

# 센서 네트워크에서의 RSS(Received Signal Strength)를 이용한 향상된 멀티-홉 라우팅 프로토콜

論 文

## Enhanced Multi-Hop Routing Protocol using RSS in Sensor Network

\*이민구 \*\*강정훈 \*\*\*유준재 \*\*\*\*윤명현

Min-Goo Lee, Jung-Hoon Kang, Jun-Jae Yoo, Myung-Hyun Yoon

Abstract - Wireless sensor network's value has increased greatly in recent years in the fields of Ubiquitous Computing that function as solution to reduce both the limitation and collision about RFID Technology.

The research for wireless sensor network technology is proceeding with the research for various sensor nodes, powerful routing algorithms, securities for data transmission, and valid applications.

This paper suggests that we make the new multi-hop routing algorithm using RSS in order to implement enhanced multi-hop routing algorithm.

This paper should demonstrate that the routing algorithm using suggested RSS is superior to routing algorithm based on established DSDV(Destination Sequenced Distance Vector).

**Key Words** : Sensor Network, RSS, Routing Protocol

### 1. 장 서 론

최근에 해외는 물론이고 국내에서도 U-Korea 포럼, U-City 포럼, 21C 프론티어 사업단 등의 유비쿼터스 컴퓨팅 시대를 준비하기 위해 체계적인 기술 및 정책에 대한 연구 활동을 지원하는 기관 및 협회들이 구성되어 활동하고 있다. 이와 같은 움직임은 조만간 도래하게 될 유비쿼터스 컴퓨팅 환경에서 국민들의 삶의 질 향상과 국가 기술 발전에 크게 이바지 할 것이다.

유비쿼터스 컴퓨팅 사회를 위해 갖추어져야 할 수많은 요소 기술 가운데 물리적 세계(Physical World)와 인터넷으로 대표되는 가상 세계(Virtual World)간의 교량 역할을 제공할 기술로 센서 네트워크 기술이 크게 주목받고 있다. 센서 네트워크 기술은 물리적 세계에서 다양한 센서들(ex. 온도, 습도, 조도, 자기장, 진동 등)이 획득한 의미 있는 센싱 데이터를 RF 등의 무선 네트워크를 통해 원활하게 송·수신하여 사용자에게 진보된 서비스를 제공하자는 취지에서 관련 연구가 시작되었다.

센서 네트워크 기술에 대해 전 세계 관련 전문가들은 센서 네트워크 기술이 빌딩 자동화 및 산업 환경 모니터링, 의료 및 헬스케어, 항공기 산업 등의 분야에 순차적으로 접목된 후 2015년 정도에는 우주선 및 우주 정거장 등의 어플리케이션에서도 활용될 것으로 예측하고 있다.

전 세계 무선 센서 네트워크 기술에 대한 연구는 다양한 형태의 센서 노드에 대한 연구, 에너지 효율적인 MAC에 대

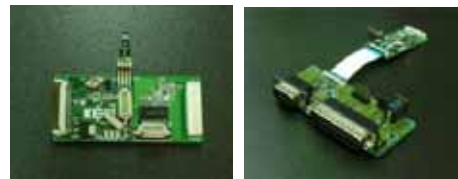
한 연구, 강력하고도 효율적인 라우팅 알고리즘에 대한 연구, 데이터 전송의 보안에 대한 시큐리티 연구, 가능한 센서 네트워크 어플리케이션에 대한 연구 등 다양한 분야에서 매우 활발히 진행되고 있다.

본 논문은 센서 네트워크 연구 분야 가운데에서 효율적인 라우팅을 위해 새로운 라우팅 방법을 제안한 후 이를 논하였다. 본 논문에서는 효율적인 라우팅 알고리즘의 설계 및 구현을 위해 센서 노드간의 물리적인 거리를 판단한 후 이 노드간의 거리 정보를 Parent 선택에 사용하도록 RSS(Received Signal Strength)를 활용하였다. 이에 대한 실험결과 등을 기존에 구현한 Table 기반의 DSDV(Destination Sequenced Distance Vector) 센서 네트워크 라우팅 알고리즘과 비교 분석하여 그 성능의 우수함을 입증하였다.

### 2. 장 본 론

#### 2.1 절 TIP 30C 와 TIP 30G

본 논문에서는 제안한 라우팅 알고리즘의 우수성을 입증하기 위해 (주)맥스포에서 판매하고 있는 센서 네트워크 노드인 TIP 30C와 센서 네트워크 게이트웨이인 TIP 30G를 사용하였다.



