

실내 환경에서 소방대원간의 조난확인 및 위치추적 시스템 구현

Implementation of the Location Tracking and Distress Check System among Firefighters in Indoor Environments

이광희 · 이성엽 · 고봉진*
창원대학교 전자공학과

Kwang-hee Lee · Sung-yeob Lee · Bong-jin Ko*

Department of Electronic Engineering, Changwon University, Changwon 641-773, Korea

[요 약]

본 논문에서는 IEEE 802.15.4 기반 무선센서네트워크(WSN) 및 수신신호세기(RSSI)를 이용하여 건물 내에서의 소방대원의 조난을 감지하고 무선으로 조난신호를 보냄으로써 근처 동료 소방대원이 수신신호세기(RSSI)를 통해 조난신호의 송신방향을 읽고 위치를 추적하는 시스템을 제안하였다. 또한, 제안된 시스템을 이용한 실험에서 이론값과 실험값의 오차가 작기 때문에 RSSI를 통한 위치추적이 가능하다는 것을 확인하였다.

[Abstract]

This paper suggests the system that allows nearby firefighters to read about the transmission direction of a distress signal and track the location by RSSI of received distress signal which is transmitted wirelessly after sensing the distress signal of a firefighter using the Wireless Sensor Network(WSN) based on IEEE 802.15.4 and Received Signal Strength Indicator(RSSI) in the building. Also, It was confirmed that the location tracking using RSSI is possible because the difference between theoretical value and experimental value is little when experiment using the proposed system.

Key word : Firefighter, Indoor, Location tracking.

<http://dx.doi.org/10.12673/jkoni.2014.18.1.90>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 21 January 2014; Revised 21 February 2014

Accepted 18 February 2014

*Corresponding Author; Bong-jin Ko

Tel: +82-055-213-3656

E-mail: bjko@changwon.ac.kr

I. 서론

현대사회는 건축기술의 향상으로 인해 건물들의 구조가 복잡해지고 대형화 되고 있다. 이로 인해 건물 내에서 화재와 같은 재난이 발생하였을 경우, 구조나 화재진압을 위해 출동한 소방대원들의 안전이 점점 위협받고 있다. 통계에 따르면 최근 5년간(2008~2012) 35명의 소방공무원이 목숨을 잃었으며, 2012년에는 순직한 총 7명의 소방대원들이 화재진압 및 구조작업을 하는 소방대원들이었다[1]. 특히, 2012년 2월 인천시 부평구 의류창고에서 화재가 발생하여 화재진압작전을 벌이던 소방관 1명이 실종된 지 7시간 30분 만에 발견돼 순직한 사고가 있었다. 이 같은 사고가 발생하지 않도록 하기 위해서는, 소방대원의 조난 인식 및 위치 추적 시스템이 필요하다[2]. 최근에는 PLC(Power Line Communication)를 통해 재난예상정보를 Main Monitoring PC로 전송하여 근로자의 위치정보를 파악하는 시스템, 실내에서 직물 안테나(textile antenna)를 활용, 소방대원간 MIMO(Multiple Input Multiple Output)방식 무선통신 환경의 신뢰성 향상에 대한 연구, RFID와 RSSI 기반의 Location Fingerprinting을 통한 위치 추정에 관한 연구 등이 진행되었다[3]-[5]. 또한, 복잡한 실내 환경에서 실내위치추적을 위해서 RSSI(Received Signal Strength Indicator)를 이용한 거리 측정 및 이동노드가 움직일 때 RF신호의 흔들림을 최소화하는 알고리즘에 관한 연구도 진행되고 있다[6][7].

본 논문에서는 실내에서 화재진압 및 인명구조를 펼치던 도중 의식을 잃고 쓰러진 소방대원을 근처 동료 소방관들이 인식하고 위치를 손쉽게 추적할 수 있는 시스템을 구현 하였으며, 이를 헬멧 등에 부착이 가능한 크기(5 cm×4 cm)로 제작 하였다.

제안한 시스템은 소방관의 헬멧 등에 장착하여 소방작전 중 소방관이 쓰러지게 되면 부착된 센서가 이를 인식하여 무선센서노드를 통해 자신의 위험을 알려주는 신호를 보내고, 이 신호를 받은 주위 동료 소방관들의 부저가 울리도록 하였으며 디스플레이를 통해 조난자의 ID 및 RSSI를 확인하도록 하였다. 위치추적의 경우, 길이 정해져 있는 실내 공간에서 RSSI값이 증가하거나 감소하는 것을 통해 조난자의 방향을 읽고 위치추적을 하는 방법이다.

