

# 무선공중망을 이용한 의료 정보 데이터 원격 모니터링 시스템에 관한 연구

이택규\*, 김영길\*

\*아주대학교

A study on the implementation of Medical Telemetry systems using wireless  
public data network

Taek-kyu Lee\*, Young-kil Kim\*

\*Ajou University

E-mail : webzzang@madang.ajou.ac.kr

## 요 약

정보 통신 기술이 발전함에 따라 가정에서 손쉽게 혈압, 맥박, 심전도, 혈중산소포화도, 혈액검사 까지 할 수 있는 재택 의료기기와 무선 공중망을 연동하여 일반 국민들이 이제 집에서 간편하게 건강 검진을 받을 수 있는 서비스가 가능하게 되었다.

사람의 몸에서 검출되는 생체 데이터를 가정에서 무선 공중망을 이용하여 원격지 병원의 시스템에 전송함으로써 효율적인 원격 모니터링 의료 서비스에 활용될 수 있다.

무선 근거리 통신망을 이용한 의료 정보 전송 시스템에서 개인이 소지한 단말기를 통해 취득한 생체 신호를 무선으로 병원 내에 있는 기저 시스템을 통해 중앙의 시스템에 전송한다. 원격 모니터링 시스템은 필요한 무선 매체 액세스 프로토콜을 이용하여 구현한다. 이러한 매체 액세스 프로토콜로는 IEEE 802.11 의 CSMA/CA(Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) 프로토콜에 폴링 방식을 접목시켜 구현하였다.

본 연구에서는 심전도, 혈압, 혈중산소포화도 측정장치를 가지는 재택 원격 모니터링 시스템 중에서 심전도 측정 부분을 구현하기 위해 이동형 단말기 내부에 심전계 기능을 내장하였다. 이동형 단말기에 900MHz 대역을 사용하는 무선 공중망 인터페이스를 첨가하여, 가정에서의 일반인, 허약 노인, 환자 등의 심전도를 취득하여 저장, 기록함으로써 건강 진단을 받거나 또는 심장 질환을 가졌을 경우, 복잡한 심장 질환을 효과적으로 감시·관리할 수 있는 시스템을 개발하였다.

제안한 무선 공중망에 기반한 의료 정보 전송 시스템을 구현함에 있어서, 이동형 단말기는 생체 신호 데이터 중에서 심전도 데이터를 무선 공중망 모뎀과 NCL(Native Control Language) 프로토콜을 사용하여 무선 공중망과 접속되어 전송되고, 공중망에 든 SCR(Standard Context Routing) 프로토콜을 사용하여 유선 접속되어 있는 관리 호스트 컴퓨터에 등록되어 있는 개인 정보와 취득한 심전도 데이터를 검토하고 그에 상응하는 검진을 이동형 단말기로 보냄으로써, 무선 공중망을 이용한 의료 정보 전송 시스템을 구현될 수 있음을 검증하였다.

## ABSTRACT

As information communication technology developed we could check our blood pressure, pulsation, electrocardiogram, SpO2 and blood test easily at home. To check our health at ordinary times is able though interlocking the house medical instrument with the wireless public data network. This service will help the inconvenience to visit the hospital everytime and will save the individual's time and cost.

In each house an organism data which is detected from the human body will be transmitted to the distance hospital and will be essentially applied through wireless public data network.

The medical information transmit system is utilized by wireless close range network. It would transmit the obtained organism signal wirelessly from the personal device to the main center system in the hospital. Remote telemetry system is embodied by utilizing wireless media access protocol. The protocol is embodied by grafting

CSMA/CA(Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) protocol falling mode which is standards from IEEE 802.11.

Among the house care telemetry system which could measure blood pressure, pulsation, electrocardiogram, SpO<sub>2</sub> the study embodies the ECG(electrocardiograph) measure part. It within the ECG function into the movable device and add 900MHz band wireless public data interface. Then the aged, the patients even anyone in the house could obtain ECG and keep, record the data. It would be essential to control those who had a health-examination, heart diseases or more complicated heart diseases and to observe the latent heart disease patient continuously.

