

주기성을 가지는 생체신호의 u-health 단말 기간 실시간 압축 전송 방법에 관한연구

이상준\*, 강대훈\*, 김진권\*, 이명호\*  
연세대\*

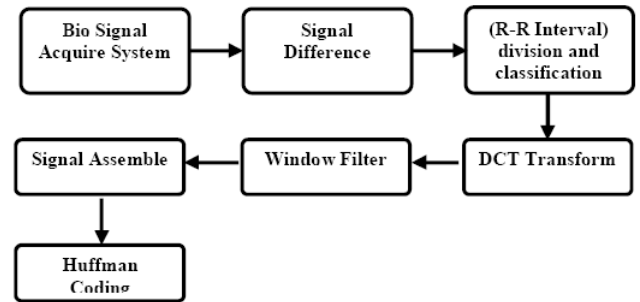
A Study of Compression Communication Method for U-health Device having Periodic Bio-Signal

Sang Joon Lee\*, DaeHun Kang\*, Jin Kwon Kim\*, Myoung Ho Lee\*  
Yonsei University\*

**Abstract** - 본 연구는 주기성을 가지는 생체신호의 U-Health 단말 기간 실시간 압축 전송 방법에 관한 것이다. 개발된 알고리즘은 5단계의 과정으로 나누어지는데, 첫 번째 단계는 신호의 차분을 구하고, 두 번째 단계로 심전도 신호의 한 주기를 구분하여 저장한다. 세 번째 단계는 차분되어 저장된 데이터의 DCT를 수행하고, 네 번째 단계는 윈도우 필터를 수행한다. 다섯 번째 단계는 최종 압축 단계로서 허프만 압축 알고리즘을 수행한다. 마지막으로 최종압축이 이루어진 데이터를 정해진 프로토콜에 의해 데이터 전송을 수행하는 단계이다.

1. 서 론

고령화 사회, 선진국 수준의 경제 규모, 독거노인증가, 건강에 대한 관심 증가, 심혈관 관련 질병의 증가와 관련 질병의 만성화로 인해 u-Health 서비스에 대한 관심이 늘면서 다양한 u-Health 관련 단말기가 개발되었다. USN(Ubiquitous Sensor Network) 기반 단말기는 <그림 1> 서와 같이 다양한 형태 및 기능의 단말기가 접속이 되고 특히 심전도와 같은 24시간 모니터링이 필요한 생체신호는 무선자원의 효율적인 사용을 위하여 실시간 압축전송이 필요하다. 개발한 압축알고리즘의 적용분야는 u-Health 단말기에 있어서 ECG, PPG, 등 주기성을 가지는 생체신호를 실시간 압축할 수 있도록 알고리즘이 설계 되었다.



<그림 2> 실시간 압축알고리즘의 블록 다이어그램

압축된 신호를 복원하기 위한 방법으로는 압축된 방법과 반대로 역 호프만 코딩, Inverse DCT 변환, Inverse 차분 등의 방법으로 복원을 한다. 압축 알고리즘의 공정한 평가를 위해 MIT-BIH 데이터 베이스 중 12개를 선택하여 알고리즘을 수행하였고 압축률을 계산하기 위한 CR(Compression Ratio) 및 압축된 신호와 복원한 신호의 차이를 계산하기 위해 CR에 따른 PRD(Percent RMS Difference)를 산출하였다.

2.1 심전도 신호의 차분

생체신호로는 심전도, 뇌전도, 위전도, 근전도 등이 있으며 이중 특별히 심전도의 신호 대역폭은 사용 목적에 따라 0 ~ 200Hz 대역에 분포한다.[8] 이러한 저주파대역의 심전도 신호를 16-Bit A/D 변환기로 양자화 하였다고 가정하면 이전 샘플 된 신호와 현재 샘플 된 신호의 차이는 8Bits를 넘어서지 않는다.[9,10] 심전도 신호를 cosine 함수라고 가정하면 다음 식과 같이 표현된다.

