

# 실내 무선 센서네트워크에서의 효과적인 다중 이동 노드 위치인식 시스템 설계

김기현<sup>0</sup>, 하봉수, 김태환, 이용두, 홍원기  
대구대학교 정보통신공학과  
{khhkim\_V<sup>0</sup>, bsha, thkim76, ylee, wkhong}@daegu.ac.kr

## Design of efficient location system for multiple mobile node in the indoor wireless sensor network

Ki-Hyeon Kim<sup>0</sup>, Bong-Soo Ha, Tae-Hwan Kim, Yong-Doo Lee, Won-Kee Hong  
Dept. of Information and Communication Engineering, Daegu University

### 요 약

무선 센서노드를 활용한 다양한 네트워크 설계 기술은 실생활의 각종 정보 수집에서부터 환경 모니터링 까지 폭넓은 활용범위를 바탕으로 저전력 노드 설계 기술, 노드간 라우팅 프로토콜, 초소형 운영체제 및 미들웨어기술 등 관련 연구가 활발히 수행되고 있으며, 실내 센서네트워크에 분포된 노드의 절대위치를 측정하는 위치인식 시스템은 노드의 이동성, 다수성 그리고 환경의 제약성으로 인해 이를 보완할 시스템이 요구되고 있다. 이에 본 논문에서는 고정 센서노드의 배치밀도에 따라 위치정보를 선별적으로 처리하는 위치데이터 처리기와 다중 위치데이터의 발생을 원천적으로 차단하는 노드간 라우팅 기법을 통해, 센서노드의 이동성과 다중성을 효과적으로 보완하는 실내 이동객체 위치인식 시스템을 설계하고 서비스 구현을 위한 센서네트워크 플랫폼을 제안한다.

### 1. 서 론

언제, 어디서나 객체를 연결하는 유비쿼터스 컴퓨팅기술의 출현과 더불어 M2M<sup>1)</sup>기술이 급성장 물결을 타고 발전하고 있으며, 그중 경량의 센서노드들을 활용한 무선 센서네트워크에 대한 연구는 저전력, 고집적 및 고성능 노드설계[1]에서부터, 노드자원의 효율적인 관리를 위한 초소형 운영체제기술[2] 그리고 어플리케이션[3]에 이르기까지 다방면의 연구가 수행되고 있다. 그중 위치인식 시스템의 경우, 초정밀 항운산업과 네비게이션 시스템의 기반기술로서, 대형 건물에 분포된 센서네트워크와 접목 시, 건물 내 길안내 서비스 및 각종 정보제공 등 소비자 중심의 신규서비스를 저가로 빠르게 구축, 제공할 수 있을 것으로 판단된다.

현재까지 실내의 위치인식 시스템의 연구는 RF(Radio Frequency)의 RSSI(Received Signal Strength Indicator), 적외선 센서, 초음파 센서, 802.11 신호 그리고 비전 인식을 통한 다양한 방법으로 연구되어 왔으나[4], 이들은 각각 햇빛, 장애물 등의 환경적 요인에 영향을 받거나 다중 노드의 위치인식을 지원하지 않으며, 대량의 실내 위치 데이터를 이동노드에 적재하는 문제점을 내포하고 있다.

본 논문에서는 실내 위치 인식시스템의 실제 서비스 적용 시 가장 문제가 될 것으로 예상되는 노드의 다수성(plurality

character) 해결 방안을 중심으로 다양한 서비스 제공을 위한 다중 이동 노드 위치인식 시스템을 제안한다.

먼저 다수성을 해결하기 위한 방안으로, 위치 데이터를 전송하는 고정 노드의 RF 송신동작을 조절하는 순차적 라우팅 기법을, 다중 노드의 위치인식을 위해 위치 데이터에 방향성을 부여하는 기법을 제안한다.

전술한바와 같이 본 논문에서는 위치 정보를 제공하는 고정 노드와 위치정보 수신용 노드가 장착된 사용자측 이동 단말, 그리고 서비스 서버로 전체 시스템을 구성하여 효과적인 다중 이동 노드의 위치인식 기법을 평가하고, 새로운 서비스 모델을 제시한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 위치인식 관련 연구를 간략하게 소개하고, 3장에서는 시스템의 전체 구성에 대한 소개와 시스템내의 다수성에 대한 이해 및 해결방안을 설명하고 시스템 구현을 위한 간단한 알고리즘들을 제안한다. 4장에서는 3장에서 정의한 해결방안을 적용하여 새로운 위치인식 시스템의 구현하고 이를 통한 성능평가를 수행한다. 마지막으로 결론과 향후 연구과제에 대하여 기술한다.

