

## Zigbee를 이용한 실외 위치추정 시스템 구현

김환용<sup>1\*</sup>, 임순자<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>원광대학교 전자공학과

### Implementation of the outdoor location tracking system by using Zigbee

Hwan-Yong Kim<sup>1\*</sup> and Soon-Ja Lim<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Electronic Engineering, Wonkwang University

**요 약** 위치추정 서비스는 사물이나 사람의 위치를 추정하여 표현하는 것으로, 본 논문에서는 Zigbee를 지원하는 RF칩인 CC2420칩셋을 통한 네트워크 환경을 실외에 구축하고, 이동노드를 이용하여 GPS에서 얻어진 이동노드에 대한 위치정보를 수신한다. 이동노드의 위치정보는 구축된 네트워크 환경에서 싱크노드에 전달함으로써 실시간으로 위치를 추정할수 있게 되며 실외환경에서 위치추정 오차는 3m 내에서 나타났으며 이는 육안으로 쉽게 판별가능한 범위이고 Google Maps을 이용하여 위치를 표현해 내었다.

**Abstract** Location tracking system represents position by searching objects and humans. In this paper I would like to write about RF chip support Zigbee which is called CC2420. In simulated network circumstance, we can get the information about mobile-node by sending it to sink-node. Position finding is in error by 3m at outdoor environment. The error scale is acceptable within easy range of naked eyes. It can be overcome by using GPS information and Google maps with the wireless networking background

**Key Words** : Zigbee, Location tracking

## 1. 서론

현재 무선통신과 마이크로 프로세서의 발달은 무선통신을 이용하여 센싱된 데이터의 단순한 전달이 아닌 데이터를 가공한 정보를 제공한다.

무선 센서네트워크(Sensor Network)는 유비쿼터스(Ubiquitous) 환경에서 무선으로 정보를 제공하는 역할을 담당한다. 또한 모든 사물과 공간에서의 통신을 가능하게 하였고 네트워크가 구축되지 않은 곳에서 네트워크 환경 구축이 용이해졌으며 비용감소 측면의 장점도 가지고 있다.

무선 센서네트워크가 갖는 장점은 물체 및 사람의 위치를 추정하고 이를 분석하기 용이하다. 유비쿼터스 환경에서 위치추정은 로봇분야, 의료분야, 아동보호, 고립지역 및 위험지역에서의 인명 구출등 다양한 분야에서 응

용할수 있다. 무선 센서네트워크의 위치추정기법에는 TDOA(Time Difference of Arrival), AOA(Angle of Arrival), TOA(Time of Arrival), RSSI(Received Signal Strength Indicator)등이 사용되며, 위치추정은 유비쿼터스 센서네트워크 환경에서 중요 요소중의 하나이다.[1]

본 논문은 실외환경에서 위치추정을 하기위해 GPS를 사용하였고 GPS는 TOA위치추정방식을 사용한다. TOA 위치추정 방식은 GPS에서 위성신호를 받아 위성으로부터 거리를 측정후 판별하는 방식이고 수신된 위치정보의 전송방식은 Zigbee를 이용하여 구현된 네트워크 환경에서 이루어진다.

Zigbee를 사용한 네트워크 환경은 무선 LAN으로 이루어진 환경보다 전력소모량이 매우 작아지며 어떠한 환경에서도 쉽게 적용가능하다.

따라서 본 논문에서는 유비쿼터스 환경에서 Zigbee를

이 논문은 2011년도 원광대학교의 교비 지원에 의해서 수행됨.

\*교신저자 : 김환용(hykim@wku.ac.kr)

접수일 11년 10월 25일

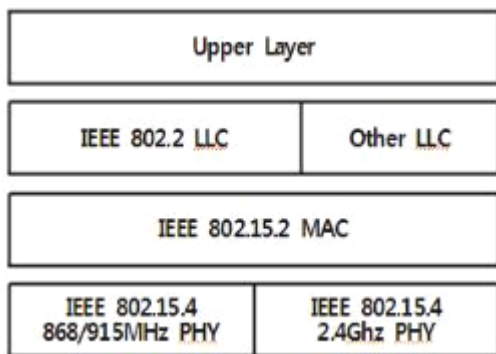
수정일 11년 12월 12일

게재확정일 12년 01월 05일

지원하는 RF칩 CC2420을 사용하여 GPS로 부터 이동노드의 실외위치를 측정한후, 위치정보데이터 전송하는 실외 위치추정 시스템을 구축하고자하였다.