<그림.1> TIP 30C와 TIP 30G

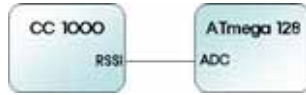
TIP 30C는 915MHz 대역의 무선 RF를 통해 센싱한 데이터(온도/습도/조도)를 송·수신 할 수 있도록 고안되어진 센서 네트워크 노드이다. Inverted F-Type 세라믹 안테나를 채용

#### 저자 소개

- \* 正 會 員 : 전자부품연구원 유비쿼터스 컴퓨팅 연구센터
- \*\* 正 會 員 : 전자부품연구원 유비쿼터스 컴퓨팅 연구센터
- \*\*\* 正 會 員 : 전자부품연구원 유비쿼터스 컴퓨팅 연구센터
- \*\*\*\* 正 會 員 : 전자부품연구원 유비쿼터스 컴퓨팅 연구센터

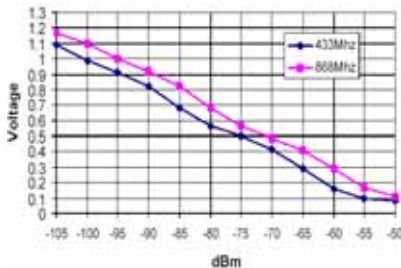
하여 기존의 센서 노드 대비 사이즈를 크게 줄였다는 부분이 큰 장점으로 평가받고 있다.

특히, TIP 30C 센서 네트워크 노드는 ATMEL사의 ATmega 128 MCU와 CC 1000이라는 초저전력 RF 송·수신 모듈을 채택하고 있다. CC 1000 RF 모듈은 RF의 세기를 측정하여 RSSI(Received Signal Strength Indicator) 출력 포트에 해당 신호를 출력하여 이를 ATmega 128의 ADC 포트에서 입력받게 된다.



<그림.2> CC 1000과 MCU 간의 연결

출력된 RSSI 신호는 ATmega 128 A/D Converter에서 0V ~ 1.2V 범위로 측정이 가능하다. 이때 측정된 전압이 높을수록 낮은 입력 신호를 의미한다는 점에 주의해야 한다. 즉, 노드 간의 거리가 가까울수록 0V에 가까운 값이 측정된다. 이때 ADC의 값은 0 ~ 341 범위의 값을 갖는다. 그림.3은 CC 1000의 입력 파워대비 RSSI 출력 전압의 상관관계를 보여주고 있다.



<그림.3> CC 1000의 입력 파워대비 RSSI 출력 전압의 상관관계

본 논문에서는 센서 네트워크에서의 효율적인 라우팅 프로토콜을 개발하는 것이 초점이므로 네트워크 토폴로지 형성을 중심으로 실험하였다.

## 2.2 절 Message 구조

본 논문에서 사용한 메시지 구조는 그림.4와 같다. 데이터 메시지와 라우트 메시지 두 종류의 메시지를 사용하였다. 데이터 메시지는 어플리케이션(Asset Management)에서 멀티-홉 애드 혹 네트워크 토폴로지 형성을 시각적으로 보여주기 위해 사용한 메시지이다. 본 논문에서는 2바이트의 Source addr와 2바이트의 Origin addr, 2바이트의 Parent addr 값을 이용하여 Asset Management 어플리케이션에서 센서 노드 간의 네트워크 토폴로지 형태를 실시간으로 그릴 수 있다.

라우트 메시지는 센서 노드들 간의 네트워크를 형성하기 위해 노드들 사이에서 서로 주고받는 메시지다. 라우트 메시지에는 2바이트의 cost 값과 2바이트의 Hop cnt 값을 포함한다. 본 논문에서는 이 두 가지 값을 Parent 선택에 사용하였다.

사용한 메시지의 전체 구조에서 36바이트의 메시지 앞단 5바이트 헤더 부분은 Data Link Layer에서 처리해 주기 위한 부분이고, 29바이트의 Multihop msg에서 8바이트의 헤더 부분은 Network Layer에서 처리한다. Data msg는 Application layer에서 사용하기 위한 부분이다.



<그림.4> 사용한 메시지 구조

## 2.3 절 TinyOS 와 NesC

본 논문에서 센서 네트워크의 노드를 위한 OS는 U.C 버클리에서 배포한 TinyOS를 사용하였다. TinyOS는 네트워크 임베디드 시스템을 위해 특별히 고안된 초소형의 OS이며, 이벤트 기반의 단순 스케줄러 기능만을 제공한다.