To embody the medical information transmit system which is based on wireless network. It would transmit the ECG data among the organism signal data which would be utilized by wireless network modem and NCL(Native Control Language) protocol to contact through wireless network. Through the SCR(Standard Context Routing) protocol in the network it will be connected to the wired host computer. The computer will check the recorded individual information and the obtained ECG data then send the correspond examination to the movable device. The study suggests the medical transmit system model utilized by the wireless public data network.

## I. 서 론

현재의 의료서비스는 환자가 병원을 방문하여 의사의 진료를 받는 형태를 취하고 있어, 시간적 제약과 공간적 제약을 갖고 있다. 그러나 정보 통신 기술이 발달함에 따라 통신망, 의료기기, 의료 정보, 정보통신 등 각 분야별 전문업체들과 컨소시엄을 구성하고 일반인이 집안에서 원격의료진용인 의료기기를 사용해 측정된 혈압, 산소혈중포화농도 등 각종 생체신호를 원격진료센터에 전송하면 인근 지역의 의료기관이 건강상태를 점검해주는 재택의료서비스가 가능하게 되었다. 일반인의 건강을 관리, 자문해 주는 재택의료기기는 시간 또는 금전적인 문제로 자주 병원을 찾을 수 없었던 일반인과 환자들이 병원을 직접 방문하지 않고도 가정에서 편리하게 재택의료서비스를 받을 수 있게 됨으로써 의료서비스의 대중화가 급진전될 전망이다.

심전도, 혈압(NIBP), 혈중산소포화도 ( $SpO_2$ ) 등의 의료용 센서들은 일반인이 일상 생활을 하는 동안에도 원격으로 상태 변화를 감시할 수 있는 재택 원격 모니터링 시스템의 필요성은 날로 커지고 있으며 국가의 근원 사업인 원격 진료, 원격 검진 시스템과 같은 연구가 이를 대표하고 있다.

무선 공중망은 최근에서야 상용 서비스를 시작한 통신 서비스로서 TCP/IP, X.25, SLIP/PPP와 같은 컴퓨터 산업 전반에 걸쳐 표준으로 사용되는 네트워크 프로토콜을 지원하는 무선 통신망으로 기본적으로 데이터 통신을 위한 통신망이라는 점에서 타 무선 통신망과 차별성을 가지고 있다. 에이미디어사의 구축된 무선 공중망은 완벽한 이동성을 제공하여 고속 주행 중에도 양방향 데이터 통신이 가능하며 시스템에서 암호화 처리로 완벽한 보안성을 제공하며 특정 그룹의 모든 단말기에 일제히 동일한 메시지 송신이 가능한 특징을 가지고 있어 HIS(Hospital Information

System)와 같은 의료 정보화 시스템에 연계가 쉬운 장점을 가지고 있다<sup>[1-2]</sup>.

본 논문에서는 무선 공중망을 이용하여 일반 가정에서도 생체 데이터를 전송하여 종합적으로 건강 상태를 검진할 수 있는 재택 생체 데이터 원격 모니터링 시스템 중 심전도 측정부분의 모델을 제안하였다. 그리고 제안된 시스템 구현을 위해서 필요한 이동형 심전도 단말기와 담당 의사를 위한 휴대형 담당 의사 단말기를 구현하였다. 이동형 단말기는 심전도 데이터를 획득하여 심전계 내에서 자동 진단을 수행한 후, 무선 공중망을 통해서 휴대형 담당 의사 단말기로 진단 결과 메시지와 진단에 사용된 심전도 데이터를 전송한다. 따라서 담당 의사는 환자 상태를 판단하여 적절한 조치를 취할 수 있다. 연구 결과, 무선 공중망을 이용하여 재택 혹은 원격리에서도 환자를 감시할 수 있는 의료 정보 전송 시스템을 구현할 수 있음을 검증하였다.

