

논문 2013-50-10-13

# 6LoWPAN 멀티-홉 무선 센서 네트워크에서의 IEEE 11073 PHD 표준을 위한 신뢰성 있는 생체 정보 전송

(Reliable Transmission of Bio-Data for IEEE 11073 PHD Standards at  
6LoWPAN Multi-Hop Wireless Sensor Networks)

우 연 경\*, 박 종 태\*

(Yeon Kyung Woo and Jong Tae Park<sup>©</sup>)

## 요 약

모바일 헬스케어 서비스에서 생체 정보의 신뢰성 있는 전송은 매우 중요하다. 본 논문에서는, 6LoWPAN의 멀티 홉 무선 네트워크의 모바일 헬스 케어 모니터링 서비스에서 신뢰성 있는 생체 정보 전송 기술을 제안한다. 또한, IEEE 11073-20601 프로토콜을 확장하였으며 IPv6 네트워크를 사용한 6LoWPAN 기반의 6LoWPAN 멀티-홉 무선 센서네트워크에서 생체 정보를 안정적으로 전송하기 위하여 신뢰성 있는 경로 구축 방법을 제안한다. 6LoWPAN은 IPv6 패킷을 전송하기 위하여 MAC계층의 상위 계층에 적응 계층을 올려 센서 네트워크에 부합하는 점 등으로 인해 현재 가능성을 인정받고 있다. 본 논문에서는 6LoWPAN의 센서들이 소형이고 저가이며 배터리를 사용할 수 있음을 고려하고 모바일 헬스케어 응용환경에 적합한 네트워크 시스템인 만큼 신뢰성 있고 전력 소비 및 알고리즘 수행의 복잡도를 최소화하는 라우팅 절차 및 알고리즘을 제시한다. 본 논문에서 제안된 방법의 우수성을 증명하기 위하여 NS-3을 사용하여 AODV 프로토콜과 성능을 비교하였다.

## Abstract

In mobile healthcare applications, the reliable transmission of the bio-data is very important. In this article, we present a reliable bio-data transmission technique for mobile healthcare monitoring service at 6LoWPAN multi-hop wireless networks. In particular, we expand IEEE 11073-20601 protocol, and propose the reliable path construction for 6LoWPAN aimed to reliably provide mobile healthcare service over wireless sensor network, using IPv6 network. 6LoWPAN is recognized possibility because it is agree with sensor network by raising Adaptation layer on the MAC layer to transmit IPv6 packets. In this article proposed minimize the algorithm complexity and reliability routing protocol because the 6LoWPAN devices are suitable for low cost, small size and battery that can be used to health care system environment. And detailed procedures and algorithms are presented. We the proposed method to prove the superiority of using NS-3 for comparing with AODV protocol.

**Keywords** : 신뢰성, 6LoWPAN, IEEE 11073 PHD, 복구 경로 구축, AODV

\* 정회원, 경북대학교

(Kyungpook National University)

© Corresponding Author(E-mail: jtpark@ee.knu.ac.kr)

※ 본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학IT연구센터 지원사업 (NNIPA-2013-H0301-13- 2004), 2단계 BK21 프로젝트 및 경북대학교 학술연구비에 의하여 연구되었음.

접수일자: 2013년8월6일, 수정완료일: 2013년9월26일

## I. 서 론

최근에, 모바일 헬스케어 (Mobile Healthcare) 모니터링 서비스에 무선 센서 네트워크를 응용하는 비율이 증가하고 있다. 모바일 헬스케어 서비스의 핵심 요구 사항 중 하나는 신뢰성 있는 생체 정보 전송이다. 모바일 헬스케어 서비스에서 생체 정보 전송의 높은 신뢰성 제공은 환자의 생명과 연관이 있기 때문이다.

모바일 헬스케어 서비스에서는 개인 건강 기기 (체중계, 운동측정 기기, 심전도 측정 장치, 체온계 등) 가 사용되며, 취합 기기는 개인 휴대 단말, 노트북, 건강 정보 취합기 등이 사용된다. 이렇게 측정된 생체정보는 유/무선 통신을 통해 건강 및 생체 정보 데이터베이스 (PHR: Personal Health Record) 로 전송되며, 이는 주치의 또는 건강관리사에 의해 분석되고 분석된 건강상태의 변화는 대상 고객에게 원격으로 건강관리 및 의료 서비스를 제공하게 된다. 이러한 의료정보 센싱 혹은 장비간의 의료정보 전송에 관련된 상호 운용성을 위해 국제 전기전자학회인 IEEE에서는 IEEE 11073 PHD 표준 규격을 제시하고 있다<sup>[1]</sup>.

한편, 모바일 헬스케어 서비스를 위해, IEEE는 생체 정보 전송 및 저장을 위한 다양한 의료 모니터링 서비스를 위한 IEEE 11073-20601 PHD 표준을 개발하였다. 하지만 IEEE 11073-20601 PHD 표준은 생체 정보 전송에서 높은 신뢰성을 보장하기 위한 메커니즘을 지정하지 않았다<sup>[2]</sup>. 지금까지 대부분 기존 연구에서 센서 노드에 IP를 운용하는 것은 부적절하다고 여겨져 왔다. 본 논문에서 제안하고자 하는 모바일 헬스케어 네트워크 구조와 기존의 연구와의 차이점은 센서 노드에 IP를 운용 및 확장을 하는 것이다.

