

# 유비쿼터스 센서 네트워크를 위한 트리 라우팅 구조의 임베디드 시스템 구현

박형근<sup>1\*</sup>, 이철희<sup>2</sup>

<sup>1</sup>남서울대학교 전자공학과, <sup>2</sup>(주)한백전자 기술연구소

## Embedded System Implementation of Tree Routing Structure for Ubiquitous Sensor Network

Park Hyoung-Keun<sup>1\*</sup> and Lee Cheul-Hee<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Deptment of Electronic Engineering, Namseoul University

<sup>2</sup>Research & Development Center, HANBACK CO., LTD.

**요 약** 본 논문에서는 USN(Ubiquitous Sensor Network)에서 사용되는 트리 라우팅(tree routing)의 구조를 임베디드 시스템으로 구현하였다. 트리 라우팅은 USN에서 센서 데이터를 싱크노드로 전송하는 기법 중 하나이며, 라우팅시 홉 수에 따라 미리 정의된 ID를 기반으로 센서 데이터가 전송된다. 현재 무선구간의 상태와 센서 노드의 정보를 이용하여 최적의 라우팅 경로를 갖도록 하였으며, 수신된 센서 데이터와 트리라우팅의 결과를 임베디드 시스템을 이용하여 구현함으로써 휴대용 센서 정보 수집장치에 응용이 가능하도록 하였다.

**Abstract** In this paper, USN(Ubiquitous Sensor Network) is used in the structure of the tree routing was implemented in embedded systems. Tree Routing in the USN to the sink node to transmit sensor data is one of the techniques. When routing, sensor data is transmitted based on pre-defined ID according hop number. In order to have optimal routing path, the current state of the wireless sector and the sensor node informations were used. Also, received sensor data and the results of the tree routing by implementing an embedded system. This embedded system can be applied to a portable sensor information collecting system.

**Key Words** : USN, Tree Routing, Embedded system

### 1. 서론

가깝게는 가정환경을 모니터링하고, 넓게 보면 격변하는 지구환경을 모니터링하는데 사용하는 USN은 MPU, 센서, 무선 모듈, 배터리로 구성된 하드웨어에 전원관리 기능이 포함된 OS를 이용하여 센서 데이터나 제어데이터를 활용가능한 장치로 보내는 역할을 수행한다. USN은 산불감시, CO2모니터링, 온습도 모니터링, 다리 스트레스 검사, 속도측정, 수이모니터링등 다양한 분야에서 사용되고 있다. USN은 하드웨어와 OS로 이루어지는데 하드웨어는 저전력을 목표로 발전하고 있으며, OS는 전

원관리, 무선 네트워크 관리를 중심으로 발전하고 있다. 따라서 본 논문에서는 USN에서 데이터 전송에 관여하는 프로토콜로 데이터를 전송하는 경로가 미리 정해진 트리 라우팅(tree routing) 구조를 임베디드 시스템으로 구현하였다.

### 2. Tree 라우팅의 구현

#### 2.1 라우팅 기법

USN에서는 다양한 라우팅 기법들이 사용되며, 일반적

\*교신저자 : 박형근(phk315@nsu.ac.kr)

접수일 11년 09월 15일

수정일 11년 09월 27일

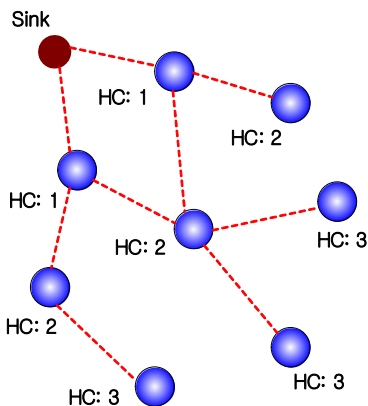
게재확정일 11년 10월 06일

으로 센서 네트워크의 라우팅 프로토콜은 네트워크 구조에 의해 크게 평면 라우팅, 위치 기반 라우팅 그리고 계층적 라우팅으로 나눌 수 있다[1]. 평면 라우팅은 모든 노드가 동등한 입장에서 하나의 라우팅 기법을 사용하여 데이터를 전송하는 방식을 의미하며, 위치 기반 라우팅은 센서 노드의 위치 정보를 활용하여 라우팅 경로를 설정하는 방식이다. 계층적 라우팅은 노드간의 계층을 형성한 후, 상위 노드가 하위 노드들의 감지 데이터들을 취합하여 수집노드로 전송하는 방식을 의미한다. 평면 라우팅에는 Direct Diffusion[2], Gradient based routing[3], Energy-aware routing[4]이 있고, 위치기반 라우팅에는 Greedy based routing[5], Location hop counter[6]가 있으며, 계층적 라우팅에는 LEACH[7], PEGASIS[8]이 있다. 본 논문에서는 평면 라우팅인 트리 라우팅을 이용하여 USN을 구축하고, 이를 임베디드 시스템에서 구현하였다.

