

M2M 기반 유헬스케어 데이터의 효율적인 전송 방안 연구

조균연

고려대학교 보건과학연구소, 연구교수

Research on a Method for Efficient u-Healthcare Data Transmission in M2M Environment

Gyoun-Yon Cho

Korea University, Research Professor, Health Science Institute

요 약 유헬스케어 환경에서는 M2M 기반에서 중요한 생체정보가 처리된다. M2M은 주로 무선네트워크를 기반으로 하는데, 무선네트워크는 제한된 대역폭과 낮은 신뢰성 등 극복해야할 과제가 많이 있다. 본 논문에서는 이 과제를 데이터 전송효율을 높여 해결하고자 하였으며, 생체정보에 대한 높은 압축특성을 갖는 uHLZW(u-Healthcare LZW) 압축 알고리즘을 제안하였다. 실험결과 기존의 압축알고리즘에 비해 1.6배에서 4배정도 압축효율이 개선됨을 알 수 있었다.

주제어 : 유헬스케어, 생체정보, 압축 솔루션, HEMIS, 무선통신

Abstract In u-Healthcare environment, large amounts of important vital information is processed through M2M(Machine to Machine). M2M is configured by wireless networks and has several problems for limited bandwidth and low reliability. Therefore, in this paper is proposed a method called uHLZW(u-Healthcare LZW) to improve channel efficiency to solve such problem. uHLZW algorithm has high compression ratio for vital data. The results showed that the average compression ratio of uHLZW got from 1.6 times to 4.0 times better than existing methods(Huffman and LZW compression).

Key Words : u-Healthcare environment, Vital information, compression solution, HEMIS, wireless communication

1. 서론

최근 ICT융합 기술의 비약적인 발전에 따라 유무선 네트워크 환경에 영향 받지 않는 건강관리 장비를 찾아 보기 어렵다. 즉, 작고 휴대가 가능한 다양한 종류의 생체 신호 측정센서의 출현과 ICT융합 기술의 발달로 유헬스케어 관련 기술이 비약적으로 발전하게 되었다. 이러한 유헬스케어 기술의 발전은 의학 분야에서의 모니터링 뿐만 아니라 개인이 언제 어디서나 자신의 건강증진콘텐츠

를 모니터링하는 것을 가능하게 하고 있다.[1],[2].

유헬스케어 기술은 유무선 네트워크를 통하여 일반인, 만성질환자, 노인 및 진료전후의 환자 등이 가정이나 요양기관에서 일반생활을 유지한 채로 자신의 생체정보를 측정하고, 신체의 상태를 모니터링하여 변화에 대한 전문가의 서비스를 실시간으로 제공 받는 기반 기술을 말한다. 이러한 생체정보는 휴대단말기에 장착될 수 있는 센서를 통하여 수집되어 전송되게 되는데 이때

Received 14 January 2014, Revised 11 February 2014
Accepted 20 April 2014
Corresponding Author: Gyoun-Yon Cho (Korea University, Research Professor, Health Science Institute)
Email:gycho68@gmail.com

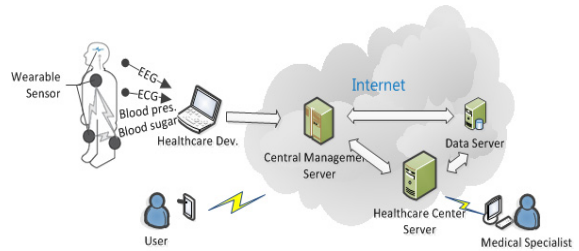
© The Society of Digital Policy & Management. All rights reserved. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

M2M(Machine to Machine) 전송 기술을 이용하게 된다.[3] M2M은 모든 사물에 센서통신 기능을 부가하여 지능적으로 정보를 수집하고 상호 전달하는 기술을 의미하며, 유헬스케어, 센서네트워크 등의 시스템에서 중요한 역할을 차지할 것으로 전망되고 있다. M2M 환경에서는 다양한 센서가 다양한 형태로 설치 운용되기 때문에 유선보다는 무선을 더 많이 사용하게 된다. 따라서, 무선 환경에서 필연적으로 따라오는 대역폭의 제한, 각종 노이즈 및 페이딩으로 인한 데이터 손실, 보안 문제 등을 극복하기 위한 연구가 필요하다.

