

선박 내 무선 센서 네트워크 시스템 구현에 관한 연구

A Study on the Implementation of the Wireless Sensor Network System on Shipboard

하연철*, 백동원*, 안병훈*, 고봉진*, 정석문**

Yeon-Chul Ha*, Dong-Won Back*, Byung-Hun An*, Bong-Jin Ko*, and Suk-Moon Chung**

요 약

본 논문에서는 디지털 선박을 위해 선박 내 무선 센서 네트워크 시스템을 구현하였다. 먼저, 선박 내 전파 환경을 고려한 전파 환경 분석을 수행하여 무선 센서 네트워크 시스템이 적용 가능성을 확인하였다. 선박 내 무선 센서 네트워크 시스템으로 IEEE 802.15.4 기술을 이용한 지그비 노드(Zigbee Node) 및 RFID 리더(Reader)를 설계/제작하여 선박 내 센싱 및 선원들의 출입 관리 시스템을 구현하였다. 센싱된 데이터와 출입 관리 데이터는 무선 게이트웨이(Wireless Gateway)와 AP를 통해 인터넷과 연결하여 선박 내 서버의 데이터베이스로 전송되며, 선박 내 데이터베이스에 저장된 정보는 인터넷을 통해 모니터링 하도록 하였다.

Abstract

In this paper, a wireless sensor network system was embodied inside the shipping for digital ship. First, the analysis of radio environment inside ship are investigated. As a result, it was confirmed that a wireless sensor network system can be applied inside the ship. Using Shipboard Wireless Sensor Network System based on IEEE 802.15.4 technique, we designed, and made the prototype of Zigbee Node and RFID Reader. We could be sensing on shipboard and testing entrance of crew by using Zigbee Node and RFID Reader. The sensing and exit or entry control data are transmitted a server system through internet that connected Wireless Gateway with AP, so we can monitoring the saved data on shipboard database.

Key words : ship, propagation, wireless, sensor network, Zigbee, Gateway, IEEE 802.11, IEEE 802.15.4

I. 서 론

오늘날 선원 등 해상 근무자의 구인이 어렵고, 노동 조건의 개선에 따른 인건비의 상승이 불가피해짐에 따라 운항경비의 절감을 위해 승무원의 수는 지속적으로 감소하는 추세에 있으며, 선박의 규모는 더욱 대형화하고 있는 추세이다. 이에 따라, 선박 운용은

더욱 복잡해지고 운용자의 오류에 의한 사고율이 증가하게 되었다. 그러나 오늘날 전자기술의 급속한 발달에 따라서 디지털 선박에 대한 연구/개발이 활발히 전개되고 있다[1].

디지털 선박은 여러 센서로부터 계속된 정보가 데이터 융합 기법을 이용하여 디지털-IT 기반의 통합 제어 시스템에서 처리되며, 각 세부 시스템별 전문가의

* 창원대학교 전자공학과(Dept. of Electronic Engineering, Changwon National University)

** 해군사관학교 정보통신공학과(Dept. of Information & Communication Engineering, Republic of Korea Naval Academy)

· 제1저자 (First Author) : 하연철

· 접수일자 : 2007년 3월 5일

지식과 경험정보가 데이터베이스로 구축된 전문가 시스템의 정보를 이용하여 안전하고 효율적인 운항이 가능한 선박이다. 또한, 선박의 모든 통합 정보를 육상의 관제소/운용센터와 위성 네트워크를 통하여 주고받음으로써, 선박-육상 지원체계가 구축되는 차세대 선박을 의미한다[2].

선박에 설치된 여러 센서로부터 계속된 정보를 통합 제어 시스템으로 전송하기 위해서는 UTP 케이블 또는 광 케이블과 같은 선로의 포설이 필요하다. 그러나 선박의 구조상 포설이 매우 힘들고, 비용이 많이 들며, 선로의 손실이 발생하면 통신이 되지 않을 수 있으므로 선박 내에서 매우 큰 문제가 발생할 수 있다. 따라서 비용이 적게 들고 공간에 제약을 두지 않는 무선 통신이 그 대안으로 자리 잡고 있다.

하지만, 선박에서의 무선 통신은 일반 건물 내에서의 무선 통신과 환경이 다르므로 쉬운 문제는 아니다.

