

무선 데이터 통신망을 이용한 보행형 감시 시스템 개발에 관한 연구

고성일·김영길

아주대학교 공과대학 전자공학부
(1998년 12월 14일 접수, 1999년 1월 29일 채택)

A Study on the Implementation of Ambulatory Monitoring System Using Wireless Data Communication Network

S.I. Ko, Y.K. Kim

Dept. of Electronics Eng. Ajou University
(Received December 14, 1998, Accepted January 29, 1999)

요약: 홀터 심전계는 일반 심전계와 달리 활동중의 심전도를 기록함으로써 복잡한 심장질환을 효과적으로 모니터링할 수 있으나 24시간 동안의 심전도를 수집하여 진단하기 때문에 급작스런 심장질환에 대해서는 대처할 수 없다. 따라서 본 논문에서는 홀터 심전계와 같은 이동형 심전도 단말기에 900Mhz 대역을 사용하는 무선 데이터 통신망 인터페이스를 첨가하여 심장 이상으로 인한 급사위험이 있는 환자를 감시·관리할 수 있는 보행형 감시 시스템 모델을 제안하고 이동형 심전도 단말기와 담당 의사를 위한 휴대형 단말기를 구현함으로써 무선 데이터 통신망을 이용한 보행형 감시 시스템이 구현될 수 있음을 검증하였다.

Abstract: Since a Holter monitor records a patients' ECG when he is in motion, it can monitor complex heart disease effectively. But it can not handle a sudden heart disease because the diagnosis process will be done only after 24 hours. So in this study, a model of ambulatory monitoring system using wireless data communication network is proposed. And a mobile ECG equipment and a doctors' terminal are developed for the proposed system implementation. As a result, we can evaluate that the proposed ambulatory monitoring system is suitable for the management of ambulatory patients who may be at risk form sudden cardiac abnormalities.

Key words: 보행형 감시 시스템(ambulatory monitoring system), 심전도(Electro cardiogram), 무선 데이터 통신망, NCL(Native Control Language), RD-LAP(Radio Data Link Access Procedure), 이동형 심전도 단말기(Mobile ECG equipment), 휴대형 단말기(Wireless data communication terminal equipment)

서론

통계청 자료에 따르면 최근 미국에서 연간 60만 명 이상이 갑작스런 심장마비로 사망했으며 한국에서도 식생활 변화에 따른 심장질환 사망자가 전체 사망요인의 25%를 차지하고 있다고 한다. 또한 심장에 운동이나 산소 결핍 등의 부담을 가하면 잠재성 순환장애가 나타나는 환자에게 10초 내외의 짧은 시간동안 측정하는 일반 심전계 검사에서 잘못된 임상 판정의 가능성

이 증가하고 있다고 한다.

홀터 심전계는 일반 심전계로 포착할 수 없는 복잡한 심장질환을 밝혀냄으로써 효과적인 치료를 할 수 있도록 할뿐만 아니라 갑작스런 심장마비를 방지할 수 있다는 것이 세계적으로 밝혀짐에 따라서 최근 순환기내과, 일반내과, 검진센터 등의 영역에서 사용이 급증하고 있다. 그러나 환자에게 부착한 후 24시간 후이나 진단을 통해서 잠재성 심장질환을 밝혀낼 수 있기 때문에 갑작스런 심장질환 발생에 대한 신속한 대처는 할 수 없다.

따라서 무선통신 기술을 이용하여 환자가 일상생활 중에 갑작스런 이상상태가 발생하였을 경우 전문의에 의해 적절한 처방을 받을 수 있는 보행형 감시 시스템(ambulatory monitoring system)의 필요성이 대두되고 있다[1,2].

