
블루투스 기반 점 대 다중점 무선 통신시스템의 구현

배진섭* · 강석근**

Implementation of a Point-to-Multipoint Wireless Communication System Based on The Bluetooth

Jin Seop Bae* · Seog Geun Kang**

본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT 연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음
(IITA-2009-C1090-0904-0001)

요 약

본 논문에서는 대형 선박에의 적용을 위하여 블루투스 기술사양에 기반한 점 대 다중점 무선 통신시스템을 구현하고 분석한다. 여기서는 임무컴퓨터에 연결된 슬레이브 블루투스 모듈과 센서가 탑재된 다수의 마스터 블루투스 모듈로 센서네트워크가 구성된다. 그리고 블루투스 모듈간의 점 대 다중점 데이터통신을 이용하여 대형 선박의 다수 부위에서 발생하는 여러 가지 위험상황을 인식 및 제어할 수 있는 감시시스템이 구현된다. 따라서 본 논문에서 구현된 시스템은 차세대 디지털선박 건조를 위한 기초 기술로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

ABSTRACT

In this paper, a point-to-multipoint wireless communication system based on Bluetooth specifications, which is possibly applied to very large vessels, is implemented and analyzed. Here, a communication network is composed of a slave Bluetooth module connected to the task computer and multiple master Bluetooth modules equipped with a sensor. And exploiting the point-to-multipoint data communication among the Bluetooth modules, a surveillance system that recognizes and controls a variety of emergency situations happened on a large vessel is implemented. It is, therefore, considered that the wireless communication system implemented in this paper is possibly exploited a basic technology for the digital shipbuilding of the next generation.

키워드

블루투스, 점 대 다중점 통신, 무선통신, 디지털선박, 감시시스템

* 경상대학교 대학원 정보소자공학과
** 경상대학교 전기전자공학부 (교신저자)

접수일자 2009. 03. 30
심사완료일자 2009. 05. 14

I. 서 론

최근 기간산업과 정보기술(information technology, IT)이 융합된 융복합형 기술의 개발에 대하여 정부, 학계, 산업체의 관심이 고조되고 있다. 이에 따라 조선산업과 정보기술이 융합된 복합기술에 기반한 디지털선박 건조기술 등 차세대 조선산업이 신성장동력산업 가운데 하나로 분류된 바 있다[1]. 또한 경상남도 선박해양 및 기자재 기술로드맵에서는 조선·해양산업 미래 중점 육성분야 가운데 차세대 고부가가치 선박건조를 위한 U-생산기술이 시급한 개발이 요구되는 분야인 것으로 분석되었다[2].

일반적으로 선체의 길이가 100 m 이상에 달하는 대형 선박의 경우 음성 및 데이터통신을 위하여 선체에 매설된 통신선로의 총 길이는 수십 km에 이르는 것으로 조사되었다. 이로 인하여 선박의 중량이 증가될 뿐만 아니라 선박설계 공정의 복잡도 증가, 통신선로의 유지 및 보수 의 어려움 등 다수의 애로사항이 발생되고 있다. 또한 이와 같은 선박용 통신시스템은 대부분 Turn-Key 방식으로 수입/설치되는 경향이 있다. 이는 향후 조선산업에서 요구되는 디지털선박 건조기술과 구현된 통신시스템의 첨단화 및 지능화를 저해하는 요소로 작용한다. 따라서 조선산업의 고부가가치화를 위하여 정보기술에 기반한 지능형 감시시스템(surveillance system)의 구현과 이의 적용을 통한 디지털선박 건조기술의 개발이 요구된다 [3].