II. 시스템의 구성

제안하고 있는 시스템의 알고리즘은 다음과 같다. 조난된 소방대원이 쓰러지게 되면 기울기 센서가 동작하게 된다. 그 후 헬멧에 부착된 RF모듈에서 동료 소방대원에게 조난 신호를 전송하게 된다. 조난 신호를 전송받은 동료소방대원의 RF모듈은 수신신호세기인 RSSI데이터를 출력하고 마이크로프로세서가 이를 읽어 부저 울림 및 RSSI데이터를 디스플레이 해줌으로써, 구조자의 위치를 기준으로 조난자가 어느 방향에

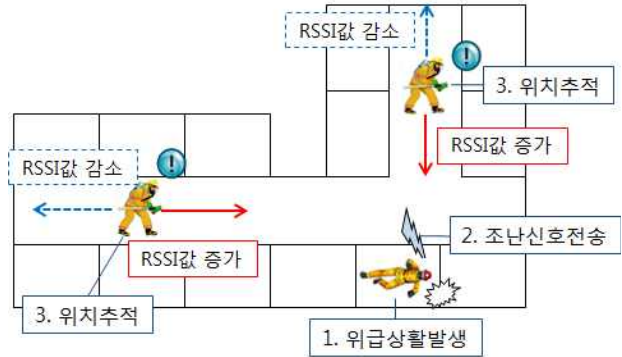


그림 1. 위치추적 및 구조 시나리오
Fig. 1. The location tracking and rescue scenario.

있는지를 가늠할 수 있게 된다. 마이크로프로세서는 RSSI가 강해지거나 약해짐에 따라 전면 디스플레이에 RSSI값을 표시하여 조난된 소방대원의 방향을 잡고 거리를 좁히도록 유도한다. 다음 그림 1에 구조 시나리오에 대해 나타내었다.

소방대원의 헬멧에 장착될 시스템은 무선센서보드를 이용한 이동노드시스템으로써, RSSI 및 조난된 소방대원의 ID를 보여주는 LCD디스플레이 장치, 소리를 울리는 부저(Buzzer), 소방대원의 쓰러짐을 확인하는 기울기센서, 무선통신 RF모듈로 구성되어 있다. 다음 그림 2는 제안하는 시스템의 구성도이다.

III. 실내위치추적을 위한 RSSI

LBS(Location Based Service)는 유선·무선 통신망을 통해 얻은 위치정보를 바탕으로 여러 가지 서비스를 제공하는 것이다. 실내 위치 추적을 위해 주로 사용되는 초음파, 적외선,

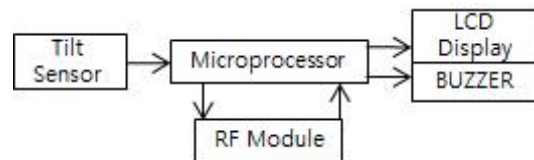


그림 2. 시스템 제어모듈 구성도
Fig. 2. The block diagram of system control module.

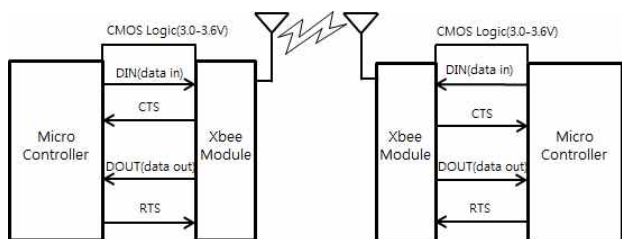


그림 3. UART-인터페이스 환경에서 시스템의 데이터 흐름도
Fig. 3. System data flow diagram in a UART-interface environment.

RFID 등의 경우 실내 어딘가에 센서 및 Tag 등이 부착되어 있어야 이동노드의 위치를 파악할 수 있다. 하지만, 건물 내 화재가 발생하게 되면 부착되어지는 노드들이 작동하지 않을 수 있다. 따라서 화재진압작전을 수행중인 소방대원들이 사용할 수 있는 시스템이 필요하다.