현재 일부 무선 센서 네트워크 기술에는 블루투스, IEEE 802.15.4 기반의 지그비, 무선 USB 등이 있다. 또한, IEEE 11073 PHD 표준을 기반으로 모바일 헬스케어 서비스를 제공하기 위해 블루투스와 지그비 포럼 블루투스 건강 장치 프로파일 (HDP: Health Device Profile), 지그비 헬스케어 (ZHC: ZigBee Health Care) 프로파일 등을 개발하였다. 이러한 프로파일들은 IP 프로토콜을 지원하지 않기 때문에 점대점 (end-to-end) 모바일 헬스케어 서비스에서 생체 정보 손실 또는 성능 문제가 있을 수 있다.

앞서 언급 한 문제점을 극복하기 위해 본 논문에서는

6LoWPAN (IPv6 over Low power Wireless Personal Area Networks) 의 멀티-홉 무선 네트워크에서 모바일 헬스케어 모니터링 서비스에 대한 신뢰성 있는 생체 정보 전송을 위한 경로 구축 방법을 제안한다. 특히, IPv6 네트워크를 사용하여 6LoWPAN에 대한 신뢰성 있는 경로 구축 방법이 무선 센서 네트워크를 통해 모바일 헬스케어 서비스를 안정적으로 제공하도록 하였다. 또한, 6LoWPAN을 적용함으로써 각 센서 노드가 6LoWPAN을 지원하도록 함으로써 기존 연구에서 어댑터를 사용하는 것과 달리 개인건강기기와 게이트웨이가 직접적으로 통신할 수 있다는 장점이 있다. 즉, 중간 지점에 있는 중계 장치가 없어도 통신 개체 간의 점대점 직접 통신이 가능하다. 그리고 센서 노드가 IP 주소를 가지고 있기 때문에 모바일 헬스케어 서비스를 기존 유무선 융합 IP 통신망과 매끄럽게 연동되고 통합될 수 있다. 결론적으로 6LoWPAN을 사용한 모바일 헬스케어 융합 네트워크는 모든 장치에 IP를 사용함으로써 기존에 구축된 통신과 응용 서비스 인프라를 그대로 이용할 수 있어 지그비 또는 블루투스 등에 비하여 개인용 헬스 클라우드 응용 서비스 환경 (Personal Health Cloud Application Service) 에 적합하다고 할 수 있다.

본 논문에서는 모바일 헬스케어 서비스에서 생체 정보 전송을 하기 위하여, 먼저 기존의 IEEE 11073-20601 표준의 통신 모델을 확장하였고 생체 정보 전송을 위한 신뢰성 있는 경로 구축 방법을 제안한다. 지금까지 IEEE 11073 PHD 표준 프레임 워크에서 6LoWPAN을 응용하여 신뢰성 있는 생체 정보 전송을 구축하는 연구가 없었으며 본 논문에서는 6LoWPAN에서 신뢰성 있는 경로 구축을 위한 세부 방법 및 알고리즘을 제시하고 시뮬레이션을 통하여 제안 된 방법의 성능을 비교 분석하였다.

## II. 관련연구

### 1. IEEE11073-20601 모델

그림 1은 ISO/IEEE 11073에서 정의한 PHD (Personal Health Device) 표준 네트워크 구조이다. IEEE 11073 PHD에서 프로토콜 스택 구조는 두 레벨로 나뉜다. 상위 레벨 (OSI 5-7계층) 은 개인 건강 관리 응용들을 포함하며, 하위 레벨 (OSI 1-4계층) 은 PHD의 영역 밖인 전송기술들을 포함한다. 전송 레이어

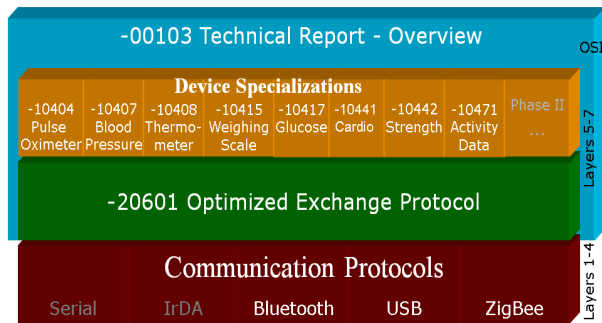


그림 1. ISO/IEEE 11073 PHD 표준 네트워크 구조

Fig. 1. ISO/IEEE 11073 PHD Standards Network Architecture.

(Transport Layer)에서는 구체적인 물리적 전송에 대한 방법은 정의하지 않고 현재까지 나온 다양한 전송 방법을 허용하고 있다. 표준과 관련된 다양한 SIG에서 Bluetooth HDP<sup>[3]</sup>, USB<sup>[4]</sup>, ZigBee<sup>[5]</sup> 등에서의 프로파일을 정의하고 있다.

Bluetooth HDP (Bluetooth Health Device Profile)는 MCAP (Multi-Channel Adaptation Protocol) 이라 불리는 새로운 특정 프로토콜을 따라 제어 채널과 한 개 이상의 데이터 채널의 생성을 관리한다.

