

논문 2012-49-12-7

# WBAN 환경에서 효율적인 데이터 전송을 위한 모바일 싱크기반의 클러스터 토폴로지 알고리즘

(Cluster Topology Algorithm for Efficient Data Transmission in  
Wireless Body Area Network based on Mobile Sink)

이 준 혁\*

(Jun-Hyuk Lee)

## 요 약

WBAN은 인체 내부 및 외부에 부착한 디바이스를 무선으로 연결하여 통신하는 근거리 무선통신 기술로 IEEE 802.15.6 TG BAN을 중심으로 물리, 데이터 링크, 네트워크, 응용계층에서 표준화가 진행되고 있다. WBAN 기술은 전력제한 및 생체특성을 반영하여 센서와 지그비 디바이스를 사용하여 에너지 효율적으로 구성한다. 무선 센서 네트워크는 다수의 센서노드와 센서노드가 전송하는 센싱 데이터를 수집하는 싱크노드로 구성된다. 센서노드는 넓은 지역에 정해진 형태 없이 배치되어 프로토콜에 의해 자가구성 능력을 가진다. 싱크노드는 고정 싱크노드와 모바일 싱크노드로 구분되고 모바일 싱크노드는 전체 네트워크의 에너지 소모를 분산시켜 고정싱크 노드보다 네트워크의 라이프 타임이 증가하는 장점이 있다. 센서노드의 제한된 에너지 자원은 WBAN의 에너지 효율측면에서 중요한 문제이다. 본 논문에서는 모바일 싱크노드 기반의 WBAN 환경에서 효율적인 데이터 전송을 위한 클러스터 토폴로지 알고리즘을 제안한다. 제안한 알고리즘은 그리드 기반의 라우팅 프로토콜 및 TDMA 기반의 스케줄링 알고리즘의 장점을 바탕으로 인접한 클러스터의 중첩영역을 최소화하고 클러스터 헤더의 데이터 부담을 감소시켜 수집지연 및 오버헤드가 빈번하게 발생하는 WBAN 환경의 무선 센서 네트워크에서 우수한 성능을 보였다.

## Abstract

The WBAN technology means a short distance wireless network which provides each device interactive communication by connecting devices inside and outside of body. Standardization on the physical layer, data link layer, network layer and application layer is in progress by IEEE 802.15.6 TG BAN. Wireless body area network is usually configured in energy efficient using sensor and zigbee device due to the power limitation and the characteristics of human body. Wireless sensor network consist of sensor field and sink node. Sensor field are composed a lot of sensor node and sink node collect sensing data. Wireless sensor network has capacity of the self constitution by protocol where placed in large area without fixed position. Mobile sink node distribute energy consumption therefore network life time was increased than fixed sink node. The energy efficient is important matter in wireless body area network because energy resource was limited on sensor node. In this paper we proposed cluster topology algorithm for efficient data transmission in wireless body area network based mobile sink. The proposed algorithm show good performance under the advantage of grid routing protocol and TDMA scheduling that minimized overlap area on cluster and reduced amount of data on cluster header in error prone wireless sensor network based on mobile sink.

**Keywords :** WBAN, WSN, 모바일 싱크노드, 클러스터 토폴로지

\* 정회원, 한국정보통신기술대학 정보통신설비과  
(Korea Information & Communication Polytechnic College)  
접수일자:2012년 7월26일, 수정완료일:2012년 11월26일

## I. 서 론

최근 정보통신 기술의 발전에 따라 유비쿼터스 환경을 기반으로 응용 서비스에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히 고령화 사회의 대비와 복지실현을 위해 무선기술과 의료기술을 접목하여 인간의 건강을 효과적으로 유지하려는 요구가 증가함에 따라 지속적으로 건강상태에 대한 정보를 수집하고 장기적으로 관찰할 수 있는 새로운 기술인 U-Healthcare에 대한 관심이 높아지고 있다<sup>[1]</sup>.

U-Healthcare에 적합한 환경을 설계하기 위해서는 WBAN(Wireless Body Area Network) 기술을 기반으로 한정된 에너지 자원을 위한 에너지 효율적인 알고리즘과 환자의 활동성을 보장하는 망의 구조로 설계되어야 한다. 또한 짧은 주기 및 전파 전송거리를 갖는 WBAN 데이터의 신뢰도를 보장하기 위해 PAN(Personal Area Network) 코디네이터와 디바이스의 수를 제한해야 한다. 환자의 이동성을 보장하기 위해 기존의 WSN(Wireless Sensor Network) 토폴로지보다 최소한의 기능만으로 구성되어야 하며 소형화를 목적으로 임베디드 시스템을 기반에 필요한 기능만 탑재하도록 설계되어야 한다.

무선 센서 네트워크는 직접적인 데이터 수집이 불가능할 경우 다수의 센서를 이용하여 데이터 수집 및 전송을 가능하게 하는 기술이다. 무선통신 기술에 기반을 둔 센서기술, 저전력 RF(Radio Frequency)설계 기술, MEMS(Micro Electro Mechanical System) 기술의 발달로 주목받고 있는 무선 센서 네트워크 기술은 교통분야, 보안분야, 재해방지분야, 의료복지분야 등 다양한 산업분야에 응용되어 연구되고 있다. 무선 센서 네트워크는 다수의 센서노드로 이루어진 센서필드 및 외부 네트워크와 센서필드를 연결하는 싱크노드로 구성되고 센서필드에서 발생하는 이벤트에 따라 센서노드가 싱크노드로 데이터를 전송하거나 싱크노드의 요청 메시지에 의해 센서노드가 싱크노드로 데이터를 전송하는 방식으로 동작한다<sup>[2]</sup>.