### 2. 관련 연구

현재 실내 위치인식 시스템에 대한 연구는 고정된 비컨노드들이 위치 데이터의 송신자 또는 수신자가 되어 데이터를 전송하거나 수집하는 역할을 중심으로 전개되고 있다. 매 10초마다 고유의 인식번호가 포함되어 전송되는 적외선(IR)신호를 인식

1) M2M : Man, Machine, Mobile, Material, Media간의 통신  
\* 본 연구는 산업자원부의 지역혁신 인력양성사업의 연구결과로 수행되었음

하여 각 신호별 위치를 찾아내는 Active badge 시스템[5]과 초음파의 짧은 펄스로 3차원의 위치를 찾아내는 Active bat 시스템, IEEE 802.11 RF기반시스템으로 다중 수신기에 수집된 신호세기에 따라 위치를 산출하는 RADAR[6] 그리고 실시간 3차원 카메라를 통해 수집된 장면을 비전 인식 기술로 처리하여 이동 객체의 위치를 찾아내는 Easy Living[7] 등이 있으며, 본 논문에서 제안하는 시스템과 유사한 Cricket[8]이 있다. 이는 초음파와 RF신호를 속도차를 이용하여, 노드간 거리를 측정하고, 3개 이상의 고정 노드와 단일 이동 노드의 거리 측정을 통해 3차원 좌표를 계산하여 이동 노드의 위치를 인식하는 기법이다. 전술한바와 같이 기존의 연구들은 각각의 제한 사항을 수반하고 있으며, 다중 노드 역시 고려되지 않는 경우가 많다. 본 연구와 유사한 Cricket 시스템에서도 단일 노드의 이동성에 집중하고 있어, 복수개의 노드 참여시 3개 이상의 고정 노드 좌표를 기준으로 위치를 산출하는 이동 노드에 많은 부하가 예상되며, 3장에서 살펴볼 다수성에 대한 고려가 필요하다.

### 3. 다중 이동 노드 위치인식 시스템

#### 3.1. 시스템 구성

전체 시스템은 그림 1에서와 같이 크게 3가지 영역으로 구분된다. 먼저, 무선노드는 다중 객체처리와 순차적인 라우팅 기법이 이식되어 천장에 부착된 비컨노드와 다중 위치데이터 처리 기능을 가지고 이동 단말에 부착되어 실시간으로 데이터를 수집할 싱크 노드로 구성되며, 이동 단말은 대량의 건물정보 및 위치정보를 검색을 위한 초소형 웹브라우저와 실시간 길안내 서비스를 위한 모듈 변환기로 구성된다. 또한, 건물 내의 다양한 정보를 제공하기 위한 서비스 서버는 관리자 서비스와 사용자 서비스로 나누어 구성된다.

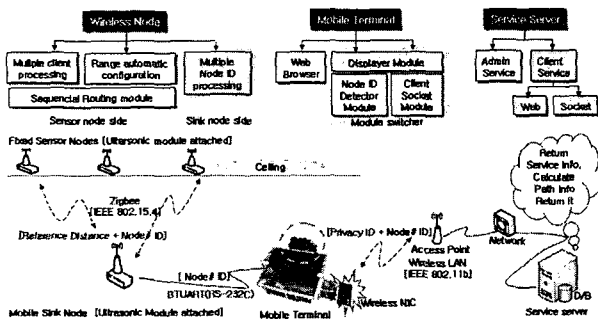


그림 1. 다중 위치 인식 시스템 구성도.

#### 3.2. 서비스 구현을 위한 시스템 플랫폼

각 요소별 플랫폼은 그림 2에서와 같이 계층화, 모듈화하여, 신속한 디버깅과 수정이 가능하도록 설계하였다. 비컨노드와 싱크노드에는 RF통신 모듈과, 초음파센서가 부착된 노드에 ETRI의 초소형 운영체제 Nano-Qplus를 이식하여 자원 활용을 극대화 하였으며, 이동단말과 서비스 서버 역시 오픈소스 기반의 시스템을 구성하여, 다양한 어플리케이션을 개작하여 응용할 수 있도록 하였다.

Multiple client processing		Range detector		Multiple data processing		
Adaptive synchronization module				Adaptive synchronization module		
Nano Q+ (Q/S)				Nano Q+ (Q/S)		
RF Module(cc2420)		Ultrasonic Module		RF Module	RS-232c	Ultrasonic Module
(7)				(4)		
Web browser		Module switcher		Administrator service		Client service
X11R6 API				Apache	PHP	MySQL
Graphics & Fonts		TCP/IP Stacks		Application Programming Interface		
Embedded Linux kernel				Linux Kernel		
LCD	RS-232c	Wireless NIC		(2)		
(3)				(2)		

그림 2. 비컨(가),싱크노드(나),이동단말(다),서비스서버(라).