USB (Universal Serial Bus Personal Health Device Class)는 건강 기기와 호스트가 지원해야 하는 전체 구조를 기술하며, 장치에 관한 정보를 담고 있는 디스크립터와, 의료 자료를 교환하기 위한 명령어로 구성된다. USB PHDC 프로파일은 표준, 클래스 규격, 그리고 옵션으로 분류될 수 있는 디스크립터의 계층을 정의한다. 계층 내에서 엔드포인트(Endpoint)들은 논리 채널들을 설정하여 호스트와 연결하기 위한 장치 내 논리 엔티티들로 정의된다.

ZHC (ZigBee Health Care) 프로파일은 통신 명령을 따라 장치의 상태를 표현하는 속성들의 집합을 포함하는 장치 클러스터들의 기술을 제공한다. ZigBee 네트워크 내에 최대 세 가지 타입의 장치가 있을 수 있다. ZC (ZigBeeCoordinator)는 네트워크와 경로를 제어하며, ZR (ZigBee Router)는 네트워크 상에 따로 떨어진 장치들을 상호 연결한다. 그리고 ZED (ZigBee End Device)는 대부분의 시간을 잠잘 수 있어서 배터리 수명을 늘이고, 다른 장치와 통신하지 않는 시간 동안 부모 노드와 통신한다. 통신 과정은 두 개의 PHD 터널이 수립될 때 시작된다. 매니저는 서버로서, 에이전트는 클라이언트로서 행동하며, 이 역할은 상호적이다.

앞에서 언급된 ISO/IEEE 11073 PHD 표준 네트워크 구조에서 정의된 PHDC, HDP, ZHC 프로파일은 미래의 헬스케어 클라우드 서비스를 제공하기에는 적합하지 않다. 왜냐하면 각각의 프로파일은 IP를 지원하지 않기 때문에 클라우드 서비스 지원을 위해 반드시 중간에 정보변환을 위한 게이트웨이를 거쳐야하기 때문이다.

실제 모바일 헬스케어 서비스에서는 여러 개의 매니저들이 IP (인터넷 프로토콜 기반) 기반으로 헬스케어 클라우드에 연결되어 다양한 생체신호 데이터를 축적할 수 있다. 즉, 모바일 헬스케어 서비스를 제공하기 위해서는 IEEE 11073 PHD 표준 규격을 확장하는 것이 필요하다.

## 2. 6LoWPAN

6LoWPAN은 IEEE 802.15.4 기반의 무선 센서 네트워크를 통해 IPv6 패킷 전송을 허용하는 국제 표준이다<sup>[6]</sup>. 6LoWPAN의이 IP를 지원할 수 있기 때문에 지그비 또는 블루투스에 비해 더 적합한 모바일 헬스케어 애플리케이션 환경을 제공 할 수 있다. 6LoWPAN에서의 라우팅 방법은 다음과 같은 추가적인 요구사항을 가지게 된다<sup>[7]</sup>. 첫째, 6LoWPAN에서의 라우팅은 EUJ-64 주소 또는 16비트 주소를 사용함으로써 IP 계층이 아닌 적응 계층에서 수행된다. 두 번째, IEEE 802.15.4 물리계층에서 제공하는 LQI (Link Quality Indicator) 값을 활용하여 효율적인 라우팅을 제공한다. 하지만 6LoWPAN의 환경적인 측면 때문에 라우팅 프로토콜 선택이 제한되고 있으며 AODV 라우팅 프로토콜은 경로를 가장 쉽게 찾을 수 있기 때문에 6LoWPAN에서 가장 많이 선택하고 있다. AODV 라우팅 프로토콜은 IPv6에서 메시 네트워크 토폴로지를 형성한다<sup>[8]</sup>. 본 논문에서는 AODV를 확장하여 신뢰성 있는 라우팅 프로토콜을 제안하였으며, 위와 같은 6LoWPAN 요구사항을 고려하여 노드 고장이 발생된 경로상에서 복구를 지역적으로 해결함으로써 전체 네트워크의 부담을 줄일 수 있도록 신뢰성 있는 경로 구축을 위한 라우팅 프로토콜을 제안한다. 구체적으로 멀티-홉 매쉬 형태로 구성된 분산 센서망은 전력특성으로 인해 일반적으로 망 신뢰성이 약하기 때문에 6LoWPAN에서 신뢰성 있게 생체 정보를 전송하기 위해서는 신뢰성 있는 경로 구축을 위한 라우팅 방법을 개발하는 것이 필요하다.

### III. 6LoWPAN을 위한 신뢰성 있는 경로 구축

IEEE 11073 PHD 표준은 에이전트와 관리자의 개념이 있다. IEEE 11073 PHD에서 통신 모델은 단일 매니저와 점대점으로 직접 통신을 통하여 하나 이상의 에이전트와의 토폴로지를 지원한다<sup>[9]</sup>. 본 논문에서 IEEE 11073 PHD 표준 전송 계층에서 6LoWPAN의 신뢰성 있는 경로 구축 방법을 제안한다. 그림 2는 본 논문에서 제안한 6LoWPAN의 무선 멀티-홉 매쉬 네트워크를 통한 모바일 헬스케어 서비스 네트워크 구조이다. 에이전트가 다수의 센서 노드로부터 생체정보를 수집 및 기록하여 응용 계층에서 매니저로 생체 정보를 전송한다.