본 논문에서는 IEEE 802.15.4에서 표준화가 진행되고 있으며, 듀얼 PHY형태로 주파수 대역은 2.4 GHz, 868/915 MHz를 사용하고, 저전력, 저비용의 장점을 가진 Zigbee의 향상된 버전인 Xbee를 사용하였다. 메인 마이크로컨트롤러는 ATmega128A를 사용하였으며, 마이크로컨트롤러와 Xbee모듈은 다음 그림 3과 같이 작동한다[8][9].

RSS(Recieved Signal Strength)는 수신기에 수신된 무선신호의 전력의 크기로 정의되고 있다. 최근 적은 비용, 쉬운 운용 및 추가적인 하드웨어가 필요하지 않은 장점에 힘입어, RSSI(Recieved Signal Strength Indicator)를 기반으로 한 기술들이 널리 사용되어지고 있다. 특히, 대부분의 RF 송수신 칩들은 RSSI 값을 읽을 수 있는 핀을 제공해 준다[10].

제안한 시스템은 소방관의 헬멧 등에 장착하여 소본 논문에 사용된 Xbee에도 RSSI 값이 PWM방식으로 나오는 핀이 포함되어 있으며, 이 핀으로 마지막에 수신한 패킷의 RSSI 값을 출력한다. 따라서 PWM방식으로 나오는 RSSI 값을 읽을 수 있는 수치로 바꿔주는 회로가 필요하다.

IV. 시스템 구현 및 측정결과

4-1. 시스템 구현

앞에서 언급한 RSSI 값의 경우 Xbee에서 PWM방식으로 출력이 되고 있으며, RSSI가 강할수록 Xbee 구동전압인 DC 3.3V에 가까운 출력을 보인다. 수신신호강도가 약해질수록 DC전압이 PWM의 DUTY비가 점점 작아지는 형태의 출력을

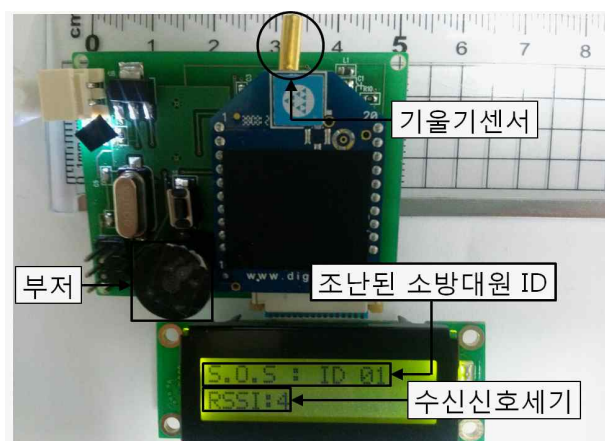


그림 4. 구현된 위치추적 시스템 및 위급신호를 받은 LCD 화면
 Fig. 4. The Implemented Location tracking system and LCD monitor gotten the emergency signal.

보이게 된다. 즉, 송수신부 간의 거리가 점점 멀어질수록 RSSI가 약해져 DUTY비가 줄어드는 방식이다. 제안하는 시스템에서는 PWM방식의 RSSI 출력값을 RC회로를 통과하여 DC전압값이 출력되게 구성해 놓았으며, 이 DC값이 마이크로컨트롤러의 ADC에 들어와 최종적으로 RSSI 값을 디지털 값으로 변환하였다. 소방대원의 조난확인인 경우, 기울기센서가 소방대원이 기울어진 상태에서 일정시간 움직임이 없음을 센싱하여 마이크로컨트롤러가 인식하고 조난신호를 보내도록 구성을 하였다.

시스템의 크기는 가로 5 cm, 세로 4 cm로 아주 작고, 소방대원의 움직임에 방해가 되지 않으며 헬멧에 부착 가능한 크기로 그림 4와 같이 만들어졌다. 그림 4의 윗부분은 통신가능거리 내에서 조난된 소방대원이 있을 경우, 구조신호를 받은 동료 소방대원의 LCD화면을 보여주고 있다. 시스템에서 조난된 소방대원의 ID 및 수신신호세기를 보여주는 RSSI 값을 출력하며 ADC값을 세밀하게 나누어 RSSI 값을 더욱 정밀하게 표현할 수 있다.

