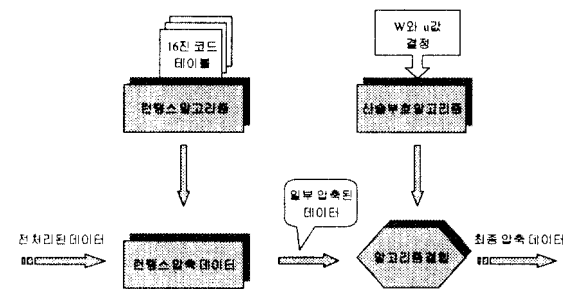


그림 4. 산술 부호화 알고리즘과의 결합

Fig. 4. The concatenation of arithmetic code algorithm.

2.3 산술 부호화 알고리즘과의 결합

본 압축 알고리즘에 압축률을 향상시키기 위하여 산술

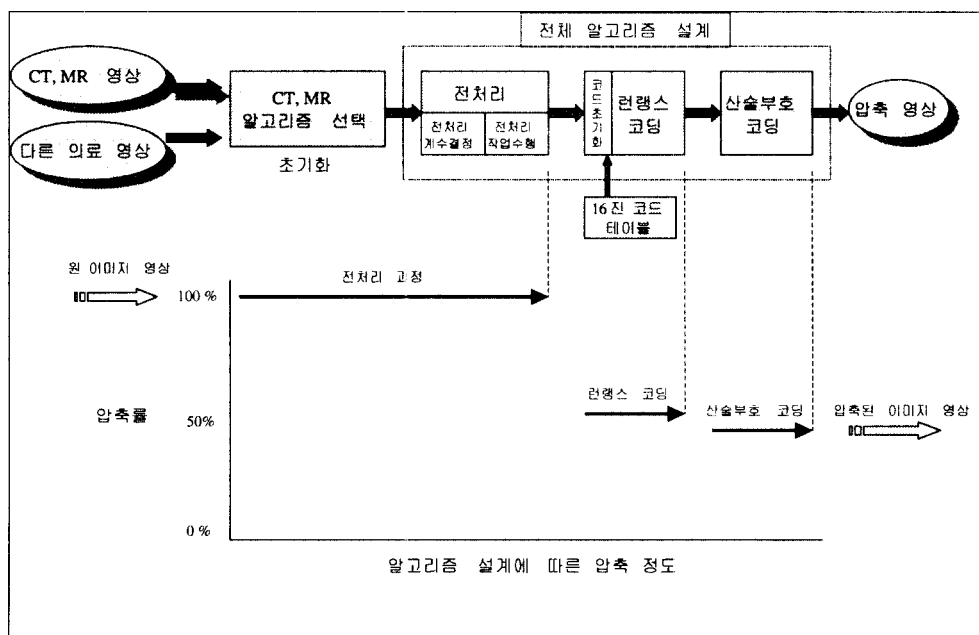


그림 5. 압축 알고리즘 흐름도

Fig. 5. Compression algorithm flow chart.

III. CRAC 알고리즘

그림 5는 원 영상부터 압축 영상을 얻기까지 압축 알고리즘의 흐름을 나타낸 것으로 CT나 MR 영상을 받아 전처리 과정에서 선처리 개수 결정을 거친 후 작업을 수행하는 형태로 이루어지며, 전처리 과정이 끝나면 런랜스의 16진 코드 테이블을 참조하여 런랜스 코딩에 들어가 고 산술 부호화를 마지막으로 하여 알고리즘이 종료되며 이로써 압축된 영상파일이 출력된다.

그림 6은 최종적인 CRAC 알고리즘으로 Ti의 개수에 따라 데이터 재배열(선처리)을 실행하고 그 데이터들의 주소를 이용하여 다음 압축 알고리즘인 런랜스를 실행하게 된다. 런랜스 압축이 끝나면 산술 부호화 알고리즘의 결합으로 데이터의 주소 out_file를 이용하여 실제 출력 파일에 write하게 되는데, 이 파일이 CRAC 알고리즘을 이용한 영상 파일의 최종 압축 파일이 된다.

```

/* p_data : 재배열 데이터의 포인터,
   r_data : 런랜스 알고리즘을 위한 재배열 주소 값,
   a_data : 산술 부호화 알고리즘을 위한 포인터 변수로 런랜스 알고리즘이 끝난 후의 데이터 주소 값
Begin algorithm
  p_data
  Begin 재배열
    Begin while End of File
      [재배열 개수(Ti) 결정]
      Write p_data Do
      Write p_data De
    End while
  End 재배열
  r_data, a_data
  Begin Run_compression
    r_data = Read p_data
    Begin while Read ch_data
      + NULL
      [counter 값 결정]
      Begin switch counter
        counter = 2
          a_data = Write key, key
        counter = 1
          a_data = Write key
      default
          a_data = Write head, key, counter
      End switch
    End while
  End Run_compression
/* w_data : 출력 파일을 위한 데이터 변수로 산술 부호화 알고리즘 데이터의 주소,
   out_file : 출력 파일에 쓰기 위한 변수로 최종 압축 데이터 값
  w_data, out_file
  Begin arith_compression
    Begin while a_data ≠ NULL
      w_data = Read a_data
      [산술 부호화 알고리즘]
      out_file = Write w_data
    End while
    Write out_file
  End arith_compression
End algorithm
    
```