기존 건강증진 모니터링 시스템에서는 환자의 원격 단말기에서 수집된 생체정보를 모아서 관련 의료진에게 전송하여 진단하도록 하고 있다. 이러한 시스템은 지속적으로 환자의 생체정보를 확인하거나 실시간으로 확인하지 못하는 단점을 갖고 있다.[4] 또한, 생체정보를 원격지로 보내기 위해 고대역폭의 통신수단을 필요로 하나 현재 이동통신망에서는 대역폭이 제한되어 있고 이동통신 환경 상 많은 데이터 손실 및 전송 지연이 유발 될 수 있다. 이를 극복하기 위해 응급상황에서 신뢰성을 확보한 응급관리 정보 시스템(HEMIS (Highly-reliable Emergency Management Information System))이 연구되었다.[5] 이 연구에서는 기존의 EMIS(Emergency Management Information System)의 송수신 모듈에 데이터 압축, 오류제어, 암호화 등의 기능을 추가하여 전송 효율 및 보안기능을 향상시킬 수 있는 가능성을 제시하고 있다.

생체정보는 EEG, ECG, 혈압, 당뇨 등 여러 가지가 있으나 본 논문에서 EEG와 ECG 데이터만을 시험 평가에 이용한 이유는 뇌졸중이나 심장질환자의 경우 긴급을 요하고 지속적인 모니터링을 요하는 대표적인 질환으로 유헬스케어 서비스의 대표 생체정보로 볼 수 있기 때문이다.

본 논문에서는 M2M 기반 유헬스케어 데이터의 효율적인 전송을 위해 관련연구에서 헬스케어 서비스, 응급정보 관리시스템, 데이터 처리기법, 생체정보 및 데이터 압축관련 이전연구에 대해 살펴보고 이를 바탕으로 효율적인 유헬스케어 서비스 시스템을 제안하며 제안한 시스템에서 제일 중요한 전송효율을 높이는 압축알고리즘에 대한 성능평가를 진행한다.



[Fig. 1] The Service Architecture of Healthcare System

2. 관련 연구

2.1 헬스케어 서비스

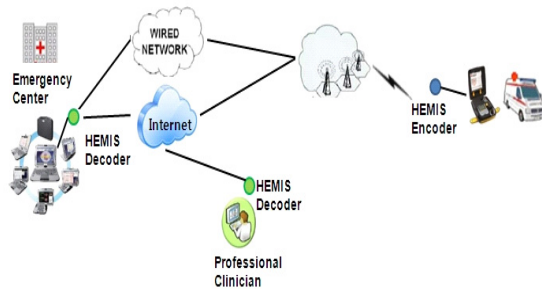
헬스케어 시스템은 Wearable sensor, 헬스케어단말기, 중앙관리서버, 데이터서버, 건강증진센터 서버 및 전문 의료인으로 구성될 수 있다. 이러한 헬스케어 시스템의 서비스 구조가 [Fig. 1]에 잘 나타나 있다.[6][7][8]

Wearable sensor는 환자의 생체정보를 측정하는데 환자의 편의를 위해 착용 가능한 형태로 개발되고 있다. 이렇게 측정된 생체정보는 헬스케어 단말기에 수집되게 되는 데 헬스케어 단말기는 이러한 생체정보를 패킷으로 만들어 WIFI, Zigbee, Bluetooth, 이더넷 및 이동통신망 등을 통하여 인터넷상의 중앙관리서버에 송신한다. 중앙관리서버는 수집된 생체정보를 분류하여 데이터 서버 및 건강증진센터 서버에 전송하거나 필요시 가져오는 기능을 수행한다. 데이터 서버는 수집된 생체정보를 데이터 베이스에 보관하고 필요시 검색할 수 있는 기능을 제공하게 된다. 건강증진센터 서버는 수집된 생체정보를 활용하여 환자의 건강을 관리하며, 필요시 전문 의료진에게 제공하여 적절한 치료를 하는데 자료로 사용될 수 있게 해준다.