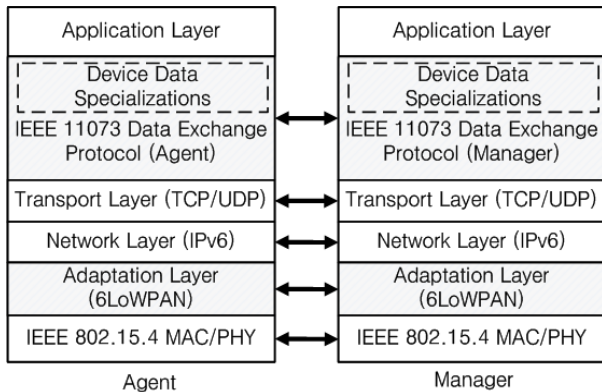


그림 2. 6LoWPAN에서 모바일 헬스케어 서비스를 위한 제안한 네트워크 구조

Fig. 2. Proposed network architecture for mobile healthcare service over 6LoWPAN.

#### 1. IEEE 11073 PHD 통신 과정

그림 3은 IEEE 11073-20601 기반 매니저와 에이전트 간의 신뢰성 있는 통신을 위한 메시지 전송 프로토콜을 보여준다. 메시지 전송 과정은 연결 정보 교환 및 이벤트 리포트를 보여주며 이 때의 복구 과정도 함께 기술하였다. 첫 번째 메시지는 에이전트가 매니저에게 연결을 요청하는 메시지이다. 먼저 연결을 하기 위하여 'AssocRequest' 메시지가 사용된다. 매니저가 에이전트의 구성정보를 알고 있는 경우와 모르는 경우로 두 가지 형태에 따라서 'AssocResponse' 메시지의 정보가 달리하여 전송되게 된다. 그림 3은 매니저가 에이전트의 구성정보를 모르고 있다고 가정을 하였다. 두 번째 메시지는 만약에 매니저가 에이전트의 구성정보가 저장되

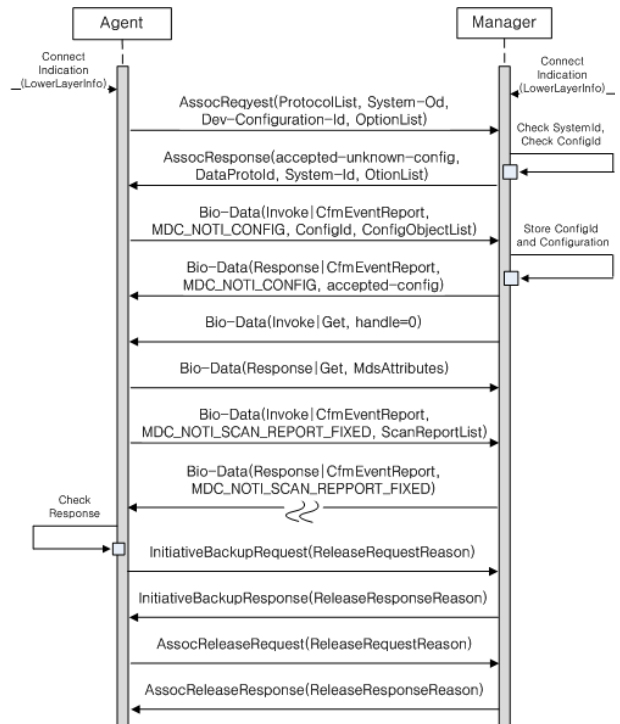


그림 3. 신뢰성 있는 PHD 통신을 위한 메시지 시퀀스 다이어그램

Fig. 3. Message sequence diagram for reliable PHD communication.

어 있다면 에이전트의 system-Id을 확인을 한 후 에이전트로 전송한다. 그 후 관리자가 에이전트의 구성 정보를 수락하면, 에이전트는 생체 정보를 전송할 준비를 하고 각 기기는 동작 상태로 전환된다. 다음 매니저가 의료 기기시스템 (MDS: Medical Device System) 개체의 속성을 요청하면 에이전트는 매니저에게 생체정보를 전송한다. 매니저는 에이전트에 확인 메시지를 보내게 되는데 만약에 매니저가 이벤트 리포트에 응답하지 않는 경우, 에이전트는 복구 경로를 통해 매니저에게 'InitiativeBackupRequest' 메시지를 보낸다. 따라서 하나의 노드에서 다른 노드로 생체 정보를 전송할 때, 6LoWPAN 전송 방법을 사용하여 매니저와 에이전트 사이의 데이터 구조를 매핑하였다.