## II. 본 론

### 1. 무선 데이터 통신망

국내의 에이미디어사가 현재 서비스하는 무선 데이터 통신망은 모토로라의 DataTAC5000 시스템으로서 DataTAC Open Protocol인 RD-LAP(Radio Data Link Access Procedure), NCL(Native Control Language), DM(DataTAC Messaging) 프로토콜에 따라서 통신 사양을 규정하고 있다. DataTAC5000 시스템의 주요 구성 요소는 RNG 5000(Radio Network Gateway 5000), CommHub IS(Communication Hub Intermediate System), NMC7000(Network Management Controller 7000), RNC7000(Radio Network Center 7000), DSS-II(DataTAC System Station II) 혹은 DSS-III 단말기(terminal device)이다<sup>[2-3]</sup>.

ACC(Area Communication Controller)는 패킷

교환 네트워크인 X.25, TCP/IP, PPP 프로토콜을 통해서 호스트와 무선 단말기의 통신 기능을 제공한다. DataTAC5000 시스템은 광대역 링크에 의해서 서로 연결되어 있는 복수개의 ACC를 가질 수 있고 이때 ACC는 주어진 영역 내에 있는 단말기와 호스트를 연결하여 응용 서비스를 제공한다<sup>[1,3]</sup>.

CommHub IS는 DataTAC 통신 인프라스트럭처 장비와 호스트 컴퓨터 사이의 상호 연결에 필요한 중심점을 제공 외에 NMC에 알람 혹은 통계 정보를 제공하는 기능을 포함한다.

RNG5000은 호스트 컴퓨터와 이동형 혹은 휴대형 단말기와의 데이터 메시지를 라우팅하는 데이터 메시지 교환기이다.

RNC7000은 기지국을 관리하는 장치로서 RNG와 이더넷 근거리 통신망으로 연결되어 있고, RNG가 요청한 아웃바운드(outbound) 메시지를 전송하고 인바운드(inbound) 메시지를 RNG에 전달하는 기능을 수행한다.

NMC7000은 모든 DataTAC 구성요소를 위한 데이터베이스 관리 기능을 가지고 있으며 네트워크 통계 정보를 수집하고 진단 테스트를 통한 기능 이상을 자동으로 파악한다.

DSS-II(또는 DSS-III)는 무선 단말기로부터 무선 신호를 받아 RNG에 전송하거나 RNG로부터 받은 메시지를 무선 단말기로 송신하는 기능을 담당한다.

## 2. 제안한 무선 공중망 의료 정보 전송 시스템

의료 정보를 전송하는 시스템은 무선 공중망에 환자의 상태를 관리하는 서버 형태의 호스트 컴퓨터와 이동형 개인 단말기 및 휴대형 담당 의사 단말기가 접속되어 동작하는 시스템이라 할 수 있다. 그림 1은 제안한 전체 시스템을 나타내고 있다. 여기에서 의료 정보에 대한 패킷 데이터는 RNG(Radio Network Gateway)에 의해 환자 관리 호스트에 라우팅되고 환자 관리 호스트는 CommHub를 통해 RNG에 연결된다. 그러므로 환자 관리 호스트는 원격지에 설치할 수 있어서 실제로 서비스를 제공하는 곳에서 관리할 수 있다. 의료 정보 전송 시스템의 경우 환자 관리 호스트는 병원이나 시스템 관리 업체에 설치할 수 있다<sup>[2,4]</sup>.

## 3. 무선공중망의 환자관리 호스트

호스트 컴퓨터는 서비스를 제공하는 서버의 역할을 하는 것으로 RNG와는 전용 회선이나 공중망을 통해 접속할 수 있다. 응용 프로그램과 서비스를 위한 데이터베이스가 저장되는 컴퓨터이다. 의료 정보 전송 시스템의 응용 서버용 프로그램이 설치될 환자 관리 호스트 컴퓨터인 것이다.