통신저자: 고성일, (442-749) 경기도 수원시 팔달구 원천동
아주대학교 전자공학부,
Tel. (0331)219-2378, Fax. (0331)212-9531
E-mail: atom7@madang.ajou.ac.kr

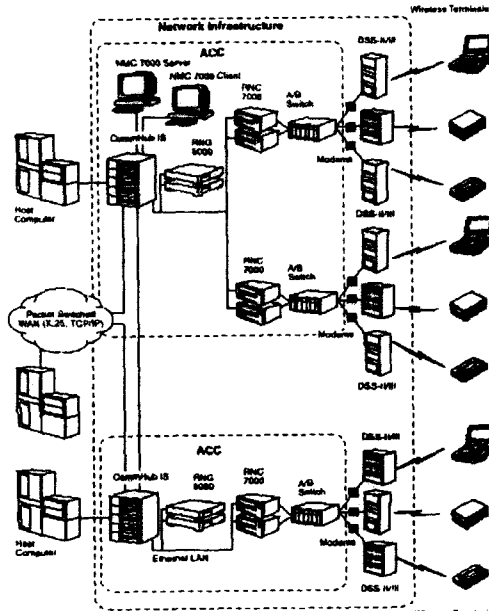


그림 1. DataTAC 5000 시스템 구성
Fig. 1. DataTAC 5000 system structure

무선 데이터 통신망은 최근에서야 상용 서비스를 시작한 통신 서비스로서 TCP/IP, X.25, SLIP/PPP와 같은 컴퓨터산업 전반에 걸쳐 표준으로 사용되는 네트워크 프로토콜을 지원하지므로 타 무선 통신망과 비교하여 볼 때, HIS(Hospital Information System)와 같은 의료정보화 시스템에 연계가 쉬운 장점을 가지고 있다[3].

본 논문에서는 무선 데이터 통신망을 이용하여 잠재성 심장 질환 환자에 대해서 지속적으로 감시하고 이상 상태가 발생하였을 경우 환자의 위치 등을 파악하여 병원으로 후송하는 등의 효율적이고 신속한 조치를 취할 수 있는 보행형 감시 시스템을 모델을 제시하였다. 그리고 제안된 시스템 모델의 구현을 위해서 필요한 이동형 심전도 단말기(이하 환자 단말기)와 담당 의사를 위한 휴대형 단말기를 구현하였다. 환자 단말기는 심전도 데이터를 획득하여 자동진단을 수행, 이상 상태가 검출되면 무선 데이터 통신망을 통해서 휴대형 단말기로 진단결과 메시지와 진단에 사용된 심전도 데이터를 전송한다. 따라서 담당의사는 환자 상태를 판단하여 적절한 조치를 취할 수 있다.

연구결과, 아직까지 연구사례가 발표된 바 없는 무선 데이터 통신망을 이용하여 재택 혹은 원거리에서도 심장질환 환자를 감시할 수 있는 보행형 감시 시스템을 구현할 수 있음을 검증하였다.

무선 데이터 통신망

국내에서 에이미디가 서비스하는 무선 데이터 통신망은 모토로라의 DataTAC5000 시스템으로서 DataTAC Open Protocol인 RD-LAP(Radio Data Link Access Procedure),NCL

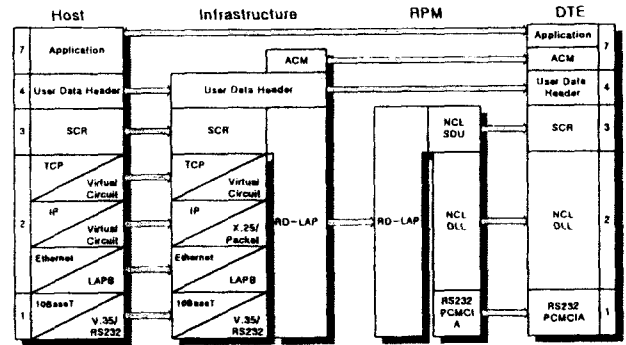


그림 2. 프로토콜 스택
Fig. 2. Protocol Stack

(Native Control Language), DM(DataTAC Messaging) 프로토콜에 따라서 무선 데이터 망, 무선모뎀 그리고 데이터 단말 장치간의 통신 사양을 규정하고 있다[4-6].

기지국(Base Station)은 무선 채널에서 사용되는 RD-LAP 메시지와 RNC(Radio Network Controller)에서 사용되는 HDLC (High level Data Link Control) 메시지 사이의 변환 기능을 수행한다.

