

무선센서네트워크 환경의 모바일 u-헬스케어 시스템 개발

정회원 이승철*, 정완영**

Development of Mobile u-Healthcare System in WSN

Seung-Chul Lee*, Wan-Young Chung** *Regular Members*

요 약

무선센서네트워크 기술은 환자의 생체신호를 측정하고 전송할 수 있도록 도와 다양한 메디컬과 헬스케어 솔루션을 제공한다. 그러나 무선센서네트워크 기반의 데이터 신뢰성은 센서노드의 하드웨어 리소스 제약으로 인해서 헬스케어 라우팅 프로토콜에 상당한 영향 미칠 수 있다. 이러한 이유 때문에 본 연구에서는 무선센서네트워크 환경에서 헬스케어 시스템에 적용 가능한 모바일 헬스케어 라우팅 프로토콜에 성능향상을 시킬 목적으로 RF 세기, 배터리 상태, 배치 상태 등의 조건을 이용하여 다양한 통신실험을 수행하였다. 이 실험은 노드 간 거리와 수신율의 관점에서 몇몇 중요한 파라미터를 획득하기 위해서 수행하였다. 배터리 상태와 RF 세기와의 관계, 노드 배치 상태와 RF 세기와의 관계 등에 따라 최적 통신 거리를 평가하고, 또한 노드 간 배치 상태와 RF 세기 따른 패킷 수신율 평가하였다. 이 실험결과를 바탕으로 본 연구에서 개발한 모바일 헬스케어 라우팅 프로토콜의 최적 노드 전력제어 및 배치 방법을 제안하였다.

Key Words : WSN, Mobile u-Healthcare, MCF, Node Deployment, Routing Protocol

ABSTRACT

Wireless sensor network (WSN) technology provides a variety of medical and healthcare solutions to assist detection and communication of body conditions. However, data reliability inside WSN might be influenced to healthcare routing protocol due to limited hardware resources of computer, storage, and communication bandwidth. For this reason, we have conducted various wireless communication experiments between nodes using parameters such as RF strength, battery status, and deployment status to get a optimal performance of mobile healthcare routing protocol. This experiment may also extend the life time of the nodes. Performance analysis is done to obtain some important parameters in terms of distance and reception rate between the nodes. Our experiment results show optimal distance between nodes according to battery status and RF strength, or deployment status and RF strength. The packet reception rate according to deployment status and RF strength of nodes was also checked. Based on this performance evaluation, the optimized sensor node battery and deployment in the developed our mobile healthcare routing protocol were proposed.

I. 서 론

유비쿼터스 헬스케어 기술은 유선통신 인프라와 무선 네트워크(블루투스, ZigBee, UWB, WLAN)를 기반

※ 본 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (2011-0003104).

* 부경대학교 전자정보통신연구소, ** 부경대학교 전자공학과 교수, (wchung@pknu.ac.kr), (° : 교신저자)

논문번호 : KICS2012-03-111, 접수일자 : 2012년 4월 9일, 최종논문접수일자 : 2012년 4월 16일

으로 만성질환자, 독거노인, 회복중인 환자나 수술 후 환자 등이 가정에서 생활을 유지하면서 불편하지 않게, 짧은 주기나 혹은 지속적으로 신체의 정보를 측정하고, 신체의 상태를 모니터링하여 건강상태의 변화에 대한 전문가의 서비스를 즉각적으로 받는 기술이다¹¹.

기존의 블루투스나 무선랜 통신환경에서의 헬스케어 시스템은 이동 노드와 게이트웨이 간의 일대일 통신을 지향하면서 생체신호를 전송하였다. 이 통신방식을 지향하는 헬스케어 시스템은 통신거리 반경에서 생체신호 전송이 가능하나 장애물로 인한 RF 신호감쇄, 제한된 통신거리, 이동성 등에 따른 통신 제약이 수반하여 신뢰성 있는 데이터 전송이 어렵다¹²⁻³¹. 특히 이들 몇몇 문제점 중에서 통신거리, 신호감쇄 등의 단점을 개선하기 위해서 최근에는 초소형 저전력 센서 노드들을 가정, 사무실, 병원과 같은 장소에 무선센서네트워크 환경으로 구성하여 통신범위를 확장하면서 신뢰성 있게 데이터 전달을 위한 멀티 홉 기반의 헬스케어용 라우팅 프로토콜 대한 연구가 증가하고 있다¹⁴⁻⁵¹. 하지만, 이들 라우팅 프로토콜은 환자가 고정된 위치에서 생체데이터를 전송을 하기 때문에 환자의 신속한 이동성 변화에 따른 헬스케어 서비스를 요구할 수가 없다. 헬스케어 시스템에서는 환자의 고정된 위치뿐만 아니라 환자의 이동과 주변상황의 변화에 따라 능동적으로 센서노드의 네트워크가 형성되어야 한다.

무선센서네트워크는 낮은 무선 네트워크 대역폭은 환경의 변화에 따라 생체 데이터의 신뢰도를 변화시킨다⁶¹. 센서네트워크에서의 패킷 배달 어려움은 센서 노드의 RF 파워 설정이나 거리에 따라 영향이 크게 발생한다. 이와 같은 무선센서네트워크 제한된 리소스는 최적화된 헬스케어용 라우팅에서도 신뢰성 전송에 있어서 영향을 받기 때문이다. 센서노드는 한번 배치가 되면 장시간 동안 사용하기 때문에 RF 세기, 거리, 노드 배치상태, 노드의 배터리 상태 등의 요구조건을 가지고 다양한 기초실험에서의 결과를 활용하면 각 노드의 전력 손실을 감소시키고, 설치하는 노드의 수를 줄일 수 있다. 또한 헬스케어용 라우팅 프로토콜의 신뢰성을 향상시킬 수 있는 방안이 될 수 있다.