#### 2. 신뢰성 있는 경로 구축

본 논문에서 제안한 신뢰성 있는 경로 구축을 위한 라우팅 방법은 초기 경로 탐색, 복구 경로 탐색, 그리고 경로 유지 과정과 같다. 그리고 본 논문에서는 출발지 노드를 IEEE 11073 에이전트를 정의하고, 목적지 노드를 IEEE 11073 매니저로 정의하였다. 첫째, 초기 경로

탐색 과정은 Hello Message를 활용하여 인접 노드를 탐색하여 라우팅 테이블을 주기적으로 갱신한다. 주기적인 Hello Message 송수신에 의해 얻은 정보를 통해 1-홉 이내에 있는 노드들에 대한 라우팅 테이블 생성한다. 즉, 초기 경로 탐색을 위하여 Proactive 방식을 이용하여 출발지 노드에서 목적지 노드까지의 최적 경로를 탐색한다. 두번째, 복구 경로 탐색 과정은 목적지 노드에서 RREQ 패킷을 받은 노드로 RREP 패킷을 보내면서 그 경로에 있는 노드의 이웃노드와의 연결정보를 통하여 복구 경로를 형성한다. 세번째, 경로 유지 과정은 최종적으로 IEEE 11073 에이전트에서 IEEE 11073 매니저로 생체 정보를 6LoWPAN을 통하여 전송시 생체 정보 손실 및 경로 복구 요구가 필요할 때 미리 설정된 복구 경로를 통하여 생체 정보를 지속적으로 전송하여 경로를 유지한다. 즉, 모바일 헬스케어 서비스와 같이 시간에 민감한 애플리케이션에서 복구 시간을 최소화할 수 있다.

가. 초기 경로 탐색 과정

초기 경로 탐색 과정은 다음과 같다. 초기 네트워크 설정 단계에서 모든 노드들이 라우팅 테이블 가지지 않고 아직 경로가 형성 되지 않아 목적지 노드까지 경로를 형성하고자 할 때 출발지 노드가 RREQ (Route Request) 패킷을 인접 노드에 브로드캐스트하면서 라우팅 테이블을 형성한다. 출발지 노드에서 홉 카운트는 0으로 한 후 전송을 시작하는데 RREQ 패킷을 수신한 노드가 인접 노드로 전달할 때마다 1을 더해준다.

중간 노드  $P_i$  (for  $i = 1, 2, 3, \dots, n$ )가 RREQ 패킷을 받게 되면 자신의 라우팅 테이블에 인접 노드  $B_j$  (for  $i = 2, 3, \dots, n$ , and  $j = 1, 2, \dots, m$ )의 정보를 기록한 후 다시 RREQ 패킷을 브로드캐스트로 재전송하게 된다. 이때 각 노드의 인접 노드 정보인 LQI 및 에너지 레벨을 계산하여 라우팅 테이블에 저장한다. 목적지 노드가 RREQ 패킷을 받게 되면 라우팅 테이블을 검사하여 이미 받은 패킷 인지를 확인한다. 이미 받은 RREQ 패킷