## 2. 실외 위치추정 시스템 구성

센서네트워크 환경의 구성을 위해 Zigbee를 지원하는 TI사의 RF칩인 CC2420을 사용을 하였다. Zigbee는 저용량의 데이터 전송과 저전력을 특징으로 하는 WPAN 통신규격의 하나이다.



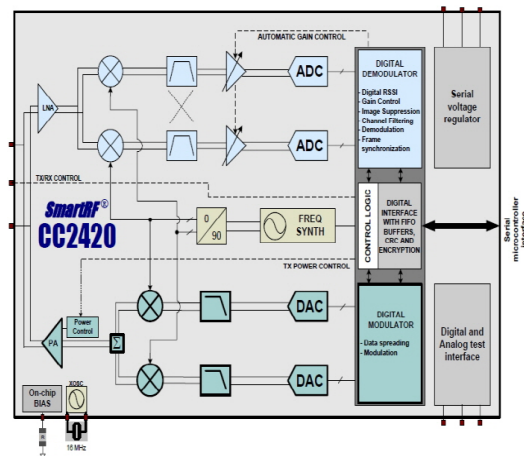
[그림 1] IEEE 802.15.4 프로토콜 스택구조  
[Fig. 1] Architecture of IEEE 802.15.4 Protocol Stack

또한 Zigbee는 IEEE 802.15.4 워킹 그룹 위원회에서 표준화된 PHY/MAC 층을 기반으로 상위 프로토콜 및 어플리케이션을 규격화한 기술이며 프로토콜 스택은 그림 1과 같다. [2,3]

Zigbee는 IEEE802.15.4의 MAC(Media Access Control) 계층상에 구현된 프로토콜로서 전송속도는 저속이나 블루투스 크기의 10분의1 수준으로 구조가 간단하며 네트워크당 접속노드는 255개까지 가능하다. Zigbee를 지원하는 RF칩 CC2420을 사용하여 향후 조명제어설비 및 홈네트워크 환경에도 무선으로 구축할수 있으며 RF칩 CC2420의 내부구조는 그림 2와 같다.

그림 2 RF칩 CC2420 내부에서 수신단은 Low-IF 아키텍처를 기반으로 한다. 안테나에서 수신된 RF 신호는 저잡음 증폭기로 증폭되고, 2Mhz IF(Intermediate Frequency)에 직교방향으로 다운컨버트 된다.

IF신호는 필터링 되고 증폭된 후 2개의 ADC (Analog-to-Digital Converter)에의해 디지털화 되며, 자동이득제어 및 미세 채널 필터링과 디모듈레이션은 디지털 영역에서 수행된다.



[그림 2] RF칩 CC2420 내부구조  
[Fig. 2] Internal architecture of RF chip CC2420

전송 모드에서도 모듈레이션 및 대역확산은 디지털화 되어 수행된다. RF 입력 및 출력포트는 차동화되어 2개의 공용핀을 공유하지만 스위칭을 내부적으로 처리하여 외부 스위치가 필요 없다. 또한 RF신호는 내부 전력 증폭기로 프로그래밍에 의해 조절할수 있다.[4]

Atmega128L는 Atmel사의 8bit 마이크로컨트롤러로 산업응용분야에서 주로 사용되고 센서네트워크분야에서도 많이 사용되는 컨트롤러중 하나이다.

Armega128L은128kbyte 크기의 플래쉬 메모리와 4kbyte의 SRAM 다양한 외부 입출력 포트 및 10Bit ADC 변환, Uart통신, 전력소모를 줄이기 위한 Sleep Mode를 지원한다. 본 논문에서는 RF칩인 CC2420을 SPI통신으로 제어하며 직접적인 Tiny OS가 포팅된다.[5]

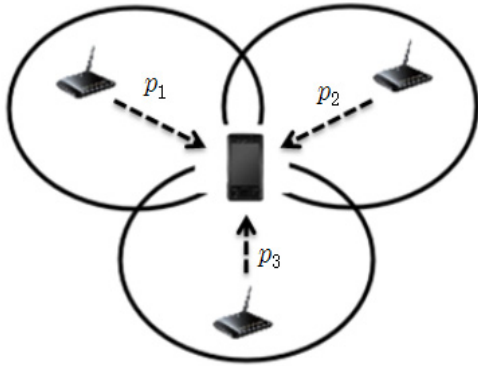
Tiny OS는 미국UC Berkeley 대학에서 개발된 무선센서네트워크를 위한 전용 운영체제이다. Tiny OS는 eventdriven 기반의 운영체제로서, 제한된 메모리 공간의 효율적인 이용과 프로세싱을 지원하고 한정된 자원으로 인해 쓰레드, 프로토콜의 개념을 사용하지 않는다. Tiny OS는 NesC언어로 구현되며 프로그램 개발을 위해 NesC 언어형식인 클래스 형태의 컴포넌트 구조를 사용해야 한다.[6,7]