본 논문에서는 선박 내에서의 무선 전파 환경을 분석하고, 선박 내 무선 센서 네트워크 시스템을 설계하여 선박 내에서의 무선 네트워크 시스템을 구현하였다. 선박 내 무선 센서 네트워크 시스템으로 IEEE 802.15.4 기술을 이용한 지그비 노드(Zigbee Node) 및 RFID 리더(Reader)를 설계 및 제작하여 선박 내 센싱 및 선원들의 출입 관리 시스템을 구현하였다. 센싱된 데이터와 출입 관리 데이터는 무선 게이트웨이(Wireless Gateway)와 AP를 통해 인터넷과 연결되어 선박 내 서버의 데이터베이스로 전송되고, 인터넷을 통해 선박 내 데이터베이스에 저장된 정보를 모니터링 하도록 하였다.

II. 선박 내 전파 특성 실험

선박은 전체 구조가 강철(Steel)로 구성되어 있으므로 무선 시스템의 능력을 제약하는 특성을 가지고 있다. 강철 구조의 선박은 매우 좋은 도체(Conductor)의 역할을 하므로 전파신호가 도체를 통과하게 되면 신호가 심하게 감쇄된다.

또한 선박 내에서의 무선 통신에 장애를 주는 또 다른 요소로 다중경로(Multipath) 환경이 있다. 선박 상에 전송된 무선 신호는 많은 다른 물체들에 의해

반사되거나 분산되는 특징을 가지고 있다. 그 결과, 수신기에서 수신된 신호가 반사된 신호에 의해 영향을 많이 받을 수 있다[3]-[5].

표 1. 일반 빌딩 구조물에 의한 신호 감쇄(815MHz)
Table 1. Signal Loss by Common Building Material.

Material Type	Loss(dB)	Frequency
All metal	26	815MHz
Aluminium siding	20.4	815MHz
Foil insulation	3.9	815MHz

선박 내 전파 특성 실험은 선박 갑판실(Deckhouse)의 복도에서 이루어졌다. 복도의 거리에 따른 신호의 세기를 LOS(Line of Sight) 상황에서 측정하여 선박 내부에서의 신호 감쇄를 알아보았다.

일반적인 경로 감쇄는 다음 식과 같다. 여기서, λ 는 신호의 파장이고, 식(2)와 같은 데시벨 단위를 갖는 수식으로 나타낼 수 있다.

$$L_p = \left(\frac{\lambda}{4\pi d} \right)^2 \quad (1)$$

$$L_p = -32.4 - 20\log(f) - 20\log(d) \quad (2)$$

식 2에서 d 는 거리(km), f 는 신호 주파수(MHz), 그리고 L_p 는 경로손실(dB)이다.

선박 내 통로에서의 거리에 따른 신호 세기를 다음 그림에 나타내었다. 그림 1은 무선 센서 네트워크 지그비 노드(Zigbee Node)의 주파수인 2.45GHz의 주파수와 0dBm의 출력 전력을 가진 Tone 신호를 RF 신호 생성기(Signal Generator)를 이용하여 발생시켜, 스펙트럼 분석기를 통해 측정한 결과이다. 15m 정도의 거리 이격이 발생하자 신호 세기가 다소 약해진 것을 확인할 수 있었다. 그러나 스펙트럼 분석기에서 나온 측정 결과의 값은 실제 이론치 보다 다소 높은 측정 값을 나타내었다. 이는 도체로 된 통로에서의 반사파에 의한 영향으로 추정된다.

실험에서 안테나 손실과 커넥터(Connector) 손실의 합은 10.2dBm으로 측정되어, 이를 실험에 반영하였다.

그림 2에서는 선박 내 무선 센서 네트워크의 센서

노드인 지그비 노드(Zigbee Node)를 이용하여 실제 지그비(Zigbee) 시스템에서의 수신신호 감도를 측정하였다. 송신 지그비 노드(Zigbee Node)의 출력은 0dBm으로서 가까운 거리에서는 신호의 세기가 높았고, 10m를 벗어나면서 이론치와 거의 일치함을 알 수 있었다.