무선 센서 네트워크는 넓은 지역에 다수의 센서노드가 미리 정해진 형태 없이 배치되고, 센서필드의 이벤트에 대하여 근접한 센서노드들이 유사한 데이터를 감지하는 특성을 가진다. 따라서 임의의 센서노드가 데이터 전송에 실패하거나 기능이 소멸되도 네트워크의 전

체적인 동작에는 영향을 끼치지 않는 강점을 가진다. 하지만 무선통신의 에러로 인한 데이터 전송실패와 센서필드의 센서노드가 가지는 제한된 에너지 자원 및 핫스팟(Hot Spot) 문제는 무선 센서 네트워크의 최대 약점이다. 핫스팟 문제란 제한된 에너지 자원을 가지는 센서필드에서 싱크노드에 인접한 센서노드가 상대적으로 많은 데이터를 전송하여 센서필드의 다른 센서노드들 보다 에너지 자원의 고갈이 높은 문제를 의미한다.

모바일 싱크노드 기반의 WBAN은 클러스터 헤더로 선출된 센서노드가 클러스터 내 센싱 데이터를 싱크노드로 전송한다. 클러스터 헤더는 센서노드의 전송영역에 따라 인접한 클러스터와 중첩영역이 발생한다. 이러한 중첩영역이 증가하면 전체 네트워크의 클러스터도 증가하고 클러스터 헤더로 선출되는 센서노드의 주기도 증가하여 네트워크의 추가적인 에너지 소모가 발생하는 문제점이 있다. 그리고 전체 네트워크의 클러스터 헤더 개수의 증가로 인한 데이터 수집 지연 및 오버헤드는 WBAN에서 추가적인 에너지 소모를 증가시키는 문제점이 있다.<sup>[3-4]</sup>

본 논문에서는 모바일 싱크기반의 WBAN 환경에서 효율적인 데이터 전송을 위한 인접한 클러스터의 중첩영역을 최소화하는 클러스터 토폴로지를 제안한다.

본 논문의 구성은 II장에서 관련연구와 제안한 WBAN 환경에 최적화된 토폴로지를 설명하고 III장에서 OPNET을 이용한 시뮬레이션 환경 및 시뮬레이션 결과 파라미터에 대하여 설명한다. 마지막으로 IV장에서 본 논문의 결론을 기술한다.

## II. 본 론

### 1. 관련 연구

#### 가. WBAN 개요

WBAN은 사람을 중심으로 하나의 싱크 코디네이터와 다수의 센서 디바이스로 구성된다. WBAN 디바이스는 그림 1과 같이 적용하는 조건에 따라 신체 외부에 부착 및 체내에 이식되어 생체정보를 수집하거나 대상을 위한 엔터테인먼트 응용에 활용된다.

코디네이터는 주변의 디바이스와 토폴로지를 구성하여 양방향 무선통신을 제공하며 디바이스를 제어하고 수집한 데이터를 싱크로 전달한다. 또한 코디네이터는

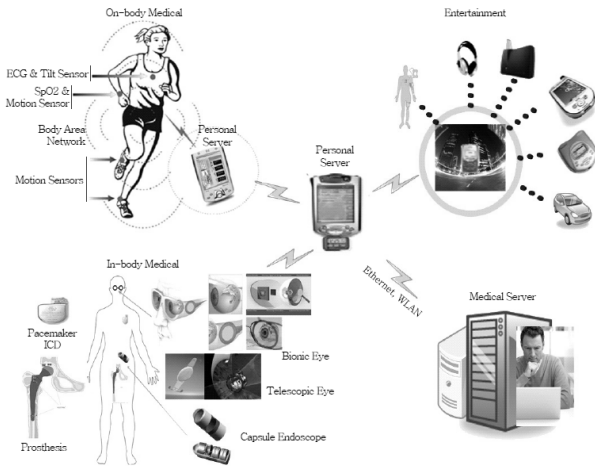


그림 1. WBAN 개념도  
Fig. 1. Concept of WBAN.

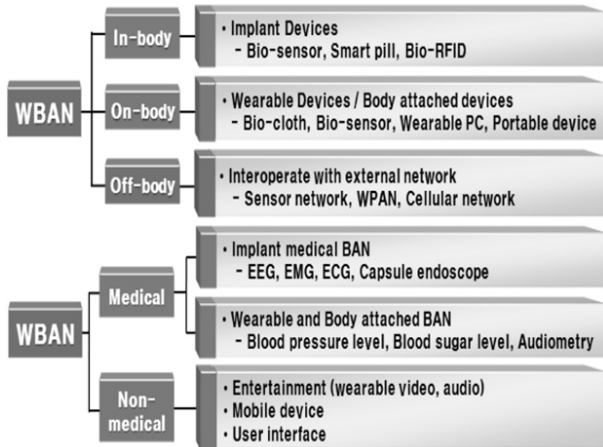


그림 2. WBAN 응용서비스  
Fig. 2. WBAN application service.