본 연구에서는 헬스케어에 실시간 라우팅 알고리즘을 채택하기 위해서 다른 무선센서네트워크 라우팅 프로토콜보다 확장성이 좋고, 적은 제어패킷으로 경로를 설정하는 MCF 라우팅 프로토콜을 이용하여 이동성에 강인하면서 데이터 전송 효율성이 좋은 신속한 링크 변환 양방향 MCF를 디자인하였다. 또한 이동성을 고려한 라우팅 프로토콜을 평가에 앞서 노드 간 기

초실험을 통해서 적절한 RF세기를 설정하고, 또한 신뢰성 전송이 가능한 통신거리에 노드를 최적 배치하여 심전도 신호 전송에 있어 신뢰성을 보장할 수 있는 모바일 라우팅 프로토콜을 평가하였다.

II. 시스템 개요

그림 1은 환자가 이동중에도 실시간으로 데이터 전송이 가능한 모바일 u-헬스케어 시스템 구성을 보여주고 있다. 본 연구에서는 이동이 자유롭고 착용이 편안하도록 웨어러블 형태로 바이오 셔츠(bio-shirt)와 탈부착이 가능한 센서노드를 제작하여 사용자의 심전도, 활동량 생체신호를 수집과 동시에 데이터를 전송하도록 하였다.

중계노드는 무선센서네트워크의 범위 확장과 연결성을 보장하기 위해서 천장에 설치되었으며, 이 노드를 활용하여 이웃 중계노드나 BS(base station) 사이에 멀티 홉을 형성하여 생체 데이터를 전송하도록 하였다. BS는 웨어러블 센서노드와 중계노드로부터 생체 데이터를 무선으로 수집한다. 또한 이 노드는 RS-232로 서버컴퓨터 연결되도록 설계하여 실시간으로 생체데이터를 모니터링 플랫폼에 전달하도록 하였다.

PC에서는 생체신호 모니터링뿐만 아니라 생체신호 획득과 전송을 담당하는 심전도 이동형 노드와 멀티 홉 기능을 갖는 중계노드들을 효율적으로 원격 컨트롤 할 수 있도록 하였다. 또한 서버컴퓨터에서는 헬스케어용 라우팅 프로토콜 기반 노드들이 전송한 생체 패킷들을 분석하여 무선전송 중에 발생하는 홉 카운트에 따른 심전도 이동형 노드의 패킷 수신율을 분석하도록 하였다.

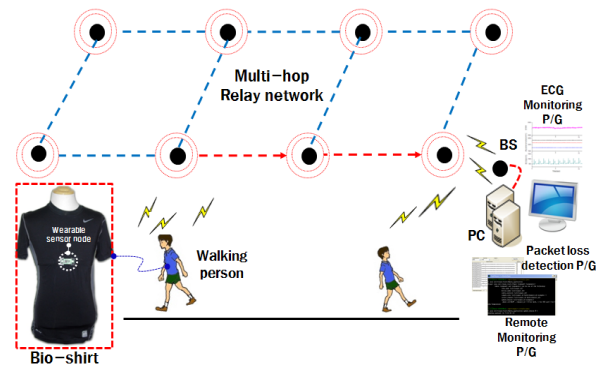


그림 1. 제안된 모바일 u-헬스케어 시스템의 구성
Fig. 1. Architecture of the proposed mobile u-healthcare system

Ⅲ. 노드간 통신 성능평가

무선센서네트워크 기반의 헬스케어 시스템에서 무선으로 신뢰성 있는 데이터를 수집하기 위해서는 무선노드 간 다양한 성능평가가 이루어져서 센서노드 배치 등의 헬스케어 시스템 설치에 반영되어야 한다. 이는 무선센서네트워크의 제한된 하드웨어와 낮은 무선 네트워크 대역폭으로 인해서 주변 환경변화에 따라서 신뢰성이 변화시키기 때문이다. 특히, 무선센서네트워크 기반 헬스케어 시스템에서 정밀한 생체신호를 모니터링하기 위해서 고속샘플링을 요구함과 동시에 다량의 데이터를 무선으로 전송해야하기 때문에 적절한 통신거리, RF 세기, 배터리 상태, 배치상태 등을 고려함은 생체 센서노드의 수명연장과 데이터 신뢰성을 높이는데 기준이 될 수 있다. 따라서 본 논문에서는 생체 센서노드의 효율성을 높이기 위해서 3가지 방법을 제안하고 평가하여 모바일 헬스케어 라우팅 프로토콜 구현에 있어서 높은 신뢰성을 확보할 수 있도록 하였다.

3.1. 배터리 상태와 RF 세기에 따른 통신거리측정

센서노드 간 통신은 배터리 상태에 따라서 통신거리가 변화가 발생하기 때문에 우선적으로 고려해야할 사항이다. 본 논문에서는 생체 센서노드에서 중계노드로 생체신호를 전송할 경우 중계기 역할을 하는 중계노드들 간 통신이 지속적으로 이루어지기 위해서 중계노드 간 배치는 중요한 지표가 될 수가 있다. 이를 위해서 그림 2에서 보는 것처럼 배터리 상태에 따른 통신거리 실험을 행하였다.

