

# 혈액관리 시스템을 위한 센서 네트워크 기술에 대한 연구

## A Study on the Sensor Network Technology for Blood Management System

\*이민구 \*\*강정훈 \*\*임호정 \*\*윤명현 \*\*유준재

Mingoo Lee, Junghoon Kang, Hojung Lim, Myunghyun Yoon, Junjae Yoo

Abstract - This whitepaper is a research about the sensor network technology which enhance the performance of the blood management system. The problem of measuring and monitoring the real time temperature of a every point in a limited environment let us to develop a system which is able to monitor the temperature of a remote area using multi-hop networking technology. This whitepaper propose the error correction technologies, which were used to eliminate problems that might occur during real tests of the system.

Key Words : Sensor Network, TIP 700CM, 센싱 오류, 온도 오류 보정

### 1. 장 서 론

유비쿼터스 기반의 도시인 u-City 건설이 과학, 기술, 산업계의 화두로 떠오르고 있다. 이처럼 유비쿼터스 컴퓨팅 기술은 기술개발 그 자체에 머무르지 않고, 다양한 산업의 기반 시설분야에 적용되고 있으며, 추후 향상된 서비스 제공을 준비하고 있다. u-City 사회가 도래하는 경우, 수많은 새로운 서비스들이 탄생하고 제공되겠지만, 본 논문에서는 유비쿼터스 컴퓨팅 초기 사회의 병원에 적합한 어플리케이션 개발에 초점을 맞추고 있다.

본 논문은 병원내의 혈액 관리시 더욱 높은 신뢰성을 확보할 수 있는 방안에 대한 연구로부터 시작하였는데, 본 논문에서 제안하는 방안은 혈액 관리실의 온도를 일정하게 유지할 수 있음과 동시에 공간내의 임의의 부분에 대한 온도를 모니터링 할 수 있는 시스템을 개발하자는 아이디어이다.

공간 내에서 항온을 유지/관리하는 기존 시스템의 경우, 한 개의 온도계에서 측정된 값을 그 공간에 대한 대표 값으로 인식하고, 공간의 부분 부분에서 발생할 수 있는 대표 온도 값과의 오차범위는 통상적으로 무시하였다. 특히, 물류나 유통등과 같이 비용이 적게 드는 항온시설은 대표 온도 값과의 오차 범위가 더욱 크게 허용되어 왔다.

이처럼 발생 가능한 공간내의 부분 온도 오차들이 허용될 수 있었던 이유는, 무엇보다 경제성 차원에서 그 이유를 찾을 수 있다. 더욱 많은 온도계를 설치하고 이들로부터 획득한 여러 부분에 대한 온도 정보를 유선을 통해 원하는 목적지에 보내어 이에 적합한 항온 서비스를 제공하는 시스템을 구축

하는 것은 비용적인 측면에서 큰 부담이었다.

Frost & Sullivan D305(2005년)에 의하면, 센서 설치 비용 대비 유선 비용이 통상적으로 센서의 50~90%까지 차지한다는 기술 분석 보고를 통해 알 수 있듯이 센서로 온도를 측정하여 원하는 목적지까지 유선을 통한 데이터 전달 기술은 시장 경제성에 크게 위배되는 모순적인 기술이다. 이를 해결하기 위해 센서에서 획득한 데이터를 유선이 아닌 "무선"으로 전송할 수 있는 기술에 대한 니즈가 시장에서는 강하게 발생하기 시작하였다.

이 같은 시장요구에 부응하여 개발된 기술이 무선 센서 네트워크 기술이다. 센서 네트워크 기술이 최근에서야 개발된 이유로는 칩들의 소형화, RF 기술의 비약적 발전, 저렴한 무선 통신 칩의 등장, MEMS 기술의 출현 등으로 말할 수 있다.

무선 센서 네트워크 기술은 저전력의 RF를 통해 통신이 이루어지고, 한정된 공간에서 제한적인 리소스(메모리, 전원 등)로 동작해야만 하는 제약사항을 원천적으로 가지고 있는 센서 노드들로 네트워크를 이루어야 하기 때문에 기존의 애드-혹 네트워크에서 사용한 네트워크 이론들과는 본질적으로 다른 개념으로 발전하고 있음을 주지해야 한다.

본 논문에서 구현하고자 하는 어플리케이션의 특성상, 멀티-홉의 네트워크 차원에서의 데이터 전송을 연구 개발하였다. 즉, 공간 내에 하나의 베이스 노드를 비치하고, 나머지 공간에 배치되는 센서 네트워크 노드들은 이 베이스 노드에 원하는 데이터를 전송하기 위해, 짐집다리 형태의 중간 노드들을 이용하여 원하는 목적지까지 전송하는 방법을 취하고 있다. 물론, 각각의 센서 네트워크 노드들의 RF 도달 범위 내에 베이스 노드가 존재하는 경우 싱글-홉으로 베이스 노드에 게 직접 센싱 데이터를 전달할 수 있다.

