

무선 이동통신 기술에 기반한 의료 정보 전송 프로토콜 구현

정 희 칭*·한 민 수**·류 점 수**·김 영 길**

*한국전자통신연구원, **아주대학교 전자공학부
(1997년 8월 18일 접수, 1998년 2월 3일 채택)

Implementation of a Medical Information Transmission Protocol Based on Mobile Wireless Communication

Heechang Chung*, Minsoo Han**, Jeonsoo Lew** Youngkil Kim**

*ETRI(Electronic & Telecommunication Research Institute)
**Division of Electronics Engineering Ajou University
(Received August 18, 1997, Accepted February 3, 1997)

요 약 : 의료 정보 전달 시스템은 이동 중에 있는 환자의 감시용 센서에서 발생하는 의료 정보를 의사나 간호원이 상주하고 있는 사무실로 전송하고, 수집된 데이터를 종합 분석 처리하는 기능을 가지며, 사무실에 설치된 중앙 센터 기지국, 복도나 입원 환자실에 설치된 중계 기지국과 환자의 이동 단말기로 구성된다. 기존의 의료 정보 전달 시스템은 환자 데이터를 중앙 센터로 송신하는 단방향 통신이며, 데이터 전송속도는 9.6Kbps이고, 전용망으로 구성된다. 본 논문에서는 의료 정보 전달 시스템에 활용될 수 있도록 양방향 통신 프로토콜 구현 방안을 제안하고 수치 해석과 실험을 통하여 제시된 방안의 성능을 검증하였다.

Abstract : The main goal of this paper is to propose and to test a radio protocol based CSMA/CA(Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) for the purpose of enhancing the existing medical information system. The feature of the new medical information system, Medical Application Radio System(MARS), which operating in real time is the transmission of medical information in bi-direction between the hospital control office and patients mobile stations. MARS monitors patients linked to the network by radio and provides quick alarm, flexible documentation capabilities, and fast treatment for the analysis of collected medical data. The existing medical information system, radio telemetry system which transfers the message of patients to the CAP(Central Access Point) unit in one way at the speed of 9.6Kbps and operates a channel frequency bandwidth. To verify the Performance of the proposed system, we have performed the numerical analysis and have implemented a test system which consists of the 2.4GHz radio transceiver and personal computers.

Key words : Medical application radio system(MARS), Wireless LAN, Carrier sense multiple access with collision avoidance(CSMA/CA) protocol, Industrial scientific medical(ISM) band

서 론

최근, 유선 근거리 통신망 보급이 일반화되면서 사무실의 업무 공간, 공장 내 생산 시설의 재배치 시에 케이블을 다시 설치할 필요가 없는 무선 근거리 통신망에 대한 응용 연구가 활발하다 [1]. 무선 근거리 통신망은 고정된

단말이 아니라 항상 이동하고 있는 단말, 예를 들면 공장 내의 무인 반송차나, 운동이나 이동 중에 있는 환자의 상태를 모니터링하는 텔레메트리 시스템 또는 증권거래소에서 보행 중에 조작하는 컴퓨터 단말 등을 유선 망에 접속된 무선 근거리 통신망 장치를 통하여 각종의 제어 정보, 정보 검색 등을 가능하게 한다.

무선 근거리 통신망을 이용한 심전도 및 생체 신호 감시 시스템은 심장 환자 또는 잠재성 환자의 이상 상태 데이터를 무선 근거리 통신망을 통하여 병원의 환자 감시

통신저자 : 김영길, (442-749) 경기도 수원시 팔달구 원천동 산5 아
주대학교 전자공학부
Tel. (0331)219-2364/2378. Fax. (0331)212-9531

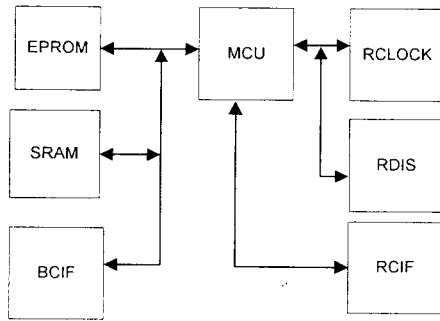


그림 1. IOSP구성도
Fig. 1. IOSP diagram

시스템으로 전송하고, 활동하는 환자의 이상 유무를 판단하여 즉시 이에 대한 긴급조치를 환자 단말기에 전달토록 하는 양방향 응용 프로토콜을 제안하였다.