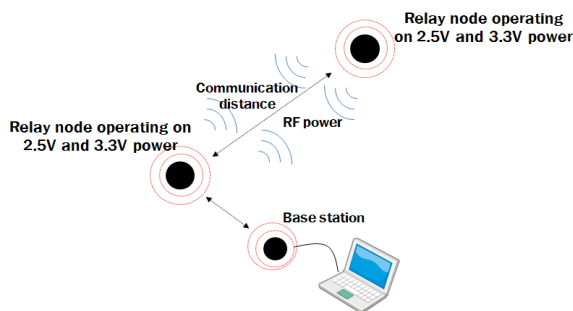


그림 2. 중계노드의 배터리 상태에 따른 통신거리 측정의 실험 구성
Fig. 2. Experiment configuration of communication distance measurement according to battery status of relay nodes

3.2. RF 세기와 배치상태에 따른 통신거리측정
위에서 언급되어진 통신거리의 차이는 배터리 상태에 따라서 차이가 발생되어지지만 또 다른 요인으로 실내 주변의 배치 상태에 따라서 통신거리차이가 크게 발생되어진다. 그림 3은 중계노드를 실내 바닥과 천정에 배치하여 중계노드 간 통신거리 측정하기 위한 실험구성을 보여주고 있다. 또한 이들 중계노드의 전압은 약 2.5V로 유지하였다.

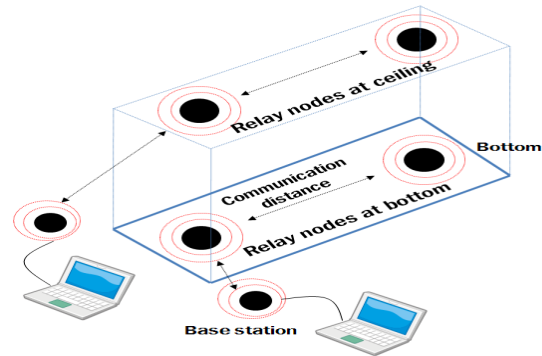


그림 3. 중계노드의 배치상태에 따른 통신거리의 실험 구성
Fig. 3. Experiment configuration of communication distance according to deployment status of relay nodes

3.3. RF 세기와 배치상태에 따른 수신율 평가

적절한 위치에 노드가 배치되어 통신 거리가 확보되어도 설정된 RF 세기가 적절치 못할 경우 네트워크 상태를 나빠져서 패킷손실을 유발시킬 수 있는 요인이 될 수 있다. 따라서 본 논문에서는 그림 4를 보는 것처럼 1.8m의 너비와 1.4m의 폭 간격으로 바닥과 천정에 중계노드를 배치하여 수신율을 평가하였다.

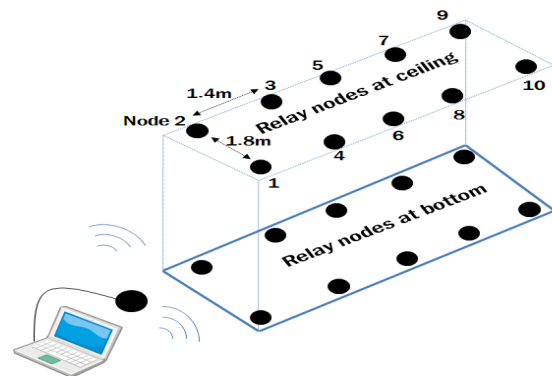


그림 4. 중계노드의 배치상태에 따른 패킷수신율을 위한 실험 구성
Fig. 4. Experiment configuration for packet reception according to deployment status of relay nodes

3.4. MCF 라우팅 프로토콜

적절한 MCF 라우팅 프로토콜은 센서노드의 유일한 ID나 메시지를 전송할 테이블을 가질 필요 없이 넓은 범위 네트워크에 대해 적합하게 설계되어진 proactive 방식의 알고리즘이다. 이 알고리즘의 기법은 BS에서 비용이 0으로 설정된 광고 메시지를 방송한다. 또한 BS를 제외한 모든 노드는 초기에 ∞ 대로 설정된 값을 가진다. 각 노드가 광고 메시지를 수신하여 현재 자신의 초기 값인 ∞ 값과 광고메시지를 수신한 링크의 비용의 합이 현재의 자신의 링크 값보다 작다고 판단하면, 자신의 경로로 판단한다. 이런 방법으로 갱신된 값이 다시 자신의 현재 값으로 설정이 되고, 이 값이 다시 수신한 광고 메시지의 측정치와 비교하여 가장 작은 값이 갱신이 된다⁷⁾. 이 라우팅 프로토콜은 무선센서네트워크 기반의 헬스케어에 적합한 라우팅 알고리즘으로서 확장성이 좋고, 적은 제어패킷으로 경로를 설정하여 실시간 데이터 전송이 가능하다⁸⁾.

그림 5는 PC를 통해 소스 노드에 질의를 했을 경우 센서노드들이 LQI(link quality indicator) 값으로 최소 비용 값의 경로를 찾아서 노드 F에 원격명령을 전송하고, 데이터를 BS로 수신하는 모습을 보여주고 있다. CC2420 RF칩에서 정의된 것처럼, LQI 값은 수신 신호세기로서 50~110 사이에 적합한 신호세기를 가진다. 소스 노드 F에서는 전체 경로비용 320 값과 480 값의 LQI 비용을 합산하고, 두 경로 비용을 비교해서 최소 비용인 320 값을 저장하게 된다. 따라서 본 연구에서의 양방향 MCF는 단방향 통신을 양방향 통신으로 확장하여 설계하였다. 이 양방향 MCF 기반 센서노드는 라우팅테이블과 다른 이웃 노드들의 경로상태들에 대한 정보 지식 없이 원격명령 포워딩으로 최소 비용 경로인 소스 노드에게 효과적인 제어를 할 수가 있다. 또한 질의 명령을 받은 소스 노드 F는 질의응답을 목적노드에 전달하기 위해서 역방향의 최소 경로 노드인 F→A→5→4→3을 거쳐서 BS으로 심전도 데이터를 전송하도록 하였다⁹⁾.

