
의료 정보(심전도 데이터)를 위한 Wireless Realtime Monitoring System 구현

한민수*, 고성일*, 김양호*, 이강민*, 김영길*

Implementation of Wireless Realtime Monitoring System for Medical Information(ECG data)

Min-Soo Han*, Sung-il Ko*, Yang-ho Kim*, Kang-Min Lee*, Young-kil Kim*

요 약

무선 실시간 모니터링 시스템은 무선 모뎀, 중앙 모니터, 이동단말기, 데이터베이스 서버로 구성되며 환자의 이동성, 설치시간의 감소, 장기간으로 본 비용절감 등의 잇점을 제공한다. 또한 이 시스템은 환자 위치 추적 서비스를 제공한다. 환자 위치 추적 서비스는 무선 모니터링 시스템의 경우 환자 이동중 위급 상황 발생시 응급 처치를 위해 반드시 제공되어야 한다.

본 논문에서는 개선된 CSMA/CA프로토콜과 환자 위치 추적 알고리즘을 제안하고 이를 이용하여 무선 실시간 모니터링 시스템을 구현하였다.

Abstract

This paper describes the implementation of wireless realtime monitoring system using modified CSMA/CA protocol. This system consists of wireless modem, central monitor, mobile station, DB server, and offer advantage of mobility, reduced installation time, long-term cost savings, and so on. And this system offers patient position pursuit service. Patient position pursuit service must be offered to deal with emergency which can be occurred during patient movement.

This paper proposes modified CSMA/CA protocol and patient position pursuit algorithm, implements wireless realtime monitoring system using it.

* 아주대학교 공과대학 전자공학부

접수일자 : 1998년 11월 4일

I. 서 론

최근 들어 무선 통신의 필요성이 증대됨에 따라 무선 근거리 통신망에 대한 연구가 활발하게 진행중이며 또한 기존의 근거리 통신망의 확장으로써 무선 근거리 통신망 어댑터가 출시되고 있다. 이러한 시점에서 의료 정보의 전송에 적합한 무선 모뎀을 이용하여 무선 실시간 모니터링 시스템을 구현함으로써 의료 장비에 무선 근거리 통신망을 응용하고자 한다.

II. 무선 실시간 모니터링 시스템이란?

1. 시스템 개요

무선 실시간 모니터링 시스템은 병원 내에서 심전도 진단 장치를 휴대한 환자들로부터 심전도 데이터 [1]를 무선으로 수신하여 환자의 상태를 모니터링하는 시스템이다. 이 시스템은 무선을 이용함으로써 환자들에게는 이동성을 제공하고 의사들에게는 동시에 여러 명의 심장병 환자들의 상태를 관찰할 수 있도록 하며 망관리에 있어서는 설치 및 유지보수의 용이성을 제공한다.

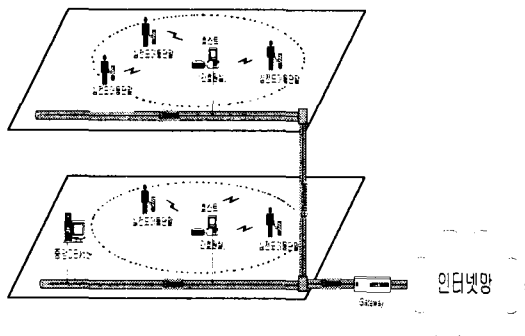


그림 1. 병원내 무선 근거리 통신망의 구성
Fig. 1. Structure for wireless LAN in hospital environment.

병원내 망구조는 그림 1과 같이 wireless client/server 구조로 되어 있어 한 대의 호스트는 다수의 단말기로부터 데이터를 수신하여 처리할 수 있으며 호스트 간은 유선 근거리 통신망으로 구성되어 상호간 환자 정보 공유 및 환자 이동에 따른 환자 위치 추적할 수 있다.

2. 시스템의 주요 기능

1. 생체신호의 실시간 전송 및 디스플레이

무선 환자 모니터링 시스템은 단말기가 환자의 심전도 데이터를 수집하여 호스트로 그 데이터를 무선으로 실시간 전송하고 호스트는 수신한 심전도 데이터를 실시간 디스플레이하는 방식으로 구현된다. 특히 여기서 중요한 논점은 무선 실시간 데이터 전송이다. 호스트에 과도한 수의 단말기를 등록한다면 무선 트래픽이 많아지므로 데이터 전송에 시간 지연 및 데이터 오류가 발생할 수 있다.