본 논문에서는 대형 선박에서 사용되는 유선선로를 이용한 데이터 통신시스템의 상당 부분을 무선 통신시스템으로 대체하기 위하여 다수의 센서와 통신노드를 이용하여 센서네트워크가 구축된다. 이는 통신노드 간 점 대 다중점(point-to-multipoint) 무선 데이터통신을 이용하여 선박에서 발생할 수 있는 여러 가지 상황을 인지하여 임무컴퓨터(task computer)에 전송함으로써 이들에 대한 제어기능이 자동적으로 수행될 수 있는 지능형 감시시스템으로 활용된다. 이를 위하여 여기서는 블루투스 기술사양[4]이 무선통신을 위한 물리계층 전송규격으로 이용된다. 그리고 센서네트워크는 임무컴퓨터에 연결된 단일 슬레이브 블루투스 모듈(slave Bluetooth module)과 센서가 장착된 다수의 마스터 블루투스 모듈(master Bluetooth module)을 이용하여 구현된다. 점 대 다중점 무선 데이터통신을 이용한 지능형 감시시스템

은 차세대 고부가가치 디지털선박 건조를 위한 기초 기술로 활용될 수 있다. 또한 구현된 시스템을 응용/확장함으로써 향후 디지털선박 건조기술의 고도화와 선박 기능의 첨단화 그리고 설계공정의 부분적인 간소화 등을 위한 기반 기술로도 이용될 수 있을 것으로 기대된다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 점 대 다중점 무선 데이터통신을 위한 센서네트워크의 구조에 대하여 기술한다. 그리고 III장에서는 구현된 무선 통신시스템과 이의 동작에 대하여 자세하게 설명한다. 끝으로 IV장에서 개발된 시스템에 대한 결론을 맺는다.

II. 점 대 다중점 무선 데이터통신을 위한 센서네트워크

점 대 다중점 무선통신을 위한 센서네트워크는 IEEE 802.11 표준에 근거한 무선 근거리통신망(wireless local area network, WLAN)[5]이나 IEEE 802.15.1 블루투스 표준[4], IEEE 802.15.4 지그비(Zigbee) 표준[6] 등 무선 개인통신망(wireless personal area network, WPAN)을 이용하여 그림 1과 같이 구현된다. 여기서 슬레이브 모듈은 임무컴퓨터에 연결되어 접속 포인트(access point, AP)로 동작하는 통신 모듈이다. 그리고 선박의 다수 지점에서 주변 상황을 인지하여 데이터를 처리하거나 센서를 제어하는 센서가 장착된 원격 노드를 마스터 모듈이라고 한다.

IEEE 802.11 기반 무선 근거리통신망은 고화질의 동영상 등 고속 데이터 전송에 유리한 반면 상대적으로 전력소비가 큰 불리한 점이 있다. 그리고 지그비 통신은 ad-hoc 센서네트워크의 구현에 가장 일반적으로 사용되며 소비전력이 매우 적은 장점이 있다. 하지만 유효통신거리가 상대적으로 짧아서 선체 길이가 100 m 이상에 달하는 대형 선박의 경우 접속 포인트의 수가 증가되는 불리한 점이 있다. 또한 데이터 패킷에서 실제적으로 데이터 전송을 위한 데이터 페이로드(payload)의 길이가 지나치게 짧아 향후 감시카메라에 의한 영상 데이터를 전송하기에는 적합하지 않은 패킷구조를 가지는 단점이 있다. 이에 비하여 블루투스 기술사양은 최대 1 Mbps까지 데이터 전송이 가능하고 오디오/비디오 전송을 위한 기술규격[7]을 갖추고 있으며 유효통신거

리가 100 m 정도에 이르므로 대형 선박용 센서네트워크를 구성하기에 적합한 사양을 갖추고 있는 것으로 분석된다. 따라서 본 논문에서는 점 대 다중점 무선 통신을 위한 물리계층 전송기술로 블루투스 통신방식이 이용되었다.

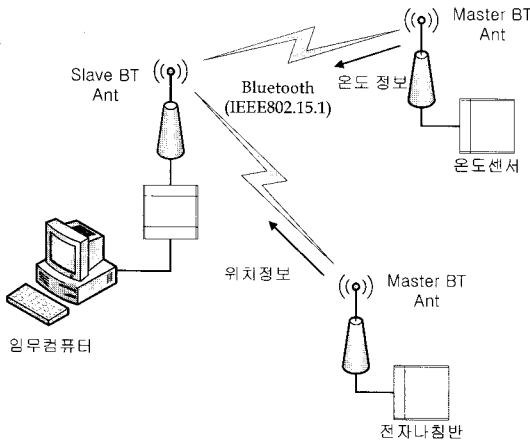


그림 1. 점 대 다중점 무선통신을 위한 센서네트워크.