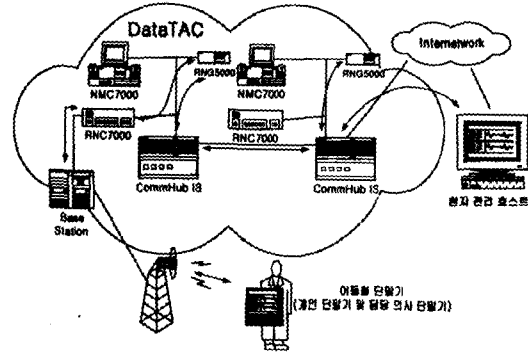


그림 1. 제안한 전체 시스템과 의료 정보의 흐름

Fig. 1. Proposal system and medical information stream

의사의 워크스테이션은 환자 관리 호스트와 인터넷을 통해 연결된 다른 컴퓨터에서 웹 브라우저를 통해 작업할 수 있도록 되어 있어야 한다.

환자 관리 호스트 소프트웨어는 수동적인 모드로 동작한다. RNG에 연결된 상태에서 각 가입자의 단말기에서 전달되는 데이터를 받아 처리한다. 환자 관리 호스트는 우선 해당 RNG의 포트에 연결 요청을 하여 연결한다. 연결이 이루어지면, 호스트는 인증을 위해 호스트 ID(HostID)와 암호를 RNG에 전송한다. 그리고 호스트 ID와 암호가 RNG에 등록된 정보와 일치하면 호스트와 RNG 사이에 연결이 인증된다. 이 때부터, RNG는 이동형 단말기에서 전송된 데이터를 환자 관리 호스트에 전달한다. 그 다음에 환자 관리 호스트는 RNG로부터 받은 데이터를 확인하여 LLI(Logical Linked Identifier)를 검사한다. 이동형 단말기의 환자 ID 지도(LLI-Patient ID map)에 이미 존재하는 LLI이면 이동형 단말기 환자 ID 지도에서 얻은 환자의 ID를 사용하여 이벤트 로그(event log)를 작성한다. 만약 환자 ID 지도에 존재하지 않는 새로운 LLI가 들어오면 데이터베이스를 검색하여 환자 ID를 찾아 이동형 단말기 환자 ID 지도(LLI-Patient ID map)에 등록하고, 해당 환자 ID를 사용하여 이벤트 로그를 작성한다. 그리고 개인 단말기에서 MI 형태의 심전도 데이터와 진단 정보를 보내면 파형과 진단 정보를 화면에 출력하고, 환자 관리 호스트 쪽에서 입력한 메시지를 환자 측 단말기에 보낸다. 호스트 쪽에서 입력한 메시지의 전송에 대해 확인을 요구하면 RNG쪽에서 HC 메시지를 보내는 것으로 환자 관리 호스트 동작이 완료된다.

## 4. 이동형 개인 단말기

이동형 개인 단말기는 그림 2과 같이 아날로그 모듈, 디지털 모듈, NCL 정합부, 공중망 모듈은

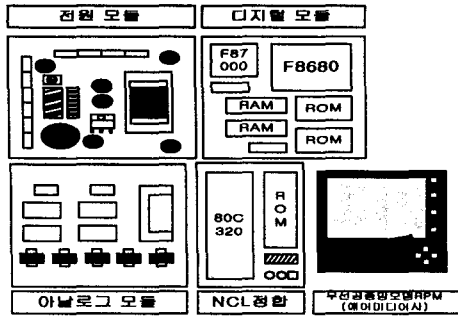


그림 2. 이동형 개인 단말기 블록도  
Fig. 2. Block diagram of mobile personal device

로 구성된다. 아날로그 모듈은 심전도 획득부로서 환자 몸에 부착될 리드, 리드 선택기, 전원 노이즈 제거 및 출력 임피던스 보상과 신호 증폭을 위한 전치증폭기와 차동증폭기, 4개의 Pole과 0.05~60Hz의 대역폭을 가진 LPF, 디지털 변환을 위한 아날로그-디지털 변환기로 구성된다<sup>[7-9]</sup>.