2. 위급상황 및 오동작 통보

심전도 신호를 연속적으로 감지하여 이상신호가 발생하거나 시스템 오동작이라고 판단되면 경고 메시지나 경보음을 통하여 의료진에게 통보함으로써 의료진의 인력과 노력 및 부담의 절감이라는 효과를 제공할 수 있다. 이러한 위급상황의 통보를 위해서는 심전도 신호로부터 파라미터를 검출하여 환자의 심전도를 자동으로 진단해야 한다.

3. 생체신호의 디지털형태 저장

생체신호는 환자관리, 의사 진단의 정확성 부여 및 의학적 자료로써 중요하므로 저장할 필요가 있다. 생체신호를 디지털형태로 저장함으로써 자료보관이 용이하고 활용의 폭을 넓힐 수 있다. 파일이나 데이터베이스로 저장할 수 있고 네트워크를 통해 데이터를 원거리에 전송할 수 있다.

4. GUI(Graphic User Interface)

환자의 심전도 신호를 동시에 디스플레이할 수 있어야 하고 각 환자의 정보(생년월일, 병명, 성별, 위치 등)검색이 가능해야 하며 사용자가 편리하게 사용할 수 있어야 한다.

5. 환자위치추적[2]

기존의 유선 환자모니터링 시스템은 고정형이므로 환자들이 기기를 장착하고 이동할 수가 없었다. 그러나 무선 환자모니터링 시스템은 환자가 기기를 장착하고 이동할 수 있으므로 환자에게 위급상황이 발생했을 때 환자의 위치를 의료진에게 알려주어야 한다.

6. 환자정보 관리와 네트워크

환자정보관리는 환자정보관리측면에서도 필요하지만 환자의 위치추적을 위해서도 필수적이다.

Ⅲ. 실시간 데이터 전송 알고리즘

심전도 무선 환자감시 시스템에서의 주된 전송 정보는 심전도 신호와 그 신호의 진단 결과이며 이 신호들은 우선 순위를 줄 필요가 있다. 또한 실시간으로 다수의 단말로부터 심전도 신호를 받아야 하며, 진단에 따른 긴급메시지도 전송되므로 시간 지연에 민감한 트래픽이 대부분이다.

그러나 IEEE 802.11의 무선 근거리 통신망 매체 접속 부계층 프로토콜인 DFWMAC(Distributed Foundation Wireless Media Access Control)[3]은 비동기 트래픽 제어를 위한 분배 조정 기능과 시간 의존적 트래픽 제어를 위한 포인트 조정 기능을 포함하고 있지만, 슈퍼 프레임 구조를 사용하여 분배 조정 기능을 기본으로 하며 IFS(Inter Frame Space)의 크기를 다르게 하여 선택적으로 포인트 조정 기능을 제공하고 있다[4]. 즉, 이 프로토콜은 비동기 트래픽이 전체 트래픽의 대부분을 이루는 환경을 바탕으로 한 것이며, 이는 시간 의존적 트래픽인 심전도 데이터 전송이 대다수의 트래픽을 형성하는 실시간 환자 무선 감시 시스템 환경에는 적합하지 않다[5].

이에 무선 근거리 통신망에서 실시간으로 심전도 환자를 감시하는 시스템에 적합한 무선 액세스 제어 프로토콜을 제안한다.

1. 제안 프로토콜의 처리 절차

제안된 무선 액세스 제어 프로토콜은 실시간 환자 감시시스템의 정보의 종류에 따라 우선 순위가 결정되며, 그 우선 순위에 따른 정보들의 전송 절차도 다르게 구성된다. 이를 위해 그림 2과 같이 대기 및 채널 획득 윈도우의 슬롯을 9개로 구성하였고 폴링 방식[6]을 적용하였다. 호스트는 일정 시간마다 폴링 신호들을 방송하며, 폴을 받은 단말은 경쟁 윈도우의 시간 슬롯중 마지막 9번째 슬롯을 선택하고 그 이전에 채널을 사용하는 이동단말이 없을 경우 전송을 시

도한다. 그러나 폴을 받지 못한 이동단말들 중 우선 순위가 높은 정보의 전송을 요하는 이동단말이 있을 경우 폴과 상관없이 경쟁 윈도우의 처음 8개의 시간 슬롯 중 하나를 선택하여 같은 우선 순위를 가지는 다른 이동단말들과 경쟁을 하게 되고 이러한 경쟁 상태가 끝날 때까지 폴을 받은 이동단말의 정보 전송은 지연된다.