개인 휴대단말 형태로 구현되어 사용자가 원하는 멀티미디어 서비스를 제공하고 자신의 건강정보를 취합, 분석, 관리하는 기능을 제공한다.

WBAN은 응용서비스의 종류에 따라 크게 의료용과 비의료용 서비스로 구분된다. 그림 2와 같이 의료용 서비스는 다시 체내 이식형과 체외 착용형으로 구분되며 비의료용 서비스는 음성, 영상, 데이터 스트림 전달 등의 엔터테인먼트 서비스를 제공한다. 이러한 서비스를 제공하기 위하여 WBAN 장치는 체내에 이식되어 운용되거나 개인의 의료정보를 신뢰성있게 전달하는 기능을 수행하기 때문에 레이턴시, 저전력, 에러율, 손실률 등의 특성이 요구된다.

나. 무선 센서 네트워크

무선 센서 네트워크는 그림 3과 같이 많은 수의 센서 노드로 이루어진 센서필드와 데이터를 수집하는 싱크노드로 구성되고 라우팅 프로토콜에 따라 이벤트에 대한 주변 센서노드의 데이터를 수집하고 센싱 데이터를 싱크노드로 전달하는 클러스터 헤더가 선출된다. 센서노드는 통신 인프라가 없는 장소에 무작위로 뿌려지고 스스로 네트워크 토폴로지를 구성하며 구성된 네트워크에서 센싱 데이터를 무선통신을 통해 싱크노드로 전송한다. 하지만 배터리로 동작하는 센서노드는 저전력 및 초소형 시스템으로 에너지에 대하여 많은 제한을 받고 배터리가 모두 소모되면 센서노드의 기능을 상실한다. 이러한 무선 센서 네트워크의 다양한 특징 및 제한사항을 반영한 연구가 현재 진행되고 있다<sup>[5-7]</sup>.

기존 고정싱크 기반의 무선 센서 네트워크에서 싱크노드 주변의 센서노드는 다른 센서노드들 보다 많은 데이터를 중계하여 에너지 소모가 극심하다.

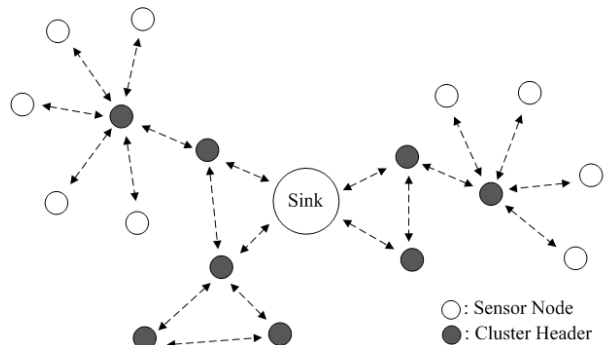


그림 3. 무선 센서 네트워크  
Fig. 3. Wireless Sensor Networks.

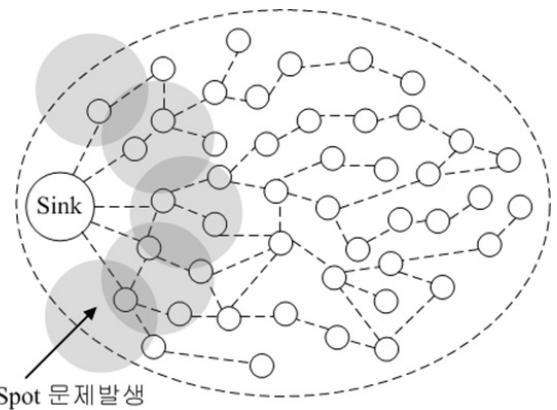


그림 4. 핫 스팟 문제  
Fig. 4. Hot spot problem occurs.

이러한 핫 스팟 문제는 그림 4와 같이 데이터 중계에 따른 병목현상과 더불어 네트워크의 수명을 단축시킨다. 따라서 모바일 싱크노드를 사용하는 것은 고정싱크 주변의 센서노드가 가지는 오버헤드를 분산하고 네트워크의 수명을 향상시키는 WBAN 환경에서 중요한 요소이다.

다. 모바일 싱크 기반의 무선 센서 네트워크

WBAN 환경의 모바일 싱크노드는 그림 5와 같이 싱크노드가 센서필드를 이동하기 때문에 센싱 데이터를 전송하는 센서노드의 전송경로 및 라우팅 테이블이 변경된다. 지속적인 라우팅 테이블의 변경으로 센서노드의 부하 및 에너지 소모가 증가하는 문제를 해결하기 위해 모바일 싱크노드에 적합한 라우팅 프로토콜에 대한 연구가 현재 진행되고 있다<sup>[8-10]</sup>.

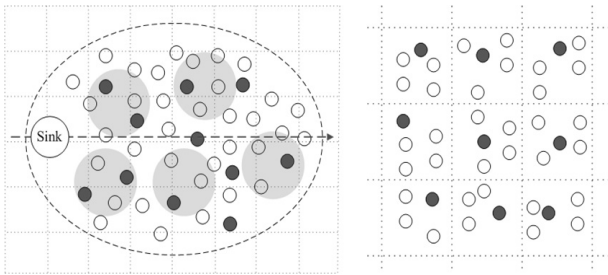


그림 5. 모바일 싱크 기반의 무선 센서 네트워크  
Fig. 5. Wireless sensor networks based on mobile sync.