본 논문은 미래의 u-City 내의 병원 등에서 사용될 수 있는 혈액관리 시스템의 프로토타입을 미리 구현하고, 추후 발생 가능한 문제들을 미리 예측하여 이를 해결하는 방안을 제

#### 저자 소개

- \* 이민구: 전자부품연구원 선임연구원
- \*\* 강정훈: 전자부품연구원 선임연구원
- \*\* 임호정: 전자부품연구원 선임연구원
- \*\* 윤명현: 전자부품연구원 수석연구원
- \*\* 유준재: 전자부품연구원 수석연구원

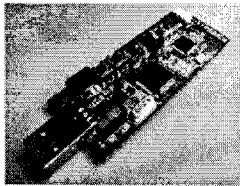
안하고 이를 실험을 통해 검증하여 기존 유선으로 구성된 항온 시스템을 개선할 수 있음을 확인하는데 그 의의가 있다고 하겠다.

## 2. 장 본 론

### 2.1 절 센서 네트워크 노드(TIP 700CM)

센서 네트워크 플랫폼으로 가장 대표적인 것은 U.C 버클리의 MOTE이다. 이 같은 MOTE는 1999년 처음 발표된 이후 다양한 형태(DOT, MICA, MICA2, TelosA, TelosB, MicaZ 등)로 발전되어 오고 있다.

본 논문에서 사용한 센서 네트워크 플랫폼은 (주)맥스포에서 판매하고 있는 TIP 700CM을 사용하였다. 그림.1처럼 TIP 700CM은 2.4GHz 무선 RF 대역을 사용하고, 무선 통신 칩셋으로는 TI사의 CC2420 모듈을 사용하며, 안테나로는 Inverted F-Type 세라믹 안테나를 채택하였다. 그리고 다양한 센서(빛, 온도, 습도 등)들의 기능을 지원하고 있다.



<그림.1> 사용한 센서 노드(TIP 700CM)

마이크로 컨트롤러는 TI사의 MSP430 F1611을 사용하였으며, 프로그램을 다운로드 할 수 있는 48KB의 플래시 메모리와 10KB의 RAM을 사용한다. 전원은 AAA 사이즈의 1.5V 배터리 2개를 직렬로 연결하여 3V 전원을 공급해주고 있다. 특히, 프로그램 인터페이스가 USB를 이용한다는 점이 기존의 센서 네트워크 노드와의 차별점이라 할 수 있다.

### 2.2 절 운영체제(TinyOS)

본 논문에서 센서 네트워크의 노드를 위한 OS는 U.C 버클리어에서 배포한 TinyOS를 사용하였다. 현재 TinyOS는 Ver 2.0 베타가 배포되었다. 본 논문에서는 TinyOS 1.1.14 버전을 사용해 개발 및 테스트를 진행하였다.

TinyOS는 센서 네트워크와 같은 임베디드 네트워크 시스템들을 위해 특별히 고안된 아주 심플한 OS이며, 재사용이 가능한 컴포넌트 기반의 구조이다. 즉, 어플리케이션들이 구현에 필요한 각각의 컴포넌트들을 Wiring을 이용하여 연결한다. 이와 같이 컴포넌트 기반으로 이루어진 구조에서는, 다른 OS 서비스들로 구분된 컴포넌트들을 다른 어플리케이션에서 반복적으로 사용하지 않아도 되는 장점을 갖는다.

또한 TinyOS는 동시성을 확보하기 위해 태스크(Task)와 이벤트(Event) 개념을 사용한다. 이 두 가지 요소들의 차이는 "선점"에 대한 가능 여부이다. 즉, 태스크들은 서로를 선점하지 않는 반면, 이벤트들은 태스크들이나 이벤트들의 실행에 대한 선점이 가능한 차이점이 있다.

이처럼 센서 네트워크에서 사용하기 위해 고안되어진 TinyOS는 Sleep 상태로 유지하는 비율이 전체 시간에서 99% 이상으로 동작하여 장시간 노드의 지속 시간을 유지할

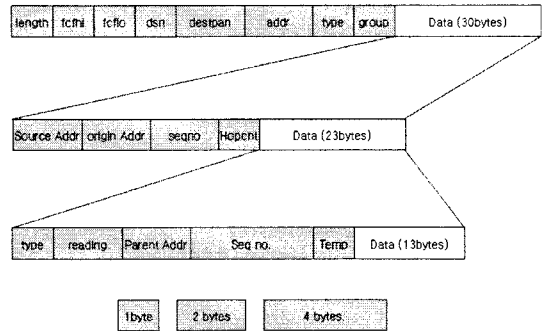
수 있도록 설계되어 있다.

