



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

工學碩士 學位請求論文

UWB와 WiFi를 융합한 실시간 선내 위치인식에  
관한 연구

A Study on the real-time location based on fusing UWB and WiFi in a ship



2014年 2月

韓國海洋大學校 大學院

電氣電子工學科

成 周 鉉

本 論文을 成周鉉의 工學碩士 學位論文으로 認准함

委員長：工學博士 李 成 根 ㉠

委 員：工學博士 朱 良 翊 ㉠

委 員：工學博士 徐 東 煥 ㉠



2013年 12月

韓國海洋大學校 大學院

電氣電子工學科

成 周 鉉

# 목 차

목 차 .....	i
<b>List of Tables</b> .....	ii
<b>List of Figures</b> .....	iii
<b>Abstract</b> .....	iv
<b>1. 서 론</b> .....	<b>1</b>
1.1 연구 배경 .....	1
<b>2. 관련 이론 및 연구</b> .....	<b>4</b>
2.1 TOA(Time of arrival)방식의 위치인식 방법 .....	4
2.1.1 삼변측량(trilateration) .....	6
2.1.2 이변측량(bilateration) .....	8
2.2 CSS(Chirp Spread Spectrum) .....	8
2.3 UWB(Ultra Wide-Band) .....	10
2.4 RFID(Radio frequency identification) .....	11
2.5 Wi-Fi Fingerprint .....	12
<b>3. 실험 및 분석</b> .....	<b>16</b>
3.1 선내 적용을 위한 기초 연구 .....	16
3.1.1 <b>CSS</b> 에 대한 선내 특성 실험 .....	16
3.1.2 <b>UWB</b> 에 대한 선내 특성 실험 .....	19
3.1.3 <b>Fingerprint</b> 에 대한 선내 특성 실험 .....	21
3.2 제안한 위치인식 알고리즘 .....	22
3.3 실험 및 결과 .....	26
<b>4. 결론 및 고찰</b> .....	<b>29</b>
참고문헌 .....	<b>31</b>

## List of Tables

<b>Table 1</b> The localization system .....	4
<b>Table 2</b> Hardware Specifications .....	17
<b>Table 3</b> Experimental setup .....	23



## List of Figures

<b>Fig. 1.1</b>	Location based system .....	1
<b>Fig. 1.2</b>	The standard of wireless communications for localization .....	2
<b>Fig. 2.1</b>	Two-Way TOA(TW-TOA) .....	5
<b>Fig. 2.2</b>	Symmetric Double-Sided Two-Way Ranging .....	6
<b>Fig. 2.3</b>	The ideal Trilateration .....	7
<b>Fig. 2.4</b>	The bilateration .....	8
<b>Fig. 2.5</b>	Conventional Downchirp and upchirp pulse .....	9
<b>Fig. 2.6</b>	The comparison of carrier wave and impulse .....	10
<b>Fig. 2.7</b>	The waveforms of LOS and NLOS .....	11
<b>Fig. 2.8</b>	The Application of RFID .....	12
<b>Fig. 2.9</b>	Conventional Fingerprint flowchart .....	13
<b>Fig. 3.1</b>	A node using CSS .....	16
<b>Fig. 3.2</b>	The Experimental environment .....	17
<b>Fig. 3.3</b>	Pythagorean theorem for preferences .....	18
<b>Fig. 3.4</b>	The data reception rate comparison ship and building .....	18
<b>Fig. 3.5</b>	The measured distance by CSS .....	19
<b>Fig. 3.6</b>	The UWB node .....	20
<b>Fig. 3.7</b>	The measured result of reception by UWB .....	20
<b>Fig. 3.8</b>	The measured result of distance by UWB .....	21
<b>Fig. 3.9</b>	The data reception according to RSSI .....	21
<b>Fig. 3.10</b>	Comparison building and ship to RSSI .....	22
<b>Fig. 3.11</b>	The Flow chart of proposed algorithm .....	23
<b>Fig. 3.12</b>	The experimental environment .....	24
<b>Fig. 3.13</b>	The created radio map using MYSQL .....	25
<b>Fig. 3.14</b>	The radio map and Fixed node .....	26
<b>Fig. 3.15</b>	The results of localization .....	27
<b>Fig. 3.16</b>	The comparison of radio map size .....	27