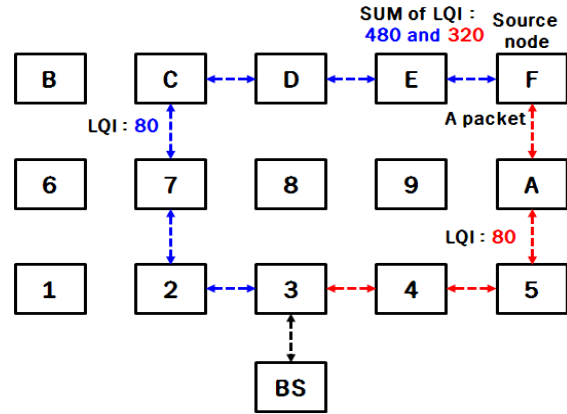


그림 5. 양방향 MCF 라우팅 프로토콜
Fig. 5. Bi-direction MCF routing protocol

IV. 신속한 링크 변환 MCF 라우팅 프로토콜 구현

u-헬스케어 시스템을 활용하는 장소인 요양시설, 가정, 병원 환경에서는 무구속, 무자각 형태의 초소형 하드웨어 플랫폼을 사용하기 때문에 사용자의 이동성이 크다. 이와 같은 환경적인 요구를 반영하기 위해서 이동에 강인한 데이터 전달 기법이 필요하다. 하지만 양방향 MCF 라우팅 프로토콜은 정적인 상태의 웨어러블 센서 노드에서는 높은 데이터 전송 신뢰성을 보이는 반면에 웨어러블 노드가 이동으로 인해서 링크 단절이 되었을 때 다소 회복하는 시간이 늦어져서 다량의 심전도 데이터를 전달하는데 큰 문제를 가지고 있다. 이러한 링크 단절의 원인은 크게 두 가지의 요인에 따라 결정된다. 첫 번째 요인으로 전송 노드와 중계 노드 사이의 거리를 들 수 있다. 둘 노드 사이의 거리가 멀 경우 링크가 단절이 된다. 또한 웨어러블 노드는 링크가 단절된 후에 다른 새로운 링크로 갱신하기 위해서 주변노드부터 비컨 메시지 수신을 기다린다. 이로 인해서 링크단절이 발생된다.

따라서 본 논문에서는 그림 6과 같이 제안한 통신 기법으로 이동성에 따른 통신단절의 원인을 극복하고자 하였다. 양방향 MCF는 최소비용으로 목적지까지 데이터를 전달하기 위한 방식으로써 주기적으로 비컨 메시지를 주변노드에 전송하여 최소 링크 비용을 갖는 부모 노드를 선별한다. 비컨은 브로드캐스팅으로 전송이 되며 자신 노드의 ID, 부모노드 ID, 링크 값(link value), 홉 카운트(hop count)의 정보를 포함하고 있다. 그림 6의 (a)는 BS에서 전송한 비컨 메시지가 중계노드를 거쳐서 웨어러블 노드까지 전달하는 것을 보여주고 있다. 각 노드는 비컨 메시지를 전달함

으로써 최소경로인 부모노드를 선택하게 된다. 노드 1 과 node 2는 BS를 부모노드로 선택하고, 노드 3은 부모노드 1, 노드 4는 부모노드 2, 노드 5는 부모노드 3, 노드 6은 부모노드 4번을 선택하게 된다. 마지막으로 노드 M은 노드 5번이 자신의 부모로 선택된다. 그림 6의 (b)를 보는 것처럼 웨어러블 센서노드는 심전도 신호를 100 Hz로 샘플링해서 부모 노드인 5번 노드에 게 패킷을 전송하며, 또한 전달된 패킷이 성공적으로 전송되었는지 확인하기 위해서 ACK 신호 수신을 기다린다. 웨어러블 노드가 이렇게 지속적으로 생체신호와 ACK 신호를 송수신 중에 있다가 갑자기 이동으로 인해서 부모 노드의 통신 범위를 벗어날 경우 다음 생체패킷을 새로운 부모노드에게 전달하기 전에 이전 부모에게 5번 이상 패킷을 재전송을 시도하고, ACK 신호를 기다린다. 이렇게 전송을 했음에도 ACK 신호 수신이 성공적으로 이루어지지 않으면 그림 6의 (b)를 보는 것과 같이 웨어러블 노드에서는 자신의 부모노드와 통신이 단절된 것이라고 판단하고 헬프 메시지(help message)를 주변 중계노드에게 전송한다. 주변 노드에서는 웨어러블 노드로부터 전송한 메시지인지 판단되면 즉시 비컨 메시지(beacon message)를 웨어러블 노드 단으로 전달한다. 이렇게 수신된 비컨 메시지는 중계노드의 링크비용이 포함이 되어 있다. 그림 6(c)을 보면 웨어러블 노드가 중계노드 2, 3, 4부터 100, 110, 150의 링크비용을 수신하는데, 그중에서 링크 비용이 가장 작은 100 값을 갖는 부모노드를 선택한다. 이렇게 선택된 2번 부모 노드에게 웨어러블 노드는 자신부모노드로 판단하고 지속적으로 생체패킷을 전송하도록 한다.