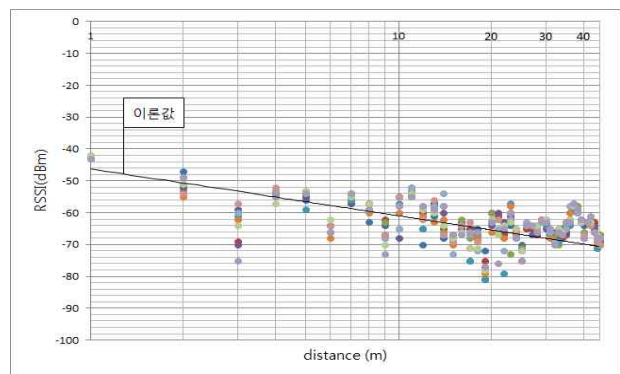
4-1. 측정결과

그림 5(a)에 구현된 시스템을 통해 측정된 실측값 및 이론값을 그래프를 이용해 데시벨(dB)로 나타내었으며, 그 값에 따른 거리오차를 그림 5(b)에 나타내었다. 측정은 실내직선복도에서 1~45 m까지 10번씩 측정 하였고 이론값은 실선으로 표시하였다. 이론값의 경우, 일반적으로 경로손실을 구할 때 자주 쓰이는 Log-distance 경로손실 모델에서 평균수신전력을 RSSI로 바꾸어서 나타낸 식 (1)을 이용하였다[11].

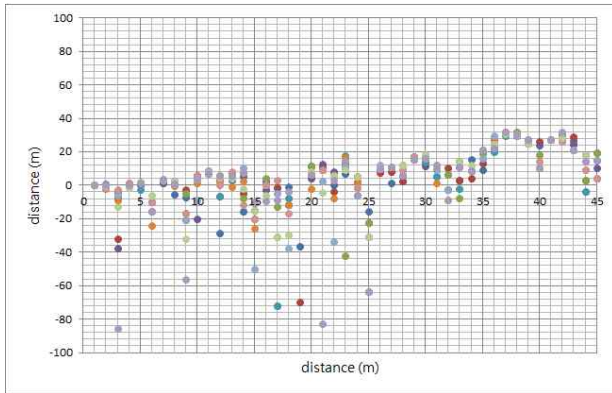
$$RSSI_i = A - 10n_{Ai} \log_{10}(d_i), \tag{1}$$

$$d_i = 10^{\frac{RSSI_i - A}{10n_{Ai}}}, \quad i = 1, \dots, n.$$

식 (1)은 RSSI가 거리에 따라 로그함수의 값으로 감소하는 모델이다. 여기서, n_{Ai} 는 전파상수(신호감쇠계수), A 는 1 m 거리에서 수신된 신호강도세기이며, d_i 는 송신부와 수신부의 거리를 나타낸다.



(a) RSSI값과 이론값의 그래프
 (a) The grape of the RSSI value and theoretical value.



(b) 거리오차
(b) Distance error.

그림 5. RSSI값 및 이론값 그리고 오차
Fig. 5. The RSSI value, theoretical value and error.

그림 5를 보게 되면 거리 30 m까지는 이론값과 비슷하며, 그 이상은 거리가 멀어짐에 따라 RSSI 값의 오차와 거리오차는 점점 증가하였다. 실외와 달리 크지 않으며 정해진 구조를 띄고 있는 실내에서 30 m~40 m는 소방대원들에게 충분한 거리이며, 이를 넘어가더라도 거리에 따른 RSSI 값이 점점 감소하는 일정한 패턴을 보이므로, 이 일정한 패턴의 RSSI 값 증가 및 감소를 통해 조난된 소방대원이 어느 방향에 있는지를 알 수 있다. 따라서 RSSI 값을 이용한 조난된 소방대원의 위치추적이 가능하다.

V. 결 론

본 논문에서는 실내로 진입하여 화재진압 및 구조작업을 하는 소방대원의 안전을 위한 조난확인 및 위치추적 시스템을 구현하였다. 기울기센서, LCD디스플레이 장치, IEEE 802.15.4 기반 RF 모듈의 수신신호세기(RSSI)를 바탕으로 소방대원들 간의 무선센서네트워크 시스템을 구성하였으며, 시스템의 알고리즘은 조난된 소방대원을 무선센서노드의 기울기센서가 인식하여 주위 동료 소방대원들에게 구조신호를 보내게 되면 동료 소방대원들의 센서노드에 부저가 울리며 LCD화면에 조난된 소방대원의 ID 및 RSSI값이 출력되도록 하였다.