2.2 응급정보관리 시스템(HEMIS)

가정 내에서의 심장 발작이나 각종 사고로 인한 응급상황이 발생하면, 주어진 응급관리 정보 시스템(EMIS)에 의하여 응급차가 출동하게 된다.[5] 그러나 기존 EMIS에서는 전문 의료인과 응급차 간의 신뢰성 높은 의사소통이 이루어지지 않게 응급환자가 불필요하게 위급한 상황에 빠지는 경우를 초래했다.[9] HEMIS에서는 이

와 같은 단점을 해결하기 위해 고신뢰성 응급관리 정보 시스템에서 갖춰야 할 전송선로의 효율화, 신뢰성 강화, 보안 강화에 대해 제시하였고, 평가 결과, 기존의 EMIS에 비해 전송효율, 데이터 안전성 그리고 QoS면에서 우수하다는 것을 알 수 있었다.



[Fig. 2] The System Architecture of HEMIS

이렇게 제안된 시스템에서 추가로 연구되어야할 분야는 신뢰성 있는 데이터 전송을 위해 필요한 오버헤드 정보를 보완할 수 있는 전송채널의 효율화에 대한 연구이다.

2.3 데이터 처리 기법

일반적으로 송수신 되는 데이터는 데이터 자체가 갖고 있는 정보를 나타내기 위해 원래 정보 외에 추가적인 정보를 포함하게 된다. 다시 말해서 데이터는 원래 정보에 부가정보가 포함된 형태를 띠게 되며, 이를 다른 말로 표현하면 “과잉(redundance) 정보를 포함하고 있다”라고 말할 수 있다. 데이터 처리는 이러한 과잉정보를 제거하기 위한 연구를 의미한다. 즉, 데이터 압축이나 코딩이론 등이 데이터 처리 연구의 한 부분이라고 말할 수 있다.[10][11]

의료정보 관련 분야에서는 데이터의 특성상 wavelet 관련 데이터의 처리에 대한 연구가 많이 이루어지고 있다.[12][13] 이러한 연구로 의료시설의 의료데이터처리 효율이 향상될 것으로 예견된다.

또 다른 분야로 의료 정보의 손실 없는(lossless) 데이터 처리에 대한 연구가 이루어지고 있다.[14]

2.4 EEG와 ECG 데이터

뇌에서 나오는 미약한 주기성의 전류를 기록하면

wave모양을 띄게 되는데 이를 뇌파라고 하고, 이렇게 기록된 뇌파를 뇌전도라고 하며 EEG로 표기한다. 뇌전도는 두피전극을 이용하여 측정하게 되는데 두피전극의 부착은 international 10-20 system을 따른다.[15]

ECG는 독일어 Elektrokardiogramm에서 온 것으로 정해진 시간에 심장의 전기적 활동을 해석하는 것이다.[16] 기록은 이렇게 몸에 침투하지 않는 장비로 만들어지며 이 과정에 대한 용어를 심전도라고 한다.

2.5 데이터 압축

데이터 압축은 데이터를 더 적은 저장 공간에 효율적으로 기록하기 위한 기술 또는 그 기술의 실제 적용을 가리킨다.[17] 데이터 압축은 크게 2가지 과정으로 이루어지는데 하나는 데이터를 압축하여 더 작은 크기로 변환하는 인코딩 과정이고 다른 하나는 변환된 데이터를 불러와 원래 데이터로 복원하는 디코딩 과정이다.[17] 이때 인코딩 전의 데이터 크기와 인코딩 후의 데이터 크기의 비율을 압축률이라 하고 다음과 같이 계산한다.