$$x[n] = A \times \cos w[n]$$

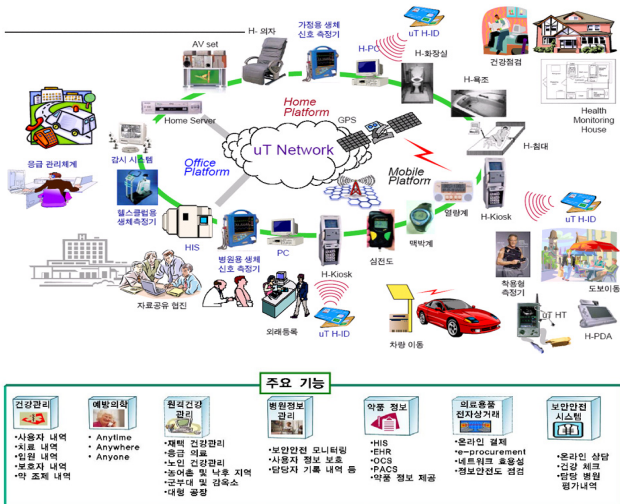
$$x[n-1] = A \times \cos w[n-1]$$

$$diff_{max} = \lim_{n \rightarrow \infty} \left[ \frac{2^{SampledBit}}{2} (\cos w[n] - \cos w[n-1]) \right]_{max} \quad <식 1>$$

<식 1>에서  $diff_{max}$ 는  $\pi/2, 3\pi/2$  에서 나타난다. <표 1>는 신호가 가진 최대주파수를 100 ~ 300Hz 라가정하고 샘플링 주파수를 200Hz에서 600Hz 까지 변화 했을 때 차분된 cosine 함수의 최대값을 나타낸다.

<표 1> cosine신호의 최대주파수와 샘플링 주파수에 따른 최대 차분 값

Sampling Frequency	Maximum Value of cosine function(8Bits)				
	100Hz	150Hz	200Hz	250Hz	300Hz
200Hz	128.3	85.6	64.2	51.42	42.8
300Hz	96.2	64.2	48.1	38.56	32.1
600Hz	48.1	32.1	24.0	19.28	16.0



<그림 1> 새로운 개념의 건강관리(u-Health) 모식도

2. 본 론

2.1 심전도 신호의 실시간 압축 알고리즘

<그림 2>에서 보는바와 같이 본 실시간 압축알고리즘은 손실압축방법으로서[1-7]) 다음과 같이 5단계로 나뉜다. 첫 번째 단계로서는 현재 샘플 된 심전도 신호와 이전 샘플 된 심전도 신호를 차분 하고, 두 번째 단계로서 차분된 심전도 신호를 DCT(Discrete Cosine Transform) 수행하기 위한 전단계로서 심전도 신호의 P, Q, R, S, T 중 R-R 간격을 구하여 R-R 간격만큼의 차분된 신호들을 저장한다. 세 번째 단계로서는 DCT 수행을 하고 네 번째 단계로서는 CR(Compression Ratio) 조정을 위하여 DCT 수행 후 결과값에 Window Filter를 수행한다. 마지막 다섯 번째 단계로는 Window Filter 된 신호에 허프만 코딩을 수행한다.

2.2 DCT를 위한 심전도 신호의 R-R 간격의 구분 및 저장

심전도 신호는 P,Q,R,S,T 등의 의미있는 Segments가 연속적으로 나타나는 특징을 가지는 신호이다.[11] DCT를 수행하기 위해 심전도 신호의 한 주기를 구분해야 하는데 이중 파형이 커 구분하기 쉬운 R파를 기준으로 이전 R파까지의 차분된 신호를 메모리에 저장한다.