그림 6. CRAC 알고리즘
Fig. 6. CRAC Algorithm.

IV. 성능 분석 및 고찰

본 논문의 압축 알고리즘에 사용된 CT 영상은 파일 크기가 525,422 바이트, 이미지 픽셀 512×512×16비트이고, MR 영상은 파일 크기가 525,388 바이트 이미지 픽셀 512×512×16비트의 값을 갖는 영상으로 CT 및 MR 촬영시 가장 많이 사용되는 두뇌 및 복부 영상 데이터를 대상으로 하였다. 압축률 비교는 개인용 컴퓨터(P586-166MHz)를 이용하였으며, 선처리를 위한 데이터 재배열을 행하는 부분에서는 빠른 부호화를 위하여 영상의 크기에 따라 재배열 정도를 실험에 의해 결정하였고 16진 코드 테이블을 작성하여 압축률 향상과 부호화를 쉽게 구현할 수 있도록 하였다.

표 4는 두뇌 및 복부의 CT와 MR 영상들을 제안한 알고리즘과 다른 압축 알고리즘들과 비교 실험한 결과로 본 논문에서 제안된 압축 방법(CRAC)의 압축률이 기본 압축 알고리즘들의 압축률보다 우수하였다.

표 4. 알고리즘간의 압축률 비교

Table 4. The comparison of compression ratios of algorithms according.

(a) CT 영상 (a) CT images

이름	크기(byte)	압축결과 (압축률(%))			
		Huffman	Arithmetic	RRC*	CRAC**
CT2995	525,422	63.41	63.10	46.61	44.12
CT2997	525,422	63.06	62.79	46.26	43.90
CT2999	525,422	63.69	63.49	45.78	43.41
CT3001	525,422	63.25	62.97	45.52	43.10
CT3004	525,422	62.94	62.70	45.41	43.04
CT3007	525,422	62.69	62.48	45.14	42.83
CT3012	525,422	62.47	62.31	44.98	42.65
CT3015	525,422	62.64	62.45	45.14	42.85
CT3018	525,422	62.58	62.39	45.25	42.68
CT3022	525,422	62.60	62.38	45.07	42.55
평 균	525,422	62.93	62.70	45.51	43.11

(b) MR 영상 (b) MR images

이름	크기(byte)	압축결과 (압축률(%))			
		Huffman	Arithmetic	RRC*	CRAC**
MR2331	525,388	66.28	65.61	54.96	50.71
MR2333	525,388	65.57	64.87	54.27	49.72
MR2335	525,388	65.48	64.82	54.38	49.72
MR2337	525,388	50.52	50.31	42.38	37.49
MR2339	525,388	51.62	51.43	42.37	37.48
MR2341	525,388	51.44	51.22	43.08	37.85
MR2359	525,388	52.17	52.00	44.68	39.90
MR2362	525,388	51.77	51.53	44.31	39.58
MR2365	525,388	51.12	50.87	44.38	39.15
MR2367	525,388	51.43	51.23	44.60	39.11
평 균	525,388	55.74	55.38	46.94	42.07

* RRC : Rearrangement & Run-length Coding

** CRAC : Concatenation & Run-length & Arithmetic Coding

대부분의 CT 영상들은 허프만 알고리즘보다 산술 부호화 알고리즘의 압축률이 높았지만 몇 개의 파일들은 허프만 알고리즘을 사용한 압축 방법이 산술 부호화 알고리즘을 사용한 압축 방법보다 높은 압축률을 보이는 것들도 있었다. 이런 영상들은 본 논문에서 제안된 압축 방법으로 압축을 했을 경우에도 보통의 CT 영상들 보다 더 높은 압축률을 보였다.