# A study on real-time location based on fusing UWB and WiFi in a ship.

Seong, Ju Hyeon

Department of Electrical and Electronics Engineering  
Graduate School of Korea Maritime and Ocean University

## Abstract

Recently, with the rapid advancement in information and communication technology, RTLS(Real time location system) using radio waves or RSS(received signal strength) has been studied in a variety of fields such as security, safety and logistics. Representative technology of GPS, it is difficult to measure a precise localization due to low permeability of the signal by obstacles such as walls, buildings. One of them, a ship which consists of steel structure has high reception rate but causes significant ranging error due to the reflection of radio waves.

In order to adapt the localization in a ship, this paper presents to analyze a variety of localization method and propose RTLS algorithms based on the fusion of WLAN(Wireless LAN) and UWB(Ultra wide-band) in the corridor of ship.

The proposed algorithm using modified Fingerprint reduces the size of radio map and the number of UWB fixed nodes. Because the variation of AP signal as compared with building is not large enough, radio map of modified Fingerprint is small and widely collected by mobile phone. also, In order to reduce location measurement errors, The estimated position was calibrated by the standard deviation.

The experimental results show that the accuracy of localization is maintained, and the number of nodes and the computational complexity are reduced to 50% and 60% compared to conventional fingerprint in the

corridor by using proposed algorithm.

**KEY WORDS:** RTLS 실시간위치인식시스템; Ship 선박; UWB 초광대역통신; Wi-Fi  
Wi-Fi; Fingerprint Fingerprint;





# 제 1 장 서 론

## 1.1 연구배경

최근 이동통신의 급격한 발전으로 인해 시간과 공간적인 제약이 없어지면서 무선 통신을 이용한 실시간 서비스들이 बैंकिंग, 원격 시스템 등 다양한 분야에서 개발되고 있다. 이러한 이동통신의 발달은 무선 통신의 음영지역을 최소화하였으며 이를 통해 유비쿼터스 환경을 구현하는데 있어서 기반이 되었다. 유비쿼터스란, 사용자가 네트워크나 통신 속도 등을 의식하지 않고 자유롭게 장소의 제약 없이 네트워크에 접속할 수 있는 정보 통신 환경을 뜻한다. 어디서나 사용자의 상황을 자율적으로 인지하고 상황에 적절한 서비스를 제공하는 유비쿼터스 환경을 실현하기 위해서는 사용자의 위치정보를 얻기 위한 실시간 위치인식 기술이 우선적으로 지원되어야 한다. 그림 1.1과 같이 GPS(Global Positioning System), 휴대폰 등을 이용하여 인식한 사용자의 위치를 바탕으로 주변의 주요 식당, 주유소 등 다양한 정보를 제공해주는 LBS(Location Based Systems)는 위치확인 및 추적, 위치 밀착형 정보, 모바일 커머스 등의 서비스를 제공을 통해 실생활에서 미아 찾기, 교통정보 및 내비게이션, 전자 지도 등에서 다양하게 사용하고 있다[1-4].

