

# 신경회로망을 이용한 심장조영상 대역분할 부호화에 관한 연구

## (The Subband Coding of Cardio-Angiography Using Neural Network)

한영오(Young-Oh Han)<sup>1)</sup>, 이승대(Seung-Dae Lee)<sup>2)</sup>

### 요 약

고해상도를 갖는 의료영상은 PACS에서 저장 및 전송된다. 본 연구에서는 심장조영상 부호화에 대해 연구하며 특히 심장조영상에서 조영제 투입과 빠른 복호화로 인한 급작스런 영상의 변화에 적응하면서 구획화 현상 및 에지저하를 제거할 수 있는 기술을 개발하였다. 향상된 성능을 갖는 연구결과를 얻었지만 움직임 예측기법에 대한 연구가 좀 더 진행되어야 할 것이다.

### Abstract

Medical images with high resolution are coded to be archived and communicated in PACS. In this paper, We have studied on coding of cardio-angiography. Our coding technique's objects are removing blocking artifacts and edge degradation, adapting for drastic image change because of dye injection and fast decoding. We achieved good results for cardio-angiography image but the study on more sophisticated motion estimation technique must be performed.

---

1) 정회원 : 남서울대학교 전자공학과  
2) 정회원 : 남서울대학교 전자공학과

논문접수 : 2007. 4. 10.  
심사완료 : 2007. 4. 22.

본 연구는 2003년 남서울대학교 대학연구비의 지원으로 연구되었음.

## 1. 서론

의료영상의 효율적인 관리 및 부가가치의 향상을 위하여 현재 국내외적으로 의료영상 저장 및 전송 시스템 (picture archiving & communication system : PACS)에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. PACS에서 취급하는 의료영상의 크기는 512×512화소의 해상도에서 최고 2048×2048 화소의 해상도를 필요로 하는 실정이다. 이러한 고해상도의 의료영상을 저장 및 전송하기 위해서는 광디스크나 광섬유 같은 대용량의 메모리와 통신선로가 필요함은 물론 디지털 의료영상 데이터에 대한 부호화기술 개발이 함께 이루어져야 한다. 또한 최근에는 의료영상표준화를 위해 DICOM등에서 심장 조영상과 같은 의료동영상의 부호화방법에 대하여 논의 중이나 아직 구체적인 연구는 미흡한 실정이다[1].

연속된 프레임으로 구성된 동영상의 일종인 심장조영상(cardio-angiography)을 부호화하기 위해 기존의 동영상 부호화기법인 MPEG2와 같은 하이브리드 DCT 부호화방법을 그대로 적용하기에는 문제점이 있다. 첫째, 하이브리드 DCT 부호화기의 경우 변환계수를 거칠게 양자화하거나 낮은 전송률로 전송하고자할 때 급격히 변하는 프레임에서 구획화 현상(blocking artifact)이 나타날 수 있으며 둘째, 고주파 대역의 정보손실로 에지저하(edge degradation)가 발생하여 혈관의 중요한 진단정보 손실을 초래할 수 있다. 셋째, 심장조영상에서 조영제가 투입에 따른 급격한 변화에 적용하면서 조영제 투입후의 영상의 화질을 높여줄 수 있는 부호화 기술이 필요하다. 이러한 문제점들을 어느 정도 해결할 수 있는 부호화방법으로 대역분할 부호화(subband coding) 또는 웨이브렛 변환 부호화(wavelet transform coding) 방식들이 제안되고 있다. 이러한 주파수대역 분할 부호화 방식에서 대역방식과 더불어 중요한 것은

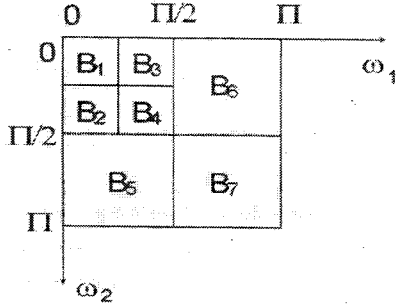
움직임 예측 기법이라 할 수 있다. 그 이유는 움직임 예측을 통한 시간적 중복성(redundancy) 제거는 동영상 데이터 압축률을 높이기 위한 중요한 단계이기 때문이다. 다양한 움직임 예측 알고리즘들이 제안되어 왔는데 대표적인 것으로 블록정합 알고리즘(block matching algorithm : BMA)이다[2].