Fig. 1. A sensor network for point-to-multipoint wireless communication.

단일 임무컴퓨터에 접속된 슬레이브 블루투스 모듈은 접속 가능한 물리적인 범위 내에 존재하는 센서노드의 연결을 책임진다. 또한 이는 센서노드의 데이터를 임무컴퓨터에 전달하고 임무컴퓨터에 의한 제어정보를 각 센서노드에 전송하는 기능을 수행한다. 이에 비하여 대형 선박의 여러 곳에 산재한 마스터 블루투스 모듈은 센서네트워크를 형성하는 센서노드로서 인지한 정보를 필요에 따라 가공하거나 또는 원래의 데이터 형태로 임무컴퓨터에 전송한다. 각 블루투스 모듈은 2.4 GHz 산업·과학·의료(industrial, scientific, medical, ISM) 주파수대역을 이용한 라디오주파수(radio frequency, RF) 통신을 담당하는 안테나 모듈과 Bluetooth Ver. 2.0 표준에 기초하여 제작된 FB755AS 블루투스칩, 액정표시장치(liquid crystal display, LCD), 그리고 디지털 데이터 처리를 위한 마이크로컨트롤러칩을 이용하여 그림 2와 같이 구성된다.

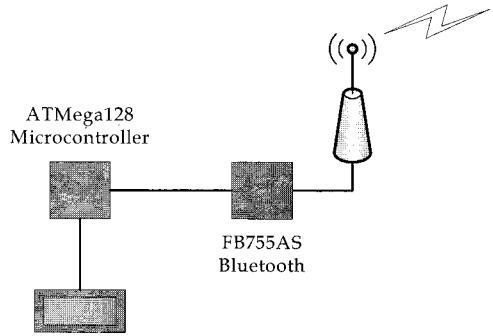


그림 2. 블루투스 모듈의 블록도.

Fig. 2. A block diagram of the Bluetooth module.

본 논문에서 구현되는 대형 선박을 위한 센서네트워크 기반 무선 데이터 전송시스템은 이와 같은 블루투스 모듈의 집합체이다. 이는 임무컴퓨터와 블루투스 모듈, 마이크로컨트롤러 보드, 인터페이스 보드와 센서로 구성된다. 임무컴퓨터는 고정식 데스크톱 컴퓨터 또는 이동 가능한 노트북 컴퓨터로 전체 네트워크를 감시/제어하는 기능을 수행하며 접속 포인트로 동작하는 슬레이브 블루투스 모듈과 연결된다.

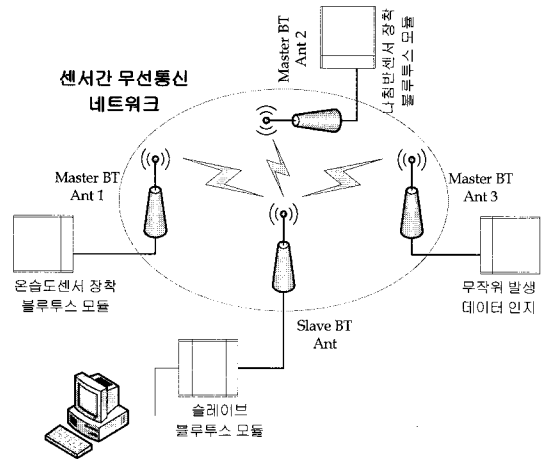


그림 3. 블루투스 표준을 이용한 1:3 무선 데이터 통신시스템.

Fig. 3. An 1:3 wireless data communication system exploiting the Bluetooth standard.

선박의 복수 지점에서 주변 상황을 인지하고 그 데이터를 가공하여 접속 포인트로 전송하는 마스터 블루투스 모듈은 3개로 구성되며, 각각은 선박의 운항중 위치를 확인할 수 있는 나침반센서, 감판이나 실내에 설치하여 주변의 온도와 습도를 인지할 수 있는 온습도센서, 그리고 도어나 해치(hatch)의 여닫힘과 같이 무작위적(random)으로 발생할 수 있는 정보를 감지하는 무작위 발생 데이터 감지시스템으로 구성하였다. 이와 같은 1:3 블루투스 무선 데이터 통신시스템의 개념도와 구현을 위한 모듈의 대표적인 사양을 그림 3과 표 1에 각각 나타내었다.