실험을 통해 선박 내부의 통로를 통해 무선 통신이 가능함을 확인할 수 있었고, 특히 무선 센서 네트워크의 노드(Node)들을 10m 거리 내에 배치한다면 충분히 무선 센서 네트워크를 구현할 수 있다는 것을 확인할 수 있었다.

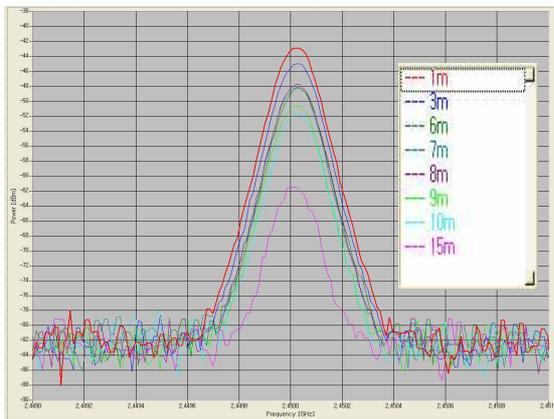


그림 1. Tone 신호 일 때의 거리에 따른 수신신호 스펙트럼

Fig. 1. Receiving Signal Spectrum at Tone Signal due to distance.

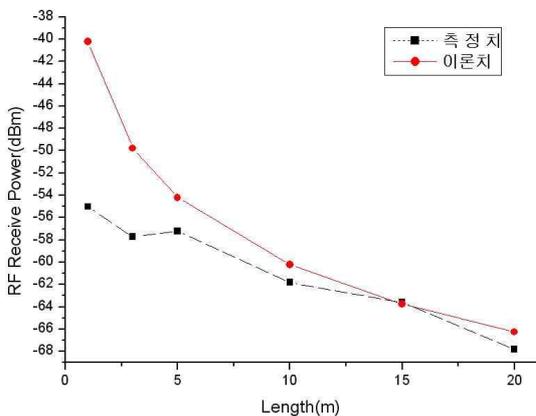


그림 2. Zigbee 노드간 거리에 따른 신호 감도

Fig. 2. Signal Sensitivity between Zigbee Node due to distance.

III. 선박 내 무선 센서 네트워크 구현

3-1 선박 내 무선 센서 네트워크

선박 내 무선 센서 네트워크 시스템은 그림 3에서 보이는 바와 같이, 지그비 노드(Zigbee Node)의 센서(Sensor)에 의해 센싱된 데이터 또는 RFID 리더(Reader)에 의한 태그(Tag)의 UID(User Identification) 데이터를 지그비 메쉬 네트워크(Zigbee Mesh Network)를 통해 무선 게이트웨이(Wireless Gateway)로 전송하고, 무선 게이트웨이(Wireless Gateway)로 전송된 데이터는 IEEE 802.11b 체계의 무선랜(Wireless LAN)으로 전송하여 선박과 연결된 인터넷을 통하여 어디에서나 센싱된 데이터의 내용을 확인할 수 있는 시스템이다. 즉, 선박 내부에 설치된 데이터베이스에 접속하여 상황을 인지할 수 있고, 위성을 통해 연결된 육상 관제소/운용센터에서도 쉽게 선박의 상태를 파악할 수 있는 시스템이다.

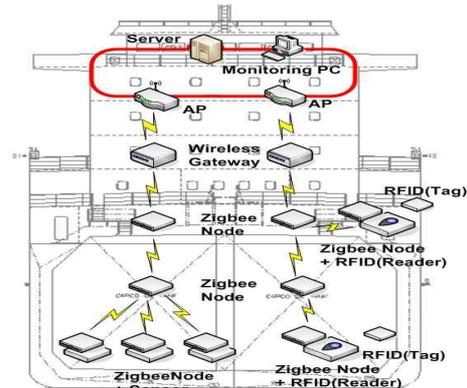


그림 3. 선박 내 무선 센서 네트워크 시스템
Fig. 3. Wireless Sensor Network System on Shipboard.