RNC는 무선 채널의 통신 부하를 조절하거나 액세스 관리, RNG(Radio Network Gateway)와 무선 디바이스 사이의 메시지 교환 기능을 수행하고 로밍 중인 무선 디바이스를 추적하는 기능도 가지고 있다. RNG는 호스트와 무선 디바이스간 혹은 무선 디바이스간의 세션을 설정하고 무선 단말기로부터 수신된 메시지를 호스트 응용 프로그램으로 라우팅 하거나 반대의 기능도 수행한다.

NMC(Network Management Controller)는 모든 DataTAC 구성 요소를 위한 데이터베이스 관리, 장비의 알람 상태 감시 및 표시와 같은 네트워크 관리 기능을 수행한다[3,4].

무선 디바이스와 호스트 응용프로그램 간의 메시지 교환에 사용되는 프로토콜 스택은 다음과 같다.

제안된 보행형 감시 시스템

제안된 보행형 감시 시스템은 환자에게 부착된 환자 단말기와 무선 데이터 통신망에 접속되어 있는 환자관리 서버 그리고 마지막으로 담당의사가 환자 이벤트를 수신하고 처방을 전송할 수 있는 휴대형 무선 데이터 통신망 단말기로 구성되며 각각의 기능은 다음과 같다.

환자 단말기는 마이크로프로세서를 이용하여 심전도 획득 및 파라미터 검출, 자동 진단 기능을 수행한다. 진단을 통해서 이상 유무를 판별하고 만약 이상 상태가 발생하면 진단 결과와 진단에 사용된 심전도 데이터를 무선 데이터망을 통해서 환자 관리 서버로 전송한다. 또한 환자관리 서버 및 의사용 휴대 단말로부터 전송된 메시지를 표시함으로써 환자에게 적절한 처방을 알려 줄 수 있다.

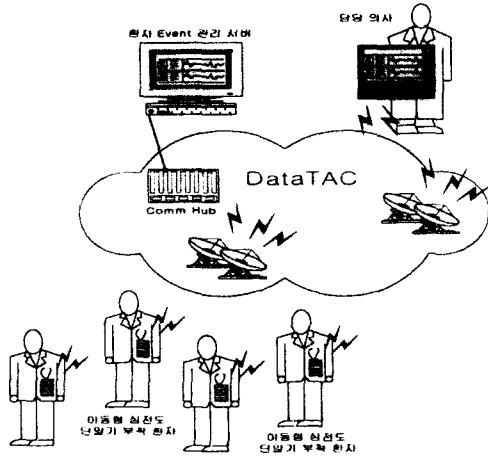


그림 3. 제안된 보행형 감시 시스템 구성
Fig. 3. Proposed ambulatory monitoring system

환자는 해당 병원에서 환자 단말기를 부여받을 때 환자관리 서버에 등록을 해야만 하며 환자 단말기를 부착하고 생활하다가 자신의 이상 상태를 자각하였을 때 수동으로 병원 내 환자관리 서버로 현재 상태 데이터를 전송하여 담당의사로부터 소견 정보를 받아 볼 수도 있다.

환자 관리 서버는 환자가 등록되어 있는 병원 내에 위치하며, 환자 단말기들로부터 이상 상태 메시지와 심전도 데이터를 수신하여 이를 해당 데이터 베이스에 기록함과 동시에 좀더 정확한 진단을 수행한다. 진단 결과에 따라서 이미 설정되어 있는 처방을 환자 단말기에 전송하거나 의사용 단말기에 환자 상태 데이터를 전송함으로써 담당의사의 확인을 받도록 한다.

환자 관리 서버와 무선 데이터망과는 트래픽과 전송 지연의 최소화를 위해서 전용망으로 구성되어야하며 SCR(Standard Context Routing) 프로토콜을 이용하여 통신을 수행한다. SCR은 RNG와 응용 호스트간 통신을 위해 만들어진 프로토콜로서 TCP/IP의 상위에서 동작하는 일종의 응용 계층 프로토콜이라 할 수 있다[7].