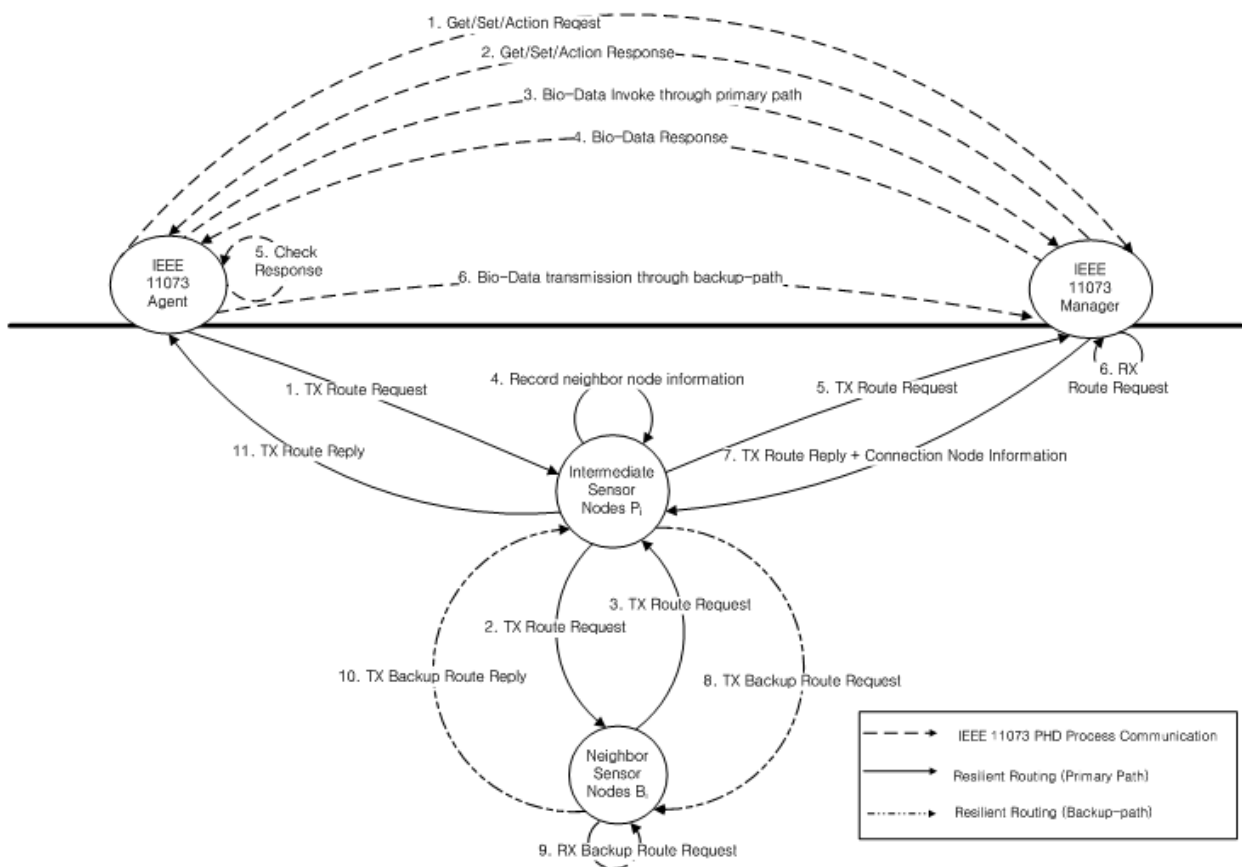


그림 4. 6LoWPAN에서의 신뢰성 있는 경로 구축을 위한 멀티-홉 통신 다이어그램

Fig. 4. Diagram of the multi-hop communication structure for reliable path construction in 6LoWPAN.

이 있을 경우에는 기존의 RREQ 패킷에 기록된 경로 비용과 비교하여 새롭게 도착한 RREQ 패킷이 더 낮은 경로 비용을 가질 경우 RREP 패킷으로 응답하게 된다. 이때 RREP(Route Reply) 패킷은 RREQ 패킷의 출발지 노드를 목적지 노드로 하여 유니캐스트로 전송된다. 중간 노드  $P_i$ 가 목적지 노드 될 때까지위의 과정을 반복한다.

#### 나. 복구 경로 탐색 과정

복구 경로 탐색 과정은 다음과 같다. RREQ 패킷을 받은 목적지 노드가 RREQ 패킷의 출발지 노드를 목적지 노드로 하여 RREP 패킷과 함께 복구 경로 연결 노드 정보를 유니캐스트로 전송한다. RREP 패킷을 수신한 중간 노드  $P_i$ 는 RREP 패킷과 RREQ 패킷 플래그 B가 1로 셋 되면서 BREQ 패킷을 라우팅 테이블에 기록된 인접 노드  $B_{ij}$ 에 저장되며 연결 노드를 목적지노드로 하여 BREQ 패킷을 전송을 한다. 이때 목적지 노드와 연결정보를 가지고 있고 인접 노드  $B_{ij}$ 들 중 초기 경로 탐색 시 저장된 LQI 값이 가장 높은 노드, 즉 인접 노드  $B_{ij}$ 를 복구 경로의 노드로 정하여 라우팅 테이블에 기록한다. 여기서 LQI 값을 선택할 때  $\text{Min}\{LQI\}$ 가 가장 MAX인 인접 노드  $B_{ij}$ 를 선택한다. 만약에  $\text{Min}\{LQI\}$  값이 같은 인접 노드  $B_{ij}$ 가 존재한다면 그 중 가장 에너지 레벨이 높은 노드가 복구 경로의 노드가 된다. BREQ 패킷을 수신한 연결 노드는 BREP를 중간 노드  $P_i$ 로 전송한다. BREP 패킷을 수신한 중간 노드  $P_i$ 는 인접 노드  $B_{ij}$ 의 연결 정보를 라우팅 테이블에 기록한다. 즉, RREP 패킷을 받은 각각의 중간 노드  $P_i$ 들은 복구 경로를 추가하고 재전송하게 된다. 생성한 복구경로는 라우팅 테이블에 저장하여 경로 유지 과정에서 고장 노드가 발생할 때 복구 경로를 통하여 목적지 노드까지 데이터를 최종적으로 전달한다.

#### 다. 경로 유지 과정

경로 유지 과정은 다음과 같다. 모바일 헬스케어 서비스에서 IEEE 매니저가 생체 정보를 수집할 때, 경로 정보를 가지고 있는지 확인하기 위하여 IEEE 11073 에이전트에게 메시지를 보낸다. IEEE 11073 에이전트는 생체 정보를 IEEE 11073 매니저로 전송한다. 에이전트는 주기적으로 매니저로부터 ACK 메시지를 확인을 하며 에이전트가 지정된 시간 내에 ACK 메시지를 수신

하지 않는 경우 에이전트는 경로를 확인한다. 즉, 전송하는 과정에서 6LoWPAN 노드가 고장이 발생한 경우에는 먼저 고장을 감지한 중간 노드  $P_i$ 가 경로 복구를 시도한다. 경로 단절이 발생한 노드에 생체 정보가 전송되지 않고 노드 고장을 인지한 중간 노드가 복구 경로를 통하여 경로 복구를 시도한다. 복구 경로 탐색 시 라우팅 테이블에 저장된 인접 노드를 통하여 매니저로 생체 정보를 전송한다. 최종적으로 생체 정보를 매니저로 보낼 때 노드 고장 발생 시 라우팅 테이블에서 초기 경로를 삭제하고 복구 경로에서 연결 정보를 알고 있는 인접 노드를 통하여 IEEE 11073 매니저로 생체 정보를 전송한다. 본 논문에서 제안한 신뢰성 있는 경로 구축 방법은 제안한 라우팅 방법에 신뢰성 있는 생체 정보 전송 방법을 더하여 결론적으로, 생체 정보 전송의 지연 시간을 단축 할 수 있었다. 신뢰성 있는 경로 복구 방법을 위한 알고리즘은 다음과 같다.