본 연구에서는 의료 동영상의 일종인 심장조영상을 부호화하기 위하여 대역분할 방식을 적용하며 또한 동영상 신호의 변화는 사람의 움직임, 카메라의 움직임 및 조영제의 침투로 인한 변화 등 여러 가지 요인에 의한 비정상성(nonstationary) 특성을 갖는 신호이므로 비선형 예측기의 구현이 용이한 신경회로망을 이용하여 대역분할된 동영상에 대한 효과적인 움직임 예측 알고리즘을 제안하고자 한다.

## 2. 영상신호의 2차원 대역분할

1991년 Gharavi[3]에 의해 동영상 대역분할 부호화 방식이 제안된 이후로 최근까지 많은 연구가 진행되고 있다. Gharavi는 동영상의 매프레임을 QMF(quadrature mirror filter : QMF)를 이용하여 7개의 주파수 대역으로 분할한 후 대역별로 운동추정을 하였다. 이 때 사용된 알고리즘은 블록정합 알고리즘이다. 그 후 발표된 동영상 대역분할 부호화 또는 동영상 웨이브렛 변환 부호화 방식에서 거의 대부분 블록정합 알고리즘에 기초한 대역별 예측을 수행하였다. 그러나 이러한 블록정합 알고리즘에 근거한 대역별 예측기법은 기저대역인  $B_0$  대역을 제외한 나머지 고주파 대역의 예측에는 성능이 현저히 떨어진다. 대역분할된 영상에서 고주파 대역은 인간의 시각 시스템의 특성상 중요한 시각 정보인 에지성분을 내포하고 있다. 따라서 고주파 대역의 에지성분에 대한 부호화는 정지영상은 물론 동영상 대역분할 부호화 및 웨이브렛 변환 부호화등에서 중요한 과제로 연구되어 왔다[4].

본 연구에서는 심장 조영상의 2차원 대역분할을 위해 5/3 SKF(short kernel filter)[5]를 사용하였으며 [그림 1]은 주파수 평면에 옥타브로 분할된 모양을 나타낸다.



[그림 1] 옥타브형 대역분할

### 3. 움직임 예측 알고리즘

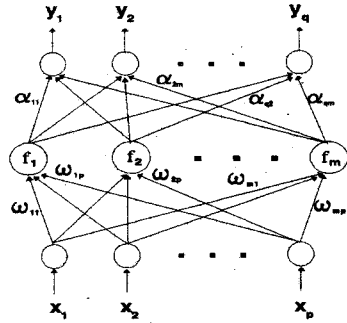
심장 조영상은 일종의 동영상으로 효율적인 부호화를 위해서는 움직임 예측을 해야 한다. 기존의 대표적인 블록정합 알고리즘과 역진과 학습 알고리즘(backpropagation training algorithm : BTA)을 갖는 다층 퍼셉트론(multi-layer perceptron) 신경회로망[6]을 이용하여 움직임 예측을 하였다. 블록정합 알고리즘은 식(1)과 같은 MAD(mean absolute difference)를 이용한 전역탐색(full search) 방식을 사용하였다.

$$MAD(i, j) = \frac{1}{MN} \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N |S_k(m, n) - S_{k-1}(m + i, n + j)|^2 \quad (1)$$

다층 퍼셉트론은 입력층과 출력층 사이에 한 층 또는 그 이상의 은닉층을 지닌 피드포워드 회로망(feed-forward network)이다. 입력층과 출력층 사이에 한 층의 은닉층을 갖는 2층 퍼셉트론의 구조는 그림 2와 같고 입력 벡터  $x$ 가 주어졌을 때 출력은 식 (2)와 같다.

$$y_i = \sum_{k=1}^m a_{ik} f_k^h \sum_{j=1}^r w_{kj} x_j - w_{k0} \quad (2)$$

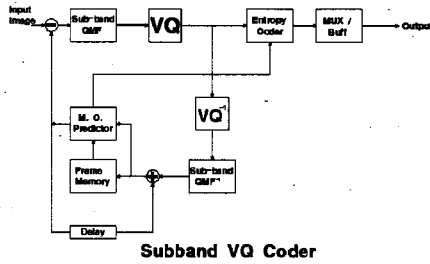
여기서,  $w_{kj}$ 는  $j$ 번째 입력노드와  $k$ 번째 은닉층노드 사이의 가중치,  $a_{ik}$ 는  $i$ 번째 출력노드와  $k$ 번째 은닉층노드 사이의 가중치,  $w_{k0}$ 는 은닉층의  $k$ 번째 노드의 바이어스이며  $f_k^h$ 는  $k$ 번째 은닉노드의 비선형 여기함수이다.