디지털 모듈은 프로세서인 F8680(PC/CHIP)을 사용하여 파라미터 검출의 전처리 과정과 진단 파라미터 검출을 수행한다. NCL 정합부의 프로세서인 DS80C320은 두 개의 직렬 인터페이스를 이용하여 F8680과 공중망 모뎀사이의 NCL 프로토콜 처리 및 공중망 모뎀 감시 기능을 수행한다<sup>[10-11]</sup>.

5. 휴대형 담당의사 단말기

휴대형 담당의사 단말기의 하드웨어는 그림 3과 같이 심전도 및 정보 표시를 위한 그래픽 LCD(128x64)와 공중망 모뎀 그리고 DS80C320 프로세서로 구성되어 있다. DS80C320은 공중망 모뎀 제어를 위해서 환자 단말기의 NCL 정합 기능과 동일한 기능을 수행하며 또한 그래픽 LCD에 심전도 데이터 표시를 위한 제어 및 보간 기능을 수행한다.

담당 의사가 의료정보를 받아 볼 수 있는 단말기로 개인 단말기에서 수집된 의료 정보를 받아 볼 수 있도록 환자 관리 호스트 서버에 의해 관리된다.

공중망 모뎀 인터페이스를 위한 NCL 정합 기능은 예외(escape) 처리된 프레임 단위로 이루어진다. 트랜잭션 모드의 NCL 프로토콜 처리 방식과 전송 지연 등을 고려하여 2048 바이트의 길이를 갖는 다수의 버퍼(mailbox)를 두고 이를 이벤트에 의한 제어신호에 따라서 관리함으로써 효율적인 메모리 관리와 안정된 데이터 전송을 할 수 있다. 제어 신호는 송신 완료, 송신 실패, 수신 완료 등의 이벤트에 의해서 발생되며 각 이벤트에 따라서 버퍼의 상태정보를 활성, 대기, 아이들 모

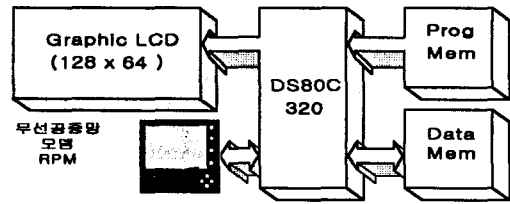


그림 3. 휴대형 담당의사 단말기의 구성  
Fig. 3. Configuration of portable doctor adaptor

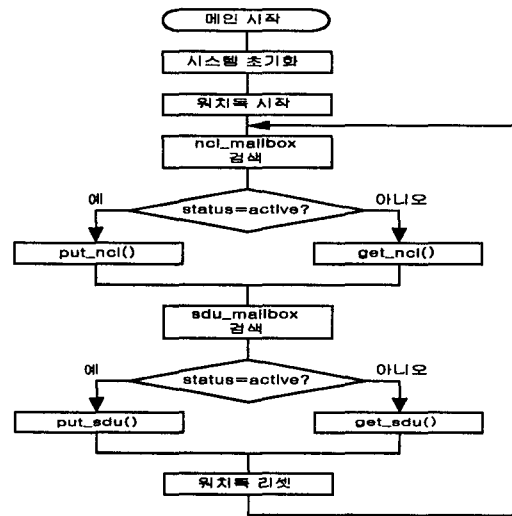


그림 4. NCL 정합부 알고리즘  
Fig. 4. Algorithm of NCL matching unit

드로 변화시켜 가며 관리한다. 전송된 프레임은 매핑 처리를 통해서 NCL 프레임으로 변환이 이루어지고 예외 처리를 거쳐서 무선 모뎀에 전송된다. 반대로 무선 모뎀을 통해 들어온 데이터는 오류 점검을 거쳐 프레임 종류에 따라서 해당 이벤트 처리를 수행한다.