표 5는 알고리즘(Huffman Coding, Arithmetic Coding, CRAC)의 압축률 비교 실험에 사용된 CT와 MR 영상을 현재 데이터 압축기법으로 상용화되어 있는 무손실 압축 방법과 본 논문에서 제안한 CRAC 알고리즘과의 압축률을 비교 실험한 결과로 상용화된 압축 방법보다도 CRAC 알고리즘 압축 방법이 압축률에 있어서 우수함을 보였다. 실험 결과 LHA가 압축률이 가장 낮았으며, 그 다음으로 ZIP, ARJ, RAR의 순으로 압축률이 높았으며 CRAC 압축 방법이 가장 우수함을 보였다. 그 중에서 몇 개의 영상들은 RAR보다 ARJ의 압축률이 앞서는 것도 있었지만 CRAC 알고리즘의 압축률보다는 낮음을 보였다.

표 5. 상용화된 압축 방법과 CRAC 알고리즘의 압축률 비교
Table 5. The comparison of compression ratios between CRAC algorithm and common-used compression methods.

(a) CT 영상 (a) CT images

실험영상		압축결과 (압축률(%))				
이름	크기(byte)	LHA	ZIP	ARJ	RAR	CRAC
CT2995	525,422	49.66	49.34	48.91	47.61	44.12
CT2997	525,422	49.15	48.95	48.49	47.25	43.90
CT2999	525,422	49.27	49.12	48.64	47.37	43.41
CT3001	525,422	48.90	48.61	48.09	46.93	43.10
CT3004	525,422	49.96	48.57	48.10	46.91	43.04
CT3007	525,422	48.89	48.50	47.98	46.73	42.83
CT3012	525,422	48.71	48.19	47.68	46.45	42.65
CT3015	525,422	48.52	47.92	47.41	46.23	42.85
CT3018	525,422	48.44	47.86	47.34	46.13	42.68
CT3022	525,422	48.22	47.68	47.13	45.89	42.55
평균	525,422	48.97	48.47	47.97	46.75	43.11

(b) MR 영상 (b) MR images

실험영상		압축결과 (압축률(%))				
이름	크기(byte)	LHA	ZIP	ARJ	RAR	CRAC
MR2331	525,388	57.38	56.51	56.03	54.03	50.71
MR2333	525,388	56.28	55.39	54.96	52.94	49.72
MR2335	525,388	56.33	55.48	55.03	52.89	49.72
MR2337	525,388	41.38	41.16	40.08	39.23	37.49
MR2339	525,388	41.38	41.56	41.92	39.80	37.48
MR2341	525,388	42.13	41.89	41.46	40.08	37.85
MR2359	525,388	43.46	43.11	42.72	41.46	39.90
MR2362	525,388	42.91	42.53	42.18	40.89	39.58
MR2365	525,388	42.19	41.72	41.40	40.15	39.15
MR2367	525,388	42.30	42.06	41.62	40.39	39.11
평균	525,388	46.57	46.14	45.74	44.18	42.07

그림 7은 상용화된 압축 방법과 CRAC 알고리즘과의 CT, MR 영상의 평균 압축률을 비교한 것으로 CT나 MR 영상에서 모두 LHA의 압축률이 가장 낮고 CRAC 알고리즘의 압축률이 가장 높은 것을 볼 수 있다.

또한 MR 영상이 CT 영상보다는 전체적으로 모든 압축 방법에 있어 압축률이 약간 높음을 알 수 있었다.

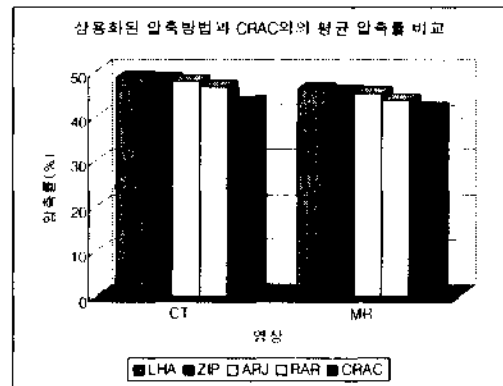


그림 7. CT, MR 영상의 평균 압축률 비교
Fig. 7. The comparison of average compression rate of CT and MR images.

V. 결 론

PACS에서 방대한 양의 의료 영상 데이터를 전송 및 저장하기 위해서는 무손실 영상 압축이 필수적이며 효율적인 압축 방법은 시간적, 경제적인 이득을 가져오게 된다.

본 논문에서 제안한 CRAC 압축 알고리즘은 CT와 MR 영상의 파일구조를 분석하여 런랭스 코딩에 직함하도록 데이터를 재배열하는 전처리 작업을 제시하였으며, 이를 개선된 런랭스 알고리즘에 최적화 시켜 압축한 결과를 산술 부호화 알고리즘으로 다시 압축하여 그 효율을 극대화하였다. 이와 같이 CRAC 압축 기법은 무손실 압축 방법으로, 의료 영상을 압축한 후 손실 없이 원 영상을 그대로 복원할 수 있기 때문에 PACS에서의 CT, MR 영상의 관독을 위한 단기 저장시에 적합한 압축 알고리즘으로 CT와 MR 영상의 무손실 압축에 대해 새로운 전처리 방법을 제시하였고, 기존 무손실 압축 방법들과 비교·분석한 결과 다음과 같이 압축률이 향상되었다.