$$\text{압축률} = \frac{\text{원래데이터 크기}}{\text{압축후데이터 크기}}$$

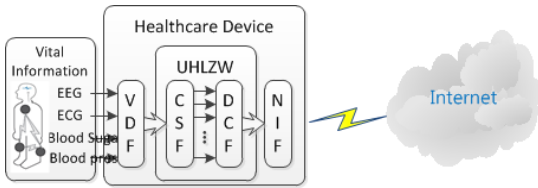
압축 기술의 종류에 따라 데이터의 내용의 변경이나 손실 없이 원래 내용 그대로 디코딩할 수 있는 무손실 압축(Lossless Compression)과 더 높은 압축률을 얻기 위해 디코딩후 데이터의 내용을 일부 희생시키는 손실 압축(Lossy Compression)으로 분류할 수 있다.[17] 대표적인 무손실 압축은 RLE(Run Length Encoding), Huffman Encoding, LZW(Lempel Ziv Welch) Encoding이 있다.[17] 손실 압축 알고리즘은 인간의 감각기관의 특성을 역이용하여 압축률을 높이므로, 음성, 사진, 동영상 등 데이터에 따라 다른 알고리즘이 사용되나 MPEG 표준 압축 기술이 많이 사용된다.[17]

3. 유헬스케어 전송시스템 개요

3.1 시스템 구조

이 장에서는 유헬스케어 서비스를 위한 데이터 전송 시스템의 전체 구조에 대해 살펴보도록 하겠다. 유헬스케어 전송시스템은 생체정보를 측정하는 센서와 유헬스

케어 단말기로 구성된다. 유헬스케어 단말기는 측정된 생체정보를 구분하는 VDF(Vital Detection Function), 생체정보의 채널을 분류하는 CSF(Channel Separation Function), 생체정보를 압축하는 DCF(Data Control Function) 및 압축된 데이터를 패키징하여 인터넷으로 전송하는 NIF(Network Interface Function)으로 구성된다. 이러한 유헬스케어 전송 시스템의 구조는 [Fig 3]에 잘 나타나 있다.



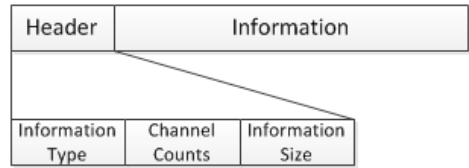
[Fig. 3] The System Architecture of Transmission for u-Healthcare Information

유헬스케어 정보의 경우 wavelet 특성을 갖고 있다. 따라서, CSF를 통하여 채널별로 구분하여 정보를 처리하게 되는 각 채널은 연속되는 wave 형태를 띠게 되므로 상관관계에 기반 한 데이터 압축 알고리즘(DCF)으로 전송효율을 높일 수 있게 된다. 이때 압축알고리즘은 의료 데이터의 신뢰성 확보를 위해 무손실 압축 알고리즘을 사용하게 된다. 본 논문에서는 그 효율을 높이기 위해 LZW압축 알고리즘을 유헬스케어 정보에 맞게 변형하여 uHLZW 알고리즘을 제안한다.

3.2 VDF

VDF는 측정된 데이터가 어떤 생체정보인지 구분하여 입력받는데 데이터가 연결된 장치로 연결된 생체정보가 무엇인지 인식하게 된다. VDF에서는 [Fig 4]와 같이 패킷 형태로 생체정보를 코딩하여 CSF에 전달한다.

정보종류는 생체정보가 어떤 정보인지 구분하는 것으로 EEG, ECG, 혈당, 혈압 등의 값을 갖는다. 채널수는 생체정보가 수집한 채널의 수를 나타내며, 정보크기는 뒤에 따라오는 정보의 크기를 나타낸다.



