Journal of the Korean Society of Marine Engineering, Vol. 41, No. 4 pp. 353~361, 2017
J. Korean Soc. of Marine Engineering (JKOSME)
https://doi.org/10.5916/jkosme.2017.41.4.353
ISSN 2234-7925 (Print)
ISSN 2234-8352 (Online)
Original Paper

선내 무선 네트워크 특성조사를 통한 측위 테스트베드 구축

이수봉[1] · 강동훈[2] · 이종현[3] · 이재철[4] · 김영훈[5] · 이순섭†

(Received April 13, 2017 ; Revised May 15, 2017 ; Accepted May 18, 2017)

Positioning testbed implementation for performance evaluation of ship wireless network

Su-Bong Lee[1] · Dong-Hoon Kang[2] · Jong-Hyeon Lee[3] · Jae-Chul Lee[4] · Young-Hoon Kim[5] · Soon-Sup Lee†

요약: 선박을 통한 관광 수요가 증가함에 따라 선박 사고에 대비한 안전한 운항 및 대처가 필요하다. 해상에서는 외부 구조 지원을 신속하게 받을 수 없으므로, 자체적으로 피해 최소화를 위한 초기 대응이 매우 중요하다. 따라서, 2차 피해 방지를 위해 신속하고 정확하게 선박 내 승객 위치 파악이 필요하다.

본 연구에서는 선박의 특성을 고려하여 저전력, 초소형 등의 장점을 가진 지그비(Zigbee) 무선측위기술(PDT, Position determination technology)을 향상시킨 e-Zigbee(enhanced-Zigbee) 무선 측위 기술을 적용하였고 사용자 니즈(needs)에 맞게 측위 정밀도를 고려한 저가형과 고정밀 승객 위치 태그(tag) 및 액세스포인트(AP, Access point)를 제공하였으며 특성조사를 통해 측위정밀도를 향상시킨 실선 테스트베드를 구축하였다.

주제어: 선박, 이-지그비, 무선 센서네트워크, 무선 측위, 태그, 액세스 포인트

Abstract: As ship-based tourism increases, safe sailing and management are necessary to prevent maritime accidents. Because external rescue support cannot arrive rapidly in the case of ship-related accidents, the initial response is very important for damage minimization. Further, for secondary damage prevention, it is necessary to accurately determine passenger positions.

In this paper, considering the characteristics of a ship, the enhanced-Zigbee(e-Zigbee) position determination technology (PDT) is applied, which improved upon the Zigbee PDT by having advantages such as low power consumption and smaller size. According to user needs, a low-cost and high-precision passenger positioning tag and access point(AP) is provided. A ship testbed that yields improved positioning accuracy based on a performance evaluation is constructed.

Keywords: Ship, e-Zigbee, Wireless sensor networks, Wireless positioning, Tag, Access point

1. 서 론

우리나라는 지리적 특성상 경관이 뛰어난 섬과 연안이 많다. 최근 육지 인근 섬과 연안에 대한 관광 수요가 증가함에 따라 이동수단인 국내 연안여객선의 이용률도 점차 증가하고 있어 양질의 서비스 및 선박 사고에 대비한 안전한 운항이 요구된다.

특히, 선박 사고는 한 번 발생하면 피해의 크기가 상당하고 바다라는 고립된 지리적 특성상 신속한 사고 구조에 어려움이 있어 피해를 최소한으로 줄일 수 있는 신속한 대응 및 대처가 요구되고 있다. 2014년 4월 세월호 사고의 경우도 측위 기술을 통한 승객의 위치를 파악할 수 있는 시스템이 구축되어 있었더라면 대피 및 구조 시 많은 도움이 되었을 것이다.

측위 기술은 유선 네트워크에서 무선 네트워크 중심으로, 실외환경에서 실내중심으로 영역이 확대됨에 따라 위치의 정확성과 신뢰성을 보장하는 위치 측위 기술로 발전하고 있다**[1]**.

과거에는 유선통신망을 이용하여 응급상황 발생 시 번호를 추적하고 주소를 알아내는 수단으로 사용되었으나 현재는 다양한 무선측위 기술을 통해 미아 찾기, 응급호출서비스, 독거노인 보호 등 인명과 관련된 안전·구조 분야에 사용되고 있다. Jeon **[2]**은 해운대의 많은 인원과 백사장 내 1.5km 일대를 커버하기 위해 많은 양의 정보를 저장하고 반복해서 읽고 쓸 수 있는 RFID(Radio frequency identification) 무선 측위 기술을 적용하여 아이에게 능동형 무선인식 태그(Active RFID tag)를 손목에 착용하게 하였고 아이의 위치를 파악할 수 있는 미아 찾기 서비스를 제공하였다. Lee **[3]**는 위험지역 밸브 개폐 감시

† Corresponding Author (ORCID: http://orcid.org/0000--0002-9698-6884): Department of Naval Architecture and Ocean Engineering, Gyeongsang National University, Cheondaegukchi-Gil 38, Tongyeong, Gyeongnam, 53064, Korea, E-mail: gnusslee@gnu.ac.kr, Tel: 055-772-9191
1 Department of Ocean System Engineering, Gyeongsang National University, E-mail: lsbreplay@gmail.com, Tel: 055-772-9197
2 Department of Naval Architecture and Ocean Engineering, Gyeongsang National University, E-mail: kangdonghoon@gnu.ac.kr, Tel: 055-772-9192
3 Department of Naval Architecture and Ocean Engineering, Gyeongsang National University, E-mail: gnujhlee@gnu.ac.kr, Tel: 055-772-9194
4 Department of Naval Architecture and Ocean Engineering, Gyeongsang National University, E-mail: j.c.lee@gnu.ac.kr, Tel: 055-772-9195
5 Department of Naval Architecture and Ocean IT Engineering, Kyungnam University, E-mail: younghun@kyungnam.ac.kr, Tel: 055-249-2700

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.