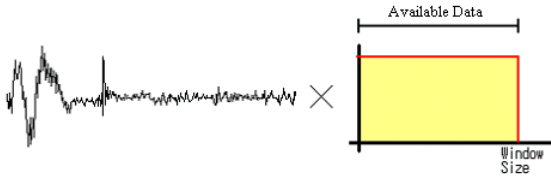
2.3 구분된 심전도 신호의 DCT 변환, Window Filter, 허프만코딩

DCT쌍은 <식 2>에서 보는바와 같다.[12] 주어진 식에 따라 R-R 간격에 의해 저장된 차분된 신호를 DCT 수행하며 높은 압축률을 위해 DCT 수행한 결과 값에 CR에 따른 Window Filter 를 수행하는데 <그

림 3> 과 같이 수행을 한다.

$$C_x(k) = \begin{cases} \sum_{n=0}^{2N-1} 2x(n) \cos \frac{\pi}{2N} k(2n+1), & 0 \leq k \leq N-1 \\ 0, & \text{Otherwise} \end{cases}$$

$$C_x(k) = \begin{cases} \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{2N-1} w(k)c_x(k) \cos \frac{\pi}{2N} k(2n+1), & 0 \leq k \leq N-1 \\ 0, & \text{Otherwise} \end{cases} \quad \langle \text{식 2} \rangle$$



**<그림 3> Window Filter 방법**

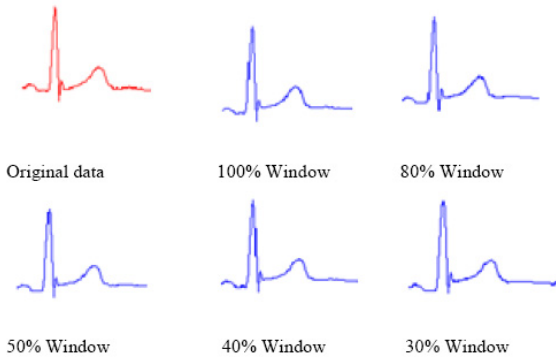
Window Filter의 크기는 100%에서 30% 까지 조절하여 CR을 연산하였으며 CR에 따른 PRD를 조사하였다. 마지막 압축단계로서 허프만 코딩을 수행하는데 허프만 코딩은 높은 발생빈도가 나타나는 데이터는 작은 비트의 데이터를 할당하고 낮은 발생빈도가 나타나는 데이터는 상대적으로 많은 비트의 데이터를 할당하는 방식으로 수행 한다.[13]

### 3. 결 론

본 압축알고리즘의 공정한 평가를 위해 MIT-BIH 데이터 베이스 중 12개의 데이터(111,112,113,114,115,116,117,118,119,121,123,124) 선택하여 평가를 하였으며 각 데이터에 <식 3>과 같은 Window Filter 크기에 따른 CR을 조사하였고, CR에 따른 PRD를 조사하였다.[14]

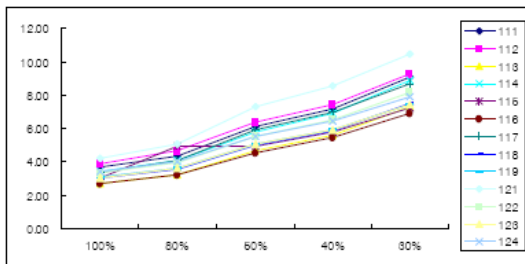
$$PRD = 100 \times \sqrt{\frac{\sum (x(i) - x^{\wedge}(i))^2}{\sum (x(i))^2}} \quad CR = \frac{N_{INP}}{N_{OUT}} \quad \langle \text{식 3} \rangle$$

<그림 4> 는 116번 MIT-BIH 데이터의 복원 시 윈도우 필터 크기에 따른 심전도 파형을 나타낸 그림이다.