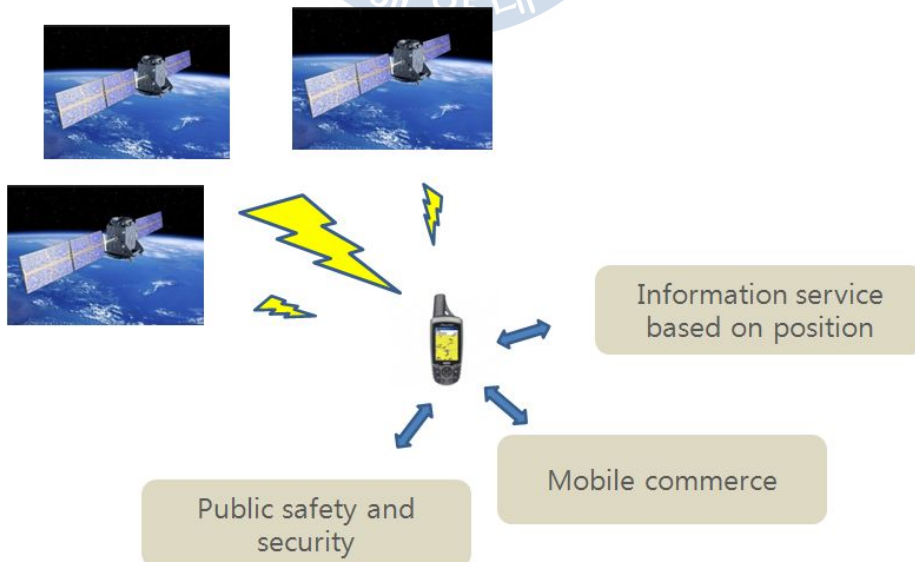


그림 1.1 위치 기반 시스템  
Fig. 1.1 Location based system

GPS를 이용한 위치인식 기술의 경우 세 개 이상의 위성을 이용하여 삼변측량을 통해 위치를 인식하며 수신기가 필수적이다. 특히, 선박에서 사용 중인 DGPS는 위성과 기지국에서 4개의 GPS신호를 바탕으로 1m 이내의 정밀 위치인식을 통해 항해 지도 및 사고방지에 큰 도움을 주고 있다. 하지만 GPS 신호는 물체에 대한 투과율이 낮아 터널, 실내 등과 같이 장애물에 의해 밀폐된 공간에서 GPS만을 이용하여 사용자의 위치를 추정하는 것은 어렵다. 또한, 실내뿐만 아니라 고층 건물에 의한 음영지역 발생으로 실외에서도 위치의 오차는 크게 발생하는 경우도 존재한다. 선박 실내의 경우 철골구조의 밀폐된 공간이므로 GPS의 신호가 수신되지 않으며 위치를 추정하기가 어렵다[5-6].

이러한 GPS의 문제점을 해결하고자 실내 위치인식 방법에 대해 많은 연구가 진행되고 있다. 실시간 실내 위치인식은 주로 실외에서 GPS위성과 같은 기능을 할 수 있는 실내에서 부착 가능한 고정노드 형식의 센서를 이용하여 노드간의 통신을 통해 위치를 추정하는 방식이 많이 사용되고 있으며 그 외에도 압전센서, 초음파센서 등을 이용하여 이동체에 부착해 고정된 노드 없이 위치를 인식하는 방식 또한 연구되고 있다.

위치인식을 위한 대표적인 무선 통신들은 아래 그림 1.2와 같다[7].