#### Algorithm Reliable Path Construction Process

##### SensorHandleMessage

SWITCH (Msg.Type)

##### CASE RREQ:

For SendMessage (RREQ) to destination node (Manager) and intermediate node  $P_i$  records neighbor node  $B_{ij}$  information  
(EnergyLevelandLQI)inRoutingRequestTable;

##### CASE RREP:

SendMessage (RREP) to source node (Agent) through intermediate nodes ( $P_i$ );

##### CASE BREQ:

IF ReceiveMessage (RREP);  
    SendMessage (BREQ) to connection node  $B_{ij}$ ;  
ELSE Restart SendMessage (BREQ) to another neighbor node ( $B_{ij}$ );  
ENDIF

##### CASE BREP:

IF ReceiveMessage (BREQ);  
    SendMessage (BREP) to intermediate node  $P_i$ ;  
ELSE Stop;  
ENDIF

##### CASE EVENTREPORT:

SendMessage (BIO-DATA) to Destination node (Manager) through primary path;

##### CASE ACK:

SendMessage (ACK) to source node (Agent);

##### CASE ACKTIMOUT:

SendMessage (BIO-DATA) to Destination node (Manager) through backup path;  
 DEFAULT:  
 Discard msg;

#### IV. 구현 및 결과

본 논문에서 제안한 복구 경로를 이용한 신뢰성 있는 경로 구축 라우팅 프로토콜에 대한 성능 평가를 위하여 NS-3 (Network Simulator-3)을 이용하여 기존의 AODV 라우팅 프로토콜과 비교하여 모의실험을 수행하였다<sup>[10]</sup>. 모의실험을 위한 환경으로는 시뮬레이션 시간은 40 초로 설정하였고 그리고 각 모델은 16 노드 (4\*4), 25 노드 (5\*5), 36 노드 (6\*6), 49 노드 (7\*7), 64 노드 (8\*8), 81 노드 (9\*9), 100 노드 (10\*10)를 매쉬 토폴로지 구성하여 시뮬레이션 환경을 만들었다. 또한 각 구성마다 초기 경로에서 최종적으로 데이터를 보낼 때 한 개의 노드가 고장이 발생하도록 하였다. 기타 모의실험에 사용한 파라미터들은 표 1과 같다. 기존의 AODV와 제안한 신뢰성 있는 경로 구축 라우팅 프로토콜을 비교하기 위하여 전체 노드 수에 따른 소스 노드와 목적지 노드 사이의 패킷을 전송하는데 소요되는 시간 (End-to-end delay), 패킷 전송율 (Throughput), 그리고 출발지 노드에 의해 보내진 패킷의 개수와 목적지 노드에 도착한 패킷의 개수를 비율 (Packet Delivery Fraction) 를 측정하여 비교하였다.

그림 5, 6, 그리고 7은 각 시나리오의 End-to-end

delay, Throughput, 그리고 Packet Delivery Fraction을 나타낸 것으로 모든 경우에서 본 논문에서 제안하는 방법이 기존의 AODV 라우팅 프로토콜보다 좋은 성능을 보임을 알 수 있다. 그림 5는 지연시간을 비교하였는데 노드가 고장이 발생하였을 경우 빠르게 경로가 복구되는 것을 알 수 있다. 그림 6와 7의 시뮬레이션 결과는 패킷 처리율과 패킷 전송율이 AODV 라우팅 프로토콜보다 더 성능이 좋은 것을 알 수 있다. 이는 신뢰성 있는 경로 구축 라우팅 프로토콜이 노드 고장 발생할 때 복구 경로를 통하여 데이터를 전송하기 때문에 복구 경로가 없는 AODV 라우팅 프로토콜보다 성능이 향상된 결과를 보여준다. 이에 반하여, AODV 라우팅 프로토콜의 경우 데이터 전송 기간에 노드 고장이 발생하면 급격하게 결과값이 낮아지는 것을 확인할 수 있다. 6LoWPAN에서 노드 연결성이 끊김없고 신뢰성 있게 데이터를 전송하기 위해서는 라우팅 프로토콜은 경로 단절 발생할 때 미리 정해진 가장 좋은 경로를 선택하는 것은 필수적이다.

표 1. 시뮬레이션 파라미터  
 Table 1. Simulation Parameter.

파라미터	값
Simulation time	40 seconds
Number of nodes	Up to 100 nodes
Simulation area	500 m * 500 m
Data packet size	1024 bytes
Channel frequency	2.45 GHz
MAC layer	IEEE 802.15.4

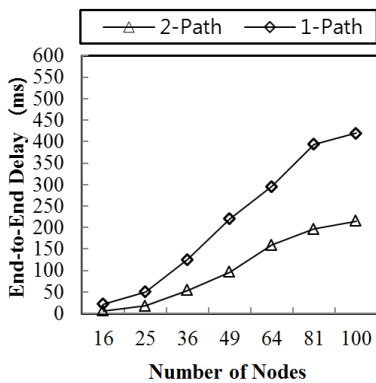


그림 5. 노드 수에 따른 지연시간  
 Fig. 5. End-to-end delay with the increased number of Nodes.