환자 단말기로부터 전송된 모든 데이터에는 고유의 식별번호(LLI: Logical Link Identifier)가 있어 이를 이용하여 데이터 베이스의 검색, 환자의 이벤트 이력관리를 수행한다.

의사용 단말기는 환자 관리 서버로부터 이상 상태가 발생한 환자의 상태 검증을 위한 것으로서 환자의 심전도 데이터 및 진단 결과 메시지 표시 기능을 갖고 있다. 담당 의사는 표시된 환자의 상태를 파악하여 환자에게 정확한 처방을 줄 수 있고 응급 상태 시에는 환자의 위치 정보 등을 받아서 환자 후송 등의 조치도 취할 수 있다.

1. 이동형 심전도 단말기

이동형 심전도 단말기는 아날로그 모듈, 디지털 모듈, NCL정합부, 공중망 모뎀으로 구성된다.

아날로그 모듈은 심전도 획득부로서 환자 몸에 부착될 전극,

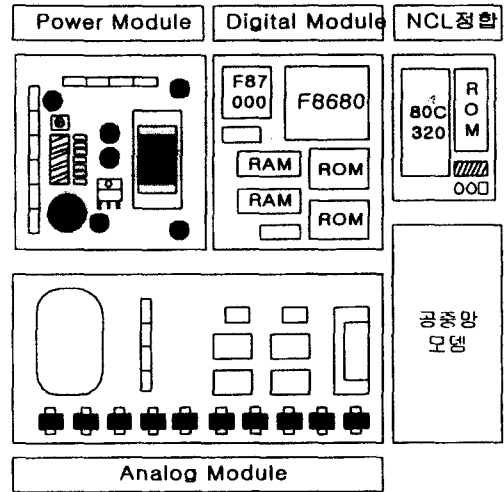


그림 4. 이동형 심전도 단말기 블록도
Fig. 4. Mobile ECG equipment block diagram

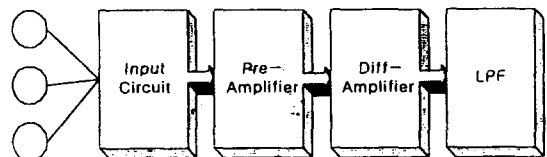


그림 5. 아날로그 모듈 블록도
Fig. 5. Analog module block diagram

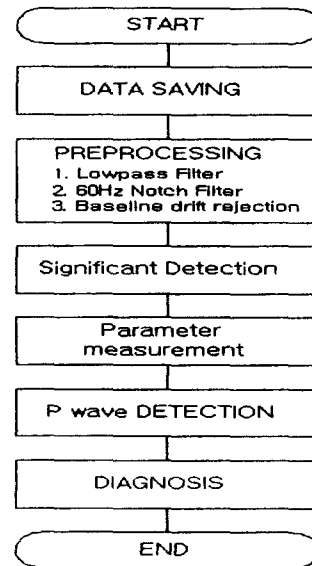


그림 6. 진단 알고리즘 흐름도
Fig. 6. Diagnosis algorithm Flow chart

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[8,9,10].