표 1. 1:3 무선 데이터 통신시스템의 제원.
Table 1. Specification of the implemented 1:3 wireless data communication system.

블루투스 모듈	칩안테나, UART(TTL level) 주파수대역:2.4GHz ISM Band 통신거리:10m 이상
센서모듈	습도정밀도:±1.8%RH(20-80%RH) 온도정밀도:±0.3℃@25℃ 반응속도<4 sec
마이크로 프로세서모듈	64 pin, MAX 232 내장 RS-232 통신 가능 16MHz 수정발진기
디스플레이 모듈	블루LCD스크린 20X4 시리얼 모듈 RS-232 접속, 백라이트 기본 내장

III. 시스템의 구현 및 동작 분석

3.1 구현된 점 대 다중점 무선 데이터 통신시스템

구현된 블루투스 기반 점 대 다중점 무선 데이터 통신시스템을 그림 4에 나타내었다. 사진의 중앙에 위치한 노트북 컴퓨터는 임무컴퓨터이다. 임무컴퓨터의 좌측에 슬레이브 블루투스 모듈이 있으며 우측에 2대의 마스터 블루투스 모듈이 보인다. 좌측 뒤편의 계측기는 실험실에서 파형 관측에 사용된 것으로 실제 야외 실험(field test)에서는 이용에 불편한 점이 있으므로 우측에 보이는 별도의 보조 모니터와 임무컴퓨터의 모니터를 통하여 블루투스 모듈 간 실제 전송되는

데이터를 관측할 수 있도록 디스플레이 프로그램이 작성되었다.

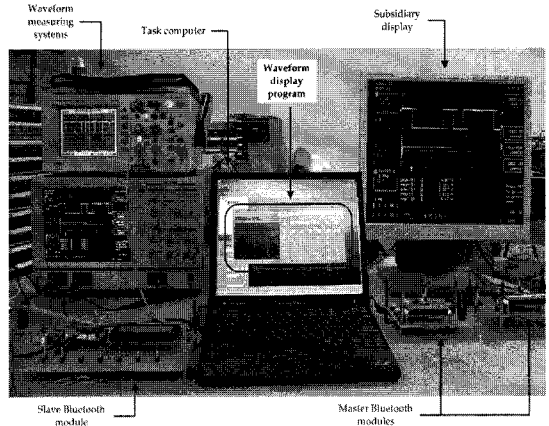


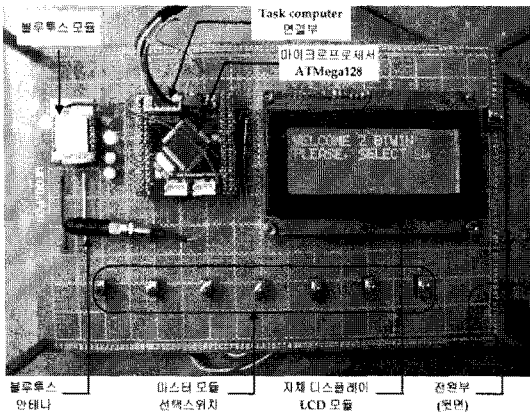
그림 4. 구현된 무선 데이터 통신시스템.
Fig. 4. The implemented wireless data communication system.

슬레이브 블루투스 모듈과 마스터 블루투스 모듈은 그림 5에 나타내었다. 슬레이브 모듈의 경우 센서네트워크 내에서 최대 7개까지의 마스터 모듈을 양방향으로 접속할 수 있도록 설계되었으며, 자동표시모드(automatic display mode)에서는 접속된 마스터 모듈 가운데 접속 경쟁에서 접속권리를 확보한 모듈의 데이터를 디스플레이한다. 이에 비하여 강제표시모드(forced display mode)에서는 슬레이브 모듈에 구현된 7개의 마스터 모듈 선택스위치(selection switch)를 조작하여 단일 마스터 모듈의 데이터만을 선택적으로 디스플레이할 수 있도록 설계되었다.