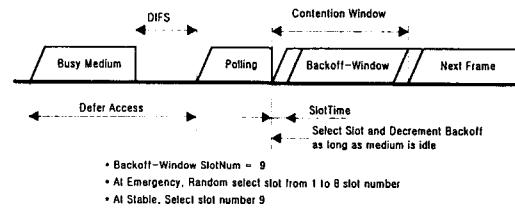


그림 2. 제안된 CSMA/CA 처리 절차

Fig. 2. The proposed CSMA/CA procedure.

2. 심전도 환자 데이터 전송

실시간 환자 감시 시스템의 주요 정보로는 심전도 신호와 그 진단 결과에 따른 환자의 긴급 상태 정보가 있으며, 이 정보가 심전도 신호보다 우선 순위가 높다.

심전도 신호의 전송을 원하는 이동단말은 그림 2에서처럼 호스트로부터 방송된 폴을 수신하여 자신이 할당받은 폴링 식별자와 비교하고, 식별자가 같을 경우 경쟁 윈도우 내의 9번째 슬롯을 고정적으로 선택한 후 8번째 타임 슬롯까지 채널이 휴지 상태이면 호스트에 심전도 신호를 전송하고, 호스트로부터 ACK 신호를 수신함으로써 전송 절차는 완료되게 된다.

CSMA/CA에서의 충돌 방지를 위해 사용되는 무작위 타임 슬롯 선택 과정은 자신의 식별자를 가진 폴 단말에서만 채널 접근 절차를 시도하게 함으로써 충돌이 발생되지 않는다. 따라서 채널상의 트래픽이 많아질 경우에도 충돌 회피를 위한 대기 및 처리 절차 지연 시간을 제거함으로써 채널 사용 효율을 높일 수 있다.

호스트로부터 데이터 요청을 받은 후 심전도 이동 단말로부터 데이터가 전송되는 알고리즘은 그림 3과 같다.

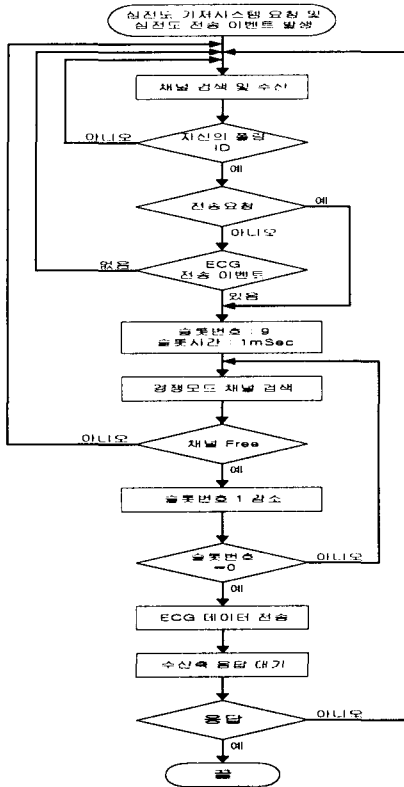


그림 3. 제안된 프로토콜의 심전도데이터 전송 알고리즘
Fig. 3. ECG data transfer algorithm by the proposed CSMA/CA.

IV. 환자 위치 추적을 위한 알고리즘

무선 환자 모니터링 시스템은 기존의 환자 모니터링 시스템과는 달리 환자들이 단말기를 부착하고 이동할 수 있기 때문에 환자에게 위급한 상황이 발생했을 때 즉시 의료진이 환자에게 응급 조치를 취하려면 환자의 위치를 추적하여 그 정보를 의료진에게 통보해야 한다. 환자의 위치추적을 위한 기본적인 망의 구조는 Client/Server구조[7]가 중첩된 트리구조이다. 제안하는 환자 위치추적 알고리즘은 무선 통신 프로토콜 및 시스템 전체에서 유기적인 정보교환을 필요로 한다.