그림 7은 양방향 MCF 라우팅 프로토콜과 신속한 링크 변환 기능이 추가 되도록 설계한 하였으며, 이를 초소형 운영체제인 TinyOS 상에서 직접 구현 것을 보여주고 있다. MobileHelpM는 웨어러블 노드가 이동했을 때 주변의 새로운 중계노드의 연결을 향상시킬 수 있도록 고안된 컴포넌트이다. 또한 RelayHelpM는 중계노드가 자기 부모의 중계 노드에 패킷을 전송할 경우 데이터 패킷 손실이 10번 이상 발생하면 링크단절이라고 판단하고 새로운 부모노드를 갱신할 수는 있도록 구현한 컴포넌트이다.

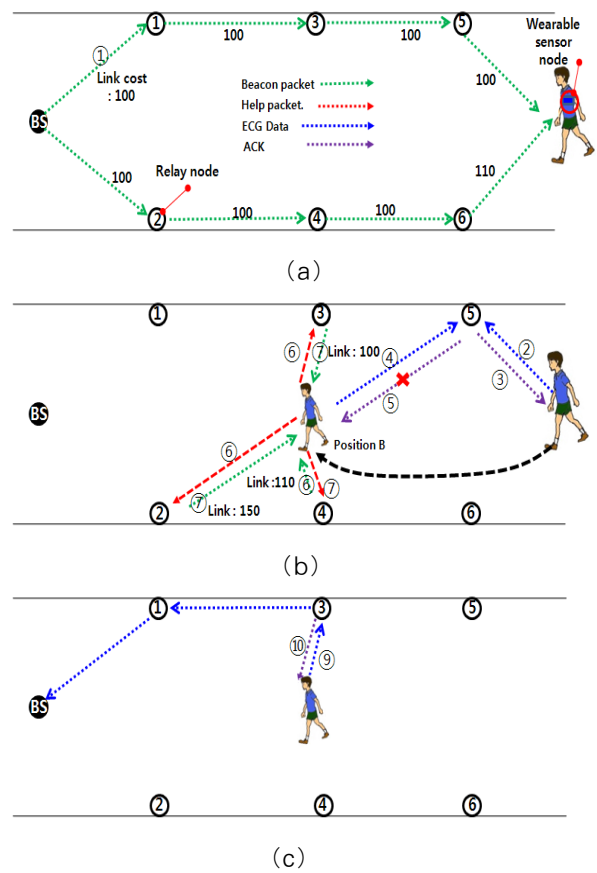


그림 6. 신속한 링크변환 양방향 MCF의 기법
Fig. 6. Technique of fast link exchange Bi-direction MCF

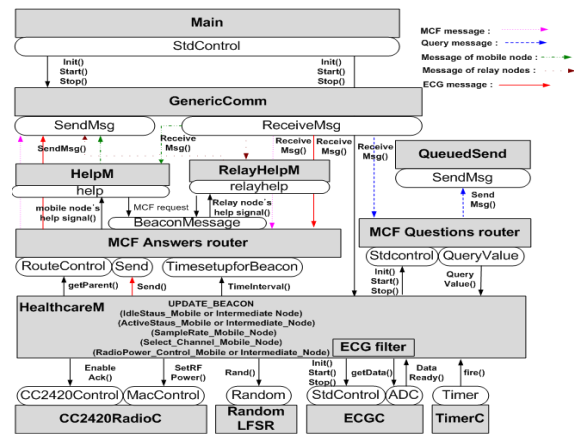


그림 7. 신속한 링크 변환 양방향 MCF의 컴포넌트 구성
Fig. 7. Component architecture of fast link exchange bi-direction MCF

V. 실험 결과

5.1. 실험 구성

헬스케어용 라우팅 프로토콜인 양방향 MCF 프로

토콜과 신속한 링크 변환 알고리즘이 추가된 양방향 MCF 프로토콜의 이동성에 따른 성능 차이를 비교하기 위해서 열십자 모양의 2층 복도에서 일반적으로 가볍게 걷는 것 보다 빠르게 걸어서 실험을 수행하였다. 피 실험자는 그림 8 에서 보는 것과 같이 의복에 웨어러블 노드를 착용하고 복도 왼쪽에서 오른쪽, 오른쪽에서 왼쪽, 아래쪽에서 위쪽, 위쪽에서 아래쪽으로 걸었다. 이 실험을 통해서 패킷 배달 성공률을 제안한 프로토콜에 따라서 평가하였다.