3-2 지그비 노드(Zigbee Node)

지그비 노드(Zigbee Node)는 선박 내에서 측정되어야 하는 센서(Sensor)가 부착되어 센서 데이터를 IEEE 802.15.4 프로토콜을 통해 센싱된 데이터를 무선으로 전송하는 것이다. 특히 본 연구에서는 지그비 노드(Zigbee Node)에 센서뿐만 아니라 RFID 리더(Reader)를 연결하여 RFID 태그(Tag) 데이터를 읽는 기능을 추가하였다. 개발된 지그비 노드(Zigbee

Node)와 RFID 리더(Reader) 설계 사양은 표 2와 같으며, 그림 4에 지그비 노드(Zigbee Node)와 그림 5에 지그비 노드(Zigbee Node)와 RFID 리더(Reader)를 연결한 모습을 나타내었다[6][7].

표 2. 지그비 노드(Zigbee Node)와 RFID 리더 사양
Table 2. Specification of Zigbee Node and RFID Reader.

항목	규격		단위
	Zigbee	RFID 리더(Reader)	
출력 주파수	2,450	13.56	MHz
출력 주파수 대역	2,500~2,400	-	MHz
소비전류	2~5	7~10	mA
소비전압	2.2~5	3~5	V
Data Rate	250	26.6	kbps
Layer	4	4	Layer
PCB 재질	FR-4	FR-4	-
기판두께	1.6	1.6	T
동판두께	0.5	0.5	oz
표면처리	HASL	HASL	-
제품크기	65*50	60*37	mm

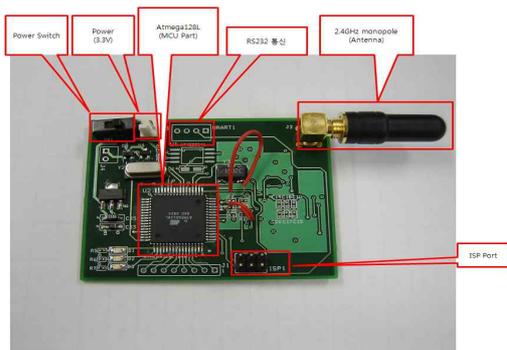


그림 4. 제작된 Zigbee 노드
Fig. 4. Prototype Zigbee Node.



그림 5. 지그비 노드(Zigbee Node)와 연결되도록 제작된 RFID 리더
Fig. 5. Prototype RFID Reader connected by Zigbee Node.

노드(Node)간에는 메시 네트워크(Mesh Network)로 연결되며 최하위의 노드(Node)에는 각각의 센서와 RFID 리더(Reader)가 연결되어 있다. 센서의 경우에는 8개의 ADC Connector와 연결되어 8bit 통신을 수행하고, RFID 리더(Reader)의 경우에는 지그비 노드(Zigbee Node)와 UART 통신을 수행하게 된다.

최하위 노드(Node)에서는 센싱된 데이터와 RFID 태그(TAG) 데이터를 상위 노드(Node)에 Tos_Message Format으로 전송하게 된다. 최상위 노드(Node)에 도착하면 최상위 노드(Node)에서는 페이로드(Payload)를 UART 포트(Port)를 통해서 무선 게이트웨이(Wireless Gateway)로 Tos_Message를 전송하게 된다.

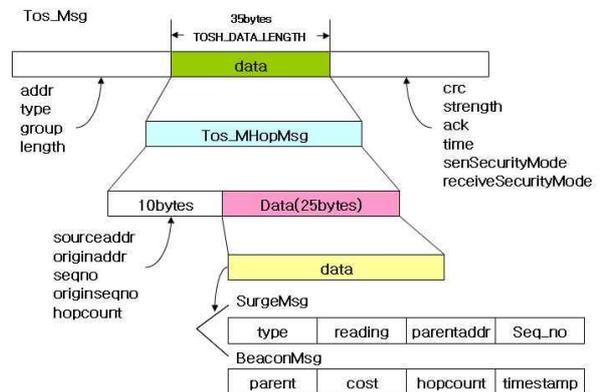


그림 6. Tos_Message 구조
Fig. 6. Tos_Message Format.

3-2 무선 게이트웨이(Wireless Gateway)

무선 게이트웨이(Wireless Gateway)는 지그비 노드(Zigbee Node)로부터 전송된 IEEE 802.15.4 프로토콜에 의한 메시지인 Tos_Message를 IEEE 802.11b 프로토콜에 의한 메시지로 변환하여 무선랜(Wireless LAN)을 통해 선박의 서버로 전송하게 된다. 즉 이 중간 단계의 통신을 위한 인터페이스 역할을 하게 된다 [8][9].