### 2.3 절 실험 환경

본 논문에서 센서 네트워크 노드의 센서를 이용하여 획득한 센싱값을 무선 네트워크를 통해 전달하기 위해 정의한 데이터의 구조는 그림.2와 같다.

총 40바이트 길이의 메시지를 사용하였으며, 마지막 단의 Data Payload 부분에서 Temp(1바이트) 부분에 센서가 획득한 값을 넣어 전송하게 된다. Data(13바이트) 부분에는 추후 확장성을 위해 여유분을 남겨 놓은 부분이다. 즉, 추후 다른 센서에서 획득한 센싱값을 전달하기 위해 데이터 부분을 여유 있게 정의하였다.

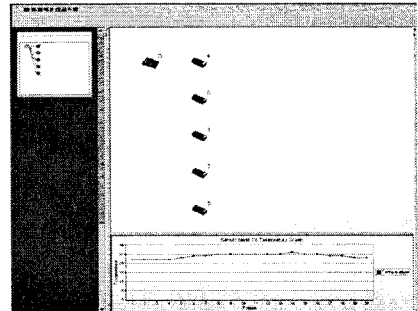
두 번째 단은 멀티-홉 기능을 지원하기 위해 삽입한 부분이며, 본 논문의 구현에서는 멀티-홉을 통해 베이스 노드와 나머지 센서 네트워크 노드들이 통신할 수 있도록 정의하였다.



<그림.2> 사용한 메시지 구조

센서 노드들은 통신연결 상태를 지속하기 위해 라우트 메시지를 센서 노드들 간에 서로 지속적으로 송·수신한 후, 라우트 메시지의 송·수신 에러율과 홉 카운트 이 두 가지 요소를 가지고 가장 성능이 좋은 노드를 Parent 노드로 설정하는 단순한 라우팅 알고리즘을 구현하여 사용하였다. 즉, 송·수신 에러율과 홉 카운트 수가 가장 적은 경우를 네트워크 상태가 가장 좋은 Neighbor 노드로 판단하여 Parent 노드로 설정하였다.

본 논문에서는 가능한 싱글-홉으로의 센싱 데이터를 베이스 노드에서 수신하기 위해 공간 내에 배치되는 모든 센서 네트워크 노드들이 베이스 노드의 RF 범위 내에서 동작할 수 있도록 RF의 세기를 최대로 조절하여 사용하였다.

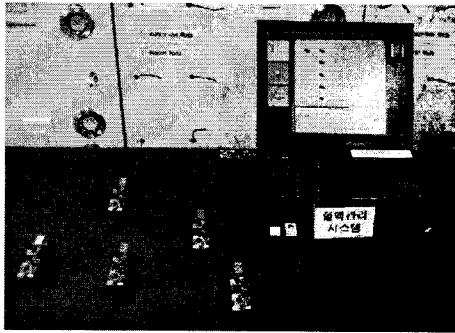


<그림.3> 온도 모니터링용 어플리케이션

실험을 위한 테스트 환경으로, 그림.4와 같이 센서 네트워크 노드(TIP 700CM, 베이스 노드1개, 공간 배치 노드 5개)는 6개를 사용하였으며, 온도 센싱 데이터를 모니터링 하는 서버로는 IBM사의 ThinkPad-X60(1.83GHz CPU, 1GHz RAM)을 사용하였다. 모니터링 어플리케이션으로는 그림.3에서와 같이 전자부품연구원에서 기개발한 Asset Tracking 모니터링 어플리케이션을 변형하여 네트워크 토폴로지 구성을 모니터링함과 동시에 그래픽의 하단부에서 센서 노드들의 온도 센싱 값을 그래프 값으로 모니터링 할 수 있도록 구현하였다.

그림.4의 사진처럼 각각의 센서 노드들에게 노란색 스티커로 노드 ID를 구분할 수 있도록 붙여주었다. 그리고 베이스 노드는 서버로 사용되는 노트북에 USB를 통해 직접 연결해주었다. 5개의 센서 네트워크 노드들은 테스트 공간내의 임의의 부분에 배치되었고 이 가운데 센서 노드5는 창문을 열어놓은 창가에 배치되었다.(저온, 고온에 따른 측정오차율의 변화를 테스트하기 위한 기술적 배치임)

베이스 노드는 각각의 센서 네트워크 노드들로부터 데이터 메시지를 수신하고, 수신된 센싱 데이터를 UART를 통해 서버에 전달해 주는 기능을 동시에 수행한다.