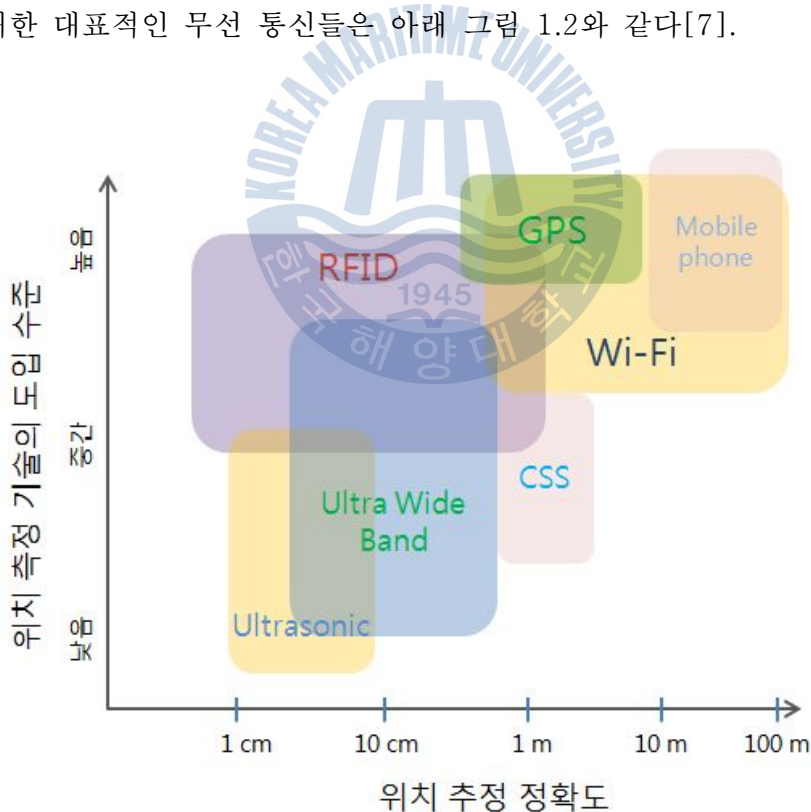


그림 1.2 위치추적을 위한 무선통신의 수준

Fig. 1.2 The standard of wireless communications for localization

Zigbee, Ultrasonic Wave와 같이 일반적으로 많이 사용하는 통신의 경우, 구조가 간단하고 저가이지만 위치의 정밀성 및 장애물에 대한 오차 발생 등 문제점으로 인해 정밀위치인식에는 어느 정도의 한계점을 가지고 있다[8-9].

위치인식 전문기업들을 통해 상용화된 시스템을 보면 주로 RFID와 WI-FI를 이용한 공간적인 인식이 대부분으로 정밀한 위치를 인식하는 수준은 현재까지 비용이나 기술적인 측면에 의해 어려움이 많다.

특히 선박의 경우 복도의 간격이 좁고 실내 구성 재질이 일반 건물과는 다른 철틀구조로 이루어져 기존의 기업체들이 제시한 시스템을 그대로 적용하는 것은 어렵기 때문에 선박환경에 알맞은 실내 위치인식 시스템이 필요하다.

따라서 본 논문에서는 선내 실시간 위치인식을 구현하기 위하여 UWB, CSS 등 대표적인 방법들을 실험을 통해 분석하고 분석 결과에 따라 정밀 실시간 위치인식에 적합한 UWB와 WI-FI를 이용한 위치인식 방법에 대해 제안한다. 철틀구조와 좁고 밀폐된 선내는 전파의 반사와 굴절에 의한 전파 특성이 일반 건물과는 다르게 나타난다. NLOS(Non line of sight)에 강인하고 높은 시간 분해능을 통한 수 cm단위의 정밀 거리측정이 가능한 UWB와 WI-FI의 신호세기를 이용한 위치추정방식인 Fingerprint를 융합한 방법으로 제안한 Fingerprint는 기존의 Fingerprint의 문제점이던 연산량을 개선하고 데이터베이스의 공간 당 신호 수집 단위를 크게 감소시켜 시스템 구성 시간 및 실시간 인식 속도를 개선하는 알고리즘이다.

UWB만을 이용하여 위치를 인식하는 경우, 노드가 고가이기 때문에 설치비용이 많이 든다. 따라서 노드의 수를 줄이고 위치의 정밀성을 유지하기 위하여 제안한 Fingerprint 알고리즘을 이용한 범위추정방식과 이를 기반으로 한 UWB의 정밀 거리 추정을 융합하여 실시간 위치인식을 가능하게 하였다.

실험 결과 UWB의 노드수를 50% 감소시켰으며 제안한 Fingerprint의 연산량은 기본적인 Fingerprint에 비해 60% 감소시켰다. 또한 위치의 정확도는 노드 배치를 통해 이변측위와 비슷한 수준으로 유지하였다.

## 제 2 장 관련 이론 및 연구

현재 대표적인 위치인식 시스템은 다음 표 1과 같다.

표 1 위치인식 시스템

Table 1 The localization system

인식 기술	측위방식	측위 오차	비고
Zigbee	RSSI, 삼변측량	10m 내외	저가로 설치가 쉽지만 장애물에 대한 영향이 크고 정확성이 떨어진다.
CSS	TOF, TDOA	2m 내외	잡음에 강하지만 반사 및 굴절의 영향에 취약하다.
RFID	근접인식 방식	10cm ~ 5m	용도에 따라 인식 거리가 다르며 주로 정밀 위치인식 보다는 공간 인식에 많이 사용된다.
UWB	TOF, Radar	10cm 이내	정밀위치인식이 가능하지만 고가이다.
GPS	RF, TOF	20m이내	커버리지가 매우 크지만 실내위치인식이 거의 불가능하다.
Vision	특징점 추출을 통한 위치 추정 기법	수 m	알고리즘을 통한 위치추정으로 기존의 위치에 대한 학습이 필요하다.
Ultrasonic wave	반사파의 도달시간을 측정한 거리 추정	수 cm	측정거리가 최대 3m로 짧고 장애물에 매우 취약하며 반사 특성에 따라 각도에 따른 오차도 크다.
Wi-Fi	RSSI, 삼변측량	3~5m	별도의 송신기가 필요 없어 쉽게 구축이 가능하지만 AP의 이동에 민감하고 준비단계에서 시간소모가 크다.