본 논문에서 구현된 네트워크 환경과 이동노드의 위치추정은 GPS를 이용한다. GPS에서 위치추정으로 사용되는 TOA방식은 위치가 알려진 고정 위치의 라우터들이 이동노드에 신호를 보내 도착하는 신호를 이용하여 위치를 측정하는 방법이다. 고정위치의 라우터들과 위치추정 이동노드 사이의 거리를 반경으로 원들이 교차하는 지점이 이동노드의 위치가 되며 식(1)과 같고 P1, P2,...Pn은

이동노드와 수신기 사이의 거리를 나타내며  $(x_u, y_u)$ 는 이동노드의 위치 좌표이며 각  $(x_1, y_1)$ ,  $(x_2, y_2)$ , ...,  $(x_n, y_n)$ 은 고정위치의 라우터들의 좌표를 나타낸다.

$$\begin{aligned} p_1 &= \sqrt{(x_1 - x_u)^2 + (y_1 - y_u)^2} \\ p_2 &= \sqrt{(x_2 - x_u)^2 + (y_2 - y_u)^2} \\ &\vdots \\ p_n &= \sqrt{(x_n - x_u)^2 + (y_n - y_u)^2} \end{aligned} \quad (1)$$

또한 TOA의 위치추정을 구현하기 위한 구성방식은 그림 3과 같다.



[그림 3] TOA 구성방식  
[Fig. 3] TOA Configuration method

이동노드의 위치인식을 향상시키기 위해서는 고정위치 라우터의 개수를 늘임으로서 위치인식의 향상이 가능하다. TOA방식을 적용하기 위해서는 고정위치 라우터와 이동노드간 정확한 시간 동기화가 이루어져야 거리측정을 할 수가 있다.

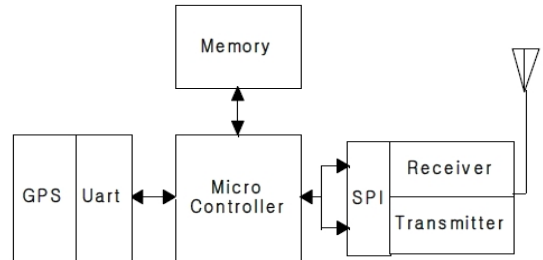
GPS 경우 고정위치의 라우터들이 지구 밖에 있는 위성이 되며 이동노드 측에서 인식되는 위성이 많을수록 위치측정의 정밀도가 향상된다.

이동노드는 GPS와 연동되며 또한 각 라우터로부터 위치정보 요청을 받았을시 GPS로부터 받은 위치정보 데이터를 저장하였다가 최근 데이터를 라우터로 송신하는 역할을 담당하고 있다.

GPS의 통신 속도와 이동노드간 통신속도를 같게 해주어야 GPS의 정보를 정상적으로 수신할 수 있으며 이동노드와 GPS의 구성은 그림 4와 같다.

GPS와 마이크로 컨트롤러는 Uart통신으로 이루어지

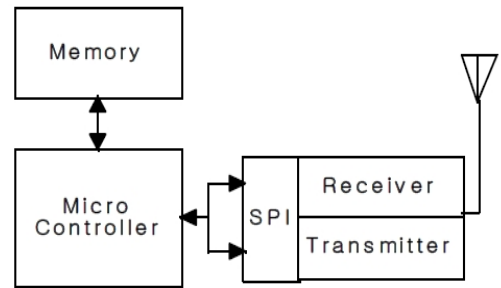
며 CC2420과는 SPI통신으로 이루어져 있다.



[그림 4] 이동노드와 GPS의 구성  
[Fig. 4] Mobile node and Configuration of GPS

이들을 내부에서 Tiny OS가 관장하게 된다. 라우터는 싱크노드로부터 위치추정을 원하는 이동노드의 ID를 받아 이동노드에게 위치정보를 요청하고 다시 이동노드로부터 위치정보를 수신하면 하위라우터의 경우 상위라우터를 통하여 이동노드의 위치정보를 전송하는 역할을 담당하며 라우터의 구성은 그림 5와 같다.