#### 3.3. 다중 이동 노드 위치인식 시스템

본 시스템은 천장에 위치한 고정 비컨노드가 RF 반송파에 자신의 노드ID(=위치데이터)를 실어 초음파와 동시에 전송하면, 두 신호의 시간차에 의해 수집된 이동노드와의 최 근접(max closer) 위치데이터를 서버로 전송하여, 각 클라이언트마다 서버 데이터베이스의 위치 레코드에 저장하게 된다. 서버는 수신된 데이터를 클라이언트마다 분류하여 기록하고 길안내 서비스를 요청한 경우, 해당 목적지까지의 최적경로를 연산하여 클라이언트의 라우팅 경로를 제공한다. 또한, 웹서버를 구축하여, 건물 내의 다양한 위치 정보 검색 서비스를 제공한다.

#### 3.4. 다수성(plurality character)

본 논문에서 제안하는 이동 노드위치 인식 기법은 전술한바와 같이 RF신호에 의존적이라 할 수 있다. 이는 RF신호를 수신 가능한 범위내의 모든 이동 단말이, 서로 다른 절대위치에 상주하더라도 같은 상대위치 데이터를 수신하게 되는 문제를 내포하게 된다. 또한, 비컨노드가 상대위치 데이터를 동시다발적으로 전송함으로써, RF신호의 수신범위가 중복되는 영역에 위치한 이동노드는 다수의 절대위치 데이터를 수신하게 되는 문제를 안게 된다. 이에 대한 보완책으로 이동 노드의 요구에 의한 비컨노드의 위치 데이터 전송 방식을 제시할 수 있다. 이 방법은 이동 노드가 위치 데이터의 필요시에 비컨노드에 위치 데이터 송신요청을 하고 이에 응답하는 방식이나, 이것은 다중 이동 노드가 동시에 요청을 할 경우, 요청 받은 비컨노드의 RF 수신 범위내의 다른 절대위치를 가진 이동 노드에게 다른 상대 위치를 전송하게 되는 똑같은 오류를 범하게 된다.

문제해결을 위해 본 논문에서는 비컨노드 중심의 위치데이터 전송방식과 초음파를 이용한 최 근접 비컨노드 선별기법과 다중 RF데이터의 발생을 원천적으로 차단하기위해 노드 배치에 따른 비컨노드 순차 라우팅 기법을 적용하였다.

먼저, 비컨노드 중심의 데이터 전송방식은 천장에 부착된 비컨노드가 작업동기화에 따라 위치데이터 및 근접 노드인식 참고 거리데이터가 포함된 RF데이터와 초음파신호를 일방적으로 브로드캐스트 함으로써, 송신 비컨노드의 RF수신지역내의 모든 이동노드들에게 위치데이터를 전송하게 되고, 그중 초음파 수신영역내의 이동노드는 초음파 수신기를 이용하여 계산한 거리를 바탕으로 정확한 현재 위치데이터를 인식하게 된다. 또한, 다중 RF데이터의 발생을 원천적으로 차단하기 위해 천장에 위치한 비컨노드들에 순차 라우팅 기법을 적용하여, 자신의 순서

일 경우에만, RF와 초음파를 전송하고, 잔여 동작시간은 수신 모드로 대기함으로써 전력소모 절감효과와 더불어 다중데이터 발생의 차단효과를 동시에 얻을 수 있다.

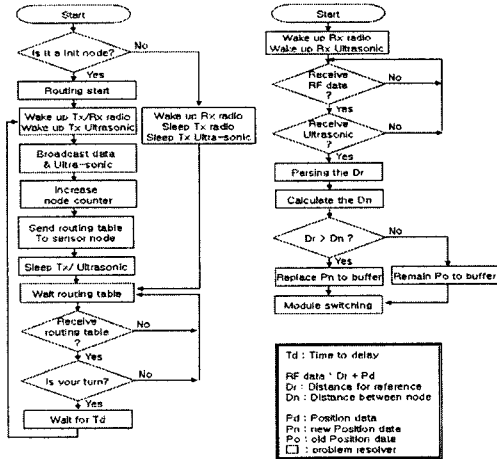


그림 3. 비컨노드(좌)와 이동노드(우)의 흐름도.