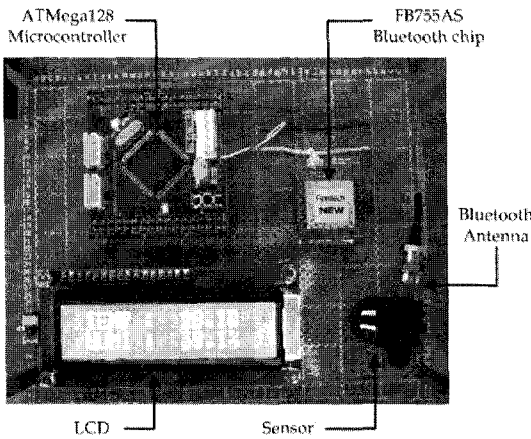
슬레이브 블루투스 모듈과 마스터 모듈 간의 데이터 통신은 슬레이브 모듈이 유효 통신거리내에 분포된 마스터 모듈의 검색, 이에 대한 마스터 모듈의 응답, 슬레이브 모듈의 확인 등의 연결설정(connection establishment) 절차 이후에 이루어진다. 이와 같은 연결설정 절차는 그림 6과 같다.

연결설정이 완료되면 마스터 블루투스 모듈들은 슬레이브 모듈로 데이터를 전송하기 위하여 경쟁(contention)한다. 이와 같은 경쟁에 의한 데이터 전송방식의 문제점은 임의의 마스터 모듈이 지속적으로 접속 경쟁에서 우위에 있을 경우 해당 마스터 모듈만이 계속

하여 접속되어 데이터를 전송하는 상황이 발생할 수 있는 점이다. 이러한 문제점을 배제시키기 위하여 구현된 데이터 통신시스템에서는 마스터 모듈의 데이터 전송이 종료되면 일정한 시간동안 접속 경쟁에 참여할 수 없도록 고의적 지연시간(intentional time delay)을 가지는 충돌회피(collision avoidance) 기능이 소프트웨어적으로 설계되었다.



(a)



(b)

그림 5. (a) 슬레이브 블루투스 모듈
(b) 마스터 블루투스 모듈.
Fig. 5. (a) The slave Bluetooth module
(b) the master Bluetooth module.

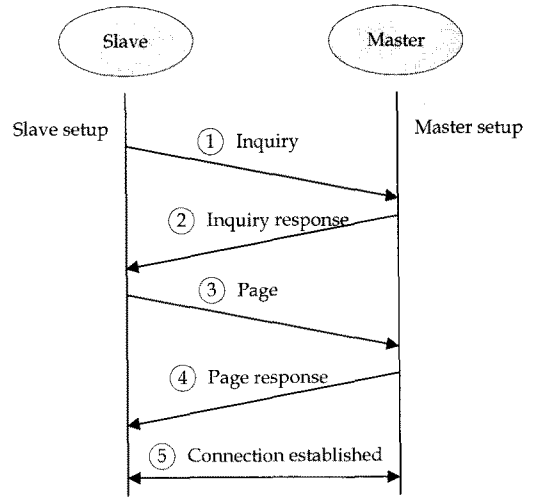


그림 6. 슬레이브와 마스터 모듈 간의 연결설정 절차.
Fig. 6. Connection establishment procedure between the slave and the master Bluetooth modules.

3.2 구현된 시스템의 시연

개발된 센서네트워크 기반 무선 데이터 통신시스템의 동작을 확인하기 위한 시연(demonstration)은 선박의 제어실(control tower)에 설치될 임무컴퓨터에서 이루어진다. 그림 7은 시연용 프로그램의 초기화된 표시창을 나타낸다.

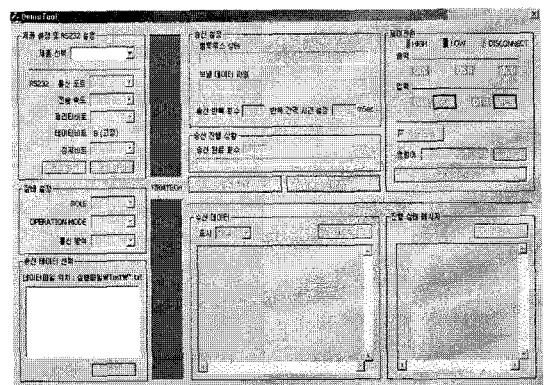


그림 7. 초기화된 시연용 표시창.
Fig. 7. The initialized display window for demonstration.