Copyright ⓒ The Korean Society of Marine Engineering

시스템을 크게 센서부와 데이터 전송부로 나눠 가시선(LOS, Line of sight) 범위에서 정확한 측위가 가능하고 상용화에 대한 많은 솔루션이 존재하는 적외선 기반의 측위 기술을 대상체의 측위에 사용하였고 안정적인 데이터 전송을 위해 저전력, 초소형의 특징을 가진 지그비(Zigbee) 기반의 무선 측위 기술을 사용하였다. Sin *et al.* **[4]**은 선박을 효율적으로 접안위치로 유도하고 접안 후 정박되어 있는 선박의 위치를 제공하는 접안 유도시스템 개발을 위해 RFID에 비해 매우 정확한 위치 측위가 가능하고 넓은 주파수 대역폭을 사용하여 기존 통신시스템과 간섭을 줄일 수 있는 초 광대역(UWB, Ultra wide band) 무선 측위기술을 사용하여 접안 유도시스템을 개발하였다. Jo *et al.* **[5]**은 육상의 유비쿼터스(Ubiquitous) 기술을 선박에 적용하여 어떤 특성이 나타나는지 파악하고 실제 선박을 묘사한 테스트베드를 구성하여 유비쿼터스 컴퓨팅 기술들의 사용이 가능한지 모의실험을 하였으며 Paik *et al.* **[6]**은 선박 내 유비쿼터스 환경 조성을 위해 ZPA(Zigbee Protocol Analyzer)를 이용 무선 센서네트워크(WSN, Wireless sensor network)를 실제 선박에 적용하여 보고 선박 내 무선 통신을 위한 환경을 조사하였다. Choi **[7]**는 선박 내 실내 위치인식과 환경모니터링을 통한 정보전달을 목표로 지그비 기술을 적용하여 테스트베드와 프로토타입을 구성하였다.

선박은 내부 공간 및 자재가 금속으로 둘러 쌓여있는 특성상 전파가 쉽게 통과하지 못하며 항해 시 해상파에 의해 병진운동과 회전운동, 선체에 강한 충격을 받아 진동이 일어나는 슬래밍(Slamming) 및 유체의 자유 표면이 요동하는 슬로싱(Sloshing) 등이 발생한다. 이러한 선박의 특성상 육상에서처럼 정밀하고 신속한 무선 측위 기술을 적용하기가 쉽지 않다. 선박의 특성과 환경을 고려하여 적합한 측위 기술을 선택하고 측위기술의 특성과 문제점을 파악하여 실제로 육상에서처럼 측위에 아무런 문제가 없는지 파악하는 것이 필요하다.

본 연구에서는 금속으로 둘러 쌓여 있는 선박의 특성과 해상파에 의해 발생하는 운동 및 진동 등의 환경 조건 속에서도 육상에서처럼 측위 기술을 적용하였을 시 측위에 문제가 없는 지 특성 조사를 통해 테스트베드를 구축하고자 하였다. 기존 연구를 통해 선박의 특성과 환경에 적합한 지그비 측위 기술을 바탕으로 사용자 니즈에 맞게 측위 정밀도를 고려한 저가형과 고정밀 측위가 선택적으로 가능하도록 향상시킨 E-zigbee(Enhanced-zigbee) 무선 측위 기술을 적용하였으며 대상선박의 설계 도면을 사전 검토하여 무선 측위에 적합한 액세스포인트(AP, Access point)와 태그(Tag) 간의 최적의 위치를 검토하고 실제로 선박 구획별 특성에 맞게 전송률, 투과율, 회절률, 인식률 등의 특성조사를 통해 측위정밀도를 향상시킨 실선 테스트베드를 구축하고자 하였다.

2. 무선 측위 기술

측위 기술은 위치확인서비스, 물류·관제서비스, 주변정보서비스, 엔터테이먼트서비스, 교통·항법서비스, 안전 및 구난서비스, 광고·상거래서비스 등 많은 분야에 사용되며 서비스를 활성화시키기 위해선 위치의 정확성과 신뢰성을 보장하는 무선 측위 기술이 필수적이다**[1][8]**.

측위 기술로는 위성통신을 이용한 방식, 이동통신망을 이용한 방식, 근거리 무선통신 시스템을 기반으로 하는 방식과 영상인식 기반의 방식 등이 있다**[1]**. 위성통신이나 이동통신을 이용한 위치인식 기술들은 서비스 제공 영역이 넓어 실외에 적합한 반면에 실내나 음영지역에서는 사용에 제약이 따른다. 실내나 음영지역에 적합한 무선통신 기반의 측위 기술로 RFID, UWB, 지그비, 와이파이(Wi-Fi) 등이 있다.

RFID 기반의 무선 측위 기술은 고유 식별 아이디를 가진 초소형 IC(Integrated circuit) 칩을 부착한 태그(Tag)와 칩을 읽어내어 대상의 정보를 알아내는 리더(Reader)로 구성된다. 인지할 수 있는 감지거리는 약 2.5m로 태그에 읽기/쓰기 기능을 부가할 수 있다. 그러나 신호 도달거리가 2~3m 정도로 짧으며 측위 활용 시 모든 장소에 리더를 밀도 높게 설치해야 하는 단점이 있다**[9]**.

UWB는 단거리 구간에서 저전력으로 넓은 스펙트럼 주파수를 통해 많은 양의 디지털 데이터를 전송한다. 투과성이 좋아 건물 내의 벽이나, 비금속칸막 등을 통과할 수 있으나 임펄스(Impulse)를 이용하기 때문에 대역폭이 확산되어 많은 대역폭을 차지하게 되므로 기존에 사용하고 있는 무선 통신시스템에 장애를 일으킬 수 있는 단점이 있다**[10]**.

블루투스(Bluethooth) 기반의 측위 기술은 다양한 무선 장치(휴대폰, 노트북 등)가 약 100m 정도의 비교적 짧은 거리에서 일대다 음성 및 데이터 전송을 목적으로 개발된 단거리 무선 통신 표준이다. 칩셋 대량 생산으로 인해 저가의 인프라 설치비용이 드나 측위 목적보다는 통신 목적으로 만들어지고 저전력으로 설계되어 간헐적인 측위정보 획득이 필요하다.

지그비기반의 측위 기술은 간단한 하드웨어 구조를 지니고 있어 초저가의 센서 네트워크를 구성할 수 있으며 하나의 네트워크에 많은 노드를 연결할 수 있다**[11]**. 특히 절전상태에서 활성화 상태로 돌아오는데 대략 10m/s로 빠른 응답성으로 인해 데이터 손실의 우려가 적고 주기적인 위치 측위에 적합한 기술이지만 2.4GHz 대의 마이크로파를 주파수로 사용하기에 금속 구조물로 이루어진 선박의 특성상 전파 차단이 일어난다.

본 연구에서는 이를 보완하고자 RF(Radio frequency) 대역폭이 넓은 측위 전용 송수신 칩을 개발하여 수신 신호 처리를 위한 디지털 블록 FPGA(Field programmable gate array)를 구성하고 802.15.4 지그비 통신 프로토콜에 측위 전용 프로토콜을 추가한 e-Zigbee(enhanced-Zigbee) 무선 측위 기술을 적용하여 사용자 니즈에 맞게 측위 정밀도를 고려한 저가형과 고정밀 승객 위치 측위를 선택적으로 사용 가능하게 했으며 넓은 커버리지를 확보하기 위한 수신 감도 특성과 정밀 위치 측위기능을 보완하였다. 지그비와 e-Zigbee 주요 규격 비교는 **Table 1**에 나타내었다.