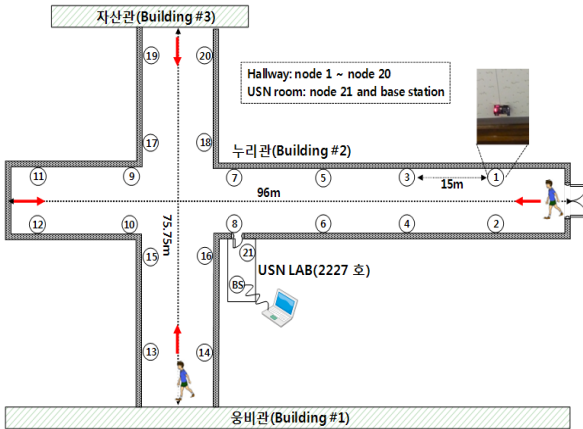


그림 8. 모바일 라우팅 프로토콜의 이동성 실험을 위한 맵
Fig. 8. Map for mobility experiment of mobile routing protocol

5.2. 실험 결과 및 분석

본 논문에서는 AAA 전전지로 동작하는 중계노드에 3.3V와 2.5V를 기준전압을 설정하였으며, 또한 RF 파워는 가장 낮은 범위 -25dBm 부터 가장 높은 범위 -0.2dBm까지 조절해가면서 다른 중계노드까지 통신 가능 거리를 측정하였다. 그림 9에서 보는 것처럼 RF 파워세기를 -25dBm으로 설정하고 배터리 전압을 2.5V와 3.3V로 통신거리를 비교할 경우 40cm 정도의 통신거리 차이가 발생하였다. 또한 RF 세기가 -7dBm 이상일 때 각각의 기준전압으로 통신거리를 실험했을 경우 100cm 이상의 통신거리 차이가 발생한 것을 확인할 수 있었다. 따라서 배터리 전압이 최대한 소실되더라도 노드들 간 통신을 원활하기 위해서 최소전압 노드의 통신거리 기준에 맞춰서 중계노드를 적당한 거리로 배치하는 게 무선센서네트워크 기반의 헬스케어 시스템에서 더욱 신뢰할 수 있는 데이터를 확보할 수 있는 기준이 될 수가 있다.

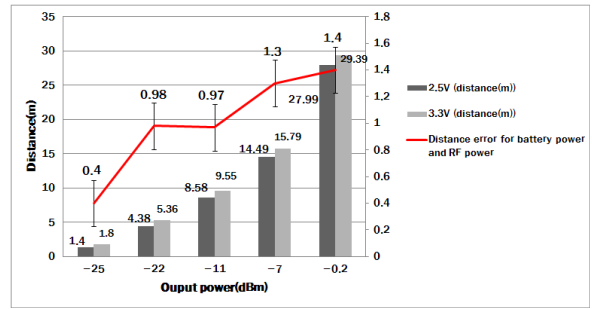


그림 9. 중계노드의 배터리 상태와 RF 세기에 따른 통신 거리 차이
Fig. 9. Communication distance discrepancy according to battery status and RF strength of relay nodes

바닥에 배치된 중계노드는 그림 10에서 보는 것처럼 RF 세기에 따라서 1.4m, 4.38m, 8.58m, 14.49m 등의 거리만큼 통신이 이루어진 반면에 천정에 배치된 중계노드는 7.42m, 11.06m, 18m, 25m로 통신 거리가 훨씬 넓어진 것을 확인할 수 가 있었다. 이는 바닥에 배치된 중계노드는 천정에 배치된 노드에 비해 전파간섭이나 주변 환경의 변화에 더 민감하여 통신장애를 초래함으로써 데이터 수신이 원활하게 이루어지지 않는 반증이다. 특히, RF 세기가 -7dBm인 중계노드를 천정과 바닥에 배치해서 실험을 하면 통신거리가 무려 10m 이상의 통신차이가 발생하였다.

따라서 넓은 공간에서 데이터를 전송을 위해 천정에 중계노드를 배치함으로써 통신거리를 확보할 뿐만 아니라 목적 노드로부터 BS까지의 신호 전송에 있어 흡수를 줄이는 방법이 될 수 있었다.

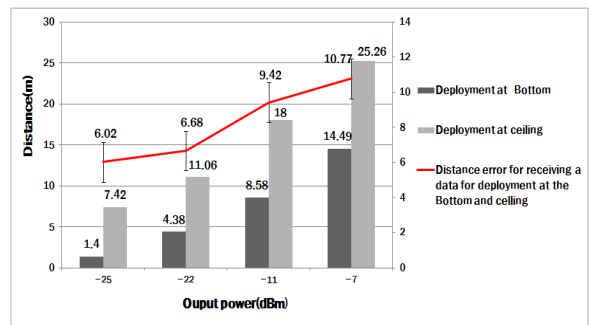


그림 10. 중계노드의 배치상태와 RF 세기에 따른 통신 거리 차이
Fig. 10. Communication distance discrepancy according to deployment status and RF strength of relay nodes

배치상태에 따라 수신을 평가를 위해 각 평가 요소를 표 1과 같이 나타내었다. 질의응답 횟수는 터미널 PC에서 각각의 중계노드에게 50번 질의하면 50번 응답하는 방식으로 평가되었다. 이를 위해 중계노드들은 천정과 바닥에 10개씩을 설치하였다. 또한 각 중계노

드에게 RF 세기를 세팅시키기 위해서 질의 메시지를 전송하도록 하였다. 배치상태와 RF 세기에 따른 패킷 수신율은 그림 11과 12에서 보여주고 있다. 응답에 대한 수신율은 RF 세기가 가장 큰 -0.2dBm로 세팅했을 때 바닥에서는 99.8%의 성공률을 보였으며, 천정에서는 99.9%의 성공률을 보였다. 이는 송·수신 단 사이에 시야가 확보되어 바닥에 배치된 노드에 비해서 RF 신호세기의 질이 더 양호한 결과라고 사료된다.

하지만 RF 신호세기를 증가시키는 것은 수신 성공률을 보장할 수는 있지만 송/수신부분에서 대부분의 에너지를 소비하는 무선센서네트워크에서는 최선책이 아니다. 따라서 생체센서노드의 전력소비를 낮추고 패킷수신율 99%이상을 확보할 수 있는 -7dBm로 설정하는게 무선 헬스케어 시스템을 향상시키는 방안이 되었다.