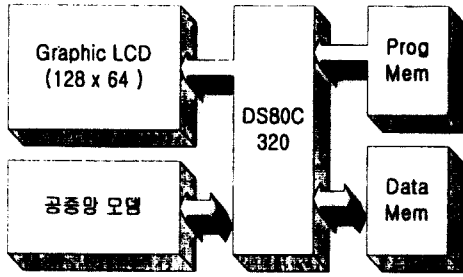


그림 7. 휴대형 단말기 구성
Fig. 7. Wireless equipment block diagram

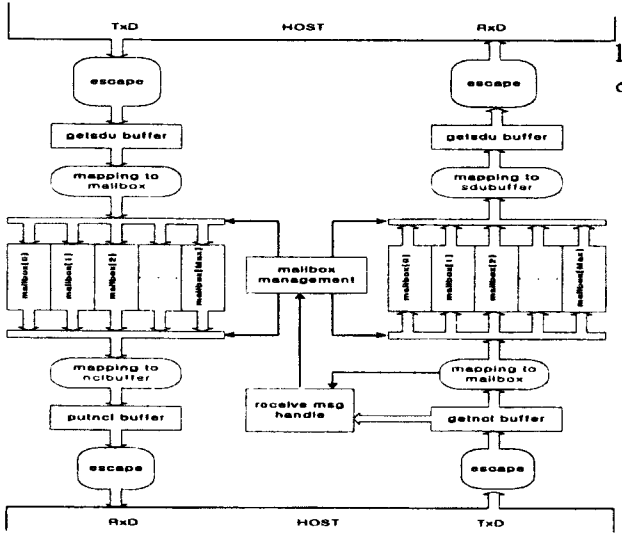


그림 8. NCL 프로토콜을 위한 소프트웨어 구조
Fig. 8. NCL Protocol software structure

디지털 모듈은 프로세서인 F8680(PC/CHIP)을 사용하여 파라미터 검출의 전처리 과정과 진단 파라미터 검출, 자동진단 알고리즘을 수행한다.

전처리 과정에서는 median 필터를 이용하여 기저선 변동을 제거하고, IIR 필터를 이용하여 60Hz 전원 노이즈를 제거한다. 그리고 나서 QRS complex와 T wave, R wave를 검출하고 이를 바탕으로 Rulebase를 적용하여 자동진단을 수행한다.

NCL 정합부의 프로세서인 DS80C320은 두 개의 직렬 인터페이스를 이용하여 F8680과 공중망 모뎀사이의 NCL 프로토콜 처리 및 공중망 모뎀 감시 기능을 수행한다[11,12].

2. 휴대형 단말기

담당 의사들을 위한 휴대형 단말기는 환자로부터 전송된 이상 상태 정보를 수신하여 진단 결과 메시지, 송신자, 진단에 사용된 심전도 정보를 화면에 표시한다.

하드웨어는 심전도 및 정보 표시를 위한 그래픽 LCD(128×64)와 공중망 모뎀 그리고 DS80C320 프로세서로 구성되어 있다. DS80C320은 공중망 모뎀 제어를 위해서 환자 단말기의 NCL 정합 기능과 동일한 기능을 수행하며 또한 그래픽 LCD에

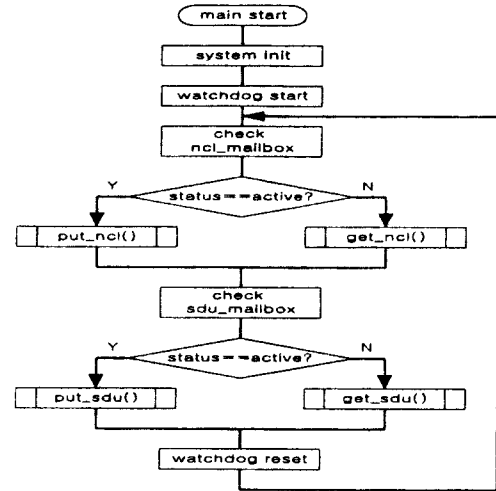


그림 9. 모뎀 제어 프로그램 흐름도
Fig. 9. Modem control program flow chart

심전도 데이터 표시를 위한 제어 및 보관 기능을 수행한다.

공중망 모뎀 인터페이스를 위한 NCL 정합 기능은 ESCAPE 처리된 프레임 단위로 이루어진다.

Transaction 모드의 NCL 프로토콜 처리 방식과 전송지연에 의한 Overrun에러 등을 고려하여 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 상태를 형성, 대기, Idle 모드로 변화시켜가며 관리한다. DS80C320으로부터 전송된 프레임은 매핑처리를 통해서 NCL SDU(Service Data Unit) 프레임으로 변환되고 ESCAPE 처리를 거쳐서 공중망 모뎀에 전송된다. 반대로 공중망 모뎀을 통해서 들어온 데이터는 에러검출을 거쳐 프레임의 종류에 따라서 해당 이벤트 처리를 수행한다 [13].