Table 1: Comparison between Specifications of Zigbee and e-Zigbee

Item	Zigbee specifications	e-Zigbee specifications	explanatory note
Frequency Band	2400 ~ 2480 MHz	2400 ~ 24800 MHz	
Channel Bandwidth (BW)	2MHz	20MHz	band expansion
Number of Channels	16 Channels	16 Channels	
Sample Rate	4MHz	32MHz	band expansion
Data Rate	250Kbps@2MHz BW	2Mbps@5MHz BW	band expansion

3. 선내 무선 네트워크 특성 조사

3.1 선박의 특성

선박은 내부 공간 및 자재가 금속으로 둘러 쌓여있는 특성상 전파가 쉽게 통과하지 못하며 항해 시 해상파에 의해 병진운동과 회전운동, 선체에 강한 충격을 받아 진동이 일어나는 슬래밍(Slamming) 및 유체의 자유 표면이 요동치는 슬로싱(Sloshing) 등이 발생한다. 이러한 선박의 특성 및 환경상 육상에서처럼 정밀하고 신속한 측위가 쉽지 않음으로 선박에 적합한 측위 기술을 선택하고 특성조사를 통해 실제로 육상에서처럼 측위에 아무런 문제가 없는지 혹은 무선 센서네트워크 망 구축에도 문제가 없는지 등을 파악하고자 하였다.

3.2 대상 선박

Figure 1은 본 연구의 대상 선박인 경상대학교 새바다호의 전경으로 본 과제의 적용대상 선박인 연안여객선과 구조적으로 유사한 실내 광장형 공간, 객실, 기관실, 주통로 등을 중심으로 특성조사를 실시하였다. 주요 제원은 **Table 2**에 나타냈으며 특성조사는 안벽에 계류된 상태에서 주기관은 정지하고 육상전기만 사용하여 e-Zigbee 기반의 무선 측위 기술을 적용한 태그 및 엑세스포인트의 특성조사를 실시하였다.

Figure 1: Saebada for full-scale ship

Table 2: Particulars of ship Saebada

Item	Value
LBP(m)	60.60
B(m)	12.3
D(m)	4.5
Tonnage(ton)	999
Speed(kts)	16.29
Crew & Student(person)	108
Classification	KR

3.3 선내 특성조사

Paik *et al.* **[6]**은 지그비를 이용한 무선센스네트워크를 선박에 적용한 결과와 육상의 테스트베드 결과 값을 비교하여 각종 센싱 데이터들이 잘 인지하고 있음을 확인하였으나 선박 특성에 따른 페이딩 효과 등으로 인해 전송률 감소 및 측위에 어려움이 여전히 남아있음을 언급하였다.

본 연구는 선박의 특성을 정확히 파악하기 위해 기존 연구 및 새바다호의 일반배치도 사전 검토를 통해 측위에 적합한 엑세스포인트의 위치 및 개수를 예상하여 불필요한 조사 횟수를 줄이고자 하였다. 또한 선내 측위 음영지역을 해소하기 위해 선내 주요 구획별로 엑세스포인트를 설치하고 두 송수신기 간의 패킷(packet)에 따른 신호강도(RSSI, Received signal strength indication)를 측정하여 특성조사를 실시하였다.

실험의 신뢰성 및 정확성을 높이고자 세 개의 태그를 사용하고 정확한 측정값을 얻기 위해 약 7회 측정된 값의 평균을 사용하였다. 특성 조사는 본 과제의 대상 선박이 연안여객선임을 감안하여 승객이 가장 많이 머무는 공간과 이동경로를 고려하여 식당 및 강의실 등의 실내 광장형 공간, 실내 객실 공간, 실외 선상, 기관실, 복도, 층계 등 크게 6개 구획으로 나눠 실시하였으며 **Figure 2**의 왼쪽은 e-Zigbee 무선 측위 기술을 적용한 태그, 오른쪽이 엑세스포인트이다.

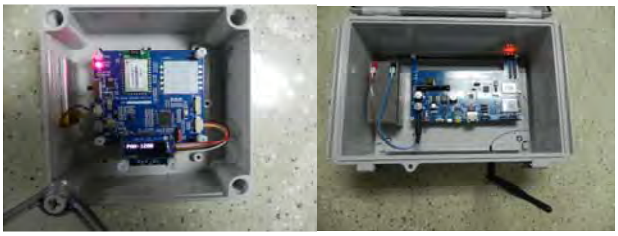

Figure 2: Tag of wireless sensor and AP

태그와 엑세스포인트의 거리 및 인식각도 따른 송수신의 강도차이를 인식률로 표현하였으며 **Figure 3**에 실험 환경을 도식화한 것이다. 태그 유형별로 엑세스포인트 안테나의 인식각도를 10°씩 변경하면서 0°에서부터 90°까지 측정하였으며 세 개의 태그를 사용함으로 태그 자체의 신뢰성과 실험결과의 정확성을 확보하고자 하였다. 실험은 상갑판(Upper deck)의 주 통로에서 수행되었으며 e-Zigbee의 인식거리를 고

려하여 우선적으로 1m, 3m, 4m로 설정하여 각각의 거리에서 인식률을 조사하였다. 엑세스포인트는 주 통로 문 위에 설치하였으며 태그유형은 목걸이형(Necklace type), 카드형(Card type), 손목부착형(Adhere to wrist type), 발목부착형(Adhere to ankle type) 등 총 4가지 유형에 대해 특성조사를 실시하였다.

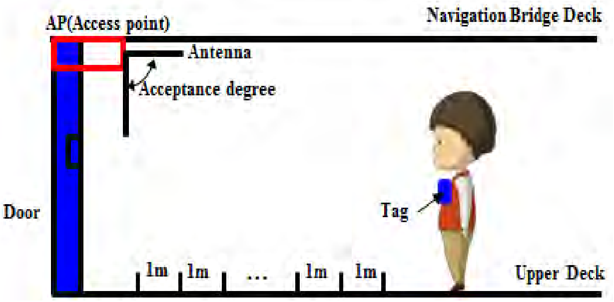

Figure 3: Test for Acceptance rate

신호 세기는 육상에서 측정할 때와 같은 동일한 세기로서 범위는 40~90dBm으로 정하였으며 40~50dBm일 경우를 매우 강함으로 하여 10dBm 단위로 증가할 때마다 매우 강함, 강함, 보통, 약함, 매우 약함 등 총 5단계로 정하였다. **Figure 4** ~ **Figure 7**은 태그 종류별 인식률을 나타낸 것으로 전반적으로 모든 유형에서 신호의 세기가 우수하였다. 태그 신호 세기 뿐만 아니라 휴대성 및 태그를 인지하여 소지하고 다니기에 적합한 유형인지를 판단하여 태그의 유형을 정하고자 하였다.