일반적으로 모바일 싱크 기반의 무선 센서 네트워크는 계층적 라우팅 프로토콜과 위치기반 라우팅 프로토콜을 응용하여 사용한다. 센서노드는 그리드를 기준으로 센서필드에서 발생하는 이벤트를 감지하고 하나의 그리드 영역은 하나의 클러스터로 동작한다.

따라서, 클러스터 헤더로 선출되는 센서노드는 그리드 내 센서노드의 센싱 데이터를 수집하고 싱크노드로 데이터를 신뢰성있게 전송해야 한다<sup>[11-13]</sup>.

라. 스케줄링 알고리즘

모바일 싱크노드를 사용하는 데이터 수집은 고정싱크와 다르게 센서노드가 모바일 싱크노드의 통신범위에 머무르는 시간이 제한되어 있기 때문에 실시간 스케줄링이 필요하다. 모바일 싱크노드에서 스케줄링 기법은 센서노드 단위 스케줄링 기법과 패킷 단위 스케줄링 기

법이 연구되고 있다.

TDMA 기반의 스케줄링 기법은 클러스터 헤더가 센서노드로 부터 데이터를 수집하는 주기와 싱크노드가 클러스터 헤더로부터 데이터를 수집하는 주기로 구분된다. 싱크노드가 클러스터 내로 진입하기 전에 클러스터 헤더는 해당 클러스터 내 데이터를 수집하고 싱크노드가 클러스터로 진입하면 클러스터 헤더는 싱크노드로 센싱 데이터를 전송한다.

2. 제안 내용

가. Hexagon 클러스터 토폴로지

현재 WBAN 환경의 모바일 싱크 기반 무선 센서 네트워크에서 사용하는 그리드는 Square 형태의 클러스터 토폴로지로 구성된다. Square 형태의 클러스터 내 하나의 센서노드가 클러스터 헤더로 선출되고 클러스터 내 센서노드의 센싱 데이터를 싱크노드로 전송한다. 하지만 선출된 클러스터 헤더 사이에 발생하는 중첩영역은 전체 네트워크의 클러스터 개수 증가로 이어지고 데이터 수집지연에 따른 네트워크 전체의 에너지 소모가 증가한다. 따라서 그림 6과 같이 클러스터 헤더 사이의 중첩영역을 최소화하고 전송영역을 최대화하는 Hexagon 형태의 클러스터 토폴로지를 제안한다.

WBAN 환경의 무선 센서 네트워크에서 클러스터 헤더로 선출된 센서노드는 클러스터 내 다른 센서노드의 센싱 데이터를 수집하고 싱크노드로 전송한다. 클러스터 헤더는 센서노드의 에너지 준위에 따라 클러스터 내 센서노드를 대상으로 선출되고 동일한 클러스터 내 센서노드라도 높은 에너지 준위를 갖는 센서노드가 클러스터 헤더로 선출된다. 따라서 클러스터 헤더는 센서노드의 에너지 준위에 따라 주기적으로 변하고 네트워크

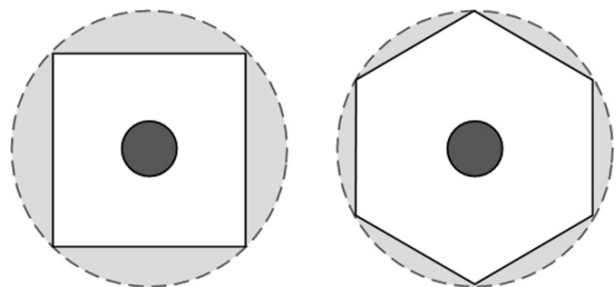


그림 6. 클러스터 헤더의 전송영역  
Fig. 6. Transfer area of the cluster header.

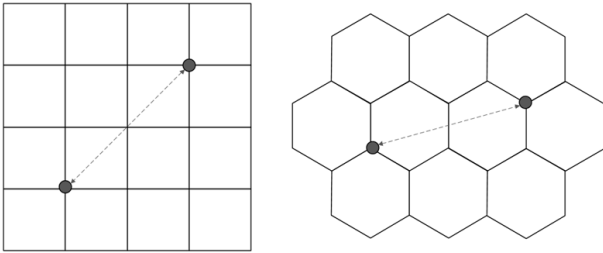


그림 7. Square 클러스터 토폴로지와 Hexagon 클러스터 토폴로지

Fig. 7. The Square cluster and the Octagonal cluster topology scenarios.

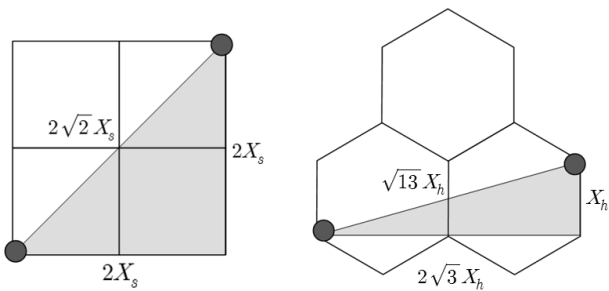


그림 8. 클러스터 토폴로지의 최적거리

Fig. 8. Optimal distance of each cluster topology.