[그림 2] 2층 퍼셉트론

### 4. 부호화기 설계

심장조영상을 부호화하기 위하여 제안한 부호화기는 그림 3과 같다. 움직임 추정 예측기(motion compensation predictor)는 앞서 언급한 일반적으로 많이 사용되는 블록정합 알고리즘(BMA)과 본 논문에서 제안한 BTA 움직임 예측기를 사용하여 비교하였다. 또한 양자화를 위해서는 벡터 양자화기를 사용하였다.



[그림 3] 심장조영상 부호화기

### 5. 실험 및 결과고찰

실험에 사용된 영상은 SIF-625(크기:352x288) 규격을 갖는 심장조영상을 사용하였다. 각 화소당 8bit의 계조도로 구성되었으며 휘도성분인 Y성분만으로 실험하였다. 또한 예측 알고리즘의 성능을 평가하기 위하여 원영상과 예측된 영상과의 첨두치 신호 대 잡음비(PSNR)인 식 (3) 및 예측오차의 분산을 사용하였다.

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{255^2}{\frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N [S_1(i,j) - S_2(i,j)]^2} \quad (3)$$

$S_1(i,j)$  ; 원영상,  $S_2(i,j)$  ; 복원영상

제안된 BTA를 이용한 비선형 예측기 성능을 표준화된 동영상 예측기법인 블록정합 알고리즘(BMA)과 비교, 분석하였다. 이 때, BTA의 훈련영상(training image)으로 1, 2, 3 프레임 사용하여 학습을 시켰으며 예측에 사용된 영상은 30프레임의 심장조영상을 사용하였다.

#### 5.1 대역분할 성능

심장조영상을 대역분할하여 각 대역별 복원 성능을 알아보기 위하여 표 1과 같이 5/3 SKF

와 일반적으로 많이 사용하는 QMF간의 성능을 비교하였다. 필터의 길이가 긴 32차 QMF의 경우 5/3 SKF보다 대역합성 후 복원성능이 우수함을 알 수 있다. 그러나 16차 QMF는 5/3 SKF와 유사한 성능을 보여주지만 같은 연산량을 갖는 4차 QMF의 경우 5/3 SKF보다 매우 열등한 결과를 보여줌을 알 수 있었다. 따라서 연산량을 고려한다면 5/3 SKF를 이용하여 심장조영상을 대역분할 하는 것이 바람직하다.

[표 1] 5/3 SKF와 QMF의 성능 비교

Filter	PSNR(db)
5/3 SKF	61.73
32차 QMF	76.97
16차 QMF	63.64
8차 QMF	45.54
4차 QMF	8.91

#### 5.2 움직임 예측기 성능

대역분할된 영상신호를 BTA를 사용하여 움직임 예측을 하기 위해 먼저 입출력 학습패턴을 선정한다. 이 때  $i$  번째 프레임을 예측하기 위하여  $i-1$  번째 프레임을 입력으로 사용한다. 입력벡터(패턴)의 크기는  $4 \times 4$  블록으로 실험하였다. 또한 은닉노드의 최적수를 알기 위하여 은닉노드의 수를 변화시키면서 예측성능을 실험하였다. 학습률(learning rate)  $\eta = 0.5$  모멘텀률(momentum rate)  $\mu = 0.5$ , 바이어스 유닛(bias units)  $\theta_n = \theta_0 = -1$ , 반복횟수는 500번으로 실험하였다. 표 2는 2차원 대역분할에서 예측오차의 분산을 나타낸다. 기저대역  $B_1$  대역 예측오차 분산은 BMA가 가장 적게 나타났으나  $B_2$  대역을 제외한 나머지 고주파대역에서는 BTA의 예측오차 분산이 가장 적게 나타났다.

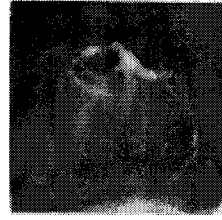
이러한 결과는 동영상 대역분할 부호화 및 웨이브렛 변환 부호화 등에서 고주파 대역을 예측한 후, 예측오차를 양자화 할 때 BTA을 이용한 예측기법이 양자화 효율이 가장 우수할 수 있음을 의미한다.