선진국의 경우 3대 성인병의 하나인 심장 질환에 대해 이를 합리적으로 대처하기 위한 심장 센터의 설립 등이 활발히 이루어지고 있다. 이와 같이 의료 기관에서 최적의 시스템을 갖추으로써 대부분의 환자 기동의 불편이 해소되고 위급 시에 긴급 조치를 할 수 있다.

기존의 무선통신을 이용한 의료 텔레메트리 시스템(UHF telemetry system : 403MHz-512MHz)은 환자에 부착된 송신기와 중앙 모니터 수신 장치로 구성되며 환자의 상태 정보 신호를 중앙 모니터 수신 장치로 송신하는 단방향 통신이다[2,3].

본 논문에서의 무선 의료 정보 전달 시스템(MARS : Medical Application Radio System)은 무면허 대역인 2.400-2.4835GHz (83.5MHz)에서 동작하는 STA (STAtion)와 AP (Access Point)로 구성되며, AP는 무선 접속 기능과 분산 시스템인 유선 근거리 통신망 접속 기능을 갖고 양방향으로 정보를 송수신할 수 있으며[2], 주요 기능은 다음과 같다.

- 심전계 [3] (ECG : ElectroCardioGram) 또는 의료 측정기로부터 이상 발생시 통보
- 환자의 긴급 상태 시에 담당자 호출 또는 위치 통보
- 병원 담당 부서에서 환자에게 전달 메시지 통보

시스템 구성

AP와 STA는 무선 파트, 제어 프로세서와 입출력 파트(IOSP : Input Output Service Part)로 구성되며, 이 구성도는 그림 1에 있다.

AP와 STA에 동일하게 구성되며, 주요 기능으로는 2.400GHz-2.4835GHz (83.5MHz) 주파수 도약 확산 대역으로 GFSK (Gaussian Frequency Shift Keying) 변조 방식, 1MHz 채널 대역으로 총 79채널까지 구성 가능하며,

보통 빌딩의 한층(약 100평방 미터)에서 1-2Mbps까지 통신이 가능하고, 간섭이나 심각한 다중 경로 페이딩 환경에서 신뢰성을 갖추고 있다.

AP는 PC(Personal Computer)와 IOSP로 구성되고, PC의 LAN 인터페이스를 통하여 LAN에 연결된다. AP에서는 IOSP의 직렬 포트를 통하여 PC에 연결되며, STA에서는 IOSP의 직렬 또는 병렬 포트에 환자에 부착된 심전도 및 생체신호감시(혈압계 또는 혈류속도 측정 장치 등) 장치와 연결하여 환자정보를 수집하여, STA에 내장된 액정 표시 장치와 스피커를 통하여 자신의 긴급상태를 표시하고, STA는 무선방식을 통하여 이 정보를 AP로 전송한다. 심전도 및 생체신호감시장치는 환자에 부착된 센서 신호를 처리하여 이상 상태를 감지하고, 이때 신호정보를 IOSP의 직렬 또는 병렬 포트를 통하여 STA에 전달한다. IOSP의 신호제어는 8비트 마이크로프로세서와 RAM (32Kbyte), EPROM (128Kbyte)으로 구성되어 통신 프로토콜을 처리하며, 주요 구성은 다음과 같다.

- BCIF (Board Control InterFace)는 보드 리세트, RS-232C시리얼 포트 기능으로 구성된다.
- RDIS (Radio DISplay)는 16문자를 표시할 수 있는 LCD 제어 및 구동 회로로 구성되어 시스템이나 관련 정보를 표시한다.
- RCIF (Radio Control InterFace)는 2.4GHz 주파수 도약 무선 전송 회로로 구성된다[2].
- 제어 프로세서는 8비트 마이크로프로세서와 RAM (32Kbyte), EPROM (128Kbyte)로 구성되어 무선 파트, 주변장치로 구성되어 프로토콜 기능을 수행한다. 프로토콜은 물리 계층, 매체 접근 제어 계층과 응용 계층으로 구성된다[2].
- 무선 인터페이스의 각 계층간의 통신은 서비스 액세스 점(SAP : Service Access Points)을 통하여 접속된다[2]. SAP에 관련된 각종 서비스 프리미티브와 변수를 정의하고, 프리미티브를 이용하여 상, 하위 계층에 서비스 기능을 수행하며, 유선 근거리 통신망과의 접속은 개인 컴퓨터의 소켓(Socket) 인터페이스를 통하여 AP간에 데이터를 송수신한다.