는 센서노드의 데이터 전송영역의 거리에 따라 토폴로지를 구성해야 한다.

무선 센서 네트워크에서 그림 7은 클러스터 헤더로 선출된 센서노드가 서로 반대방향에 위치한 최악의 클러스터 헤더 선출 시나리오를 보여주고 있다. 클러스터 헤더가 서로 반대방향에 위치하여 센싱 데이터를 전송해야 하는 거리가 멀더라도 클러스터 헤더는 다른 클러스터 헤더로 센싱 데이터를 전송해야 하고 최대 전송거리는 센서노드의 전송영역과 비교하여 같거나 작아야 한다. 따라서 무선 센서 네트워크의 클러스터 토폴로지 형태는 최악의 클러스터 헤더의 위치에서도 전송거리가 전송영역에 포함되는 조건을 만족해야 한다.

Hexagon 클러스터의 전송영역은 센서노드 디바이스의 전송거리  $d_{op}$ 에 의해 결정되고 그림 8과 같이 클러스터 헤더가 서로 다른 클러스터 내 반대방향에 위치하는 최악의 시나리오를 고려해야 한다.

센서노드의 전송거리  $d_{op}$ 는 Square 클러스터의 한 변의 길이  $X_s$ 를 기준으로  $2\sqrt{2}X_s$ 와 전송거리가 동일한 값을 갖고 Hexagon 클러스터의 한 변의 길이  $X_h$ 를 기준으로  $\sqrt{13}X_h$ 와 전송거리가 동일한 값을 갖는다. 따라서 식 (1)과 같이 기존의 Square 클러스터를 기준

으로 제안한 Hexagon 클러스터의 한 변의 길이는  $\frac{2\sqrt{2}}{\sqrt{13}}X_s$  값을 갖는다.

$$X_h = \frac{d_{op}}{\sqrt{13}} = \frac{2\sqrt{2}}{\sqrt{13}}X_s \quad (1)$$

### III. 구현 및 성능평가

#### 1. 시뮬레이션 환경

제안한 모바일 싱크기반 무선 센서 네트워크의 클러스터 토폴로지와 스케줄링 알고리즘의 성능평가를 위해 OPNET Modeler 14.5.A PL8로 네트워크 모델을 구축하고 시뮬레이션을 하였다. OPNET Modeler는 다양한 API를 기반으로 GUI를 이용한 네트워크 모델 구축이 가능하고 장치의 구성이 Node, Processor, Process 등의 레벨에 따라 계층구조로 구성되어 있어 무선 센서 네트워크의 시뮬레이션에 적합하다. 본 논문의 성능평가를 위한 시뮬레이션 환경은 표 1과 같이 윈도우를 기반으로 OPNET Modeler 14.5.A PL8을 사용하고 Visual Studio 2008.NET을 컴파일러로 사용한다.

OPNET은 실측한 데이터를 기반으로 시뮬레이션하기 때문에 보다 신뢰성 있는 결과를 얻을 수 있다.

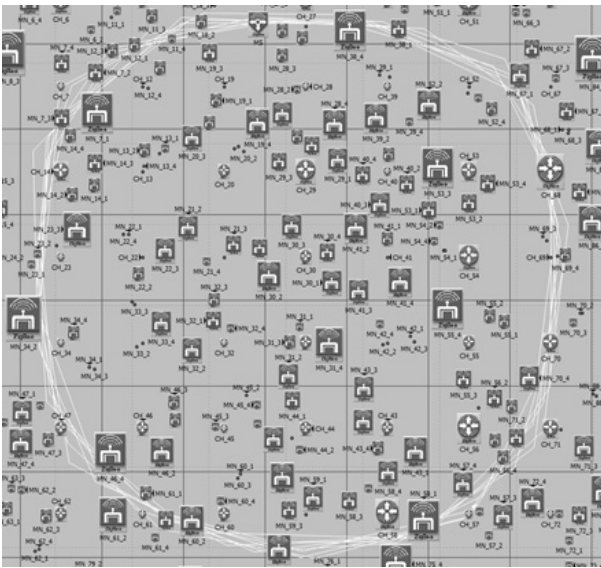
WBAN 환경에서 모바일 싱크 기반의 무선 센서 네트워크를 구현하고 제안한 토폴로지 알고리즘을 검증하기 위해 그림 9와 같이 모바일 싱크 기반 Square 형태의 클러스터 토폴로지 및 Hexagon 형태의 클러스터 토폴로지를 구현하였다.

구현한 클러스터 토폴로지를 비교하면 표 2와 같이

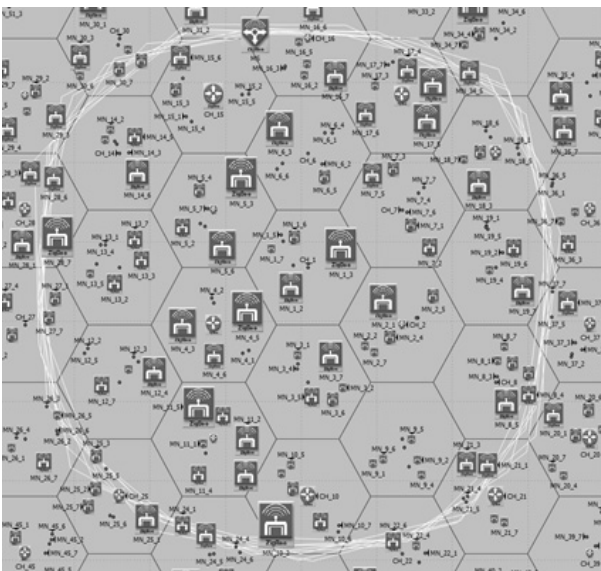
표 1. 시뮬레이션 환경

Table 1. Configuration of the simulation environment.