### 2.2 Tree 라우팅 기법

트리 라우팅은 sink 노드가 root가 되어 주변 노드들과 Tree 구조의 네트워크를 형성시켜주는 라우팅 프로토콜을 의미한다. 트리 라우팅은 무선 센서 네트워크와 같이 최종 목적지 노드가 sink로 거의 고정된 네트워크에서 매우 효과적이며, 트리 라우팅에서 형성된 토폴로지에서는 그 특성상 라우팅 패스가 루프를 형성할 수 없다. 또한, 상위 계층의 부모 노드에게 데이터를 전달하게 되면 결국 root 노드인 sink 노드로 데이터가 전달되는 특성을 지닌다. 각 노드들은 멀티 홉 라우팅을 위해 복잡한 라우팅 패스(path)를 유지할 필요가 없이, 자신의 상위 부모 노드의 주소만 유지함으로써 멀티 홉 라우팅이 가능하다.

그림 1은 Tree 라우팅 프로토콜에서 형성되는 토폴로지를 나타내고 있다.



[그림 1] Tree 라우팅에서 형성되는 토폴로지  
[Fig. 1] topology Formed in tree routing

Root인 sink로부터 홉 수에 따라 계층이 형성되기 때문에, sink는 주기적으로 자신의 존재를 나타내는 hello (혹은 beacon) 패킷을 broadcast 하여야 한다. Sink로부터 hello 패킷을 받게 되는 노드들은, 자신이 sink로부터 1 hop이 되는 것을 인지하고, 그 정보를 다시 자신의 hello 패킷(이때, 해당 hello 패킷의 hop은 하나 증가된다)에 넣어 주기적으로 broadcast한다. 이러한 방식으로 네트워크에 존재하는 모든 노드는 sink로부터 몇 hop 만큼의 떨어져 있는지 알게 된다. 이제부터 노드는 자신에게 hello 패킷을 보낸 노드들의 아이디를 저장하고, 센서 데이터 전송 시 해당 아이디로 센서 데이터를 전송하면 된다. 자신에게 hello 패킷을 전송한 노드가 하나인 경우에는 해당 노드로 센서 데이터를 전송하지만, 두 개 이상이면 최적의 노드를 선택하게 되는데, 이 때 사용하는 것이 RSSI(Received Signal Strength Indicator)와 LQI(Link Quality Indication)이다. RSSI는 수신한 신호의 세기를 나타내며, LQI는 링크 품질 표시로 데이터 수신시 측정된 정합도(CORR)와 RSSI를 가지고 계산하게 된다. 트리 라우팅에서는 hop 수가 같은 경우 LQI를 비교하고, LQI가 같을 때는 RSSI를 비교하도록 구현하였다.

### 2.3 Tree 라우팅 구현

본 논문에는 트리 라우팅을 구현하기 위하여 운영체제는 TinyOS-2.1을 이용하여 구현하였으며, 사용된 컴파일러와 TinyOS 버전은 다음과 같다.

```

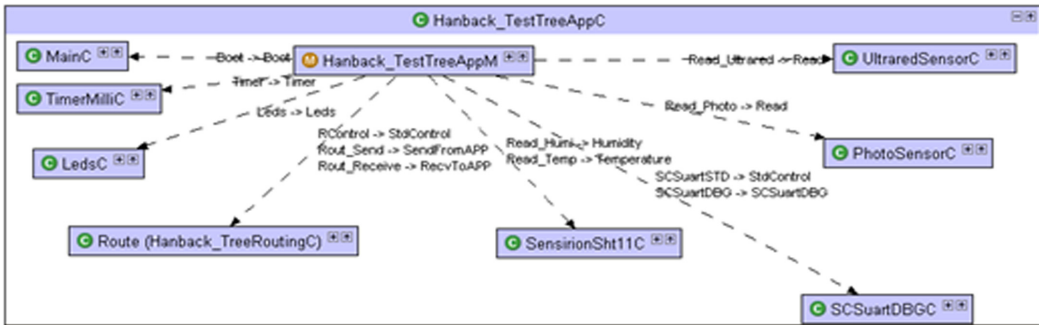
tinyOS-2.1.0-2
nesc-1.3.0-1
tinycos-tools-1.3.0-1
deputy-1.1-1
avr-gcc-4.2.1-1
avarice-2.4.-1
    
```

본 논문에서 구현된 트리 라우팅의 구성은 그림 2와 같다.