위치 추적 제어 절차

1. 주요 기능

MAORS는 STA와 AP단말로 구성되며, 환자들의 긴급상태를 중앙 모니터에 통보토록 하며, 반대로 중앙 모니터에서 환자에게 전달 사항을 통보할 수 있도록 한다. 무선 단말은 신호전력과 주파수 도약에 따라서 새로운 AP

로 선택하여 등록할 수 있으며, 이 경우 전송 거리에 따라 설치된 AP에 의해서 단말의 위치 추적이 가능하다. 망 구성은 하나의 AP와 여러 대의 STA 단말을 통하여 데이터를 송수신토록 한다. 주요 서비스 기능으로는 다음과 같다.

- 심전계나 의료 센서 장치에 이상 상태가 검출되면 STA는 환자 정보를 등록된 AP로 통보한다.
- STA를 휴대한 환자가 건물 내에 이동 중일 때 AP에서 방송하는 비콘 메시지를 이용하여 새로운 AP에 STA를 재연계하게 되고 새로 등록을 받은 AP는 원래 등록된 홈 위치의 AP에 신규 등록된 STA 정보를 통보한다. 환자가 긴급 상태 발생시 또는 의료 센서 장치에서 이상이 발생하였을 경우에 AP로 통보하면 이 데이터는 구내 망을 통하여 홈 위치 AP에 전달하고, AP는 이 정보를 화면에 표시하고 경보 신호를 발하여 긴급 정보가 있다는 것을 알리게 된다.
- 병원 담당부서에서 환자에게로의 메시지 통보 시, 홈 위치 AP는 등록된 STA에게 메시지를 전송하거나 특정 STA에 전달할 수 있다.

2. 프로토콜 처리 절차

프로토콜 처리 절차는 긴급 상태나 센서 장치에서 환자의 이상이 발견될 때 또는 중앙 센터의 AP에서 STA로 메시지 송신 요구가 발생되면 메시지를 구성하여 송수신하게 된다. 송신측은 메시지를 전송하고 수신측으로부터

의 수신 확인(ACKnowledge) 메시지를 받으면 정보 전달이 완료되며, 메시지를 전송한 후에 평균 지연 시간을 고려한 전송 타이머를 구동하고, 타이머 시간 내에 응답 메시지가 없으면 전송이 실패한 것으로 인식하여, 재전송을 시도하며 최대 5번까지 재전송 한 후에도 실패할 경우에는 유지 보수 프로그램이 가동된다. 착신측에서는 CSMA/CA 절차에 따라서 RTS(Ready To Send)와 CTS(Clear To Send) 메시지 처리 후에 발신측으로 ACK 메시지를 전송함으로써 수신 절차를 완료하며, 이 절차는 그림 2와 같다[1,2].