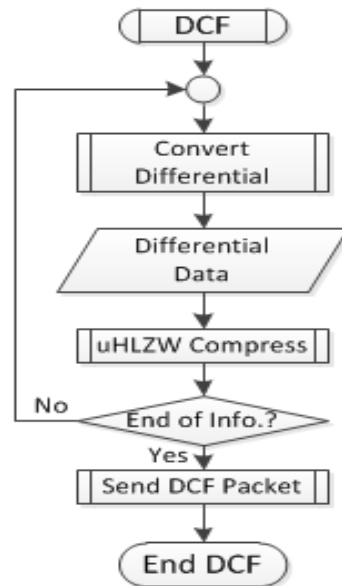
[Fig. 4] The Packet Configuration of VDF

3.3 CSF

CSF는 VDF 패킷의 헤더로부터 얻은 채널수에 따라 정보를 각 채널로 구분하여 DCF에 넘겨준다. 이때 각 샘플마다 들어있는 Time Sync 정보는 제거하고 패킷당 하나의 시작타임 인덱스로 변경하여 줌으로써 압축효율을 높여주게 된다.

3.4 DCF

DCF에서는 CSF에서 구분되어 넘어온 채널별 생체정보를 uHLZW(u-Healthcare LZW) 압축알고리즘을 이용하여 압축하게 된다. DCF의 순서도는 [Fig 5]에 잘 나타나 있다.



[Fig. 5] The Flow Chart of DCF

CSF에서 넘어온 정보는 차분변환 함수에서 차분데이터로 변환되고 차분데이터는 uHLZW 압축함수를 통하여 LZW로 압축되게 된다. CSF패킷의 모든 데이터에 대

해 처리가 완료되거나 DCF 패킷의 최대 크기가 되면 NIF로 DCF 패킷을 전송한다.

3.4.1 차분변환

차분 변환 함수는 다음과 같은 수행을 한다.

- 1) 32비트 생체정보를 읽어 cur에 저장하고, 이전 생체 정보는 old에 저장함.
- 2) cur에서 old를 뺀 후 이를 diff_temp에 저장함.
- 3) $-32767 \leq \text{diff_temp} \leq 32767$ 인 경우, 16비트 diff에 diff_temp값을 저장함. diff_temp의 값이 상기 범위를 벗어나는 경우, 16비트 -32768를 LZW압축 함수에 넘겨주고 나머지를 diff에 저장함. 실제 데이터를 가지고 검토해본 결과 상기 범위를 벗어나는 경우는 10^{-6} 보다 적었음.
- 4) diff를 LZW압축 함수에 넘겨줌.

3.4.2 LZW 압축 함수

LZW 압축 함수는 기존의 LZW압축 알고리즘의 부호어를 u-Healthcare 데이터에 맞게 적용하여 구현하였다. 부호어의 크기는 8192로 하였다.

3.5 NIF

NIF는 수신한 DCF패킷을 네트워크 인터페이스를 통하여 인터넷에 송신하는 기능을 담당한다. NIF는 신뢰성 있는 송신을 위해 FEC(Forward Error Correction)와 같은 오류 복구 기능을 지원하고, 필요시 개인의 생체정보 보호를 위한 암호화 기능을 지원한다.

4. uHLZW 압축알고리즘의 성능 평가

uHLZW 압축 알고리즘의 성능을 평가하기 위해 LZW

알고리즘과 Huffman알고리즘을 비교대상으로 사용하였다. 생체정보는 중요한 의료정보이므로 무손실 압축알고리즘을 비교 대상으로 삼았고, 통신에서 성능이 우수하여 MNP모뎀의 압축알고리즘으로 사용되는 Huffman 알고리즘과 V.42bis의 압축알고리즘으로 사용되는 LZW 알고리즘을 비교대상으로 선택하였다.

생체정보는 EEG와 ECG를 대상으로 하였고, 시험 결과는 표 1과 같다.