| 실험 장비     | 기능 및 성능                          |
|-----------|----------------------------------|
| CPU / RAM | AMD Phenom II X4 955 3.2GHz / 4G |
| OS        | MS Windwos 7 Ultimate SP1 32bit  |
| Simulator | OPNET Modeler 14.5.A PL.8        |
| Compiler  | MS Visual Studio 2008 .Net       |



(a) Square 클러스터 토폴로지



(b) Hexagon 클러스터 토폴로지

그림 9. 구현한 클러스터 토폴로지  
Fig. 9. Implementation of each of the cluster topology.

동일한 면적에 445개의 센서노드를 갖는 무선 센서 네트워크를 기준으로 제안한 Hexagon 클러스터 토폴로지의 클러스터 수가 33개 감소하고 따라서 클러스터 헤더의 수도 33개 감소한다. WBAN 환경의 모바일 싱크노드는 Defined Trajectory를 사용하여 Square 클러스터 토폴로지와 Hexagon 클러스터 토폴로지의 이동경로가 동일하도록 설정하였고 이동속도는 사람의 걷는 속도인 5km/h로 설정하여 실제 병원환경과 유사하도록 변수를 가정하였다.

표 2. 시뮬레이션 변수  
Table 2. Simulation parameters.

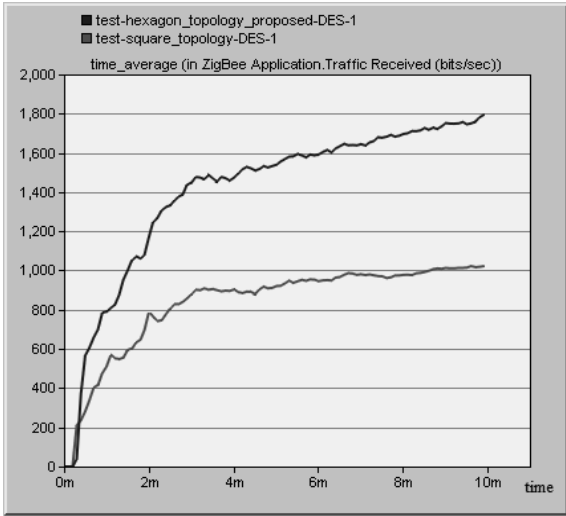
| 항목      | Square Cluster       | Hexagon Cluster      |
|---------|----------------------|----------------------|
| 면적      | 10,000m <sup>2</sup> | 10,000m <sup>2</sup> |
| 싱크노드    | 모바일 싱크               | 모바일 싱크               |
| 통신방식    | ZigBee 2.4GHz        | ZigBee 2.4GHz        |
| 전송영역    | 30m                  | 30m                  |
| 센서노드 수  | 445ea                | 445ea                |
| 클러스터 수  | 89ea                 | 56ea                 |
| 싱크노드 수  | 1ea                  | 1ea                  |
| 싱크 이동속도 | 5km/h                | 5km/h                |
| 싱크 이동경로 | Defined Trajectory   | Defined Trajectory   |

## 2. 시뮬레이션 결과 분석

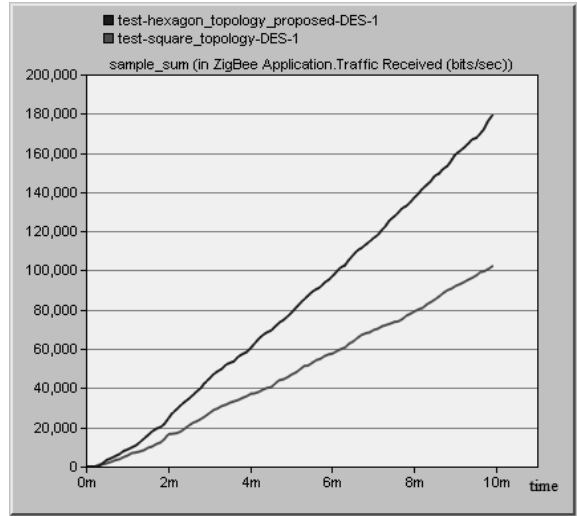
### 가. 클러스터 토폴로지 비교분석

WBAN환경 모바일 싱크노드 기반의 무선 센서 네트워크에서 그림 10과 같이 기존의 Square 형태의 클러스터 토폴로지와 제안한 Hexagon 형태의 클러스터 토폴로지의 시뮬레이션 결과 파라미터를 비교한다. 비교분석의 파라미터는 모바일 싱크노드가 수집한 데이터와 전체 네트워크를 기준으로 (a) 수신한 센싱 데이터, (b) 센싱 데이터 누적값, (c) 비트 에러율, (d) 패킷 손실률, (e) 데이터 처리량, (f) 수신전력 누적값이다.