표1과 표 2에서와 같이 STA의 위치 추적은 AP에서 주기적으로 방송하는 비콘 메시지를 수신 못하면 특정

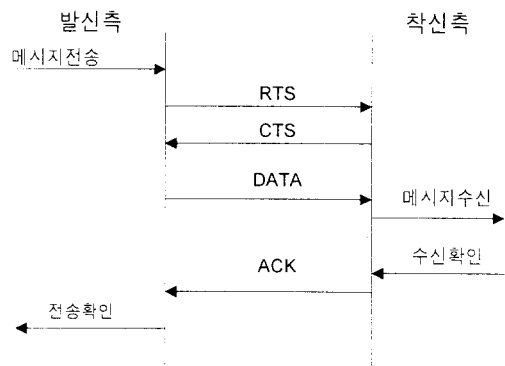


그림 2. 데이터 처리 흐름도
Fig. 2. Data flow diagram

```

INIT : STA(HOMELOCATION,INIT)
SEND(ASSOCIATION_REQUEST),
RECEIVE(MESSAGE)
IF ASSOCIATION_RESPONSE
GOTO INIT
1: ELSE RECEIVE(BEACON)
IF APID = ID
TIMER(CHECK)
GOTO 1
ELSE IF TIMEOUT
GOTO 2
ELSE GOTO 3
2: TIMER(CHECK)
IF NUM = 5
GOTO 4
ELSE NUM++
GOTO 1
3: SEND(REASSOCIATION_REQUEST),
RECEIVE(MESSAGE)
IF REASSOCIATION_RESPONSE
GOTO 1
ELSE IF NUM = 5
GOTO 4
ELSE NUM++
GOTO 1
4: STA(INIT)
END
    
```

표 1. STA 위치 추적 제어
Table 1. STA Location Control

```

1: APINIT(APID)
STAREGISTER (NEWSTAID)
SEND(BEACON)
TIMERSET
2: RECEIVE (MESSAGE)
IF ASSOCIATION_REQUEST
IF REGISTER
SEND(ASSOCIATION_RESPONSE)
GOTO 1
ELSE GOTO 4
3: ELSE IF REASSOCIATION_REQUEST
IF APID SAME
GOTO 2
ELSE GOTO 5
ELSE GOTO 1
4: SEND(REASSOCIATION_REJECT)
GOTO 1
5: REGISTRATION NEWSTID
IF HOMELOCATION
SEND(PREVIOUS APID)
ELSE SEND(HOMELOCATION)
SEND(PREVIOUS APID)
END
    
```

표 2. AP 위치 추적 제어
Table 2. AP Location Control

AP를 찾기 위하여 채널 검색(scan) 동작을 시작하며, 관리자는 AP에 STA 정보를 관리 테이블에 기록하고 STA를 동작시킨다. STA는 초기 설치 시에 연계 명령에 의하여 홈 위치 AP에 등록된다.

STA가 하나의 AP를 통하여 데이터 메시지를 보내기 전에 우선적으로 STA와 AP간에 연계되어야 한다. 연계 서비스에 의해서 STA와 AP간에 관련 정보가 제공되며, 망을 통하여 메시지 교환을 위하여 관련 정보를 이용한다. STA는 하나의 AP와 연계되어 있으며, 우선 망을 통하여 AP가 특정 STA에 대한 정보 요청시 정확하게 응답이 가능하여야 한다. AP는 여러 개의 STA와 연계될 수 있으며, 한번 연계가 성립되면 AP와 STA간에 통신이 가능하다.

재연계(reassociation)는 망 내에서 AP에서 다른 AP로 STA를 등록시키는데 이용된다. 재연계는 STA가 동일한 AP에 연결되어 있는 동안 설정되는 연결 정보의 속성 즉 타이머 동기, 도약 정보 등이 변화될 수 있다. 재연계는 항상 이동 중인 STA에 의해서 시작되며, AP는 망을 통하여 홈 위치 AP로 새로운 STA에 대한 정보를 통보함으로써 STA는 항상 홈 위치 AP로 메시지를 송수신할 수 있다.

연계 해제(disassociation)는 기존의 연계된 STA의 등록을 취소하여 통신을 할 수 없는 것으로, 망 관리자만이 연계 해제를 할 수 있으며, 연계 해제시 망을 통하여 모든 AP에 관련 해지 정보를 통보하여 관련 테이블을 수정하게 된다. 연계 해제 서비스는 연결된 STA나 AP에 의하여 요청되며, 서비스는 요청 아니고 통보하는 것으로 연결된 것으로부터 거절될 수 없다.

망이나 서비스에서 AP를 제거할 때도 STA를 연계 해제하도록 한다. STA 또한 망을 떠날 때 연계 해제가 요청된다. STA가 연계 해제 서비스를 요청하는 것에 관계없이 AP는 항상 STA 상태를 검사하여 기록 관리할 수 있어야 된다. AP가 방송하는 비콘 메시지를 주기적으로 수신 못하면 STA는 채널 검색을 시작한다. 채널 검색 모드에서 비콘 메시지가 발견되면, STA는 기존 등록된 AP와 다를 경우에 재연계를 시도한다.