목걸이형은 태그를 목에 걸었을 시 태그가 사람 가슴에 위치할 것으로 보고 측정하였으며 다른 태그들에 비해 인식각도와 거리에서 신호의 세기가 우수하였다. 또한, 소지하고 다니기에 편리하며 다른 태그들에 비해 태그를 지니고 있는지 손쉽게 인지할 수 있다. 실제로 미아 찾기나 노인 찾기 산업 등에서 많이 사용되고 있는 태그의 유형이다.

손목부착형의 태그 위치는 차렷 자세로 가정 하에 실험을 실시하였다. 신호의 세기는 1m 거리에서 인식각이 0°일 때를 제외하고 양호하다. 인식각 70°일 때 신호의 강도가 떨어진 것은 실험대상자의 움직임으로 인해 엑세스포인트와 태그간의 각도가 일정하지 않고 잦은 변화로 인해 원활한 송수신이 이루어지지 않았음으로 분석된다. 이를 통해 태그 위치 변동에 의해 인식각 변화가 크거나 잦으면 송수신의 강도가 떨어지는 것으로 분석된다.

카드형 태그는 보통 바지 주머니에 넣고 다닌다는 가정 하에 손수건으로 태그를 감싸 바지 주머니 위치에 태그를 두고 조사하였으며 전반적으로 신호의 세기가 우수하였다. 그러나 동복 등의 두꺼운 재질의 옷일 경우에도 송수신에 문제가 없는지, 태그를 꾸준히 소지하고 다니기에 적합한 지 실험 및 분석이 필요하다.

발목형 태그 역시 전반적으로 신호의 세기가 우수하였으나 손목부착형과 마찬가지로 태그의 위치 변동이 잦은 발목에 위치하며 다른 태그들의 유형에 비해 휴대 및 편리함이 떨어진다는 단점이 있다.

태그유형별 신호세기는 사실상 모두 우수하였으나 휴대성 및 태그를 인지하여 계속 지니고 다니기에 적합한 유형으로 목걸이형 태그를 선정하였고 실제로도 미아 및 노인 찾기 서비스 등에 많이 사용되고 있다.

따라서, 성인 남성 평균키인 1.7m에 해당하는 위치에서 태그를 두고 주요 구획별에 적합한 특성조사를 진행하였다.

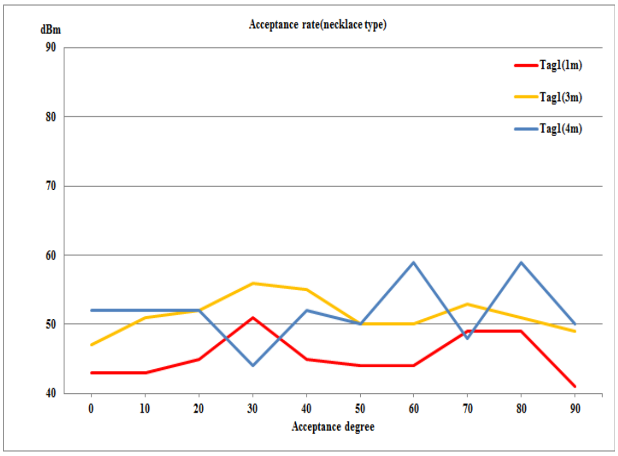

Figure 4: Acceptance rate for necklace type

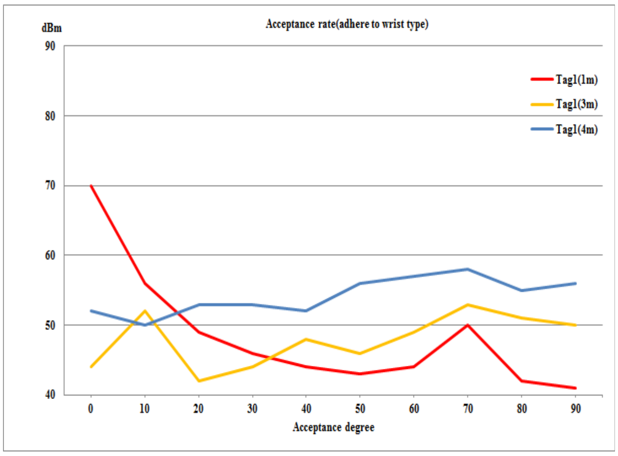

Figure 5: Acceptance rate for adhere to wrist type

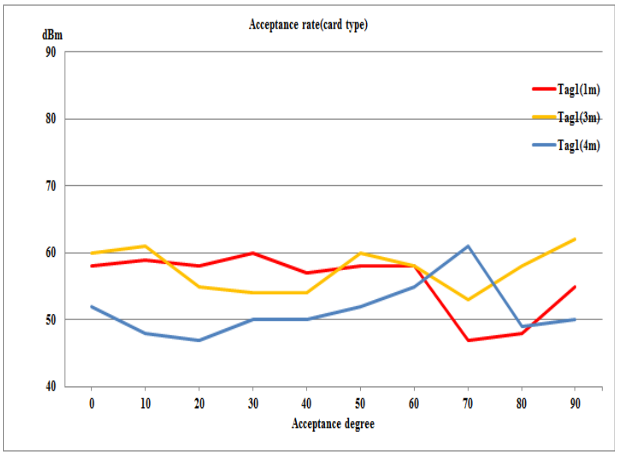

Figure 6: Acceptance rate for card type

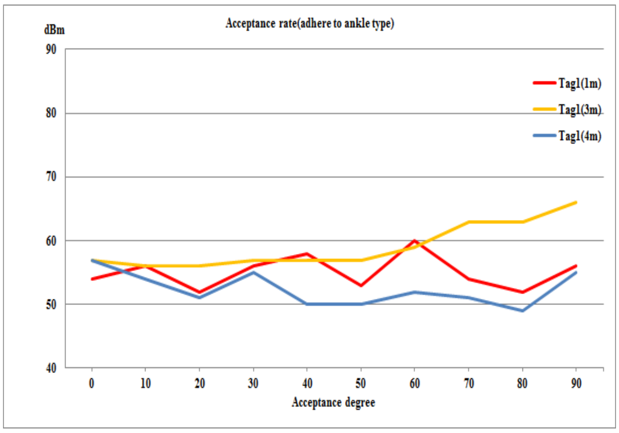

Figure 7: Acceptance rate for adhere to ankle type

전송률이란 태그와 엑세스포인트 간의 데이터 이전 평균 속도로 실험 장소는 승객들이 많이 머무는 광장형 공간인 선내객실, 식당 및 강의실을 선정하였으며 이동통로인 복도에서도 실험을 실시하였다.

Figure 8과 **Figure 9**는 6인실과 10인실의 선내 객실에서의 전송률을 나타낸 것으로 두 선내객실의 공통점은 나무로 만들어진 2층 침대와 철 서랍장이 있으며 입구의 문 표면은 부드러운 재질의 재료로 구성되어 있고 창문이 없는 밀폐된 공간으로 구성되어 있다는 점이다.