본 논문에서 프로그래밍에 사용한 언어는 NesC이다. 이는 TinyOS의 개념과 기능을 지원하기 위해 고안된 특수한 프로그래밍 언어이다. 어플리케이션 코드 제공, 한 개 이상의 인터페이스들을 수행하는 Module과 컴포넌트간의 인터페이스들을 연결(Wiring)해 주는 역할의 Configuration 두 가지 타입으로 이루어져 있다.



<그림.5> TinyOS 개념도

새로운 개념의 TinyOS와 NesC는 초기 센서 네트워크 개발자들에게 적지 않은 부담이 될 수도 있지만, 어느 정도 숙련되면 한정적인 리소스(배터리, 메모리, CPU 등)를 사용하여 하는 한계를 근원적으로 가지고 있는 센서 네트워크 노드 개발에 있어서 상당히 효율적이라는 것을 알게 될 것이다.

## 2.4 절 제안된 라우팅 프로토콜

본 논문에서는 CC 1000 RF 모듈의 RSSI 출력 값을 ATmega 128 내의 ADC에서 받아들여 센서 노드간의 RF 신호의 세기를 노드간의 거리로 추정한 후, 이 정보를 활용하는 라우팅 프로토콜을 제안한다.

CC 1000에서 하드웨어적으로 센서 네트워크 노드 간의 RSSI 출력 값을 획득한 후, MCU(ATmega 128)의 ADC에서 RSSI의 값을 디지털로 변화하여 이 값을 센서 노드 간에 서로 주고받는 과정을 통해 상태가 가장 좋은 Parent를 선택할 수 있다.

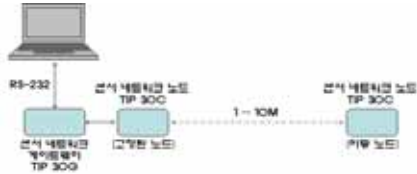
물리적인 거리가 가까운 노드를 Parent가 될 가능성이 가장 높은 센서 노드로 1차 판단한 후 Hop 카운트 수를 고려하여 Parent 선택을 완료하는 과정을 취하였다.

즉, RSSI의 값과 Hop 카운트 이 두 가지 factor를 활용하여 Parent를 선택한 후 생성된 라우트를 유지해 나가는 라우팅 알고리즘이다.

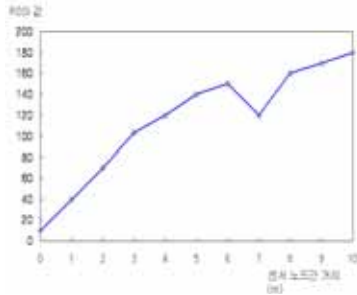
본 논문에서 제안한 라우팅 프로토콜의 신뢰성 확보를 위해 센서 노드간의 거리에 따른 RSSI 값을 측정하는 테스트를 시행하였다. 실험 방법은 그림.6과 같이 센서 노드 2개를

사용하여 네트워크를 형성한 후, 하나의 센서 노드 위치는 고정하고 다른 센서 노드를 1M 단위로 이동한 후 결과를 측정하였다.

그림.7은 실험에 사용한 센서 노드의 배치와 이에 대한 실험 결과 값을 보여준다.



<그림.6> RSSI 테스트 방법



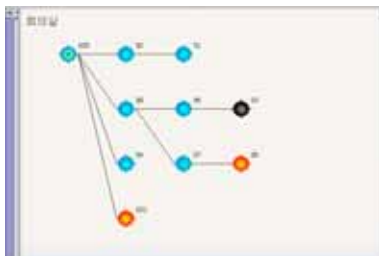
<그림.7> 거리에 따른 RSSI 측정값

실험을 통해 거리에 따른 RSSI 값의 특성을 발견할 수 있었다. CC 1000 Data Sheet에서 제공하는 RSSI 값의 특성처럼 전체적으로 거리에 따라 RSSI 값이 정비례함을 알 수 있다. 즉, 거리가 멀어질수록 측정되는 RSSI 값은 증가하게 된다. 하지만, 센서 노드간의 거리가 7M 지점에서 RSSI의 값이 갑자기 감소하는 현상을 발견할 수 있는데, 이는 Rayleigh fading 현상에서 그 원인을 찾을 수 있다.