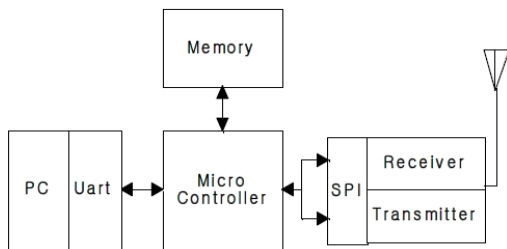
라우터는 CC2420과 SPI통신을 하며 CC2420이 받은 데이터를 마이크로 컨트롤러 내부에서 처리하여 다시 CC2420을 통하여 상위 라우터로 송신 하도록 설계되었다.



[그림 5] 라우터의 구성  
[Fig. 5] Configuration of Router

싱크노드는 PC와 연결되어 이동노드의 위치정보를 라우터에게 요청 한다. 라우터가 싱크노드로부터 요청받은 이동노드의 ID를 이용하여 이동노드에게 위치정보를 요청하게 되고 이동노드는 라우터로부터 요구받은 위치정보 데이터를 라우터에게 전송한뒤 라우터는 다시 싱크노드에게 최종적으로 전달한다.

싱크노드는 라우터로 받은 위치정보를 이용하여 PC상에 나타내며 싱크노드의 구성은 그림 6과 같다.



[그림 6] 싱크노드의 구성  
[Fig. 6] Configuration of Sink node

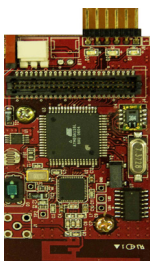
싱크노드는 PC와 Uart통신으로 이루어지며 CC2420과 SPI통신으로 이루어진다. PC에서 요청된 이동노드 ID를 Uart를 통하여 마이크로 컨트롤러에게 전달하고 마이크로 컨트롤러는 SPI통신을 통하여 라우터에게 이동노드의 위치정보를 요청한다.

### 3. 모의실험 및 분석

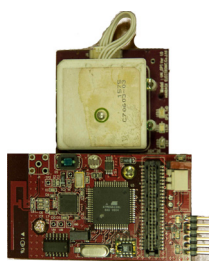
무선센서네트워크에서 GPS를 연동한 실외 위치추정을 이용한 방식으로 모의실험을 진행후 결과를 분석하였다. 모의실험에 사용된 GPS는 Sif3칩을 사용하였고 실외환경에서 위치 추정을 하기위해 원광대학교 캠퍼스내에서 수행하였다.

위치정보는 Google Maps에 표현하기 위하여 Google사의 Google Maps API를 사용하였다.[8] RF칩은 TI사의 CC2420이었으며 인터페이스를 하기위해 사용한 칩은 Atmel사의 Atmega 128L이다.

운영체제로는 Tiny OS 2.0을 적용하였고 한백전자의 Zigbee장비인 Zigbex 총 10대의 모드가 사용되었다. 싱크노드 1대는 이동노드에서 수신받은 데이터를 PC로 전송하는 역할을 하며 그림 7과 같고, 또 다른 1대는 GPS와 연동한 이동노드로 사용되었으며 그림 8과 같다.

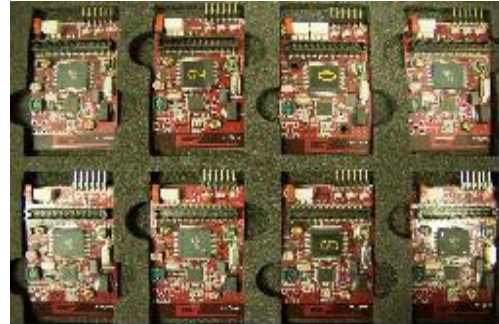


[그림 7] 싱크노드  
[Fig. 7] Sink node



[그림 8] 이동노드  
[Fig. 8] Mobile node

마지막으로 네트워크 구성을 위해 Zigbee모드 8대로 구성하여 그림 9와 같이 라우터 노드로 사용하였다.



[그림 9] 라우터노드  
[Fig. 9] Router node

Zigbee 모드의 최대 전파 도달 거리가 이론상 100m이나 실외환경에서 보다 안정적인 무선센서네트워크 환경 구축을 하기 위하여 50m의 거리 간격으로 라우터를 설치하였다.

GPS에서 수신된 위치정보는 NMEA(The National Marine Electronics Association) 프로토콜로서 ASCII 문자로 구성되며 필요한 위치정보만 사용하기 위하여 RMC(Recommended Minimum Specific GNSS Data)데이터를 이용하였다.