실험 방법 및 결과

1. 실험 방법

구현한 이동형 환자 단말기 2대와 휴대형 단말기 1대로 보행형 감시 시스템의 최소 환경을 설정하여 실험을 하였다.

실험에 사용된 심전도 데이터는 12비트 데이터로서 Lead I, Lead II, Lead III의 3개 채널 데이터로 구성되어 있으나 휴대형 단말기로의 전송 시에는 Lead II만을 2:1로 압축하여 전송한다.

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

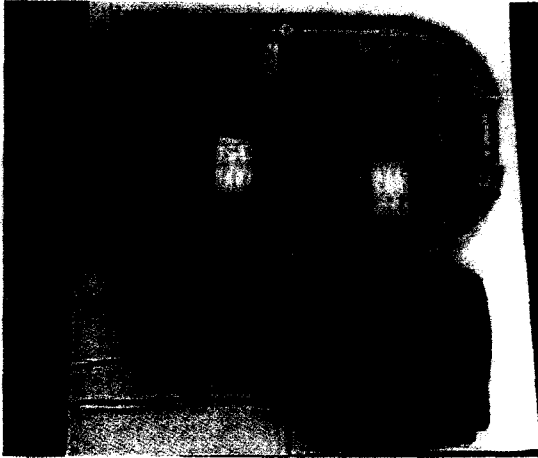


그림 10. 구현한 환자 단말기
Fig. 10. Implemented mobile ECG equipment

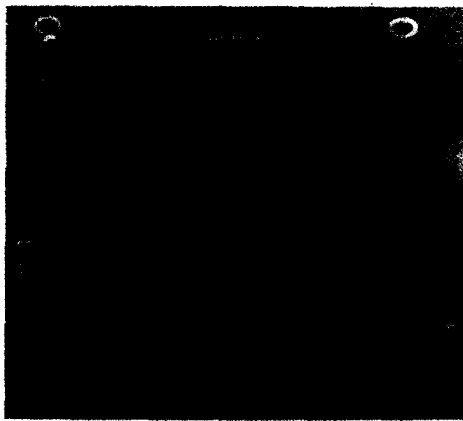


그림 11. 구현한 휴대형 단말기
Fig. 11. Implemented wireless equipment

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

[그림13]는 환자 단말기로부터 전송된 데이터를 휴대형 단말기에서 수신한 결과를 보이고 있다.

표시부의 중앙에는 수신된 심전도 데이터가 표시되며 하단에는 송신자와 진단 결과 메시지가 표시되었다. 심전도 파형을 표시하는 경우 그래픽 LCD 해상도에 비해 데이터 량이 많기 때문에 스크롤 방식을 이용하여 표시하였다.

[그림12]는 환자 단말기에서 공중망 모뎀과 NCL 정합부의

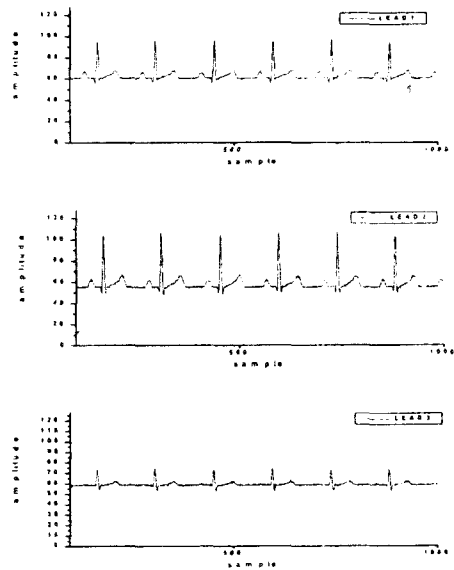


그림 12. 실험에 사용된 심전도 파형
Fig. 12. ECG signal for experiments



그림 13. 수신된 환자 데이터
Fig. 13. Received patients' data

```

TX KEYED.
TX DEKEYED.
TX KEYED.
TX DEKEYED.
TX KEYED.
TX DEKEYED.
TX KEYED.
TX DEKEYED.
RESPONSE SUCCESS
RECEIVE MSG.
MSG:@ ●CM▼Y
TX KEYED.
TX DEKEYED.
    
```

그림 14. 프로토콜 처리 과정
Fig. 14. Protocol process

통신 프로토콜 처리과정을 보여주고 있다.