착신측에서는 CSMA/CA 절차에 따라서 RTS와 CTS 메시지 처리 후에 확인 메시지를 송신하고, 관리 계층에서 응답 메시지를 발신 측으로 전송함으로써 수신 절차를 완료하게 된다. 또한 착신 측 AP에서는 망을 통하여 홈 위치 AP로 새로 등록된 STA의 관련 정보를 통보하며, 홈 위치 AP는 재연계된 AP에 의해서 STA의 위치 파악이 이루어지며, 이전에 재연계된 AP로 STA의 연계 해제를 요청함으로써 재연계 절차가 완료된다[1,4,5].

성능 분석

1. 시스템 모델

CSMA/CA 방식에서는 전송 기간 끝에서 각각의 단말은 랜덤하게 지연(backoff)을 가진 후 채널의 사용 여부를 확인하고 전송을 시도하여 패킷의 충돌을 방지한다. CSMA/CA 시스템 모델링은 패킷이 발생하면 평균 지연 후에 채널을 검사하여 채널이 비어 있으면 전송을 시작하고, 만일 채널이 사용 중이면 채널이 빌 때까지 기다린 후에 다시 확률적 평균 지연 후에 채널을 검사하여 채널이 비어 있으면 p-persisten 방식으로 전송을 시도하며, 계속 채널이 사용 중이면 확률적 지연을 갖고 위의 동작을 반복한다[6].

트래픽 모델은 가입자 모델의 경우, M개의 단말로 구성된 통신망으로 한 단말에서 새로운 패킷이 발생할 확률을 g 라 하고 ($0 < g < 1$), $(1-g)$ 는 패킷이 발생하지 않을 확률이다. 단말이 한 슬롯 동안에 패킷을 전송할 확률을 p 라 하면, 전송을 못할 확률은 $(1-p)$ 이다.

채널 모델은 잡음이 없는 채널로 가정하고 전송 중에 에러는 패킷간의 충돌에 의한 에러에 비하여 크지 않다고 가정하며, 전파 지연도 각각 동일하다고 가정한다. 또한 모든 단말은 슬롯의 시작점에서 패킷 전송을 시도하도록 동기화되어 있다고 가정하기 때문에 슬롯 중간에 패킷이 발생하여도 각 단말은 다음 슬롯의 시작점에서 채널을 감지하게 된다. 분석을 용이하게 하기 위하여 실제 패킷을 전송하는 시간을 δ 로 고정하며, 기본단위 시간으로 설정한다. 상대적으로 실제 전송에 소요되는 슬롯 수는 $(\delta+a/a)$ 로 한다. 이러한 가정 하에 시스템의 상태는 다음 세 가지 중에 하나의 상태를 갖게 된다.

- I (Idle State) : 패킷 전송을 준비한 단말이 하나도 없는 상태
- B (Busy State) : 1개 이상의 단말이 패킷 전송을 하는 상태
- U (Useful Transmission State) : 패킷 전송이 성공하는 상태

2. 완료율

완료율의 분석 방법은 renewal theory에 기본을 두고, I, B, U 분석을 통하여 완료율을 유도하여, 식(1)에 대입하여 완료율을 구한다[7]. X 는 랜덤 변수 X 의 평균을 의미한다.

$$S = \frac{U}{B + I} \quad (1)$$

본 논문에서는 슬롯화된 채널 모델을 고려하여, 시간

축이 슬롯 시간 a 로 나누어져 있으며, 모든 패킷은 전송 이전에 평균 지연 (f) 동안 채널을 감지하고 전송을 시도한다. 데이터 블록의 크기는 초(second)로 정의하며, a 초는 채널의 최대 전파 지연이 된다. 전체 기간 중 실제 패킷 전송에 소요한 시간의 비를 구하면 CSMA/CA 프로토콜의 성능을 구할 수 있다.