## 2.1 TOA(Time of arrival)방식의 위치인식 방법

이 기술은 송신기와 수신기 사이의 무선 패킷 전송을 통해서 전파의 도달시간을 측정하여 거리를 추정하는 방식이다. 위치를 추정하는 기법들의 대부분이 전파의 도달시간을 이용하는 방법을 바탕으로 하고 있으며 LOS(Line of sight)가 보장된 채널환경에서 특히 우수한 성능을 나타낸다[10].

TOA 방식은 단방향 TOA 추정방식과 양방향 TOA 추정방식으로 나눌 수 있다. 단방향 TOA 추정방식은 송수신기 중 하나만 신호를 보내기 때문에 전파 도착 시간 정보가 필요하므로 시간 동기화가 필요하다. 이동통신과 같이 GPS기능이 있는 장치들은 위성 신호에 의한 시간적인 동기화가 잘 이루어져 있지만 센서 네트워크와 같이 GPS에 의존할 수 없는 상황에서는 독자적인 클럭 동기화를 이용하여 거리를 추정한다. 이러한 동기화를 바탕으로 TDOA(Time Difference of Arrival)나 TSOA(Time Sum of Arrival)방식으로 응용 가능하다.

양방향 TOA 추정방식은 송수신기간의 시간동기화가 필요 없이 구현가능하다. 그림 2.1은 양방향 TOA방식을 통해 거리값을 추정하는 방식을 나타낸다.

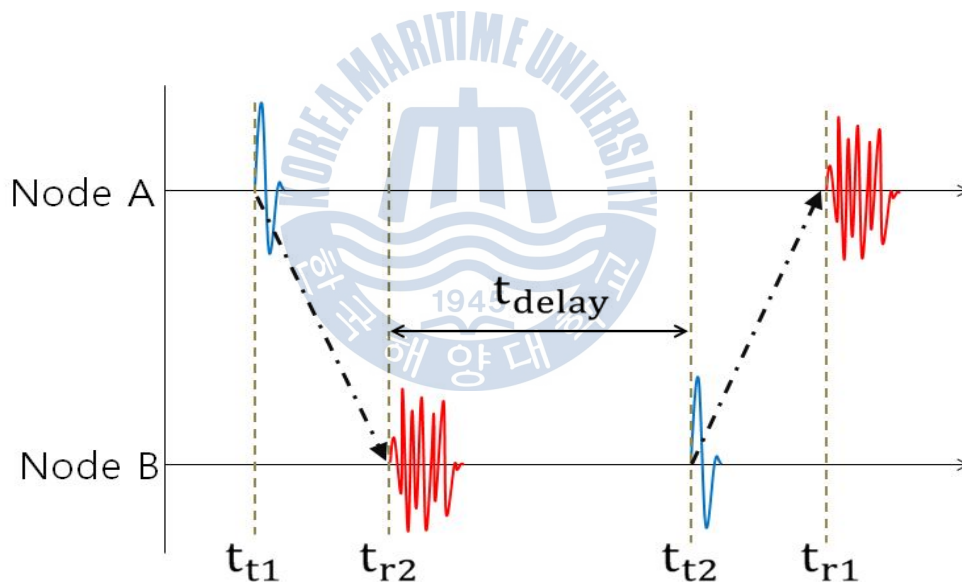


그림 2.1 TW-TOA방식

Fig. 2.1 : Two-Way TOA(TW-TOA)

두 노드사이의 거리를  $D$ 라고 할 때  $D$ 의 추정하기 위한 방정식은 아래 식 (1)과 같다.

$$D = \frac{C}{2}(t_{r1} - t_{t1} - t_{delay}) \quad (C = 3 \times 10^8 \text{ m/s}) \quad (1)$$

이 식에서  $t_{delay}$ 는 아래 식과 같다.

$$t_{delay} = t_{r2} - t_{t2} \quad (2)$$

여기서  $t_{delay}$ 는 노드 A에 의해 결정된 값이 아닌 노드 B의 clock에 의해 나타나는 응답지연시간이다.  $t_r$ 는 노드 A에 의해 측정된 응답 수신 TOA이며  $t_t$ 는 노드 A에 의해 측정된 응답 전송 TOA이고  $C$ 는 전파속도(m/s)를 나타낸다.