Figure 8: Transfer rate for six-bed in a Bedroom

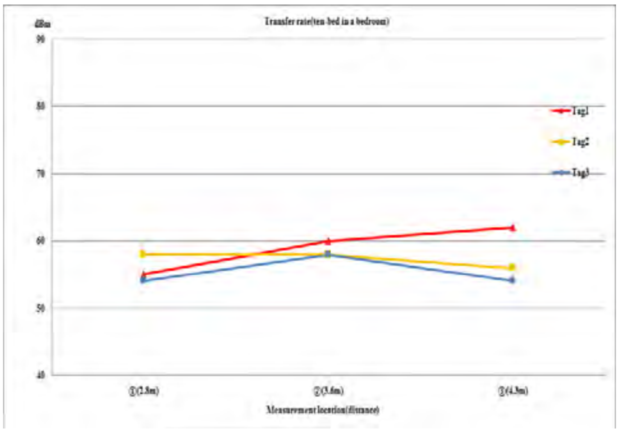

Figure 9: Transfer rate for ten-bed in a Bedroom

6인실은 약 3평으로 침대 중앙 천정 위치에 엑세스포인트를 설치하고 엑세스포인트에서 가장 먼 곳에 태그를 세로 방향으로 2.4m, 대각선 방향으로 2.7m, 가로 방향으로 2m 지점에 고정한 후 하나의 태그가 아닌 세개의 태그를 이용하여 태그와 실험 결과에 대한 정확성 및 신뢰성을 높이고자 하였다.

10인실은 약 4평으로 입구에서 2.7m 떨어진 지점의 천장에 엑세스포인트를 설치하고 엑세스포인트에서 가장 먼 곳에 태그를 세로, 가로, 대각선 방향으로 2.8m, 2.5m, 2.4m 지점에 고정한 후 마찬가지로 3개의 태그에 대해 전송률 측정을 통해 실험 결과의 정확성을 높였다.

두 객실 모두 전송률이 60%이하인 경우에는 엑세스포인트 위치를 변경하여 측정하기로 하였으나 신호의 세기가 매우 우수하였다. 이러한 실험을 통해 약 4평 정도의 2층 나무침대와 철 서랍장이 장애물로 있는 밀폐된 공간에서 해당 거리에 따른 신호세기가 우수하여 엑세스포인트 하나 만으로도 측위의 세기에 아무런 문제가 없음을 알 수 있었다.

실내 광장형 공간인 식당 및 강의실은 모두 낮은 책상들이 설치되어 있었으며 문의 표면은 부드러운 재질의 재료로 구성되어있다. 약 51㎡로 16평인 2nd 갑판 선수부에 있는 강의실은 엑세스포인트의 위치를 크게 문 입구와 정중앙 천정으로 나누어 3개의 태그에 대한 전송률을 측정하고 비교해보았다.

Figure 10 그래프는 강의실 문 입구 천장에 엑세스포인트를 설치한 경우로 가장 먼 대각선 지점인 약 8.7m와 세로방향의 모서리 지점인 6.3m에 태그를 설치하였다. 두 지점 모두 전송률의 세기는 양호하나 송수신간의 거리가 멀수록 전송률이 떨어지는 것을 확인하였다.

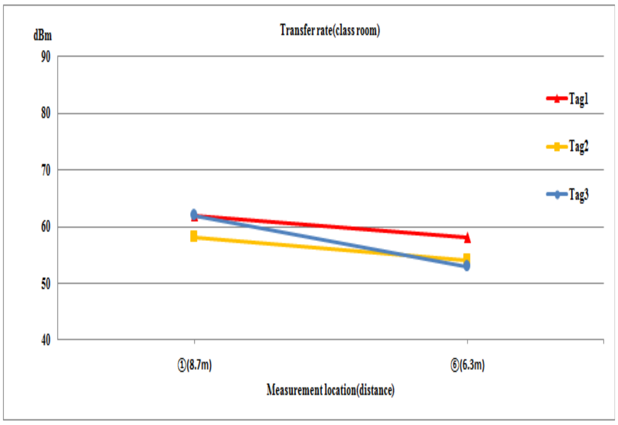

Figure 10: Transfer rate for classroom

Figure 11 그래프는 정중앙 천장에 엑세스포인트를 설치한 경우로 중앙에서 4개의 모서리지점인 각각 4.5m, 4.2m, 4.3m, 3.8m의 거리에 태그를 설치하여 전송률을 확인하였다.

두 그래프를 비교한 결과 입구보다는 중앙 천장에 설치하는 것이 전송률의 세기가 우수하였으며 측위 범위도 넓게 가져갈 수 있음을 확인할 수 있었다.

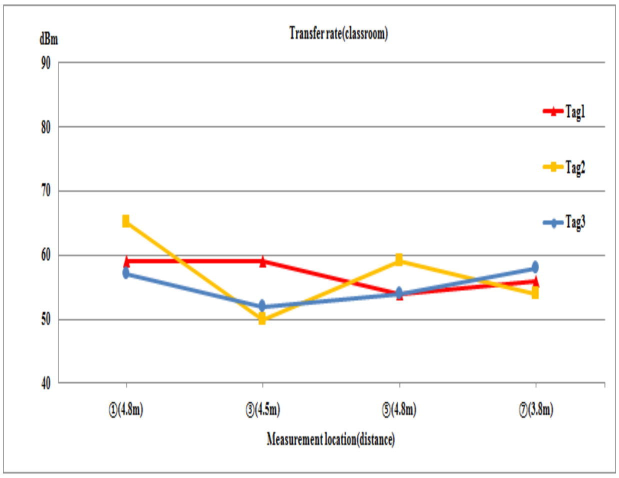

Figure 11: Transfer rate for classroom

Figure 12는 이동통로에서의 전송률을 나타낸 그래프로서 거리에 따른 영향을 알아보고자 인식각은 40°로 고정하고 본 과제의 적용대상인 연안여객선과 유사한 구획 배치와 크기를 지닌 경상대학교 실습선의 주통로에서 실시하였다. 주통로의 길이는 연안여객선의 특성, 기존연구 및 문헌 등을 조사를 통해 15m 이내로 선정하였고 1m 간격으로 인식각 40°에 대한 전송률을 측정하였으며 인식각 변화에 따른 전송률 조사가 이루어지지 않아 태그 인식률 조사 중 인식률이 양호한 40°를 선택하였다. 측정 결과 가시선(LOS, Line of sight), 즉 두 송수신기간의 직선거리에 장애물이 없는 경우 대부분의 거리에서 신호의 세기가 우수하였으나 15m에서는 신호의 세기가 다소 약해짐으로 그 이상의 거리에 대한 추가적인 실험을 통해 최소한의 엑세스포인트 개수 및 위치를 파악해야 할 것으로 분석된다.