무선 게이트웨이(Wireless Gateway)는 지그비 노드(Zigbee Node)로부터 전송된 Tos_Message에서 배열에 의한 각각의 변수에 저장하여 데이터를 추출한 후, 파일화 한다. 그리고 파일화된 데이터는 센싱 데이터를 무선랜(Wireless LAN) 카드를 통해 AP(Access Point)를 경유하여 서버에 전송하게 된다. 그리고 센

싱 데이터를 받은 서버는 인터넷이 연결된 기기에서 데이터를 요구하는 경우 서버의 데이터베이스에 저장된 데이터를 요구한 기기로 보내게 된다.

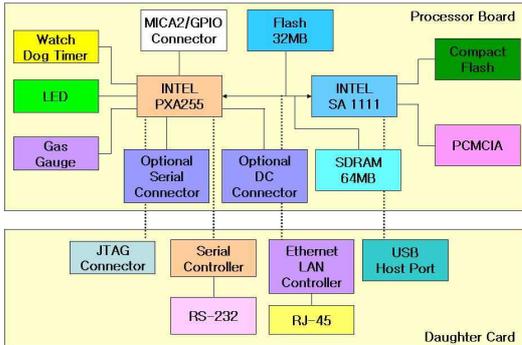


그림 7. 무선 게이트웨이(Wireless Gateway) 블록도
Fig. 7. Wireless Gateway Block Diagram.

IV. 선박 내 무선 센싱 모니터링

지그비 노드(Zigbee Node)의 센서와 RFID 리더(Reader)를 통해 수집된 데이터는 인터넷 상에서 웹 브라우저를 통해 확인이 가능하다. 이것은 인터넷이 연결된 어느 곳에서든지 선박의 상태를 확인할 수 있게 하기 위한 것이다. 그림 8과 9에 나타낸 것은 웹 브라우저를 통해 온도 센서와 RFID 태그(Tag)의 정보를 확인하기 위한 모니터링 화면을 나타내었다.

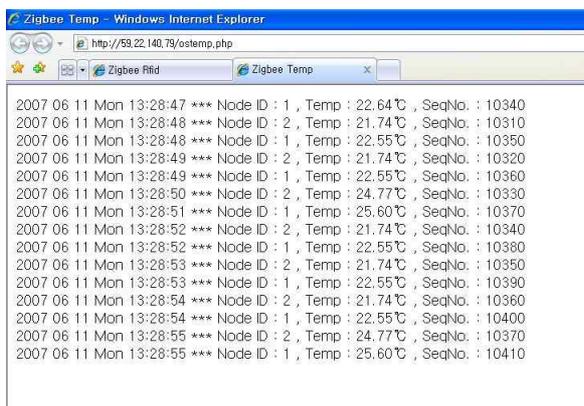


그림 8. 웹브라우저 상에 구현된 모니터링 화면(센서)
Fig. 8. Monitoring Display on Web Browser(Sensor).

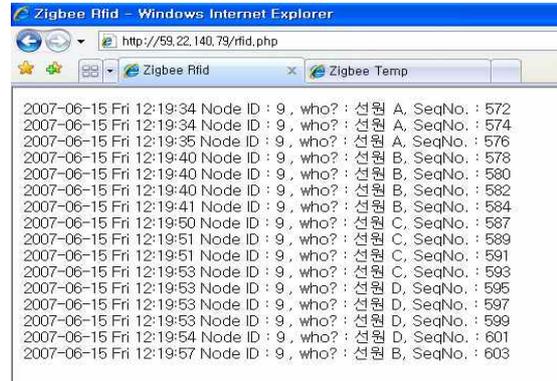


그림 9. 웹브라우저 상에 구현된 모니터링 화면(RFID)
Fig. 9. Monitoring Display on Web Browser(RFID).

V. 결 론

본 논문에서는 먼저 선박 내 무선 통신 환경에 대해 살펴보고, 무선 센서 네트워크 시스템을 설계하였다. 그리고 설계된 무선 센서 네트워크 시스템과 연결되는 각종 기기의 센서 데이터를 획득하기 위한 지그비 노드(Zigbee Node)를 제작하였고, 지그비 노드(Zigbee Node)들로부터 획득된 데이터를 인터넷 상으로 전송하기 위한 인터페이스 장치인 무선 게이트웨이(Wireless Gateway)와 연동하였다.