그림 2.2와 같이 TW-TOA를 한번 더 반복하여 정확성을 높인 방법이 SDS-TWR(Symmetric Double-Sided Two-Way Ranging)이다[10-11].

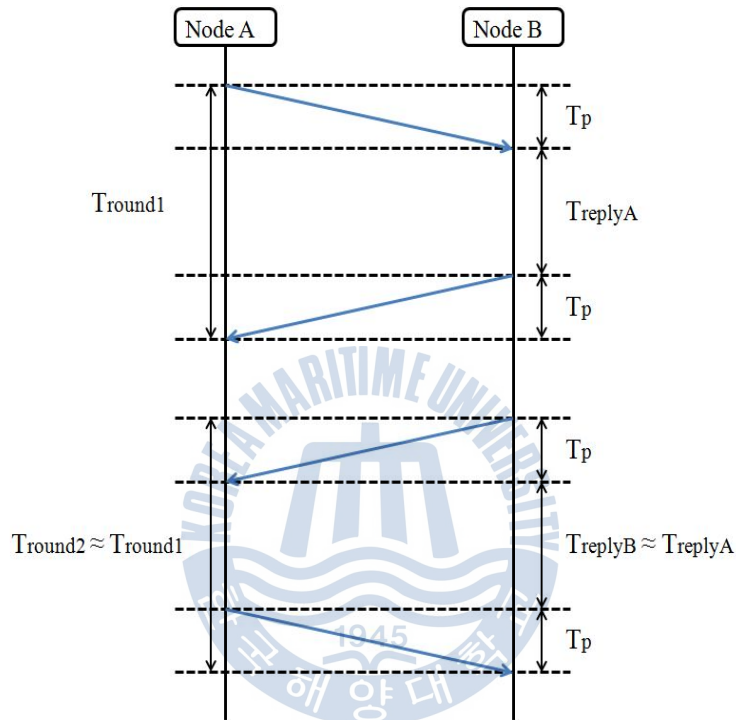


그림 2.2 SDS-TWR방식

Fig. 2.1 : Symmetric Double-Sided Two-Way Ranging

송신노드에서 수신노드 사이의 전파 전송시간인  $T_p$ 는 아래와 같다.

$$T_p = \frac{(T_{round1} - T_{replyA}) + (T_{round2} - T_{replyB})}{4} \quad (3)$$

식(1)에서 계산된  $T_p$ 에 전파의 속도를 곱하여 두 노드간의 거리를 알 수 있으며 이를 이용해 여러 개의 노드를 배치하여 삼변측량, 이변측량 등의 위치 인식에 사용된다.

### 2.1.1 삼변측량(trilateration)

이동노드와 고정노드 간의 거리측정 방식을 기반으로 하여 위치를 측정하는 삼변측량기법은 그림2.1.1과 같이 최소 3개 이상의 노드사이의 거리 값이 필요하다. 이는 대부분 TOF방식이나 RSSI방식을 이용하여 추정된 거리값을 이용하여 위치를 추정한다.

고정노드와 이동노드 사이의 거리가 TOF방식을 통해 계산되면 고정노드를 중심으로 방향을 알 수 없고 거리는 일정한 원이 생성되며 이는 원의 방정식을 적용하여

3개의 고정노드가 존재 할 때 각 고정노드의 좌표는  $(x_1, y_1)$ ,  $(x_2, y_2)$ ,  $(x_3, y_3)$ 이며 각각의 측정된 거리를  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ 라 하면 식(4)와 같이 나타낼 수 있다[12-16].

$$\begin{aligned}
 R_1 &= \sqrt{(x-x_1)^2 + (y-y_1)^2} \\
 R_2 &= \sqrt{(x-x_2)^2 + (y-y_2)^2} \\
 R_3 &= \sqrt{(x-x_3)^2 + (y-y_3)^2}
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