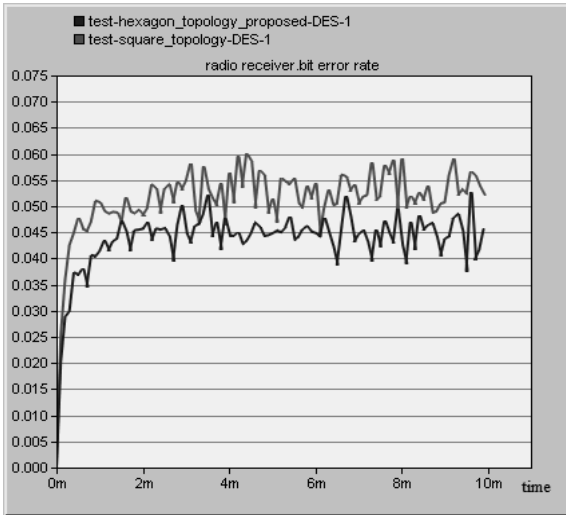
기존의 Square 클러스터 토폴로지보다 제안한 Hexagon 클러스터 토폴로지의 모바일 싱크노드가 시간을 기준으로 많은 데이터를 수신하였고 비트 에러율 및 패킷 손실률이 낮아 데이터 처리량이 높다. 그리고 동일한 센서노드의 이벤트를 기준으로 모바일 싱크노드가 수신한 데이터의 전력이 기존의 Square 클러스터 토폴로지보다 제안한 Hexagon 클러스터 토폴로지가 높다. 동일한 면적에서 동일한 센서노드의 수로 시뮬레이션 하였지만 네트워크의 클러스터 헤더의 수가 89개에서 56개로 감소하였고 하나의 클러스터 헤더가 부담하는 주변 클러스터 헤더의 수가 최대 9개에서 7개로 감소한다. 따라서 클러스터 헤더의 데이터 수집지연 및 네트워크의 오버헤드가 개선되고 전체 네트워크의 데이터 전송 효율이 증가한다.



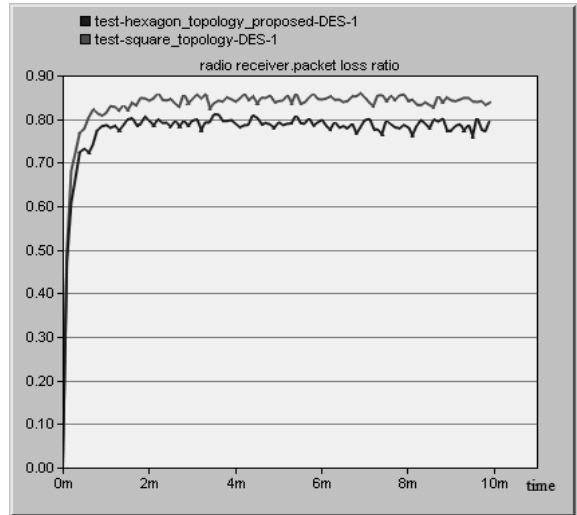
(a) 수신한 센싱 데이터



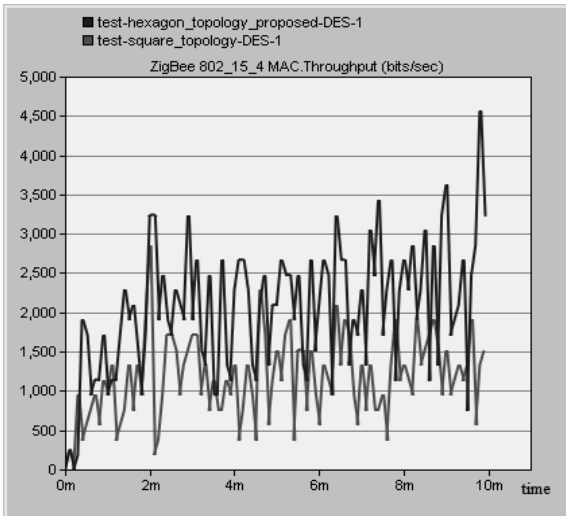
(b) 센싱 데이터 누적값



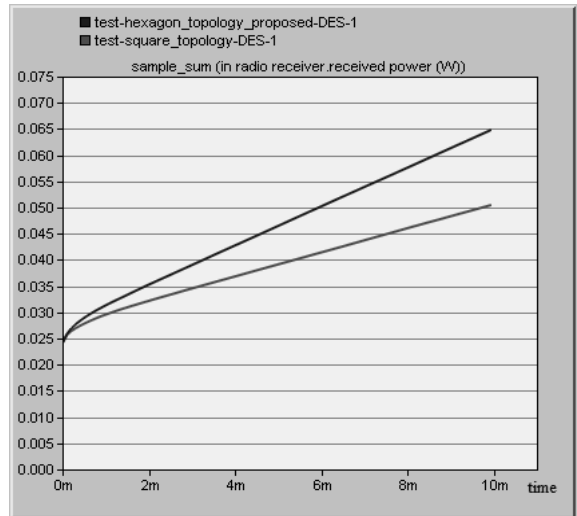
(c) 비트 에러율



(d) 패킷 손실률



(e) 데이터 처리량



(f) 수신전력 누적값

그림 10. 클러스터 토폴로지 시뮬레이션 결과값

Fig. 10. The simulation results of each of the cluster topology.