실내에서 구현된 시스템을 이용한 거리에 따른 오차 실험에서는 거리 30 m까지 실험값과 Log-distance 경로손실 모델의 이론값과 오차가 크지 않았으며, 이를 통해 RSSI값으로 실내에서 위치추적이 가능함을 확인하였다. 따라서 구현된 시스템이 조난된 소방대원의 구조에 도움이 될 것이다.

감사의 글

본 연구는 2013~2014년도 창원대학교 연구비에 의하여 연구되었음.

참고문헌

- [1] National Emergency Management Agency, 2013 Firefighting administration data and statistics
- [2] Jaipil Jeon, "The study on safe management system of fire-fighter using sensor network," in *2007 Fall Conference, KIFSE*, pp.118-125, 2007.11.
- [3] Seon-Tae Yoon, Ki-Won Park, Bong-Jin Ko, "Implementation of the Man-made Disaster Prevention and Localization Information Monitoring System based on PLC," *The Journal of Korea Navigation Institute*, Vol.14 No.3, pp.384-390, 2010. 06.
- [4] Patrick Van Torre, Luigi Vallozzi, Hendrik Rogier, Marc Moeneclaey, Jo Verhaevert, "Reliable MIMO communication between firefighters equipped with wearable antennas and a base station using space-time codes," *Antennas and Propagation (EUCAP), in Proceedings of the 5th European Conference*, Rome, pp.2690-2694, 11-15 April 2011.
- [5] Qing Fu, Guenther Retscher, "Active RFID Trilateration and Location Fingerprinting Based on RSSI for Pedestrian Navigation," *The Journal of Navigation*, Vol.62 No.2, pp.324-340, April 2009.
- [6] Zhu Minghui, "Research on Model of Indoor Distance Measurement Based on Receiving Signal," in *Computer Design and Applications 2010 International Conference on*, Qinhuangdao, pp.V5-54-V5-58, 25-27 June 2010.
- [7] Erin-Ee-Lin Lau, Wan-Young Chung, "Enhanced RSSI-based Read-time User Location Tracking System for Indoor and Out door Environments," in *2007 International Conference on Convergence Information Technology*, Washington DC, USA, pp.1213-1218, 21-23 Nov. 2007.
- [8] Hak-Beom Kim, "The security requirement and Zigbee technology in ubiquitous environment," *Korea Institute of Information Security & Cryptology*, Vol.17 No.1, pp.79-88, 2007. 02.
- [9] *XBee/XBee-PRO DigiMesh 2.4 RF Modules Datasheet*.
- [10] Jiing-Yi Wang, China-Pang Chen, Tzu-shiapng Lin, Cheng-Long Chuang, Tzu-Yun Lai, and Joe-Air Jiang, "High-Precision RSSI-based Indoor Localization Using A Transmission Power Adjustment Strategy for Wireless Sensor Networks," in *IEEE 14th International Conference on High Performance Computing and communication*, Liverpool, pp.1634-1638, 25-27 June 2012.

- [11] Abilio Azenha, Luis Peneda, Adriano Carvalho, "Error Analysis in Indoors Localization Using ZigBee Wireless Networks," in *IECON 2010 -36th Annual Conference on IEEE Industrial Electronics Society*, Porto, Portugal, pp.2193- 2197, 7-10 Nov. 2010.



이 광 희 (Kwang-hee Lee)

2013년 2월 : 창원대학교 전자공학과(공학사)
2013년 3월~현재 : 창원대학교 전자공학과 석사과정
※ 관심분야 : WSN 시스템, LBS



이 성 엽 (Sung-yeob Lee)

2013년 2월 : 창원대학교 전자공학과(공학사)
2013년 3월~현재 : 창원대학교 전자공학과 석사과정
※ 관심분야 : WSN 시스템, 산업용 기기/측정 제어



고 봉 진 (Bong-jin Ko)

1986년 2월 : 항공대학교 통신공학과(공학사)
1988년 2월 : 항공대학교 전자공학과 (공학석사)
1995년 2월 : 항공대학교 전자공학과 (공학박사)
1994년 ~ 1996년 : 인하공업전문대학 통신과 조교수
1996년 ~ 현재 : 창원대학교 전자공학과 교수
※ 관심분야 : 이동통신시스템, WSN