“TX KEYED”와“TX DEKEYED”는 공중망 모뎀에서 하나의 프레임이 무선 채널을 통해 전송됨을 의미하며 “RCV

표 1. 프레임 길이에 따른 전송 지연

Table 1. Transmission delay for frame length

| 길이 횟수 | 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 |

MSG”는 공중망 모뎀을 통해서 하나의 메시지를 수신하였음을 나타낸다. 전송 모드의 경우 이 메시지는 RNG로부터의 전송한 메시지를 올바로 수신했다는 ACK메시지와 같다. 만일 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 10회에 걸쳐 측정 한 결과는 [표 1]과 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 데이터 통신망을 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. 그러나 실험환경이 기지국이 많이 밀집되어 있는 서울 지역(에어미디어 본사)에서는 측정 평균값보다 적은 10초 이하의 전송 지연을 갖는 것으로 나타났으며 이는 실험을 행한 지역, 시간, 공간에 전송 지연 시간이 달라질 수 있음을 보여준다.

결 론

제한한 보행형 감시 시스템은 재택 및 원거리에서 활동 중에 있는 환자에게 이상상태가 발생하였을 경우, 이에 대한 신속한 조치를 할 수 있는 시스템으로서 환자 단말기와 휴대형 단말기

의 진단 결과 및 심전도 데이터 전송 실험을 통해서 실용 가능성을 검증하였다.

실험 결과에서 본 바와 같이 트래픽 증가와 같은 원인에 의해서 전송 지연 시간이 증가하는 경우 응급 환자 조치에 치명적일 수 있다. 그러므로 정확한 진단을 통해서 전송 횟수를 줄이거나 데이터 압축 기술 향상을 통해서 데이터 량을 줄이거나 고정된 형태의 메시지(처방 메시지)는 하나의 코드로 전송하는 방식에 대한 연구가 계속되어야만 할 것이다.

또한 환자의 급작스런 발작과 같은 경우 이에 대한 대처를 원활히 하기 위해서는 환자의 위치 추적 기능과 제한된 시스템의 구성요소인 환자관리용 서버에 대한 개발이 필수적으로 필요하며 이를 위한 연구가 추가적으로 이루어져야만 진정한 보행형 감시 시스템이 구현될 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

1. 류점수, 고성일, 김영길, “의료정보(심전도 데이터) 전송을 위한 무선 LAN MAC 계층 구현에 관한 연구”, 대한전자공학회지, vol 34, p50-59, 1997
2. 정희창, 한민수, 류점수 “무선 이동통신 기술에 기반한 의료 정보 전송 프로토콜 구현”, 대한의공학회지, 제 19권, 제 1호, p19-24, 1998
3. Airmedia, “Wireless applications design and integration course of DataTAC system”, 1998
4. Motorola, “DataTAC 5000 release 5.0, host application programmer’s manual”, january 1996
5. Motorola, “Open protocol specifications, native control language release 1.2”, Nove- mber 1995
6. Motorola, “Open protocol specifications, DataTAC messaging release 1.0”, Novem- ber 1995
7. Motorola, “DataTAC networks, introduction for application developers”, january 1996
8. W. J. Tompkins, “Biomedical digital signal processing”, Prentice Hall, 1993.
9. 김남균, 김덕원, 김상현, 김선일, 민병구, 박광석, 이경중, 이상훈, 이윤신, 이태수, 차은중, 허수진 공저, “의 공학 개론”, 여문각, 1995
10. John G. Webster, “의용계측공학”, 여문각, 1998
11. Jim Geier, “Wireless networking handbook”, New Riders, 1996.
12. Dr. Andres Fortino, P.E., Arnold Villeneuve, Master CNE, “Networking Technologies”, McGraw-Hill, 1996
13. 정용길, 홍성수 공저, “운영체제설계”, 쉐라, 1992