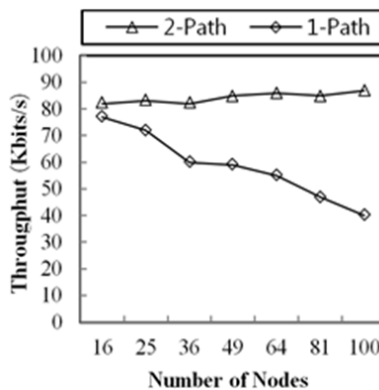


그림 6. 노드 수에 따른 패킷 처리율  
 Fig. 6. Throughput with the increased number of Nodes.

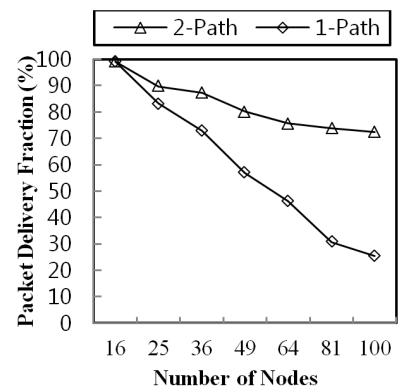


그림 7. 노드 수에 따른 패킷 전송율  
 Fig. 7. PDF with the increased number of Nodes.

## V. 결 론

본 논문에서는 6LoWPAN에서 경로 단절이 발생할 때 각 노드 간의 효율적이고 신뢰성 있는 통신을 제공하기 위한 복구 경로를 설정하였다. 또한 경로의 복구 과정을 위하여 IEEE 11073-20601의 통신 모델을 확장했다. 본 논문에서 제안한 복구 경로를 사용한 데이터 전송에서 노드 수에 따른 데이터 전송율에 대하여 뛰어난 효율성을 나타냄을 확인하였다. 또한 빈번한 경로 재설정 과정 및 패킷 지연율을 줄이게 되어 네트워크 전체에 대한 처리량 및 생체 정보 전송의 신뢰성을 향상 시켰음을 시뮬레이션을 통하여 알 수 있었다. 본 논문에서 제안된 신뢰성 있는 경로 구축 방법이 지속적인 경로 유지와 빠르고 신뢰성 있는 경로 복구를 중요시하는 6LoWPAN 기반 모바일 헬스케어 통신 시스템을 구현하기 위한 라우팅 방법 연구의 기초가 될 수 있을 것으로 기대된다.

## REFERENCES

- [1] The Institute of Electrical and Electronics Engineers, ISO/IEEE 11073-20601 Standard for Health Informatics - Personal health device communication - Application profile - Optimized exchange protocol. ISO/IEEE 11073-20601, 2008.
- [2] Christopher Chute, ISO/TC 215 - Health informatics, ISO/TC 215, <http://www.iso.org/iso/>
- [3] Bluetooth Health Device Profile (HDP), [www.ars-software.com](http://www.ars-software.com)
- [4] Universal Serial Bus, <http://www.usb.org/>
- [5] Zigbee Healthcare, <http://www.traceglobal.com/>
- [6] I. Chaesung, M. Waleed, K. Gihung, U. Sunghak, and P. Suhong, L. jaeHo, "Routing protocol for 6LoWPAN," KICS, vol. 33, no. 8, 2006.
- [7] IETF 6LoWPAN Working Group, <http://tools.ietf.org/wg/6lowpan>
- [8] E. Geekeng, N. Cheekyun, N. Norkamariah, and A. Borhanuddin Mohd, "Path Recovery Mechanism in 6LoWPAN Routing," ICCCE, Malaysia, 2010.
- [9] The Continua Health Alliance, <http://www.continuaalliance.org>
- [10] The ns-3 network simulator, <http://www.nsnam.org>

## 저 자 소 개



우 연 경(정회원)  
2011년 2월 영남대학교 전자공학과(공학사)  
2012년~현재 경북대학교 정보통신학과(공학석사)

<주관심분야 : U-healthcare network, Wireless body area network, HL7, IEEE 11073, Network management, Wireless communication>



박 종 태(정회원)  
1978년 2월 경북대학교 전자공학과(공학사)  
1981년 2월 서울대학교 전자공학과(공학석사)  
1987년 8월 Univ. of Michigan EECS(공학박사)

1989년~현재 경북대학교 전자공학과 교수  
2000년~2003년 IEEE Technical Committee on Information Infrastructure(TCII) 의장  
1988년~1989년 삼성전자 컴퓨터시스템 사업부 수석연구원  
1987년~1988년 미국 AT&T Bell 연구소 연구위원  
1984년~1987년 미국 CITI 연구원  
<주관심분야 : 이동통신, 모바일, 차세대 통신망 운용, 네트워크 보안, 헬스케어 서비스>