표 1. 배치상태와 RF 세기에 따른 수신율 평가 요소
Table 1. Evaluation elements for packet reception rate according to deployment status and RF strength

Evaluation elements	Items
질의응답 횟수	50 번
중계 노드 수	20 개
BS	1 개
홉 카운트	1~5 홉
패킷 사이즈	50 byte
RF 파워세기	-22 dBm, -15 dBm, -11 dBm, -7 dBm, -0.2 dBm
중계노드 건전지 전압	2.5 V

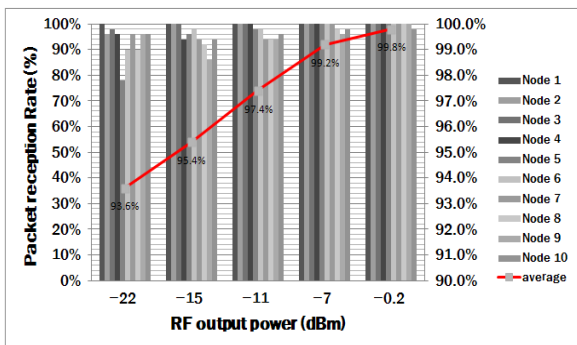


그림 11. 바닥에 배치된 중계노드들에 대한 평균 패킷 수신율
Fig. 11. Average packet reception rate for relay nodes deployed at bottom

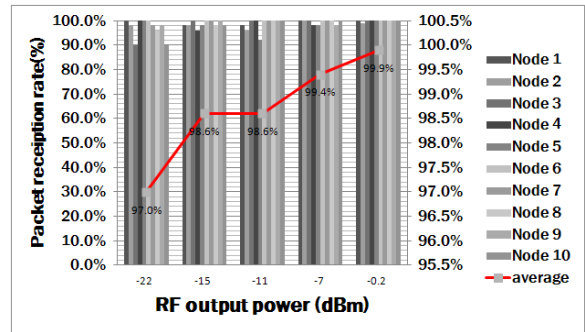


그림 12. 천정에 배치된 중계노드들에 대한 평균 패킷 수신율
Fig. 12. Average packet reception rate for relay nodes deployed at ceiling

표 2와 3은 피 실험자가 복도 끝 위치에서부터 다음 복도 끝까지 걸었을 때 패킷 배달을 및 피 실험자의 도착시간을 표로 정리하였다. 링크가 변환된 위치는 양방향 MCF 프로토콜보다 신속한 링크 변환 양방향 MCF 프로토콜이 링크 변화가 더 많이 일어났으며, 그리고 본 실험에서 최대 홉은 4홉까지 형성되었다. 양방향 MCF 프로토콜 기반의 웨어러블 노드를 착용하고 있는 피 실험자가 오른쪽에서 왼쪽, 왼쪽에서 오른쪽으로 이동하는데 도착 시간이 평균 8분 6.5초가 소유되었으며, 또한 64.4%의 평균 패킷 배달 성공율을 보였다. 또 다른 실험으로 피 실험자가 아래쪽에서 위쪽, 위쪽에서 아래쪽으로 이동하는데 평균 도착 시간은 6분 5.1초가 소유되었으며, 평균 패킷 배달율은 이전 실험보다 더 손실이 많은 43.4%로 나타났다. 피 실험자가 95m 와 75m 거리를 빠르게 걸음에도 불구하고 도착 시간이 8분 6.5초와 6분 5.1초만큼 오래 시간 동안 소유된 이유는 네트워크 단절로 인해서 새로운 네트워크가 갱신할 때까지 긴 지연이 발생되어졌기 때문이다. 이로 인해서 패킷배달 손실율도 크게 증가하였다. 반면에 신속한 링크 변환 양방향 MCF 기반의 웨어러블 노드는 오른쪽에서 왼쪽, 왼쪽에서 오른쪽과 위쪽에서 아래쪽, 아래쪽에서 위쪽 복도 끝으로 이동할 경우 평균 도착시간이 1분 1.5초, 38.7초만큼 짧게 소유되었으며, 또한 평균 패킷배달 성공률은 87.85%와 95.9%와 같이 높게 나타났다. 이것은 네트워크 갱신에 필요한 비컨 메시지를 주기적으로 기다리지 않고 네트워크 단절이 되었을 때만 비컨 메시지를 호출함으로써 지연시간을 최소화한 결과이기 때문이다. 따라서 신속한 링크 변환 양방향 MCF 라우팅 프로토콜이 양방향 MCF 라우팅 프로토콜보다 이동성 실험을 통해서 패킷 배달율이 우수함을 확인하였다.