#### IV. 결 론

WBAN 환경의 무선 센서 네트워크에서 모바일 싱크노드와 그리드 기반의 라우팅은 고정 싱크노드의 핫스팟 문제를 해결하고 에너지 소모를 분산시켜 네트워크의 수명을 향상시키는 우수한 데이터 수집방식이다. 그러나 기존의 클러스터 토폴로지의 중첩영역은 클러스터 수의 증가로 이어지고 싱크노드의 데이터 수집 지연 및 오버헤드를 발생시켜 추가적인 에너지 소모가 발생하고 네트워크의 생존율이 낮아지는 단점이 있다.

제안한 WBAN 환경에서 모바일 싱크기반 무선 센서 네트워크의 클러스터 토폴로지와 스케줄링 알고리즘의 성능평가를 위해 다양한 네트워크 모델 및 API를 지원하고 실측한 데이터를 기반으로 IEEE 802.15.4 기반의 ZigBee 모델 시뮬레이션이 가능한 OPNET Modeler를 사용하였다. 제안한 Hexagon 클러스터 전송영역은 기존의 Square 클러스터의 전송영역에 비해 29.9% 넓은 전송영역을 가지고 센싱 데이터를 전송할 수 있다. 클러스터 헤더로 선출된 센서노드는 전송영역이 넓어지고 전체 네트워크의 클러스터의 개수는 감소한다.

본 논문에서는 WBAN 환경에서 모바일 싱크노드 기반 무선 센서 네트워크의 에너지 효율 개선 및 효과적인 데이터 전송을 위한 중첩영역을 최소화하는 클러스터 토폴로지를 제안하였다. 제안한 알고리즘은 그리드 기반의 라우팅 프로토콜 및 TDMA 기반의 스케줄링 알고리즘의 장점을 바탕으로 클러스터의 중첩영역을 최소화하고 클러스터 헤더의 데이터 부담을 감소시켜 수집 지연 및 오버헤드가 빈번하게 발생하는 무선 센서 네트워크에서 우수한 성능을 보였다.

제안한 알고리즘은 기존의 에너지 효율적인 연구에 비하여 에러발생이 빈번한 무선 센서 네트워크에서 신뢰성있는 데이터 전송과 개선된 QoS를 제공하고 유비쿼터스 및 스마트 산업에서 다양한 응용이 가능하다.

#### 참 고 문 헌

- [1] 엄은용, 문승진, “바이오 센서를 이용한 리눅스 기반의 실시간 건강관리 모니터링 시스템: 구조 설계 및 구현”, 한국인터넷정보학회 학술발표대회 논문집, 제8권, 제22호, pp.327-331, 2007.
- [2] 김정원, “센서 네트워크를 이용한 심전도 측정 시스템의 설계 및 구현”, 한국콘텐츠학회논문지, 제8권, 제1호, pp.186-194, 2008.

- [3] J. Kamimura, “Energy-Efficient Clustering Method for Data Gathering in Sensor Networks”, in the Annual International Conference on Broadband Networks, October, 2004.
- [4] J. Ibriq and I. mahgoub, “Cluster-Based Routing in Wireless Sensor Networks: Issues and Challenges”, Proceedings of the 2004 Symposium on Performance Evaluation of Computer Telecommunication Systems, pp.759-766, July, 2004.
- [5] K. Akkaya and M. Younis, “A Survey of Routing Protocols in Wireless Sensor Networks”, in the Elsevier Ad Hoc Network Journal, Vol 33, pp.325-349, 2005.
- [6] L. Li and J. Y. Halpern, “Minimum-energy mobile wireless networks revisited”, IEEE ICC, pp. 278-283, 2001.
- [7] Rahul C. Shah and Jan M. Rabaey, “Energy Aware Routing for Low Energy Ad Hoc Sensor Networks”, IEEE Wireless Communication and Networking Conference, 2002.
- [8] A. Chakrabarti, A. Sabharwal and B. Aazhanf, “Data Collection by a Mobile Observer in a Single-hop Sensor Network”, ACM Transactions on Sensor Network, 2005.
- [9] A. Somasundara, A. Ramamoorthy and M. Srivastava, “Mobile element scheduling for efficient data collection in wireless sensor networks with dynamic deadlines”, in the 25th IEEE International RTSS, 2004.
- [10] F. Ye, H. Luo, J. Cheng, S. Lu and L. Zhang, “A Two-tier Data Dissemination Model for Large-scale Wireless Sensor Network”, ACM IEEE MobiCOM, September 2002.
- [11] B. Karp and H. Kung, “Greedy Perimeter Stateless Routing”, Proc. of International Conference on Mobile Computing and Networking, pp.243-254, August 2000.
- [12] Zehua Zhou, Xiaojing Xiang and Xin Wang, “An Energy-Efficient Data-Dissemination Protocol in Wireless Sensor Networks”, IEEE WoWMoM, June 2006.
- [13] J. Xu, X. Tang and W. C. Lee, “Ease: An energy efficient in network storage scheme for object tacking in sensor networks”, In IEEE SECON, Santa Clara, CA, USA, September, 2005.

— 저 자 소 개 —

이 준 혁(정회원)  
대한전자공학회 논문지  
제49권 TC편 제1호 참조