<그림.4> 실험 환경

#### 2.4 절 실험 결과

본 논문이 실험에서 측정된 온도 센싱 값의 신뢰성을 검증하기 위해 시중에서 판매되고 있는 TESTEK 303A 디지털 온/습도계를 사용하였다.

표.1은 본 논문의 실험환경을 통해 각각의 센서 노드로부터 전송된 온도 값과 TESTEK 303A 디지털 온/습도계를 통해 획득한 온도 값을 각각의 센서 네트워크 노드에 대해 비교 정리한 표이다. 센서 노드(노드1~노드5)로부터 송신된 센싱 값의 신뢰성을 높이기 위해 각각의 노드에서 10회 반복 측정된 온도 센싱 값의 평균값을 구하여 기록하였다.

항목	노드1	노드2	노드3	노드4	노드5
구현 시스템용 본한 온도값	24.2	24.5	25	24.1	19.8
TESTEK303A 측정 온도값	23.5	23.6	24.1	23.4	19.2
오차율	+2.9%	+3.8%	+3.7%	+3.0%	+3.1%

<표.1> 라우팅 알고리즘 성능 비교

실험 결과를 통해 알 수 있듯이, 본 논문에서 열역관리실의 개선을 위해 제안한 센서 네트워크를 이용한 온도 센싱

원격 모니터링 시스템을 통해 획득한 온도 값은 실제 온도계에서 측정된 온도 값보다 0.7도~0.9도(오차율: 2.9%~3.8%)까지 높게 측정되었다. 이와 같은 이유는 센서 네트워크 노드 칩들과 배터리에서 발생하는 온도 상승으로 기인한다.

### 3. 장 결론

본 논문은 병원내의 혈액관리실의 항온 유지 및 공간내의 임의의 부분 온도를 실시간 모니터링 할 수 있는 시스템 구현을 제안하고 있다. 실험결과를 통해 알 수 있듯이, 센서 네트워크 노드들의 센서를 통해 원격 서버에서 모니터링 한 온도 값이 센서 네트워크 노드의 칩들과 배터리에서 발생하는 온도 상승으로 인해 실제 시제품 온도계를 측정된 온도보다 평균 0.8도 정도 높게 측정되므로, 이 값에 대한 온도 차감 보정 작업이 반드시 필요하다.

본 논문에서는 S/W 온도 보정작업을 통해 시제품 온도계에서 측정된 온도와 매우 작은 오차(0.1도 이하)의 값 이내로 측정할 수 있도록 개선하였다. 하지만 이러한 S/W 보정 작업은 오랜 시간동안 설치되어 동작해야 하는 경우에 대한 고려가 아니라 짧은 시간동안 동작/테스트하는 경우의 개선 방법이므로, 하드웨어적인 추가 보정이 필요하다.

즉, 본 논문에서는 센서 네트워크 노드 보드위에 직접 센서를 부착하여 다른 칩들이나 배터리의 온도 상승으로 인한 영향을 피할 수 없었다. 따라서 칩들의 온도 상승으로부터 영향을 받지 않도록 센서 노드에 센서를 효율적으로 부착하는 하드웨어적인 추가 설계가 필요하다.

본 논문은 센서 노드 플랫폼에서의 온도 상승에 의한 센싱 오류에 대한 고려와 이를 개선하는 방법에 대해서만 논의하고, RF에 의해 전자 센서가 받을 센싱 및 전송 오차 영향 가능성은 고려치 않았다. 하지만, 반드시 RF에 의한 전자 센서의 오류에 대한 보정 작업도 추후 보완 연구되어야 할 것이다. 즉, RF에 의해 영향을 받지 않는 FBG(Fiber Bragg Grating) 기반의 광센서의 센서 네트워크 접목을 위한 인터페이스 방안에 대한 연구로 발전 수행되어야 할 것이다.

### 참 고 문 헌

- [1] J.Hill, R.Szewczyk, A.Woo, D.E.Culler, and K.S.J.Pister. "System Architecture Directions for Networked Sensors. In Architectural Support for Programming Languages and Operating Systems", pages 93-104, 2000.
- [2] Joseph Polastre, Robert Szewczyk, Cory Sharp, David Culler. "The Mote Revolution: Low Power Wireless Sensor Network Devices" Proceedings of Hot Chips 16: A Symposium on High Performance Chips. August 22-24, 2004.
- [3] S. Park, A. Savvides, and M. B. Srivastava. SensorSim: a simulation framework for sensor networks. In Proceedings of the 3rd ACM International Workshop on Modeling, Analysis and Simulation of Wireless and Mobile Systems, pages 104-111. ACM Press, 2000.