기존의 허프만 알고리즘보다 CT 영상 19.82%, MR 영상 13.67%, 산술 부호화 알고리즘보다 CT 영상 19.59%, MR 영상 13.31% 만큼 개선되었으며, 상용화된 압축 알고리즘과 비교한 결과 LHA보다는 CT 영상 5.86%, MR 영상 4.50%, ZIP에서는 CT 영상 5.36%, MR 영상 4.07%, ARJ에서는 CT 영상 4.86%, MR 영상 3.67%, RAR에서는 CT 영상 3.64%, MR 영상 2.11% 만큼 압축률이 개선됨을 보였다.

향후 연구되어야 할 부분은 런랭스까지의 알고리즘에서는 거의 실시간(파일 입출력 시간 정도)으로 압축이 이루어지지만 산술 부호화의 결합에서 압축 실행시 속도가

지하되기 때문에 이 부분에 대한 연구가 지속적으로 이루어져야 하고, 다른 효율적인 압축 알고리즘과의 조합을 통한 압축률의 개선이 기대되므로 많은 알고리즘들과의 비교, 분석, 결합 등이 이루어져야 한다.

참고문헌

1. Beard D, Parrish D, Stevenson D, "Cost Analysis of Film Image Management and four PACS Systems," *SPIE Medical Imaging IV: PACS System Design and Evaluation*, 1234: 10-17, 1990.
2. 박현욱, "Multimedia Application in Medicine," *디지털 영상 학회지*, Vol.2, No.1, pp.1-10, 1996.
3. D.A. Peredian, A. Allen, "Telemedicine technology and clinical applications," *JAMA*, Vol.273, pp.483-488, Aug. 1995.
4. D.A. Leotta, Y.Kim, "Requirement for Picture Archiving and Communications Systems(PACS)," *IEEE EMB Magazine*, Vol.12, pp.62-69, March 1993.
5. L. Ehrman, "Analysis of Some Redundancy Removal Band with Compression Techniques," *Proc. of the IEEE*, Vol.55, No.3, pp.278-287, 1967.
6. T. Bell, "Modeling for Text Compression," *ACM Computing Survey*, Vol.21, No.4, pp.557-593, Dec. 1989.
7. D. A. Huffman, "A Method for the Construction of Minimum Redundancy Codes," *Proc. of IRE*, Vol.40, No.9, pp.1098-1101, Sep. 1982.
8. Gilbert Held and Thomas R. Marshall, *Data and Image Compression*, 4th Edition, John Wiley & Sons, West Sussex, 1996, pp.68-89.
9. J. Rissanen, "A universal Data Compression System," *IEEE Trans. on Inform. Theory*, Vol.IT-29, No.5, pp.656-664, Sep. 1977.
10. A. K. Soman, P. P. Vaidyanathan, "On Orthonormal Wavelets and Paraunitary Filter Bank," *IEEE SP*, Vol.41, No.3, Mar. 1993.
11. H. MacMahon, et al., "Data Compression: Effect on Diagnostic Accuracy in Digital Chest Radiography," *Radiology*, Vol.178, pp.175-179, 1991.
12. Mark A. Goldberg, et al., "Application of Wavelet Compression to Digitized Radiographs," *AJR* 163: 463-468, 1994.
13. ACR-NEMA, "Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM): Version 3.0," ACR-NEMA Committee Working Group VI, S-225, 1993.
14. I. H. Witten, R. M. Neal and J. G. Cleary, "Arithmetic Coding for Data Compression," *Communications of the ACM*, Vol.30, No.6, pp.520-539, June 1987.

▲오 명 신(Myung-Shin Oh)

1963년 3월 15일생



1987년 2월: 조선대학교 전자공학과 (공학사)

1998년 8월: 조선대학교 전자공학과 대학원(공학석사)

1986년 7월~현재: 전남대학교병원의 공학과

※주관심분야: 영상데이터압축, 영상 신호처리, PACS

▲한 승 조(Seung-Jo Han)



1980년: 조선대학교 전자공학과 학사

1982년: 조선대학교 대학원 전자공학과 석사

1994년: 충북대학교 대학원 전자계산학과 박사

1998년~현재: 조선대학교 전자·정보통신공학부 교수

1986년 6월~1987년 3월: Univ. of New Orleans 객원교수

1995년 2월~1996년 1월: Univ. of Texas 객원교수

※주관심분야: 통신보안, ASIC, 음성합성