그림 4에서 시스템 감시 기능은 하드웨어 워치독 타이머와 가상 타이머를 이용하여 수행한다. 워치독 타이머는 '2<sup>26</sup>+512'개의 시스템 클럭 동안 시스템이 올바른 수행을 하지 않으면 시스템을 리셋시킴으로써 시스템의 폭주를 막을 수 있다. 그리고 DS80C320의 타이머0을 이용한 8개의 가상 타이머는 시스템 폭주 위험이 있는 서브루틴 프로그램을 감시하여 정의된 시간 동안 작업이 수행되지 않으면 메인 프로그램으로 복귀시키는 기능을 한다<sup>[11]</sup>.

III. 실험 방법 및 결과

1. 실험방법

그림 5와 같이 구현한 이동형 환자 단말기와 그림 6의 휴대형 담당 의사 단말기로 무선 공중망에 기반한 의료 정보 전송 시스템의 최소 환경을 그림 7과 같이 설정하여 실험을 하였다. 무선 공중망 모뎀과 환자 관리 호스트 컴퓨터는 에어미디어사의 제품을 임대해 사용하였고 ECG를 측정, 처리할 수 있는 심전계는 Biosys사의 AFO-400 제품을 사용하였다.

실험에 사용된 심전도 데이터는 12비트 데이터로서 리드Ⅰ, 리드Ⅱ, 리드Ⅲ의 3개 채널 데이터로 구성되어 있으나 휴대형 단말기로의 전송 시에는 리드Ⅱ만을 2:1로 압축하여 전송한다. 실험용 심전도 데이터는 정상인 사람에서 측정된 심전도를 디지털 샘플링해서 파일화 한 것으로 심전도학회의 CSE 데이터베이스에 있는 데이터를 사용하였다.

환자 단말기의 디지털 모듈 프로세서인 F8680과 NCL 정합부 프로세서인 DS80C320의 직렬 통신 인터페이스는 19200bps로 설정하였고 공중망 모뎀과 NCL 정합부의 인터페이스는 9600bps로 설정하여 실험하였다.

실험은 가상의 이상 상태를 생성하여 F8680에서 DS80C320으로 진단에 사용된 10초 동안의 심전도 데이터와 진단 결과 메시지를 전송토록 하고 휴대형 단말기에서 수신한 환자 이름, 진단 결과, 심전도 데이터 표시 여부를 확인함으로써 수행하였다. 또한 NCL 프로토콜 처리 흐름 정보를 PC 화면에 표시함으로써 프로토콜 처리 기능의 수행여부를 확인하였고 NCL 프레임의 길이에 따른 전송 지연 시간을 측정해 보았다.

## 2. 실험 결과

그림 8은 이동형 개인 단말기로부터 전송된 데이터를 휴대형 단말기에서 수신한 결과를 보이고 있다.

그래픽 LCD의 중앙에는 수신된 심전도 데이터가 표시되며 하단에는 송신자와 진단 결과 메시지가 표시되었다. 진단 결과 메시지는 임의의 병명을 전송하여 수신 데이터와 메시지가 표시될 수 있음을 보인 것이다.

환자 단말기에서 공중망 모뎀과 NCL 정합부와 통신 프로토콜 처리과정은 다음과 같다. "TX KEYED"와 "TX DEKEYED"는 공중망 모뎀에서 하나의 프레임이 무선 채널을 통해 전송됨을 의미하며 "RCV MSG"는 공중망 모뎀을 통해서 하나의 메시지를 수신하였음을 나타낸다. 전송 모드인 경우 이 메시지는 RNG로부터의 전송한 메시지를 올바로 수신했다는 ACK 메시지와 같다. 전송 에러가 발생했을 경우에는 "TX KEYED"와 "TX DEKEYED"가 반복해서 나오며 성공적인 전송 이후에는 무선 모뎀으로부터 "RESPONSE SUCCESS"와 같은 이벤트 메시지가 생성된다.