GPS로부터 수신받은 NMEA 정보를 모두 전송할 경우 340byte의 데이터를 보내야하고 RMC의 데이터만 전송 시에는 60byte의 데이터만 보내기 때문에 네트워크에서 전송속도 및 전력소비면에서 이득이 있다.

네트워크를 구축후 수신받은 RMC데이터를 사용하여 Google Maps에 위치정보를 나타내었고 그림 10과 같다.



[그림 10] Google Maps에 표현된 위치정보  
[Fig. 10] Location information expressed in Google map

Google Maps에 표현된 정보를 바탕으로 위치를 10회마다 변경하며 30회 실행후 발생한 오차는 10회 측정시 최소오차 0.75m 최대오차 4.2m 평균오차 2.7m, 20회 측

정시에는 최소오차 0.82m 최대오차 5.4m 평균오차 2.8m, 30회 측정시 최소오차 0.77m 최대오차 4.6m 평균오차 2.5m로 측정되었으며 표 1과 같다.

[표 1] 위치추정시 오차

[Table 1] Error according to location tracking

| 측정횟수  | 최소오차    | 최대오차   | 평균오차   |
|-------|---------|--------|--------|
| 10[회] | 0.75[m] | 4.2[m] | 2.7[m] |
| 20[회] | 0.82[m] | 5.4[m] | 2.8[m] |
| 30[회] | 0.77[m] | 4.6[m] | 2.5[m] |

최대오차는 4~5m 내외, 평균오차는 2m내외에서 발생되었고 위치를 이동하며 측정하였기 때문에 장소별로 오차가 다르게 나타났다.

#### 4. 결 론

본 논문에서 구현한 실외 위치추정 시스템은 Zigbee를 이용하여 무선네트워크 환경을 구축함으로써 무선LAN의 환경보다 저전력, 저비용으로 위치추정 서비스를 제공할 수 있다.

모의실험 결과 실외환경에서 측정한 위치추정의 오차율이 평균 2.5~2.8m 내외에서 발생되었으며 이는 육안으로도 쉽게 판별 가능한거리이다.

또한 무선 센서네트워크로 구축한 환경에서 GPS의 위치정보를 전송받아 Google Maps를 사용하여 나타냄으로써 쉽게 위치판별을 할 수 있었다.

본 논문에서 구현된 시스템은 놀이공원의 미아방지 시스템이나 위험작업 지역에서의 모니터링등의 다양한 응용분야에 적용시킬수 있다고 사료된다.

#### References

- [1] Suk Jung, Hwan-Yong Kim, "A study on the location aware improving by using data accumulation of RSSI in wireless sensor," Korea Multimedia Society Autumn annual Conference Journal, Vol.12, No.2, pp. 47, 2009.
- [2] R. Merz et al, "A Joint PHY/MAC Architecture for Low-Radiated Power TH-U WB Wireless Ad-Hoc Networks," Wireless Communications and Mobile Computing Journal, Vol. 5, pp. 567-580, 2005.
- [3] IEEE Computer Society, "MAC and PHY Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks

(LR-WPANs)", IEEE 802.15.4 TM-2003.

- [4] Texas Instrument Inc, "http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/cc2420.pdf" 15p Chipcon. 2007.
- [5] Atmel Inc, "http://www.atmel.com/dyn/resources/pro\_documents/doc2467.pdf" 2009.
- [6] http://tinyos.net
- [7] D.gray, P.Lewis, R. Behren, M. Welsh, E.Brewer and D. Culler, "The NesC Language : A Holistic Approach to Networked Embedded System." in ACM SIGPLAN Conference on Programming Language Design and implementation, 2003.
- [8] Google Inc. "Google Maps API Code http://code.google.com/intl/en/apis/maps/documentation/"

김 환 용(Hwan-Yong Kim)

[정회원]



- 1978년 2월 : 전북대학교 대학원 전기공학과 (공학석사)
- 1984년 8월 : 전북대학교 대학원 전자공학과 (공학박사)
- 1979년 3월 ~ 현재 : 원광대학교 전자공학과 교수

<관심분야>

SoC설계, 신호처리

임 순 자(Soon-Ja Lim)

[정회원]



- 1991년 8월 : 원광대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
- 2001년 8월 : 원광대학교 대학원 전자공학과 (공학박사)
- 2009년 9월 ~ 현재 : 원광대학교 전자공학과 조교수

<관심분야>

임베디드시스템설계, Zigbee