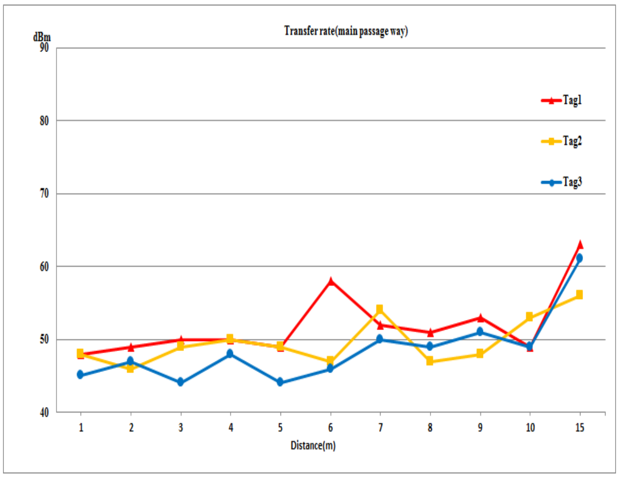

Figure 12: Transfer rate for main passage way

Figure 13은 주 통로 끝 상단에 엑세스포인트를 설치 한 후 외각 개방공간의 정면과 측면 방향으로 1m 간격으로 멀어지면서 철문 투과에 따른 신호세기를 측정하였으며 투과율이 100% 미만인 곳에서 실험을 종료하였다.

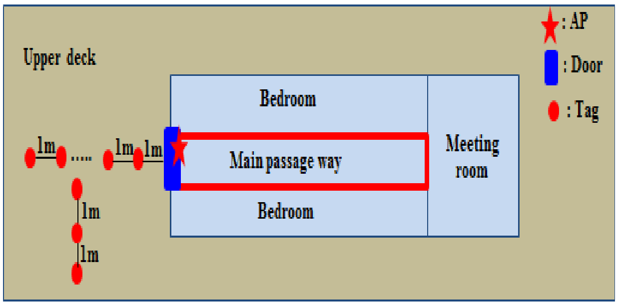

Figure 13: Test on Transmittance in upper deck and door of main passage way

Figure 14에서 보듯이 주갑판의 정면에서 태그의 신호는 1m까지는 양호하나 2m 이상이 되면 세기가 떨어진다. 그러나 주갑판의 철문을 닫으면 2~5m에서의 신호가 80~90dBm으로 매우 약하다.

측면의 경우는 주갑판의 철문이 개폐 여부에 상관없이 가시거리에 따른 영향으로 인해 태그의 신호세기가 약하게 잡혀 측위 정확성이 낮은 것으로 분석된다.

Figure 15는 층계간 수직통로 사이에서의 투과율 조사를 한 것으로 상갑판(Upper deck)과 2nd 갑판사이에 계단이 설치되어 있으며 층계간 거리는 수직방향으로 3.3m이다. 2nd 갑판에 있는 열린 문을 중심으로 선실 안쪽에 엑세스포인트를 설치하고 상갑판에서 정면과 측면 방향으로 태그를 0.5m 씩 이동하며 개폐를 반복하며 투과율을 알아보았다.

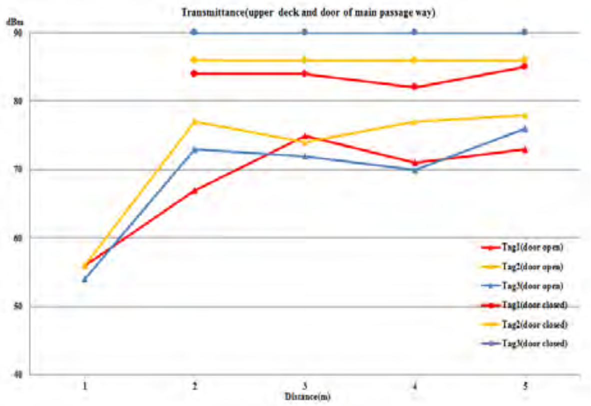

Figure 14: Transmittance on upper deck and door of main passage way

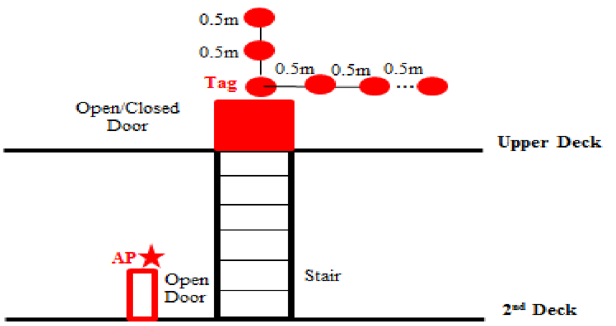

Figure 15: Transmittance test on upper deck and 2nd deck

Figure 16의 그래프는 상갑판과 2nd 갑판의 문을 모두 열었을 때 정면에서의 투과율 값이다. 거리가 멀어질수록 세기가 약해짐을 알 수 있으며 태그 1의 3m 지점에서는 신호의 세기가 다시 좋아진다. 하지만 이 신호의 세기는 다른 구획에 설치된 엑세스포인트와의 송수신을 통한 측정값으로 분석된다.

상갑판의 철문을 닫았을 시에는 0.5m 떨어진 곳에서만 신호세기가 잡혔으며 2nd 갑판의 문까지 닫았을 시 모든 거리에서 신호의 세기가 매우 약하거나 잡히지 않아 측위의 정확성이 높지 않음으로 분석되었다.

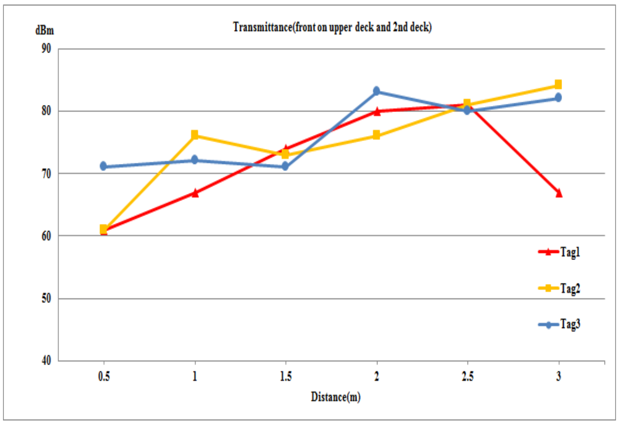

Figure 16: Transmittance to front on upper deck and 2nd deck

Figure 17의 그래프는 상갑판과 2nd 갑판의 문을 모두 열었을 때 측면에서의 투과율 값으로 신호가 미세하기 잡혔으나 세기가 약해 원활한 측위에는 문제가 있음으로 분석된다.