1. 데이터베이스 구축

환자정보뿐만아니라 환자의 위치추적에도 데이터베이스

는 유용하다. 데이터베이스에 환자의 위치정보를 삽입하고 환자의 위치 이동이 발생할 때마다 자동으로 갱신하도록 한다. 데이터베이스의 필드는 다음 표와 같이 구성된다.

표 2. 데이터베이스 필드구성
Table 1. Context of Database Field

단말기 고유번호	환자명	생년월일	성별	병명	위치
SIGLAB1	홍길동	72-10-10	남	부정맥	1층
SIGLAB2	홍길녀	74-05-05	여	부정맥	2층

2. MAC 계층의 연계 절차

위치 추적을 위해서는 단말기와 호스트를 연결해주는 무선 모뎀 사이에 연계절차가 필요하다. 연계 절차는 호스트의 통신 영역에 새로 진입한 단말기가 자신의 주소를 호스트에 등록하고 호스트로부터 폴링 ID를 할당받는 과정을 말한다. 새로운 단말기가 호스트와의 연계 절차를 수행하기 위해서는 연계 요청 폴을 수신한 후에 확장된 경쟁 윈도우를 가지고 CSMA/CA에 따라서 호스트에 연계 요청 프레임을 전송하고 연계 응답 프레임을 수신함으로써 수행된다. 확장된 경쟁 윈도우는 16개의 시간슬롯으로 구성되며 앞선 8개의 시간슬롯은 응급 상태 메시지 전송을 위한 것이고 뒤쪽의 8개 시간슬롯은 연계 요청 절차를 위한 것이다.

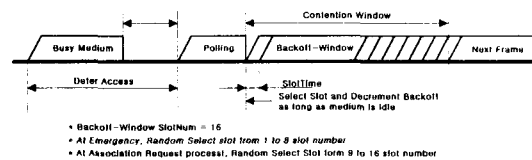


그림 4. 연계 절차시 개선된 CSMA/CA 처리 절차
Fig. 4. Modified CSMA/CA procedure at association process

3. 환자 이동시 위치 추적 절차

이전 호스트의 서비스영역을 벗어난 단말기는 현재 위치하고 있는 서비스영역의 호스트에 연계 요청을 한다. 호스트측 무선 모뎀은 연계 요청을 한 단말기의 고유번호를 응용프로그램에 전달하고 호스트 응용

프로그램은 단말기에 ID를 부여하고 자신의 데이터베이스에 등록한다. 또한 자신의 서비스영역에 단말기가 진입했음을 데이터베이스 서버에 알리고 단말기 고유번호를 넘겨준다. 데이터베이스 서버는 데이터베이스를 단말기 고유번호로 검색하여 이전 호스트 응용프로그램에 단말기정보를 삭제할 것을 명령하고 현재의 호스트에게 환자정보를 넘겨준다. 현재의 호스트는 자신의 데이터베이스에 단말기의 환자정보를 삽입하고 단말기에 환자의 심전도를 전송할 것을 요청하고 단말기는 이 시점부터 심전도를 전송하기 시작한다.

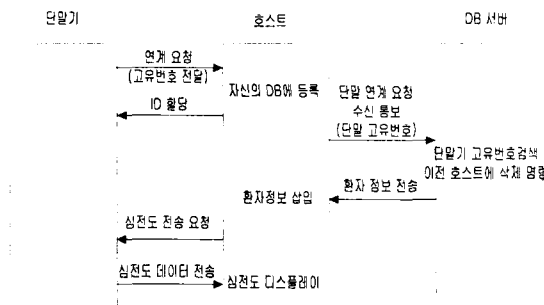


그림 5. 위치 추적 절차
Fig. 5. Position pursuit procedure

V. 무선 실시간 모니터링 시스템 구현

1. 전체 시스템 구성

시스템의 구현은 호스트 한 쌍, 단말기 한 쌍, 그리고 데이터베이스 서버용 PC로 최소 구성요건으로 구현되었다.

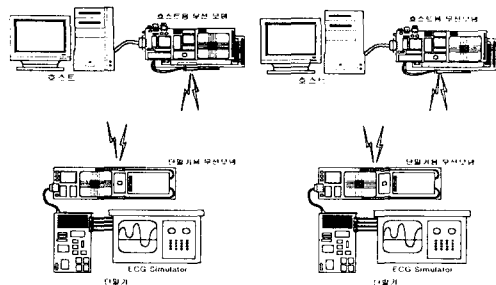


그림 6. 무선 실시간 모니터링 시스템 구성
Fig. 6. Structure of wireless realtime monitoring system

2. 단말기 구조

단말기는 심전도 추출부, 메인 프로세서부, 무선모뎀으로 구성된다. 무선 모뎀간의 프로토콜은 IEEE 802.11의 CSMA/CA 프로토콜을 기초로하여 무선 실시간 진단 시스템의 특성에 맞게 개선한 CSMA/CA 프로토콜을 사용하였다.