프레임의 길이에 따른 전송 지연 시간을 10회

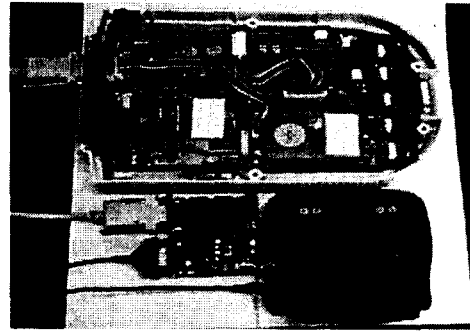


그림 5. 구현한 이동형 개인 단말기  
Fig. 5. Implemented mobile personal device

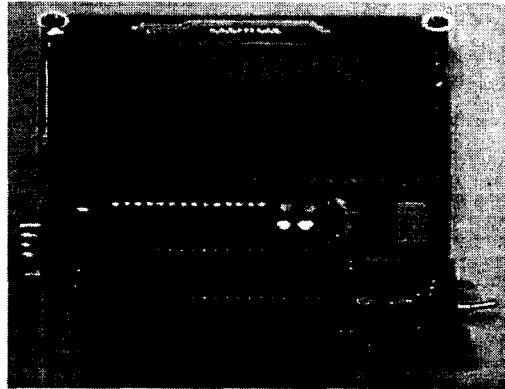


그림 6. 구현한 휴대형 담당의사 단말기  
Fig. 6. Implemented portable doctor device

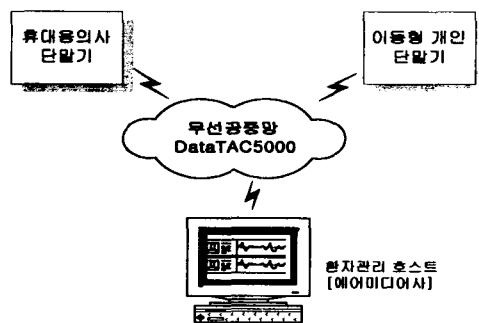


그림 7. 구현한 시스템의 실험 환경  
Fig. 7. Experimental environment of implemented system

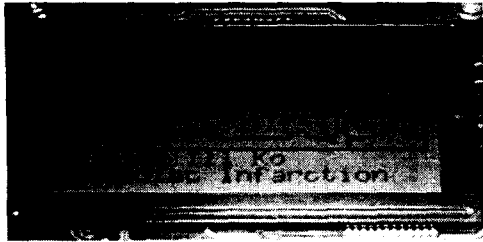


그림 8. 수신된 환자 데이터  
Fig. 8. Received patient data

표 1 프레임 길이에 따른 전송 지연  
Table 1 Transmission delay with frame length

길이 회수	128byte	256byte	512byte	1024byte	2048byte
1	25초	20초	1분20초	30초	27초
2	1분15초	44초	45초	1분15초	32초
3	24초	35초	43초	45초	58초
4	46초	50초	32초	56초	54초
5	45초	52초	48초	50초	50초
6	54초	43초	49초	41초	46초
7	42초	52초	40초	26초	52초
8	40초	7초	47초	46초	29초
9	50초	25초	45초	48초	39초
10	45초	53초	50초	40초	30초
평균	43.4초	40.1초	45.9초	44.5초	41.5초

에 걸쳐 측정된 결과는 표 1과 같다. 전송 지연 시간은 환자 단말기로부터 공중망 모뎀으로 데이터를 보내기 시작하는 시점부터 휴대형 단말기에 심전도 신호가 표시되기까지의 시간을 의미한다.