성능 평가에 사용된 생체정보 데이터는 Physionet 데이터베이스에서 가져와서 사용하였다.[18] EEG데이터는 chbmit 데이터로서 16bit resolution으로 초당 256 samples로 측정되었고, 23개의 채널로 구성된 EEG 데이터이다. 이 데이터는 International 10-20 system으로 EEG 전극을 배치하여 수집된 데이터이다. ECG 데이터는 mitdb로서 10mV범위 11bit resolution으로 초당 360 samples로 측정되었고, 2개의 채널로 구성된 ECG 데이터이다. EEG는 5분 동안 수집된 데이터 30개를 비교 시험 하였고, ECG는 5분 동안 수집된 데이터 31개를 비교 시험 하였다.

일원분산분석(ANOVA(Analysis of Variance))을 위해 SPSS 21.0 SW를 사용하였다.

압축 방식들 간의 성능 비교 시험 결과가 Table 1.에 잘 나타나 있다. 각 행의 위첨자의 의미는 $p < 0.0001$ 에서 ANOVA 분석에 의해 유의한 차이가 있다는 것을 의미한다.

시험 결과 Huffman 알고리즘은 EEG데이터에 대해 2.14, ECG데이터에 대해 1.8배의 압축효율을 갖고, LZW 알고리즘은 EEG데이터에 대해 2.29, ECG데이터에 대해 2.22배의 압축효율을 나타낸 반면, uHLZW 알고리즘은

(Table 1) The Comparison of Compression Ratio for Each Compression Method

Compression Ratio	Huffman (EEG n=30, ECG n=31)	LZW (EEG n=30, ECG n=31)	uHLZW (EEG n=30, ECG n=31)	p-value
EEG (CHB)	2.14±0.02 ^a	2.29±0.04 ^a	3.63±0.11 ^c	p<0.0001
ECG (MITDB)	1.8±0.01 ^a	2.22±0.02 ^b	8.98±0.14 ^d	p<0.0001

*Average±Standard Deviation

*p-value is obtained by one-way analysis of variance(ANOVA). As a post-hoc analysis, Duncan's multiple comparison is performed.

*Means in a row with different superscript letters are significantly different.

EEG데이터에 대해 3.63, ECG데이터에 대해 8.98의 압축 효율을 가짐으로서 현저하게 개선됨을 알 수 있다. 이 이유는 생체정보가 wavelet 특성을 가짐에 착안하여 차분을 구하고 이를 압축하였기 때문이다.

uHLZW알고리즘의 시험결과 중 EEG데이터의 경우 압축률이 평균 3.63인데 반하여 ECG데이터의 압축률이 평균 8.98로 현저히 차이가 나는 이유는 EEG 데이터의 원래 데이터가 1개의 Time Sync채널과 23개의 전극채널 정보로 구성되어 있으나 ECG 데이터의 경우 1개의 Time Sync채널과 2개의 전극채널 정보로 구성되어 있기 때문이다. 다시 말하면, RSF에서 Time Sync 정보는 패킷당 1개의 Time정보로 바뀌므로 실제 압축과정에서는 빠지게 되므로, EEG 데이터는 24개 채널이 23개 채널로 변환되어 DCF로 전달되고, ECG에서는 3개의 채널이 2개의 채널로 변환되어 DCF로 전달되기 때문에 상대적으로 큰 압축률을 갖게 된다. 결과적으로 전극채널수가 적은 데이터 일수록 압축 효율이 개선될 수 있다.

uHLZW 알고리즘은 Lossless 압축알고리즘으로 생체 정보 압축후 복원시 정보의 손실이 없는 것을 알 수 있다.

5. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 M2M 기반 유헬스케어 서비스를 제공하는 데 있어 중요한 전송채널을 효율적으로 이용하는 방안에 대해 연구 하였다. 관련하여 기존의 연구에 대해 살펴보고, 유헬스케어 서비스 시스템에 대해 제안하였으며, 제안한 시스템에서 의료정보의 효율적인 전송을 위해 uHLZW라는 압축알고리즘을 제안하였다. 제안한 uHLZW압축알고리즘의 우수성을 평가하기 위하여 기존의 무손실 압축알고리즘인 Huffman과 LZW 알고리즘과 비교하였다. 비교결과 EEG데이터의 경우 기존 알고리즘에 비해 약 1.6배, ECG데이터의 경우 기존 알고리즘에 비해 약 4.0배 개선됨을 알 수 있었다.