USN에서 트리 라우팅을 통하여 수신된 데이터 프레임은 다음과 같다.

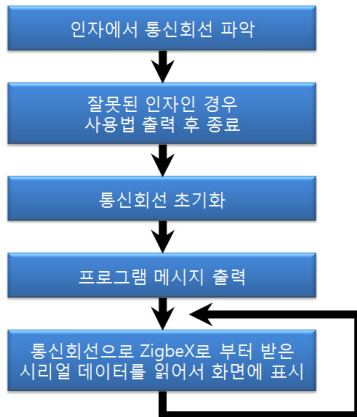
```

7E 42 7D 5E 00 7A 7A 20 01 00 00 00 FE FF
                                -src- -dst1 -dst2
FE FF 77 00 00 00 18 00 27 00 74 02 49
-dst3 -seq- 온도 습도 조도 포트
00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 02 7E
                                -crc-
    
```



[그림 2] 트리 라우팅의 구성  
[Fig. 2] Configuration of tree routing

수신한 프레임에서 출발 노드의 아이디는 src에 있고 도착노드와 연계노드는 dst1, dst2, dst3에 기술되어 있다. 편의상 연계 노드는 2개 까지로 제한하였다. 보다 큰 시스템에서는 이를 사용자가 원하는 대로 확장이 가능한 장점을 갖도록 하였다. 수신 데이터를 윈도우 콘솔에서 확인하기 위한 GUI 프로그램의 흐름도는 그림 3과 같다.



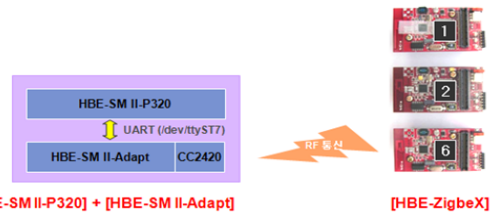
[그림 3] 수신 데이터 처리 흐름도  
[Fig. 3] flowchart of received data processing

### 3. Tree 라우팅의 임베디드 시스템 구현

임베디드 시스템은 휴대가 가능한 소형 장치로 스마트폰, 미디어 컨버터, 통신 단말기, 중계기, PDA, PMP 등에 사용되고 있다. 임베디드 시스템에서 센서 데이터를 수집할 수 있도록 구현함으로써 센서 데이터 수집 시에 휴대용 센서 수집 장치의 응용 가능성을 확인해 볼 수 있으며, 서버와 연동하는 중간 수집기의 역할을 수행이 가능하다. 또한 웹서버나 데이터 베이스와의 연동 여부도 확

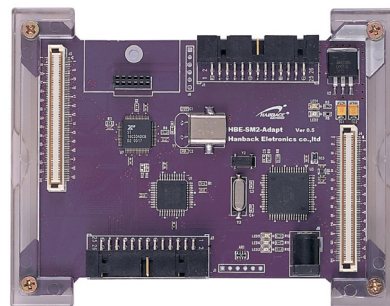
인할 수 있으므로 휴대용 센서 수집장치로서 필요한 통신 수단을 미리 확인해 볼 수 있으므로 시스템에서 발생하는 오류를 미연에 방지할 수 있다.

임베디드 시스템에서 트리 라우팅을 구현하기 위한 하드웨어 구성은 그림 4와 같다.



[그림 4] 임베디드 시스템의 구성  
[Fig. 4] Configuration of embedded system

구성 하드웨어 중에서 ZigbeX는 센서 노드로 동작하며, 임베디드 시스템이 sink 노드의 역할을 수행한다. 싱크노드 역할을 수행하는 시스템 하드웨어는 그림 5, 그림 6과 같이 시리얼 통신을 위한 어댑터 보드와 RF 데이터 송수신을 위한 CC2420 모듈로 구성된다.