3.3. 구현 시스템에서 예상되는 문제점 및 대책

선박은 대형 금속 구조물이므로 선체나 구조물에 의한 전자파의 흡수와 산란 등 무선 데이터통신을 위한 신호전달 특성이 상당히 열악하다. 따라서 개발된 센서네트워크 기반 무선 통신을 이용한 지능형 감시시스템의 적용을 위해서는 선박에 기존에 구축된 유선 통신시스템과의 효과적인 연동 또는 혼합망 구축 기술에 대한 개발이 필요한 것으로 판단된다. 또한, 전자파의 흡수와 산란으로 인한 전송 데이터의 소실과 오류에 대한 대처방안의 개발도 요구된다.

V. 결 론

본 논문에서는 대형 선박에 구축 가능한 센서네트워크 기반 점 대 다중점 무선 통신시스템이 구현되었다. 이는 다수의 센서와 통신노드를 이용하여 무선 데이터 전송시스템을 구축함으로써 선박에서 발생할 수 있는 다양한 상황을 임무컴퓨터가 인지하고 이에 대한 제어기능을 수행할 수 있는 지능형 감시시스템으로 동작한다. 이를 위하여 여기서는 블루투스 기술사양을 점 대 다중점 무선통신을 위한 물리계층 전송규격으로 이용하였다.

구현된 시스템은 기존 대형 선박에서 주로 사용되는 유선선로를 이용한 데이터 통신시스템의 상당 부분을 무선 시스템으로 대체함으로써 선박의 경량화뿐만 아니라 설계공정의 부분적 단순화와 유지 및 보수의 편리성 측면에서 유리한 장점이 있다. 이와 같은 점 대 다중점 무선 데이터 통신시스템은 차세대 고부가가치 선박 건조에서 요구되는 지능형 감시시스템을 위한 기초 기술로 활용될 수 있다. 또한 구현된 시스템을 응용/확장함으로써 향후 디지털선박 건조기술의 고도화와 선박기능의 첨단화 등의 부수적인 효과도 기대된다.

참고문헌

[1] 한중석, "IT 융합 산업 전망," *TTA Journal*, no. 119, pp. 64-74, 2008. 09/10.
 [2] 배상은, "경남 조선해양 및 기자재산업 기술로드맵," 조선항공전계장사업단 동계 전문가 워크샵, 2009.

01.

[3] 손병규, "경남 조선해양산업 현황과 추진정책," 조선항공전계장사업단 동계 전문가 워크샵, 2009. 01.
 [4] IEEE Std. 802.15.1, *IEEE Standard for Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Wireless Personal Area Networks (WPANs)*, IEEE, Piscataway, NJ, June 2002.
 [5] IEEE Standard Committee, Part 11: *Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications, Amendment 4: Further Higher Data Rate Extension in the 2.4 GHz Band*, IEEE, Piscataway, NJ, June 2003.
 [6] IEEE Std. 802.15.4, *IEEE Standard for Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (WPANs)*, IEEE, Piscataway, NJ, Sep. 2006.
 [7] Bluetooth Audio Video Working Group, *Generic Audio Video Distribution Profile, Ver. 1.0*, May 2003.

저자소개

배진섭(Jin-Seop Bae)



2008년 2월: 경상대학교 대학원
정보소자공학과 (공학석사)
2009년 3월~현재: 경상대학교 대학원
정보소자공학과 박사과정

※관심분야: 디지털통신, 아날로그통신, 이동통신

강석근(Seog-Geun Kang)



1999년 8월: 경북대학교 대학원
전자공학과 (공학박사)
2003년 4월~현재: 경상대학교 공과
대학 전기전자공학부, 부교수

2003년 4월 ~ 현재: 경상대학교 공학연구원, 책임연구원
※관심분야: 디지털통신, 무선통신, 오류정정부호, 디지털신호처리, 통계적신호처리