측정 결과로 나온 평균치는 최소 시간과 최대 시간을 뺀 나머지 측정치를 평균 낸 값이다. 평균치를 보면 알 수 있듯이 무선 공중망을 이용한 전송 지연은 프레임 길이보다 다수의 사용자에 의한 매체 획득까지의 대기 시간 혹은 무선 채널 오류에 의한 패킷 재전송 횟수 증가에 더 큰 영향을 받는 것으로 나타났다. 따라서 심전도 데이터의 분할 전송 시 오히려 전송 지연이 더 길어질 수 있다.

#### IV. 결 론

제안한 의료 정보 전송 시스템은 재택 및 원격지에서 활동 중에 있는 사람의 건강 상태를 체크하여 전송할 수 있는 시스템으로서 이동형 개인 단말기와 휴대형 담당 의사 단말기의 진단 결과 및 심전도 데이터 전송함으로써 무선 공중망을 이용해 의료정보 전송을 구현하였다.

실험 결과에서 본 바와 같이 트래픽 증가와 같은 원인에 의해서 전송 지연 시간이 증가하고 있다. 또한 한 개의 기지국에 속한 무선 단말기들이 사용할 수 있는 에어미디어사의 경우 현재 9600bps 채널을 공유하고 있어서 특정 순간에는 한 개의 무선 단말기만이 채널을 사용하고 있다. 반이중 통신(half-duplex)이며, RD-LAP 프로토콜의 오버헤드를 감안하면 사용자 데이터 속도는 800bps 이하로 된다. 이 경우 한 기지국에 여러 명의 무선 이동 단말기가 동시에 사용되면 채널 데이터 속도는 사용되는 단말기 수만큼 나눈 데이터 전송 속도가 되고 collision detection을 하여 데이터 전송을 다시 시도하기 때문에 한 개의 단말기에 할당되는 대역폭은 기하 급수적으로 줄어 들 것이다. 이런 문제를 해결하기 위한 방법으로는 고정된 메시지를 하나의 코드화하고 데이터 압축 기술 향상을 통해 데이터 량을 줄여나가거나 전송 속도 128kbps까지 지원 가능한 이동통신 무선 공중망과 재택의료기기를 연계하는 연구가 계속 되어야만 할 것이다.

또한 이동형 개인 단말기에 심전도, 혈압, 혈중 산소포화농도 등의 생체 신호 측정장비들을 모듈화하여 장착하고 휴대형 의사 단말기에 다른 진료 과목의 전문의를 연결할 수 있는 인터페이스를 첨가하여야 한 곳의 진료 과목에 국한되지 않는 종합적인 진단 및 처방이 가능한 재택 의료 원격 모니터링시스템이 구현될 수 있을 것이다.

#### 참고문헌

- [1] Airmidia, *DataTAC Protocol Specification*, August 1997.
- [2] Airmidia, *Wireless applications design and integration course of DataTAC system*, 1998.
- [3] Motorola, *DataTAC networks, introduction for application developers*, january 1996.
- [4] Motorola, *DataTAC 5000 release 5.0, host application programmer's manual*, january 1996.
- [5] Motorola, *Open protocol specifications, DataTAC messaging release 1.0*, November 1995.
- [6] Motorola, *Open protocol specifications, native control language release 1.2*, November 1995.
- [7] W. J. Tompkins, *Biomedical digital signal processing*, Prentice Hall, 1993.
- [8] 김남균, 김덕원, 김상현, 김선일, 민병구, 박광석, 이경중, 이상훈, 이운신, 이태수, 차은중, 허수진, *의공학 개론*, 여문각, 1995.
- [9] John G. Webster, *의용계측공학*, 麗文閣, 1998.
- [10] Dr. Andres Fortino, P.E., Arnold Villeneuve, Master CNE, *Networking Technologies*, McGraw-Hill, 1996.
- [11] 정용길, 홍성수 공저, *운영체제설계*, 쉐라, 1992.