[그림 5] 시리얼 통신을 제공하는 어댑터 보드  
[Fig. 5] Adapter board using serial communication

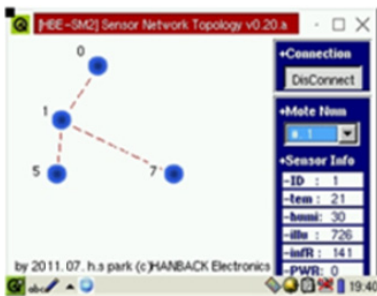


[그림 6] RF통신을 제공하는 CC2420보드  
[Fig. 6] CC2420 board for RF Communication

CC2420보드는 RF에서 받은 데이터를 시리얼통신기능을 제공하는 어댑터 보드를 통해서 CPU로 센서 데이터를 전송하며, 이를 이용하여 휴대용 USN 정보 수집장치에 적용이 가능하다.

본 논문에서 구현된 임베디드 시스템에서는 다음과 같은 컴파일러 및 가상머신 등을 사용하였으며, qt 라이브러리를 이용하여 구현된 트리 라우팅은 그림 7과 같다.

- 리눅스 : linux-2.6.25
- 크로스 컴파일러 : arm-linux-gcc-4.1.1
- 그래픽 라이브러리 : qte-4.4.0
- 가상머신 : qtopia-2.2.0



[그림 7] qt 응용 프로그램 실행 결과  
[Fig. 7] Result of qt application implementation

#### 4. 결론

USN은 활용 가치가 높은 네트워크로, 산불감시, 수위 모니터링, 기상정보 수집등 다양한 영역에서 사용되고 있다. USN장치는 얻은 센서 데이터를 서버에 저장하고, 활용하기 위해서 수집 노드가 필요하게 된다. 수집노드에서 수신한 센서 데이터는 프로그램에 의해서 센서 정보만을 추출한 뒤 서버나 데이터 베이스에 전송되게 된다. 이런 센서 정보 수집 프로그램을 임베디드 시스템에서 구현함으로써 휴대형 센서 수집 장치의 개발에 사용될 수 있

며, 휴대형 센서 수집 장치가 갖추어야 하는 다양한 기능에 대해서 검증해볼 수 있는 계기를 마련하였다. 또한 무선랜 기능과 Wibro 기능을 추가한다면 보다 연결성이 높은 임베디드 시스템으로 개발이 가능하리라 판단된다.

#### References

- [1] J. N. AL-KARAKI and A. E. KAMAL, "Routing Techniques in Wireless Sensor Networks: a Survey," in IEEE Communication Magazine, Dec. 2004.
- [2] C. Intanagonwiwat, R. Govindan, and D. Estrin, "Directed Diffusion: a Scalable and Robust Communication Paradigm for Sensor Networks," in ACM MOBICOM, 2000.
- [3] C. Schurgers and M.B. Srivastava, "Energy Efficient Routing in Wireless Sensor Networks," in IEEE MILCOM, 2001.
- [4] R. C. Shah and J. Rabaey, "Energy Aware Routing for Low Energy Ad Hoc Sensor Networks," in IEEE WCNC, Mar. 2002.
- [5] B. Karp and H. T. Kung, "GPSR: Greedy Perimeter Stateless Routing for Wireless Sensor Networks," in ACM MOBICOM, Aug. 2000.
- [6] Y.-B. Ko, J.-M. Choi, and J.-H. Kim, "A New Directional Flooding Protocol for Wireless Sensor Networks," in Springer ICOIN 2004, Feb. 2004.
- [7] W. Heinzelman, A. Chandrakasan and H. Balakrishnan, "Energy-Efficient Communication Protocol for Wireless Microsensor Networks," in 33rd HawaiiInt'l.Conf., 2000.
- [8] S. Lindsey and C. Raghavendra, "PEGASIS: Power-Efficient Gathering in Sensor Information Systems," in IEEE Aerospace, 2002.

박형근(Hyoung-Keun Park)

[정회원]



- 1995년 2월 : 원광대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
- 2000년 2월 : 원광대학교 대학원 전자공학과 (공학박사)
- 1998년 5월 ~ 2001년 9월 : (주) 미디어서브연구소 선임연구원
- 2005년 3월 ~ 현재 : 남서울대학교 전자공학과 교수

<관심분야>

마이크로프로세서응용, 임베디드시스템, SOC

이 철 희(Cheul-Hee Lee)

[정회원]



- 2000년 2월 : 원광대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
- 2006년 2월 : 원광대학교 대학원 전자공학과 (공학박사)
- 2003년 3월 ~ 현재 : (주)한백전자 기술연구소 책임연구원

<관심분야>

USN, 초소형OS, 안드로이드프로그램, 임베디드시스템