선박 내 무선 환경을 분석한 결과, 10m 정도까지는 신호의 감쇄가 심하지 않으므로 충분히 선박 내에서 무선 통신이 가능함을 확인할 수 있었고, 센서 데이터를 획득하는 지그비 노드(Zigbee Node)들을 선박의 구조에 맞추어 배치를 한다면 선박 내 무선 센서 네트워크 시스템을 충분히 활용할 수 있을 것으로 기대된다. 다만, 후속 연구에서는 운항 중인 선박 내에서의 환경을 고려하여 무선 센서 네트워크 시스템을 분석해 볼 필요가 있을 것이다.

감사의 글

본 논문은 교육인적자원부·산업자원부·노동부의 출연금으로 수행한 산학협력중심대학육성사업의 연구결과입니다.

참 고 문 헌

- [1] 김재양, 정선태, 임준석, 박종원, 홍기용, 임용곤, “디지털 선박을 위한 선박 통합화 네트워크 설계 및 구현,” *한국해양정보통신학회논문지*, 제9권, 제6호, pp. 1202-1210, 2005. 10.
- [2] 임용곤, “IT(Information Technology) 기반의 ‘디지털 선박’에 대하여,” *한국조선학회지*, 제39권, 제3호, 통권133호, pp. 58-64, 2002. 9.
- [3] D. R. J. Estes, T. B. Welch, A. A. Sarkady, and H. Whitesel, “Shipboard radio frequency propagation measurement for wireless network,” *Proc. IEEE MILCOM 2001*, vol. 1, pp. 247-251, October 2001.
- [4] P. Hafesi, D. Wedge, M. A. Beach and M. Lawton, “Propagation Measurements at 5.2GHz in Commercial and Domestic Environments,” *Proc. IEEE PIM RC'97*. pp. 509-513, Sept. 1997.
- [5] Theodore S. Rappaport, *Wireless Communication*, Prentice-Hall, Inc. 1996.
- [6] *IEEE std 802.15.4, Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer(PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks(LR-WPANs)*, 2003.
- [7] Klaus Finkenzeller, *RFID HANDBOOK*, Carl Hanser GmbH & Co. KG. 2002.
- [8] *IEEE std 802.11b, Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) specification s: Higher-Speed Physical Layer Extension in the 2.4GHz Band*, 1999.
- [9] *Stargate Developer's Guide*, Crossbow, Inc. Jan. 2006.

하 연 철 (河延徹)



1998년 2월 : 창원대학교 전자공학
과(공학사)
2000년 2월 : 창원대학교 전자공학
과(공학석사)
2007년 8월 : 창원대학교 전자공학
과(공학박사)
2007년 1월~현재 : (주)월드이엔지
기술연구소 연구소장

관심분야 : 디지털 방송, 무선 센서 네트워크, 디지털
선박

백 동 원 (白東元)



2007년 2월 : 창원대학교 전자공학
과(공학사)
2007년 3월~현재 : 창원대학교 전자
공학과 석사과정
관심분야 : 무선 센서 네트워크,
RFID

안 병 훈 (安炳勳)



2007년 2월 : 창원대학교 전자공학
과(공학사)
2007년 3월~현재 : 창원대학교 전자
공학과 석사과정
관심분야 : 디지털 통신, USN, RFID

고 봉 진 (高鳳震)



1995년 2월 : 항공대학교 전자공학
과(박사)
1994년~1996년 : 인하공업전문대학
통신과 조교수
1997년 : 한국전자통신연구원 초빙
연구원
1996년~현재 : 창원대학교 전자공

학과 교수

관심분야 : 4G 이동통신, USN/RFID

정 석 문 (鄭漸文)



1985년 2월 : 부산대학교 전자공학
과(공학사)
1987년 2월 : 부산대학교 전자공학
과(공학석사)
1994년 2월 : 부산대학교 전자공학
과(공학박사)
1993년 3월~현재 : 해군사관학교 전

자공학과 교수

관심분야 : 광통신, 위성통신 시스템