CSMA/CA 프로토콜의 패킷 지연은 이미 계산된 채널 완료율을 이용하여 구할 수 있다. 채널 완료율 (S)의 분석은 실제 전체 망의 부하 (G)에 대한 실제 전송에 성공한 패킷의 비로 구할 수 있다. 전체 전송 기간 중에 전송을 시도하였으나 실패하여 재전송을 시도하는 평균 재전송 시도 횟수는 $(G/S - 1)$ 로 표현할 수 있다. 이때, 임의의 한 패킷이 채널을 감지하기 시작하여 전송을 시작하기까지의 지연을 R 이라고 정의하면, 평균 R 을 구하기 위하여 다음과 같은 경우를 고려하여야 한다. 또한 재전송을 시도할 때의 평균 랜덤 지연을 Y 라고 정의하면, 정규화된 패킷 지연을 L 로 정의하면 CSMA/CA 프로토콜의 평균 패킷 지연은 식 (2)와 같다. 이때 패킷 전송에 성공하거나 다른 패킷의 전송으로 인하여 전송이 지연되는 단말들은 P-Persistent CSMA로 모델링하였기 때문에 랜덤 지연/ Y 를 가진 후 재전송을 시도한다.

$$L = \left(\frac{G}{S} - 1\right) [(\delta + a) + Y + R] \quad (2)$$

실험 및 고찰

본 논문에서는 CSMA/CA 프로토콜의 성능과 패킷 지연의 결과 값들을 보이고, 수학적 분석을 기본으로 하여 실험 시스템의 성능 측정에 의하여 검증하였다. 우선 CSMA/CA 프로토콜 식을 이용하여 트래픽 변화에 따른 처리 성능과 패킷 지연의 변화를 구하였으며, 이를 실험 시스템의 검증 결과를 그림으로 나타냈다.

a 를 0.01, p 는 0.03, f 는 0.03, Y 는 0.06으로 고정하고, 사용자 수의 변화에 따른 특성을 보이고 있다. 사용자수가 10일 경우에는 트래픽 양이 증가하여도 일정한 성능이 유지되지만, 사용자 수가 30이상의 경우에는 트래픽의 양이 4이상 증가함에 따라 성능이 저하되는 것을 볼 수 있다. 그 이유는 사용자의 수가 적은 경우는 backoff 알고리즘에 의하여 패킷간에 충돌이 해결되지만 사용자 수가 증가함에 따라 패킷간에 충돌이 증가하여 처리 성능이 저하되기 때문이다. 그림 3에서 부하 (G)가 10인 경우에 지연(delay)은 사용자 수 (M)와 관계없이 지연의 증가폭은 상대적으로 적어지는 것을 볼 수 있으며, 따라서 부하가 증가하게 되면 지연이 급격히 증가하게 되어 서비스 품질이 저하된다.

표 1. 실험 결과

Table 1. Testing results

패킷 수/초	BER	지연(ms)	STA 수
0.1	0	4.5	10
10	0	4.8	50
50	3×10^{-8}	6	250
100	2×10^{-4}	8	500

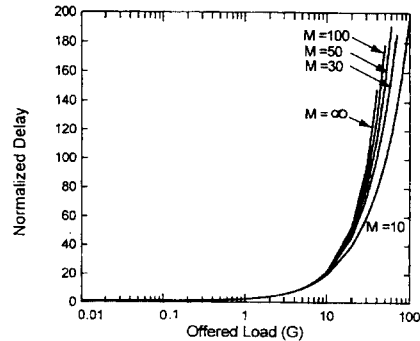


그림 3. 사용자수에 따른 패킷 지연
Fig. 3. Packet delay on user numbers
($a=0.01$, $p=0.03$, $f=0.03$, $y=0.06$)

실험 시스템에서는 한 세트의 AP와 STA로 구성하여 STA에서 패킷을 발생하여 무선 채널에 부하를 걸어서 AP에서 수신하여 패킷을 검사토록 하였다. 초당 0.01 패킷에서 100패킷까지 발생시켜서 각각 20분간 성공률을 측정하였으며, 측정 결과는 표 3과 같다.

새로운 패킷과 재전송 패킷 발생 확률은 텔레메디신 최번시에 호설정 시도가 6회이고, 한 호에 패킷 4개, 평균 패킷 길이는 100byte이며, 채널 용량을 1Mbps로 하면, 한 호의 점유 시간은 5ms이다. 국제 품질 기준에서 데이터 패킷의 평균 지연은 0.2초 이내이다[8]. 따라서 0.6어량, 30개의 STA가 있을 경우를 고려하면, 최번시에 시간당 180호가 발생하므로 초당 0.2패킷이 발생하게 되고 전송 지연과 멀티 패이딩 감쇠를 고려하면 30명에서 100명까지 하나의 AP에서 감당할 것으로 기대 된다.