단말기용 무선모뎀은 다음과 같이 RF모듈, RF모듈 컨트롤러, MAC 컨트롤러등으로 구성된다. MAC 프로토콜은 위에서 제안한 개선된 CSMA/CA 프로토콜로 구현되었다.



그림 7. 단말기 구조
Fig. 7. Structure of mobile station

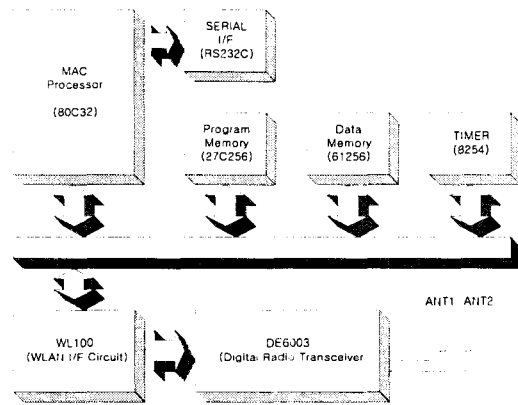


그림 8. 단말기의 무선모뎀
Fig. 8. Wireless modem of mobile station

3. 호스트의 구조

호스트는 PC와 호스트용 무선 모뎀으로 구성되고 호스트용 무선 모뎀은 다수의 단말기용 모뎀과 데이터 통신을 할 수 있는 기능과 위치추적을 위한 기능을 추가하였다.

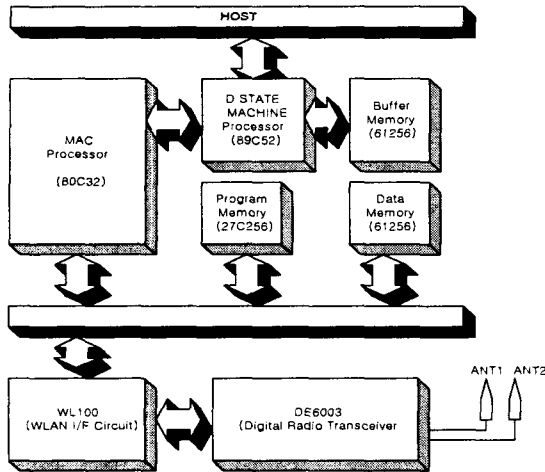


그림 9. 호스트의 무선모뎀
Fig. 9. Wireless modem of host

VI. 실험 방법 및 결과

1. 실험 환경

두 단말로부터의 동시 모니터링과 환자 위치추적 실험을 위한 최소의 환경으로 데이터베이스 서버, 호스트 두 대, 단말기 두 대로 구성하여 실험하였다. 또한 환자의 심전도는 심전도 simulator를 사용하였다. 그림10은 위의 구성중 호스트 한 대와 단말기 한 대의 사진이다. 모니터 앞 쪽에 있는 것이 단말기와 단말기용 무선 모뎀이고 컴퓨터 본체 위에 있는 것이 호스트용 무선 모뎀이다.

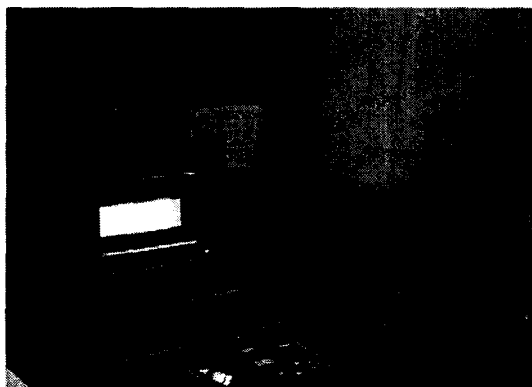


그림 10. 단말기와 호스트 1set
Fig. 10. Mobile Station and host

2. 심전도 모니터링 실험

호스트A에 단말기A의 심전도를 디스플레이한 화면이다. 심전도를 계속 호스트에 보내는 상태로 환자 단말기를 이동시켜 호스트의 서비스 영역을 측정해 보았다. 호스트의 서비스 영역은 장애물이 없을 때 50m, 장애물이 있을 때 30m정도였다. 큰 병원인 경우 한 층을 모두 서비스할 수 없다. 병원과 같은 특수한 환경일 경우 무선 모뎀의 출력을 무한정 키울 수 없으므로 한 층에 다수의 호스트를 설치하거나 호스트용 안테나를 곳곳에 배치하는 방안을 생각할 수 있다.