이처럼 본 논문에서 제안한 RSSI를 활용한 라우팅 프로토콜은 Parent를 선택하는데 충분함이 입증되었다. 하지만, 실험을 통해 알 수 있었듯이 7M 지점에서 발생하는 예외 현상의 해결을 고려한 라우팅 프로토콜 설계가 필요하다.

## 2.5 절 라우팅 프로토콜 비교

과거 본 연구원에서 센서 네트워크를 위해 설계하였던 DSDV(Destination Sequenced Distance Vector) 기반의 라우팅 알고리즘과 본 논문에서 제안한 라우팅 알고리즘과의 비교를 통해 성능을 검증해 보았다.



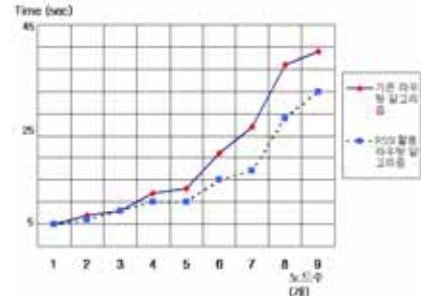
<그림.8> 실험에서 사용한 네트워크 토폴로지 형성 모습

이를 위해 센서 네트워크 노드는 TIP 30C 10개(베이스 노드 포함)와 TIP 30G 1개, 노트북(SONY PCG-TR2 : 1G CPU, 1G RAM)을 이용하였다.

그림.8은 센서 네트워크 노드 10개(베이스 노드 포함) 모두가 정상적으로 멀티 홉 네트워크 토폴로지를 구성한 모습을

보여준다. 우리는 기존의 라우팅 알고리즘과 본 논문에서 제안한 라우팅 알고리즘을 같은 조건에서 적용하여 그림.8과 같이 라우팅 토폴로지가 완벽히 형성되는데 걸리는 시간을 30회 반복 측정하여 이에 대한 평균치를 구하였다. 이때 센서 네트워크 노드의 토폴로지가 1~9개(베이스 노드 제외)가 형성되는데 걸리는 평균 시간을 각각 구하여 그림.9에 그래프로 도시하였다.

실험 결과치의 신뢰성을 확보하기 위하여, RSSI 값을 신뢰할 수 있는 거리 구간인 5M 미만의 거리 내에서 각각의 센서 네트워크 노드를 배치하여 실험하였다. 이때 실험을 통해 얻은 결과치는 그림.9와 같다.



<그림.9> 네트워크 토폴로지 형성 시간

실험 결과를 통해 알 수 있듯이, 본 논문에서 제안한 라우팅 알고리즘은 기존의 Packet 수신 성공·손실률의 정보를 통해 소프트웨어적으로 라우트를 찾던 방식보다 CC 1000이 하드웨어적으로 제공해 주는 RSSI의 출력 값을 활용하여 더욱 반응 속도가 빠른 라우팅 알고리즘의 설계가 가능하였다. 본 논문에서 제안한 라우팅 알고리즘은 기존의 라우팅 알고리즘보다 노드의 수가 증가함에 따라 그 효과가 더욱 뚜렷하게 나타남을 확인할 수 있었다.

## 3. 장 결론

본 논문에서는 센서 네트워크 라우팅 알고리즘을 위해 RF 칩셋에서 하드웨어적으로 제공하는 RSSI 정보의 이용이 가능하다는 점과 이 같은 라우팅 방법이 과거 소프트웨어적으로 처리했던 라우팅 알고리즘과 적절히 보완된다면 더욱 효율적인 라우팅 알고리즘 설계의 가능성을 제시하였다.

또한, 본 논문에서는 거리에 따른 RSSI 출력 특성을 확인함으로써 7M 지점에서 발생하는 RSSI 출력 값의 감소 현상에 대한 문제점을 제시하였다.

추후 센서 노드간의 거리에 따른 RSSI 정보와 Hop count 그리고 송·수신 패킷의 성공률 등을 접목시켜 더욱 우수한 라우팅 알고리즘이 개발되어야 할 것이다.

## 참 고 문 헌

- [1] Alec Woo, Terence Tong, and David Culler, "Taming the Underlying Challenges of Reliable Multihop Routing in Sensor Networks", SenSys 2003 Los Angeles, California
- [2] Alec Woo and David Culler, "Evaluation of Efficient Link Reliability Estimators for Low-Power Wireless Network", UCB Technical Report, November 2003