상갑판의 철문을 닫은 경우에는 0.5m 떨어진 곳에서만 미세하게 신호의 세기가 잡힘을 알 수 있었으며 2nd 갑판의 문도 같이 닫은 경우에는 모든 거리에서 신호의 세기가 잡히지 않았다.

층계간 특성조사를 통해 철문의 개폐여부를 떠나 원활한 신호세기가 나오지 않았으며 층계간에는 엑세스포인트 위치를 수정하거나 개수를 늘려야하는 것으로 분석되었다.

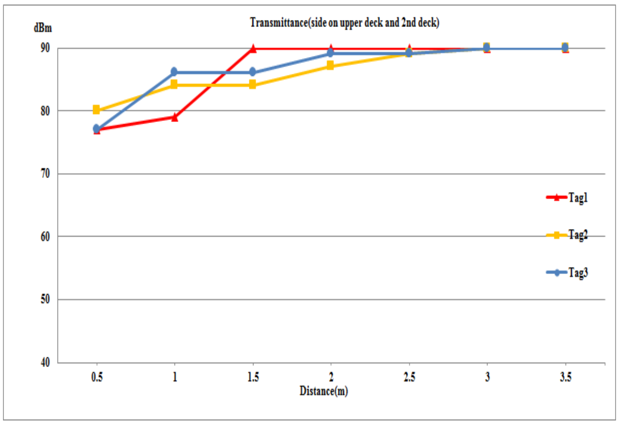

Figure 17: Transmittance to side on upper deck and 2nd deck

다음은 여러 가지 장비들로 인해 복잡한 구조를 가진 기관실에서 전자파의 회절에 따른 전송률을 조사하였다. 태그의 위치는 MCS(Monitoring and Control System) Room의 양쪽 바깥 문 앞과 기관실 정중앙제어판에 설치하였고 엑세스포인트는 남자 성인의 평균키를 고려하여 1.7m 높이 이상에서 좌현 및 우현에 각각 2개를 설치하였다. 엑세스포인트간의 간격은 직선거리로 최소 6m 정도 떨어진 지점에 설치하였고 전송률이 60%이하면 엑세스포인트의 위치를 변경하며 특성조사를 실시하였다.

Figure 18은 회절에 따른 전송율을 나타낸 것으로 좌현에 엑세스포인트 1,2 및 태그 2를 설치하였고 우현에는 엑세스포인트 3,4 및 태그 3을 설치하였다. 태그1은 기관실 정중앙제어판에 설치하여 특성 조사를 실시하였다. 기관실은 주기관 및 배관 등의 철로 구성된 장비들이 많아 신호를 측정하기가 엑세스포인트간 거리가 6m 이상 떨어진 지점에서 신호의 세기 측정이 가능한 위치를 찾고자 하였다. 좌현에 있는 태그의 경우 우현에 있는 엑세스포인트의 신호를 잡기가 어려워 시야확보가 가능한 위치로 수정하였으며 이를 바탕으로 테스트베드를 구축하였다.

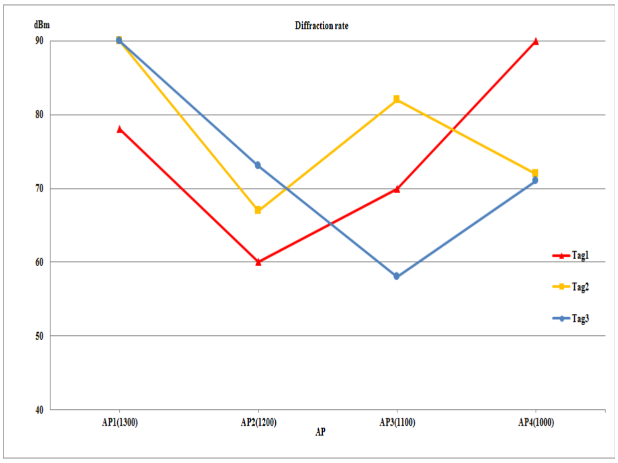

Figure 18: Diffraction rate on engine room

4. 테스트베드 구축

테스트베드란 어떤 테스트를 하기 위해 실제와 동일한 환경 내지 결과 예측이 가능한 실제와 비슷한 가상환경에서 상용화 이전에 기술적 결함이나 개선점을 점검하고 기기와 서비스를 시험적으로 적용해보는 것을 뜻한다.

본 연구에서는 무선통신 기술 중 선박이 가지는 구조적 특성과 환경에 적합한 e-Zigbee란 무선 측위 기술을 적용하여 전송률, 인식율, 투과율 및 회절에 대한 특성조사를 하였다. 측위의 정밀도를 높이기 위해 특성조사를 바탕으로 태그와 엑세스포인트간의 거리와 최적의 엑세스포인트 개수를 고려한 테스트베드를 구축하였다.

Figure 19는 기관실에 대한 테스트베드이다. 기관실에는 주기관을 포함한 배관, 제어판 등이 복잡하게 배치되어 있어 앞

선 특성조사를 바탕으로 각 지점의 태그에서 기관실 전체를 커버할 수 있는 최적의 위치에 엑세스포인트를 배치하였고 각각의 거리는 **Figure 19**에 표시하였다.

Figure 20은 실내 넓게 개방된 곳인 식당 및 강의실에 대한 테스트베드이다. 식당 및 강의실은 측위 정밀도보다 Zone 기반으로 한 엑세스포인트 영역 내의 태그 인식을 통해 승객들의 도피경로를 제공하는 것이 주목적이다. 실내 광장형 공간인 경우는 출입구 대각선 모서리 천장에 엑세스포인트를 설치하는 것보다 중앙 천장에 엑세스포인트를 설치하였을 때 전송률이 더 우수하였고 최적의 엑세스포인트 개수에 대한 타당성을 검증하여 측위의 정도를 향상시킨 테스트베드를 구축하였다.

Figure 21은 승객들이 가장 많이 머무르는 구획인 침실에 대한 테스트베드이다. 침실은 철 구조물 등 측위 정밀도 향상에 방해물이 많은 기관실에 비해 나무로 되어있는 2층 침대를 제외하곤 측위의 정밀도를 떨어트릴 방해물이 적다. 앞선 특성조사를 통해 입구 쪽 대각선 방향보다는 중앙 천장에 하나의 엑세스포인트를 설치하는 것이 측위 범위를 넓게 커버하고 최소한의 엑세스포인트 개수로 측위의 정밀도를 높인 테스트베드를 구축하였다.