[표 2] 2차원 대역분할 영상의 예측오차 분산

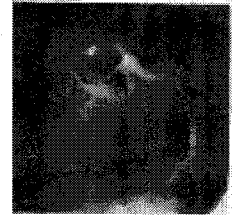
Variance of Prediction Error		
Subband	BMA 움직임 예측기	BTA 움직임 예측기
$B_1$	1268.32	514.45
$B_2$	14.81	15.90
$B_3$	6.43	7.70
$B_4$	5.43	4.97
$B_5$	6.19	7.77
$B_6$	1.47	1.81
$B_7$	1.12	1.25

### 5.3 부호화 성능

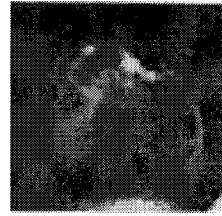
그림 4는 BMA 움직임 추정 예측기를 사용한 부호화기와 BTA 움직임 예측기를 사용한 부호화기의 복호화 성능 즉, 복원영상과 원영상과의 차이를 보여주고 있다. 동일한 조건하에서 성능비교를 위하여 압축률은 모두 0.5 bpp로 일정하게 하였다. 또한 복원 영상(30개 프레임)의 평균 PSNR로 비교했을 때, BMA 움직임 예측기를 사용한 부호화기의 경우 32.56dB(그림 4-c), BTA 움직임 예측기를 사용한 부호화기의 경우 34.42dB(그림 4-b)로 약 2dB 정도 제안된 BTA 움직임 예측기를 사용한 부호화기가 우수한 복원률 나타냈다.



(a) 원 심장조영상  
17번째 프레임



(b)복원 심장조영상  
(BTA 사용)



(c)복원 심장조영상  
(BMA 사용)

[그림 4] 원영상 및 복원영상

## 6. 결론

본 연구는 동영상 대역분할 부호화 및 웨이브렛 변환 부호화 등에서 사용될 수 있는 신경회로망인 BTA을 이용한 움직임 추정 예측기를 제안하였고 이를 이용한 심장조영상 부호화기를 설계하였다.

BTA 움직임 예측기는 기존에 널리 사용되고 있는 BMA 움직임 예측기보다 대역분할된 영상의 고주파대역에서 예측성능이 우수함을 알 수 있었고 이들 예측기를 대역분할 부호화기의 움직임 예측기에 적용한 결과, 심장조영상의 경우 BTA 움직임 예측기를 사용한 대역분할 부호화기가 약 2dB 정도 복원률이 우수한 결과를 얻을 수 있었다.

대역분할 부호화기는 현재 표준화된 DCT 변환 부호화 보다 높은 압축률에서 진단에 나쁜 영향을 미칠 수 있는 구획화 현상(blocking artifact)이 나타나지 않는 장점이 있다. 따라서

이러한 대역분할 부호화기에서 인간의 시각특성에 민감한 정보를 갖고 있는 고주파 대역을 효율적으로 예측할 수 있는 본 연구에서 제안된 BTA 움직임 추정 예측기는 충분한 활용 가능성이 있다고 하겠다. 그러나 복원영상의 신뢰성에 대한 판단은 의료 전문가의 의견이 필요할 것이며, 향후 표준 동영상 부호화 기법과의 비교연구 및 충분한 심장조영상 데이터를 이용한 실험이 수반되어야 할 것이다.

### 참고문헌

[1] Digital Imaging and Communications in Medicine(DICOM) Part5 : Data structures and Encoding. NEMA Publications PS3.5-1999. Rosland, Va; National Electornic Manufactures Association, 1999.

[2] S. Kappagantula and K. R. Rao, "Motion compensated interframe image prediction," IEEE Trans. Comm., Vol. COM-33, pp.1011-1014, Sept 1985.

[3] H. Gharavi, "Subband coding Algorithm for video applications: Videophone to HDTV-conferencing," IEEE Trans. Circuit Syst. Video Tech., Vol. 1, No. 2, pp. 174-183, June 1991.

[4] O. Johnson, O. V. Shentov and S. K. Mitra, "A technique for the efficient coding of the upper bands in subband coding of images", Proc. ICASSP, pp. 2097-2100. April 1990.

[5] P. H. Westerink, J. Biemond and D. E. Boekee, "An optimal bit allocation algorithm for subband coding," Proc. ICASSP, pp. 757-760. April 1988.

[6] K. Hornik, M. Stinchcombe, and H. White, "Multilayer feedforward network are

universal approximators", Neural Network, Vol. 2, pp. 359-366, 1989.

한영오

1995년 8월 연세대학교 대학원 전기공학과(공학박사)

1996년 3월 ~ 현재 남서울대학교 전자공학과 부교수

주관심 분야 : 디지털 신호처리 및 응용

이승대

1999년 8월 단국대학교 대학원 전자공학과(공학박사)

1995년 4월 ~ 현재 남서울대학교 전자공학과 부교수

주관심 분야 : 초고주파 통신, 이동통신, 채널 모델링