3. 환자 이동에 따른 위치 추적 실험

호스트A를 1층, 호스트B는 2층에 하나씩 설치하고 각각 단말기A와 B를 연결하여 그 중 단말기 B를 호스트A쪽으로 이동시키는 실험을 하였다. 그림 12는 단말기B가 이동후 호스트A에 등록되어 호스트A에 단말기A와 B가 동시에 디스플레이되고 있는 화면을 캡처한 것이다.

4. 결과

무선 환자 모니터링 시스템은 기존의 유선 환자 모니터링 시스템에 비해 그 성능에 있어서 크게 뒤떨어지지 않는다. CSMA/CD방식의 유선 환자 모니터링 시스템의 데이터 전송률은 10Mbps이고[8] CSMA/CA 방식으로 구현된 무선 환자 모니터링 시스템의 무선 데이터 전송률은 1Mbps이다. 하지만 심전도 모니터

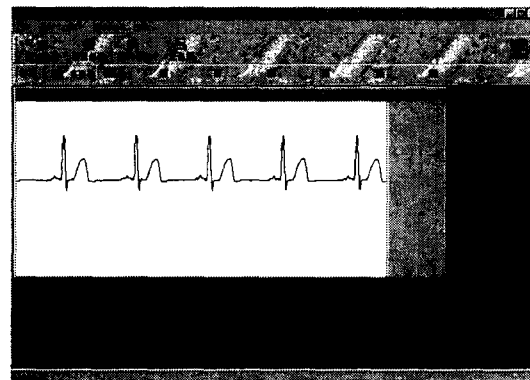


그림 11. 호스트와 단말기간 심전도 전송 실험
Fig. 11. ECG transmission experiment between host and mobile station

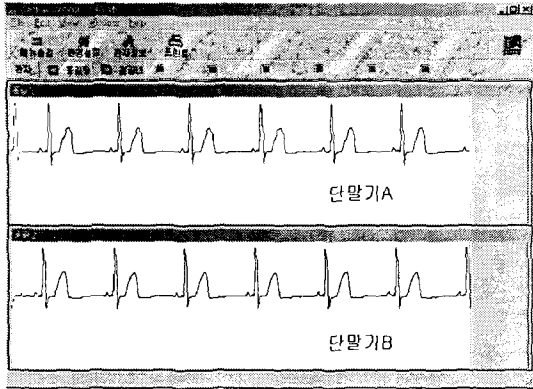


그림 12. 환자 위치 이동 실험
Fig. 12. Experiment of Patient movement

링 시스템의 초당 전송 데이터 수를 계산해 보면 sampling rate가 1KHz를 넘지 않으므로 최대 1KHz라고 가정했을 때 환자당 1Kbyte이고 이는 무선 데이터 전송률과의 관계를 볼 때 무선 트래픽의 오류가 없다고 가정하면 호스트마다 약 1000명의 환자를 모니터링할 수 있다. 무선 트래픽의 충돌에 의한 전송 지연이나 데이터 오류에 의한 재전송에 따른 전송 지연을 1초당 100번이라고 가정했을 때도 호스트당 약 10명의 환자를 모니터링할 수 있다. 따라서 이 시스템의 실시간 의료 영상 정보(MPEG의 전송 데이터 폭은 1.5MB)가 아닌 생체 신호의 실시간 모니터링 시스템에 있어서 충분하다.

기존의 환자 모니터링 시스템은 환자에게 이동성을 제공하지 않기 때문에 위급 상황 발생시 응급 조치가 용이하다. 무선 모니터링 시스템은 환자에게 이동성을 제공하는 대신 응급 조치가 필요할 때 시간이 지연될 수 있다. 이러한 문제는 본 논문에서 제시하는 환자 위치 추적을 통해 해결될 수 있으리라 기대된다.