Figure 19: Testbed of engine room

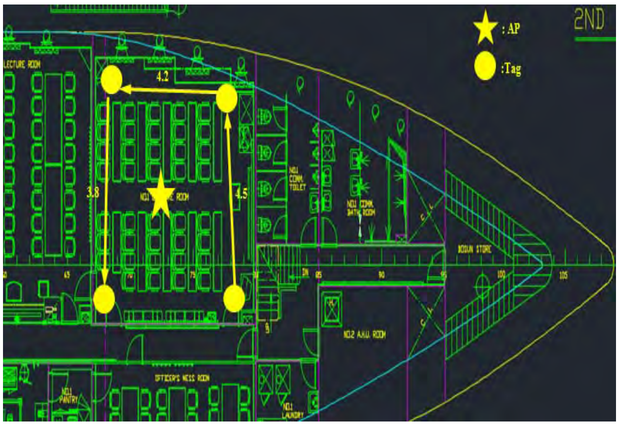

Figure 20: Test bed of classroom

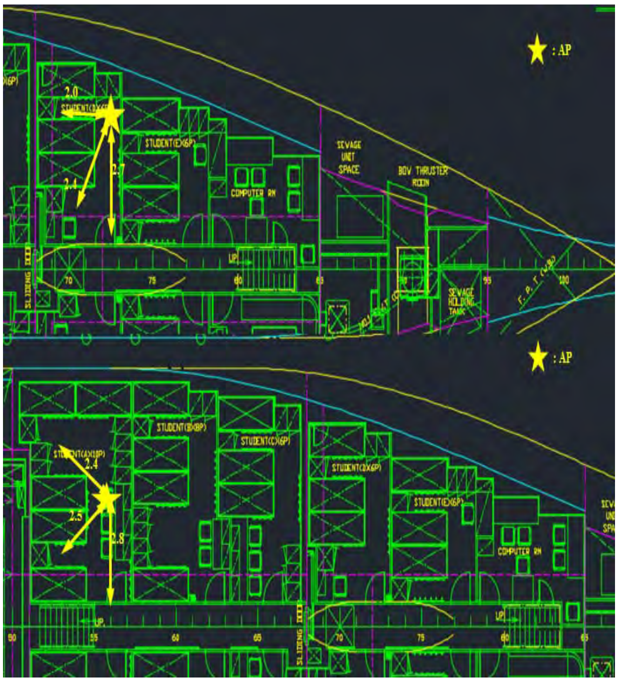

Figure 21: Testbed of bedroom

5. 결　　론

선박을 통한 관광 수요가 증가함에 따라 선박 사고에 대비한 안전한 운항 및 대처가 필요하다. 육상에서의 사고와 달리 해상에서는 외부 구조 지원을 신속하게 받을 수 없으므로, 피해 최소화를 위한 초기 대응이 매우 중요하며 그 중 선박 내 승객의 위치를 파악하고 상황에 맞는 안전대처 및 피난유도가 가능한 시스템 개발이 요구된다.

본 연구에서는 선박의 특성과 환경을 고려하여 승객의 위치정보를 정확하고 주기적으로 측위하기에 적합한 빠른 응답성 및 노드들 간의 망(network) 구성을 통한 비교적 정확한 측위가 가능한 e-Zigbee기반의 무선측위기술을 적용하였다.

실선의 주기관이 정지되고 안벽에 계류된 상태에서 전송률, 투과율, 회절률, 인식률에 대한 특성조사를 실시하였다. 태그 종류 별 인식률 조사는 신호의 세기, 휴대성 및 태그의 위치 등을 고려하여 목걸이형 태그를 선정하였으며 대상선박의 설계 도면을 구획별로 사전 검토하고 전송률, 투과율 및 회절률에 대한 특성 조사를 실시하여 센서 데이터 수집 및 처리 장치에 대한 성능검증과 구획별 최적의 엑세스포인트 개수, 위치 및 거리를 선정한 테스트 베드를 구축하였다.

향후에는 선박 운항 상태에서의 특성 조사를 연안, 연근해 및 근해의 항해 조건에서 실시할 예정으로 각각의 항해 및 환경조건 즉, 선박 운항 시 발생하는 횡동요와 종동요 등의 선박운동과 슬래밍과 슬로싱 등의 진동 그리고 운항속도, 풍속 및 파고 등의 환경조건을 고려한 특성 조사를 종합하여 연안여객선에 적용이 가능한 가이드라인 및 테스트베드를 구축할 예정이다.

후 기

본 연구는 산업통상자원부 지원 '선박용 무선복합측위 지원장치 및 승객 편의서비스 연계 안전구조 지원시스템 개발' 및 BK21플러스사업(ICT기반 LNG-FPSO 핵심장비 신뢰성설계 전문기술인력양성 사업)의 일환으로 수행된 연구결과 중 일부임을 밝히며, 연구비 지원에 감사드립니다.

References

[1] Y. W. Park and S. M. Kim, "Positioning technology of location based services to next-generation," Journal of the Korean Institute of Communications and Information Sciences, vol. 23, no. 6, pp. 83-93, 2006 (in Korean).

[2] Y. H. Jeon, "Look for missing child based RTLS," Journal of the Korea Local Information Research & Development Institute, vol. 60, pp. 40-43, 2009 (in Korean).

[3] M. B. Lee, Danger Zone Valve Switch Monitoring System on Low Power Wireless Sensor Network, M.S. Thesis, Sunchon National University, Korea, 2009 (in Korean).

[4] D. S. Sin, S. R. Lee, and I. H. Oh, "Implementation of testbed of guidance system for docking of ship using location based UWB sensor," Journal of The Korean Institute of Communication Sciences, vol. 35, no. 9, pp. 1314-1321, 2010 (in Korean).

[5] S. L. Jo, P. G. Paik, P. J. Park, and D. G. Lee, "Study on application fields and basic characteristics of ubiquitous computing technologies in a ship," Journal of the Society of Naval Architects of Korea, vol. 44, no. 6, pp. 657-665, 2007 (in Korean).

[6] P. G. Paik, S. L. Jo, P. J. Park, D. G. Lee, J. H. Yoon, and P. D. Bae, "Experimental tests on the wireless sensor network and the power-line communication in a real ship and laboratory," Journal of the Society of Naval Architects of Korea, vol. 45, no. 3, pp. 329-336, 2008 (in Korean).

[7] S. Y. Choi, Research for applying IEEE 802.15.4 to Indoor Location Positioning and Communication System of Ship, M.S. Thesis, Inha University, Korea, 2010 (in Korean).

[8] Korea Internet Security Agency, LBS industry survey in 2012 domestic. Korea Internet Security Agency (KISA) 2, 2012 (in Korea).

[9] H. C. Jin and G. W. Nam, "Method of location determination and location based service analysis," Journal of The Korean Institute of Communication Sciences, vol. 25 no. 7, pp. 24-33, 2008 (in Korean).

[10] K. S. Lee, A Study on Ultra Wide Band Communication System, M.S. Thesis, HongIk University, Korea, 2004 (in Korean).

[11] P. Kinney, Zigbee Technology: Wireless Control that Simply Works. Communications Design Conference, pp. 1-20, 2003.