결 론

본 논문에서 우선 근거리 통신망에 중앙 센터 기지국과 중계 기지국을 접속하여 이동 환자 단말의 위치 추적 및 중앙 센터에서 환자에게 긴급 메시지 전송이 가능토록 양방향 통신 프로토콜을 구현하였다. 정부의 허가 없이 이용할 수 있는 산업 과학 의료 주파수 대역인 2.4GHz대역과 주파수 도약 확산 대역 전송 방식을 적용하여 데이터 속도를 1Mbps로 하고, 무선 전송 품질 및 환자 단말기의 수용 용량을 개선하였다.

본 논문에서 제안하고 있는 위치 추적 알고리즘은 이동 단말 측에서 시간과 동기 정보를 포함한 비콘 메시지를 연속하여 5번 이상 수신하지 못하면(비콘 주기는 약 1초로 기지국에서 송신), 이동 단말은 주파수 도약 율에 따라 각각의 채널을 검색하여 캐리어를 찾는다. 이동 단말이 새로운 비콘 메시지를 수신하면 해당 기지국에 연계시 키게 된다. 이동 중에 있는 이동 단말은 연계된 기지국에 의하여 위치 추적이 가능하며, 무선 통신 거리 범위 내에서 위치 추적이 가능하다. 무선 채널의 충돌 방지를 위하여 CSMA/CA 방식의 매체 접근 제어와 응용 서비스 프로토콜을 적용하여 30에서 100여대의 단말(0.06초 지연, 0.4 어랑)을 수용 가능함을 보였다. 마지막으로 본 논문에서 제안된 프로토콜의 수치해석을 통한 성능 분석은 2대의 2.4GHz 무선 전송 장치와 PC로 실험 환경을 구성하여 측정된 결과 수치 해석치와 실험치의 성능이 동일함을 검증하였다.

참 고 문 헌

1. J.L.Sobrinho and J.M. Brazio, "A new multiple access protocol for distributed wireless local networks", GLOBECOM93, Houston, Texas., 1993.
2. IEEE 802.11 Draft Standard, "Wireless LAN Medium Access Control and Physical Layer Specification", IEEE 802.11, Dec.1996
3. HP, "Digital UHF Telemetry System", 1995.
4. 김재현, 이정규, "무선근거리 통신망에서의 CSMA/CA 프로토콜의 처리율 분석", 정보공학회논문지(A), 제23 권, 제 3호, 1996.3
5. Woesner H. and Weimiller J., "Modified Backoff Algorithms for DFWMACs Distributed Coordination Function", ITG-Fachtagung Mobile Kommunikation 95 Ulm, Germany.,1995.
6. Woesner H. and Weimiller J., "Analyzing the RTS/CTS Mechanism in the DFWMAC Media Access Protocol for Wireless LANs", Workshop Personal Communication Wireless Local Access Prague Czecho, April 1995.
7. L. Kleinrock and F. Tobagi, "Packet Switching in Radio Channel: Part I/II -Carrier Sense Multiple-Access Modes and Their Throughput-Delay Characteristics", IEEE TRANS. On Com., Vol. Com-23, NO.12, Dec.1975.
8. Electrical Communication, "Digital Network Planning for non-voice services", Vol.59, Number 1/2, 1985
9. 정희창, "무선근거리통신망의 물리계층", TTA 저널 제47호, 1996.10
10. 김태규, 조동호, "이동 고속 데이터 서비스용 MAC 계층 프로토콜의 성능연구", 한국통신학회논문지, Vol. 19, No.9, 94.9.
11. 이종화, 정희창, "종합정보통신망 환경속에서 의료영상전달을 위한 PC-CARD개발에 관한 연구", 의공학 회, 제12권, 제4호,1991.
12. N. Abramson, "The Throughput of Packet Broadcasting Channels", IEEE Trans. Comm., COM-25, No.1 Jan. 1977.
13. Kishors and Trivedi, "Probability & Statistics with Reliability", Queuing and Computer Science Applications, prentice-Hall, Inc., ENGLEWOOD CLIFFS, NJ07632