VII. 결 론

본 논문에서는 CSMA/CA 프로토콜을 의료 정보 전송에 적합하도록 개선하여 무선 실시간 환자 모니터링 시스템을 구현하였다. 또한, 환자 위치 추적을 구현함으로써 무선 모니터링 시스템의 취약점을 보완하도록 하였다.

현재 국내 의료기기는 외국의 기술에 비해 상당히 낙후되어 있다. 단적으로 국내 의료기기는 중저가형의 기기들이 대부분이다. 하지만 무선 환자 모니터링 시스템은 국외에서도 몇몇 제품만 실용화가 이루어진 실정이고 상당히 고가이다. 이러한 시점에서 무선 환자 모니터링 시스템의 구현은 세계시장 공략의 가능성에 큰 의의를 둘 수 있을 것이다.

향후 무선 환자 모니터링 시스템과 의료진의 이동통신과의 연계에 대한 연구가 이루어진다면 환자에게 위급상황이 발생했을 때 직접 담당 의료진과 연결해주는 서비스가 가능해질 것이다. 또한 웹서버와의 통합 및 보급형 단말장치의 개발이 이루어진다면 재택 의료 검진 시스템의 구축이 가능해질 것이다.

참고문헌

- [1] W. J. Tompkins, Biomedical Digital Signal Processing, Prentice Hall, 1993.
- [2] 정 희창, 무선 이동통신 기술에 기반한 의료 정보 전송 프로토콜 구현, pp. 67-72, 1996
- [3] Draft Standard IEEE 802.11 Wireless LAN MAC-PHY Specification, P802.11 D1.1, The editors of IEEE 802.11, May, 10, 1995.
- [4] Draft Standard IEEE 802.11 Wireless LAN, "Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and PHY Specification", P802.11 D2.1, Dec, 1995.
- [5] Greg. Watson and Alan Albrecht etc., "The Demand Priorit MAC Protocol", IEEE Network, pp. 28-34, Jan, 1995.
- [6] Z. Zhang and A. Acampora, "Performance of a Modified Polling strategy for broadband wireless LANs in a Harsh Fading Environment", Proc. of the IEEE GLOBECOM, pp. 1141-1146, 1991.
- [7] Jim Geier, "Wireless Networking Handbook", New Riders, pp. 200-210, 1996.
- [8] Dr. Andres Fortino, P.E., Arnold Villeneuve, Master CNE, Networking Technologies", McGraw-Hill, pp.260-262, 1996.



한 민 수(韓珉洙)

1990년 2월 아주대학교 전기전자공학부 (석사)

1992년 8월~현재 아주대학교 전기전자공학부 박사과정 재학중

1998년 8월~현재 ㈜바이오시스 연구소 디지털 연구실 실장

주관심분야 : 의용 신호 및 시스템, 원격 의료 진단 시스템, 환자감시 장치, 초음파 진단 장비(Fetal Doppler)



고 성 일(高星日)

1998. 2 아주대학교 전기전자공학부 (석사)

1998. 3~현재 아주대학교 전기전자공학부(박사과정)

주관심분야 : 무선 근거리 통신망 시스템, 원격 의료 진단 시

스템, 휴대형 환자감시 장치, 멀티미디어 시스템, 심전도 진단 알고리즘



김 양 호(金場鎬)

1999. 2 아주대학교 전기전자공학부 (석사)

1999. 3~현재 중앙엔지니어링 근무

주관심분야 : 무선 근거리 통신망 시스템, 원격 의료 진단 시

스템, 멀티미디어 시스템, CDMA

이 강 민(李康敏)

1998. 2 아주대학교 전기전자공학부(학사)

1998. 3~현재 아주대학교 전기전자 공학부 (석사과정)

주관심분야 : 무선 근거리 통신망 시스템, 원격 의료 진단 시스템, 네트워크 시스템



김 영 길(金榮吉)

1977. 12 제12회 기술고시 통신직

1977. 1~1978. 2 체신부 정책국 전자통신 전담반

1978 고려대학교 전자공학과 (학사)

1980 한국과학원 산업전자공학과 (석사)

1984 ENST(France) (박사)

1984. 9~현재 아주대학교 전기전자공학부 교수

주관심분야 : 의용신호 및 시스템, 무선 근거리 통신망 시스템, 수중통신, BISDN