표 2. 양방향 MCF 노드의 워킹방향에 따른 패킷 배달을 평가
Table 2. Packet delivery rate according to walking direction of bi-direction MCF node

Walking direction	Packet delivery rate(%)	Mobile node speed (meter/min)	Arrival time	Distance
Right -> Left	67.2	11.8470	8min, 6.2sec	96m
Left -> Right	61.7	11.8328	8min, 6.8sec	96m
Average	64.4	11.8397	8min, 6.5sec	96m
Bottom -> Upper	42.4	10.5189	7min, 7.8sec	75m
Upper -> Bottom	44.2	14.8809	5min, 2.4sec	75m
Average	43.3	12.3253	6min, 5.1sec	75m

표 3. 신속한 링크변환 양방향 Bi-direction MCF 노드의 워킹방향에 따른 패킷 배달을 평가
Table 2. Packet delivery rate according to walking direction of fast link exchange bi-direction MCF node

Walking direction	Packet delivery rate(%)	Mobile node speed (meter/min)	Arrival time	Distance
Right -> Left	87.9	93.6431	1 min, 1.51sec	96m
Left -> Right	87.8	93.6585	1 min, 1.5 sec	96m
Average	87.85	93.6585	1 min, 1.5 sec	96m
Bottom -> Upper	95.3	122.3491	36.8sec	75m
Upper -> Bottom	96.5	110.9467	40.6sec	75m
Average	95.9	6993.95	38.7sec	75m

V. 결 론

모바일 u-헬스케어 응용을 위한 무선센서네트워크에서 웨어러블 센서노드와 중계노드의 배터리의 제한성을 줄이고 통신 효율성을 높이기 위해서 RF 세기,

배터리 상태, 배치상태에 따라 기초 통신실험을 수행하였으며, 이를 바탕으로 신속한 링크 변환 양방향 MCF의 모바일 라우팅 프로토콜을 평가하고자 하였다. 이 기초 통신실험의 결과에서는 RF 파워 세기를 낮추고, 최적통신을 위해 -7dBm 으로 설정한 중계노드를 천정 25.26m 이하 위치에 배치 설계함으로써 모바일 헬스케어 라우팅 프로토콜을 향상시키는데 큰 도움을 줄 수 있었다.

선형데이터와 파형데이터가 혼합된 헬스케어 데이터에 적합하도록 설계된, 신속한 링크 변환 알고리즘을 적용한 양방향 MCF 라우팅 프로토콜을 구현하여 정적인 라우팅 프로토콜인 양방향 MCF와 함께 동일한 시나리오로 평가하였다. 이동 실험에서 신속한 링크 변환 양방향 MCF 라우팅 프로토콜은 오른쪽과 왼쪽, 왼쪽과 오른쪽 시나리오에서 평균 전송률은 87.8% 정도의 결과를 나타냈다. 또한 아래쪽에서 위쪽, 위쪽에서 아래쪽 시나리오에서는 양방향 MCF 보다 훨씬 높은 95.9% 정도의 높은 전송률을 보였다. 따라서 제안한 모바일 헬스케어 라우팅 프로토콜은 사용자가 의복을 착용하여 가정 내에 언제 어디서든지 이동하면서 신뢰성이 높은 생체신호 전송이 가능하도록 하였다.

참 고 문 헌

- [1] Y. B. Kim, S. K. Yoo, D. Y. Kim, "Ubiquitous Healthcare: Technology and Service", *Studies in Computational Intelligence*, Vol 19, 2006.
- [2] R. G. Lee, C. C. Hsiao, C. C. Chen, M. H. Liu, "A mobile-care system integrated with Bluetooth blood pressure and pulse monitor, and cellular phone", *IEICE Trans Inform Syst* 2006, Vol. E89-D, Issue 5, pp. 1702 - 1711, 2006.
- [3] U. Varshney, "Patient monitoring using infrastructure-oriented wireless LANs", *Int. J. Electron Healthcare*, Vol.2, No. 2, pp. 149 - 163, 2006.
- [4] F. Hu, M. Jiang, L. Celentano, Y. Xiao, "Robust medical ad hoc sensor networks (MASN) with wavelet-based ECG data mining", *Ad Hoc Networks*, Vol. 6, Issue 7, pp. 986-1012, 2008.
- [5] B. Zhou, C. Hu, H. Wang, and R. Guo, "A

wireless sensor network for pervasive medical supervision”, *International Conference on Integration Technology*, pp. 740 - 744, 2007.

- [6] I. F. Akyildiz, S. Weilian, Y. Sankarasubramaniam, and E. Cayirci, “A Survey on Sensor Networks”, *Comm. IEEE.*, Vol. 40, No. 8, pp.102-114, 2002.
- [7] F. Ye, A. Chen, S. Lu, L. Zhang, “A scalable solution to minimum cost forwarding in large sensor networks”, in *Proceedings of IEEE 10th Int. Conf. Computer Communications and Networks*, Scottsdale, Arizona, pp. 304 - 309, 2001.
- [8] D. Yupho and J. Kabara, “Continuous vs. Event Driven Routing Protocols for WSNs in Healthcare Environments”, in *Pervasive Health Conference and Workshops*, pp. 1-4, 2006.
- [9] Seung-Chul Lee and Wan-Young Chung, “Design and Implementation of Minimum Cost Forwarding Model in Sensor Network Database for Healthcare Application”, *Sensor Letters*, Vol. 9, number 1, February 2011, pp. 433-438.

이 승 철 (Seung-Chul Lee)

정회원



2002년 경운대학교 컴퓨터공학과 (공학사)

2005년 동서대학교 컴퓨터 네트워크학과 (공학석사)

2011년 부경대학교 전자공학과 (공학박사)

<관심분야> u-헬스케어, 무선센서네트워크, 신호처리

정 완 영 (Wan-Young Chung)

정회원



1987년 경북대학교 전자공학과 (공학사)

1989년 동 대학원 전자공학과 (공학석사)

2009년 핀란드 오울루대학교 전기정보공학과(공학박사)

1999년~2008년 동서대학교 컴퓨터정보공학부 부교수

2008년~현재 부경대학교 전자공학과 교수
<관심분야> 유비쿼터스 센서네트워크, LED 통신, u-헬스케어