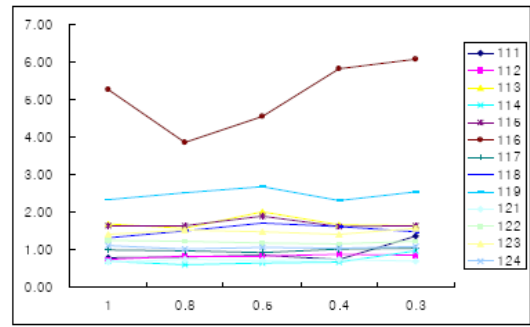


**<그림 4>**

알고리즘 수행 결과 12개 MIT-BIH 데이터 모두 각 알고리즘 블록을 통과할 때(Difference->DCT->Window Filter->Huffman) 파일 사이즈가 줄어들었으며, 첫 번째 단계에서 50% 비율로 파일 크기가 줄어들었으며, DCT 및 30% 크기의 Window Filter 수행 후 117번, 123번 MIT-BIH 데이터가 196KB로 최고의 CR을 보이며 112번 116번이 200KB로 최저의 CR을 보인다.<그림 5>에서 보는바와 같이 압축 알고리즘의 최종단계인 Huffman Coding 블록을 지났을 때 121번 데이터가 10.4의 최대 CR을 보이며 116번 데이터가 6.86의 최저 CR을 보였다. 또한 Window Filter 크기에(100%, 80%, 50%, 40%, 30%) 따른 PRD도 조사하였으며 <그림 6>과 같다.



**<그림 5> Window Filter 크기에 따른 CR**



**<그림 6> Window Filter 크기에 따른 PRD**

### [참 고 문 헌]

- [1] Bilgin, A. Marcellin, M.W. Altbach, M.I., "Compression of electrocardiogram signals using JPEG2000", Consumer Electronics, IEEE Transactions on, Volume: 49, Issue:4, Nov. 2003
- [2] Wan Jian Wei, Li Shuzhi, Huangfu Kan. Zhou Liang Zhu. "Data compression theory and algorithm for a digital Holter monitoring system" Aerospace and Electronics Conference, 1992. NAECON 1992., Proceedings of the IEEE 1992 National , 18-22 May 1992 pp.113 - 120 vol.1
- [3] Moody, G.B. Mark, R.G. Goldberger, A.L. "Evaluation of the 'TRIM' ECG data compressor" Computers in Cardiology 1988. Proceedings. , 25-28 Sept. 1988 pp.167 - 170
- [4] Huang, B. Kinsner, W. "ECG signal compression and analysis in long-term monitoring" Electrical and Computer Engineering, 1999 IEEE Canadian Conference on , Volume: 2 , 9-12 May 1999 pp.797 - 800 vol.2
- [5] Sastry, R.V.S. Rajgopal, K. "ECG compression using wavelet transform" Engineering in Medicine and Biology Society, 1995 and 14th Conference of the Biomedical Engineering Society of India. An International Meeting, Proceedings of the First Regional Conference., IEEE , 15-18 Feb. 1995 pp.2/52 - 2/53
- [6] Passariello, G. Gavidia, L. Rodriguez, F. Condado, J. Ruesta, V. Roux, C. Mora, F. "Arithmetic coding for ECG data compression" Computers in Cardiology 1991. Proceedings. , 23-26 Sept. 1991 pp.593 - 596
- [7] Lifiana, G. Fernando, M. Gianfranco, P. "ECG Data Compression Through Adaptive Sampling And Arithmetic Coding" Engineering in Medicine and Biology Society, 1990. Proceedings of the Twelfth Annual International Conference of the IEEE , 1-4 Nov. 1990 pp.451 - 452.
- [8] John G.Webster, "Medical Instrumentation Application and Design",pp.10-11
- [9] Lych, Thomas J, 1985, "Data Compression : Techniques and Applications" Van Nostrand Reinhold Company
- [10] Salcedo, A.M.; Estelles, E.G.; Rodriguez, J.S.; Corral, J.M.F." ECG Data Compression Techniques" Engineering in Medicine and Biology Society, 1992. Vol.14. Proceedings of the Annual International Conference of the IEEE , Volume: 2 , October 29- November 1, 1992pp. 525 - 526
- [11] SuengHan Lee. "An R-wave detection and PVC determination algorithm, in ECG" Master thesis of Myong-ji Univ in Korea 2001.
- [12] K.R.Rao, J.J HWANG, "Techniques and Stars for Image •ideo and Audio Coding", Prentice Hall International, Inc
- [13] Jae Gu Lee. "Learning Algorithm with C", SeHwa, pp.1271-1298
- [14] Moody, G.B. Mark, R.G. Goldberger, A.L. "Evaluation of the 'TRIM' ECG data compressor" Computers in Cardiology 1988. Proceedings. 25-28 Sept. 1988 pp.167 - 170