위의 흐름도에서 지연시간(Td)은 “초음파가 도달하는 시간 < 다음 RF신호 발생 지연 시간”이어야 하므로, 섭씨 15°C 일 때, 초당 340m의 속도를 가지는 초음파를 고려하여,

$$1 : 340 = Td' : 3, \quad Td' = 0.008 \quad (1)$$

0.008초 정도의 기본 시간 딜레이를 산출할 수 있으며, 여기에 센서노드 MCU의 명령어 처리속도를 + α로 더하여야 한다.

본 논문에서 사용된 센서노드는 16MHz에서 16MIPS의 연산 처리속도를 가지는 ATmega128L을 사용하고 있으므로, 하나의 명령을 수행하는데 걸리는 시간은 1/16us초로 계산할 수 있다. 이를 식 1에 적용하여 X개의 명령 처리시간을 합산한 최종 지연시간(Td)를 나타내면,

$$Td = 0.008 + ((1/16us) * X) \quad (2)$$

와 같이 나타낼 수 있다.

#### 4. 실험 및 성능 평가

제안된 시스템의 성능을 평가하기 위하여, 표 1의 하드웨어를 대상으로 실험하였다.

표 1. 성능 평가를 위한 하드웨어 플랫폼

구분	품명	제조사
센서 노드	Nano-24	(주)육타컴
이동 단말	Xhyper255B	(주)하이버스
Wireless NIC	Acro LAN 11M	(주)Acrowave system

##### 4.1. 성능 분석

복수 이동노드의 위치 데이터 인식률 측정을 위해 3m간격으로 6개의 비컨노드를 천정에 배치한 후, 양끝지점을 시작점으로 2개의 노드가 30초 간격으로 서로 마주보는 방향으로 1m 간격으로 이동하면서, 노드가 인식하는 위치 데이터의 정확도를 실험하였다. 실험결과 그림 4를 통해 본 논문에서 제안하는 위치 인식 기법이 효과적임을 증명할 수 있으며, 그림 5에서

실험에 사용된 이동단말과 비컨 노드들을 나타내었다.

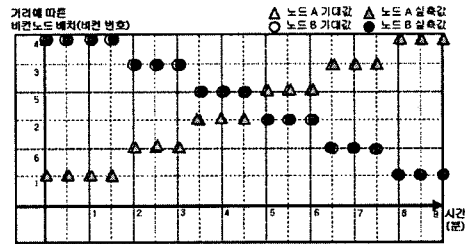


그림 4. 복수 이동노드 인식률 측정

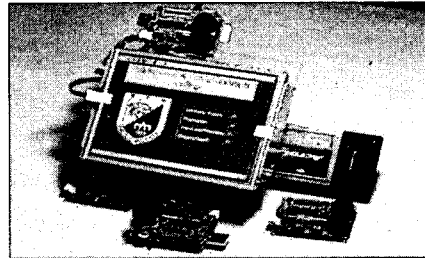


그림 5. 정보검색기능의 이동단말과 노드

#### 5. 결론

센서네트워크 환경의 위치인식 시스템에서 다수성에 대한 고찰은 다중 사용자를 위한 필수불가결한 요소이며, 본 논문에서는 순차적 라우팅 기법등 새로운 위치인식 알고리즘을 적용하여 이 문제를 해결하고자 하였다.

#### References

- [1]C. Sadler, and et. al., "Hardware Design Experiences in ZebraNet", ACM Sensys, Nov. 2004
- [2]<http://www.tinyos.net>, <http://qplus.or.kr>
- [3]R. Szewczyk, and et. al., "An Analysis of a Large Scale Habitat Monitoring Application", ACM Sensys, Nov. 2004
- [4]F. Koushanfar, and et. al., "Location Discovery in Ad-hoc Wireless Sensor Networks." Book chapter, in: 'Ad Hoc Wireless Networking', X. Cheng, X. Huang and D.Z. Du (eds.), Kluwer, 2003
- [5]R.want and et. al., "The Active Badge Location System", ACM Transactions on Information Systems, Vol. 10, No.1, Jna. 1992, pp.91-102
- [6]P. Bahl and et. al., "RADAR : An In-Building RF-based User Location and Tracking System", INFOCOM 2000
- [7]J. Krumm, and et. al., "Multi-Camera Multi-Person Tracking for EasyLiving", Third Int. Workshop on Visual Surveillance, July 1, 2000
- [8]A. Smith, and et. al., "Tracking Moving Devices with the Cricket Location System", Proc. 2nd USENIX/ACM MOBISYS Conf., Boston, MA, June 2004