본 논문에서는 생체정보 데이터로 EEG 및 ECG데이터에 대한 압축에 대해 살펴보았으며, 향후 다른 생체정보 데이터에 대한 압축에 대해 연구가 필요하다.

REFERENCES

- [1] Lee SJ, Sim HJ, Lee AR, Lee TR. The Design of Maternity Monitoring System Using USN in Maternity Hospital. The Journal of Digital Policy & Management. 2013.
- [2] Jung Hoon Park, Taegkeun Whangbo, IT convergence Healthcare technology, Korea information and communications society. 2011.
- [3] H. Mitsui, H. Kambe, H. Koizumi, Student Experiments for Learning Basic M2M Technologies by Implementing Sensor Networks System, in proc. ITHET 2010
- [4] Wilde ET. Do emergency medical system response times matter for health outcomes? Health economics. 2013
- [5] Cho GY, Lee SJ, Lee TR. Research on Enhancing Reliability of IT Convergence Technology Applied Emergency Management Information System. The Journal of Digital Policy & Management. 2013.
- [6] M. Li, W. Lou, Data Security and Privacy in Wireless Body Area Networks, IEEE Wireless Communications, 2010
- [7] A. Pantelopoulos, G. Ourbakis, A Survey on Wearable Sensor-Based Systems for Health Monitoring and Prognosis, IEEE Trans. On System, MAN and Cybernetics, 2010
- [8] Seung-Man Chun, Jae-Wook Nah, Ki-Chan Lee, Jong-Tae Park, Policy-Based Emergency Bio Data Transmission Architecture for Smart Healthcare Service, Journal of the Institute of Electronic Engineers of Korea, 2011
- [9] El-Masri S, Saddik B. An emergency system to improve ambulance dispatching, ambulance diversion and clinical handover communication—a proposed model. Journal of medical systems. 2012.
- [10] Salomon D. A Concise Introduction to Data Compression: Springer; 2008.
- [11] Blelloch G. Introduction to Data Compression, 2001.
- [12] Galiano V, Lopez-Granado O, Malumbres MP, Migallon H. Fast 3D wavelet transform on multicore and many-core computing platforms. Journal of Supercomputing. 2013.

- [13] Lee SJ, Roh YH, Kim YK, Lee TR. Geometric detection algorithm design for ECG data analysis using wavelet. International Journal of Bio-Science and Bio-Technology. 2013.
- [14] Puthooran E, Anand RS, Mukherjee S. Lossless Compression of Medical Images Using a Dual Level DPCM with Context Adaptive Switching Neural Network Predictor. International Journal of Computational Intelligence Systems. 2013.
- [15] Wikipedia article, “EEG, 뇌파, 뇌전도”
- [16] Aswini Kumar, ECG-simplified, LifeHugger. 2010
- [17] Wikipedia article, “Data Compression”
- [18] Goldberger AL, Amaral LAN, Glass L, Hausdorff JM, Ivanov PC, Mark RG, et al. PhysioBank, PhysioToolkit, and PhysioNet: Components of a New Research Resource for Complex Physiologic Signals. Circulation. 2000.

조 균 연(Cho Gyouun-Yon)



- 1993년 2월 : 경희대학교 전자계산 공학과(공학사)
- 1998년 2월 : 경희대학교 전자계산 공학과 (공학박사)
- 2000년 1월~2013년 1월 : (주)팬택 중앙연구소 SW개발팀장
- 2013년 7월~현재 : 고려대학교 보건과학연구소, 연구교수
- 관심분야 : Healthcare Information System, u-Healthcare, Healthcare Management, Mobile Communication, Mobile Network, Internet of Things
- E-Mail : gycho68@gmail.com