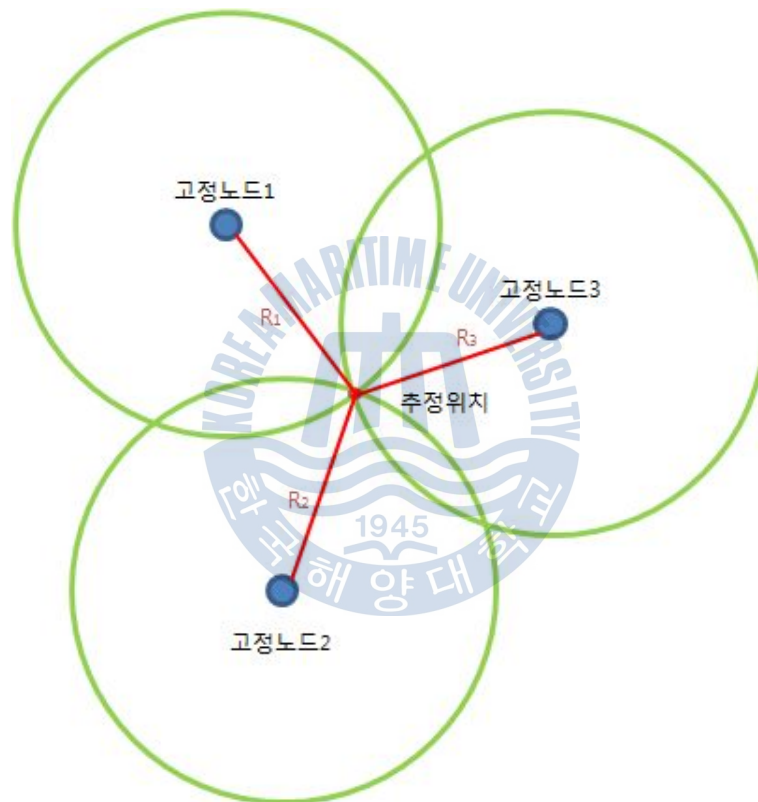


그림 2.2 이상적인 삼변측량

Fig. 2.2 : The ideal Trilateration

이를 연립하여 연산하면 이동노드의 위치인  $(x, y)$ 를 추정할 수 있다. 하지만 송수신 노드의 내재적 오차 및 설치 환경에 따라 한 위치에서도 일정한 값이 나오지 못하고 정확도가 떨어진다.

따라서 기기의 내재적 오차를 제외한 송수신기 간에 위치 및 주변 환경이 매우 중요하게 작용한다.

즉, LOS(Line of sight)의 경우 전파가 직선거리로 도달하기 때문에 SDS-TWR을 이용해 오차가 2m 이내로 위치를 추정 할 수 있지만 주변의 벽이나 장애물에 의해 NLOS일 경우, 위치 전파의

속도보다는 환경에 의한 전파의 반사와 굴절에 의해 지연되어 발생하는 오차가 크기 때문에 이 미 오차를 포함한 R에 의해 위치 추정 오차는 매우 커진다. 그에 따라 위치를 보정 할 수 있는 추가적인 알고리즘이 연구되고 있다.

### 2.1.2 이변측량(bilateration)

기본적으로 삼변측량을 이용하여 위치를 추정한다. 하지만 매우 좁은 공간이나 벽과 같은 위치의 음영지역이 존재하는 공간에서는 고정노드 2개를 이용하여 위치를 인식하기도 한다. 두 개의 고정노드를 이용하여 삼변측량과 같은 방식으로 위치를 추정할 경우 위치는 2개로 나타나게 된다. 하지만 매우 좁은 통로에 적용할 경우 이동체가 좌우로 이동하지 않기 때문에 한 지점으로 추정이 가능하게 된다. 또한 노드의 배치를 통해서도 공간에 따라 그림 2.3과 같이 위치가 추정 가능하다[17-18].

이는 데이터 변동이 크지 않고 안정적으로 수신될 경우에 사용가능하며 고정노드와 수신노드의 높이 차이가 많이 나면 위치의 정확도 또한 떨어지는 단점이 있다.

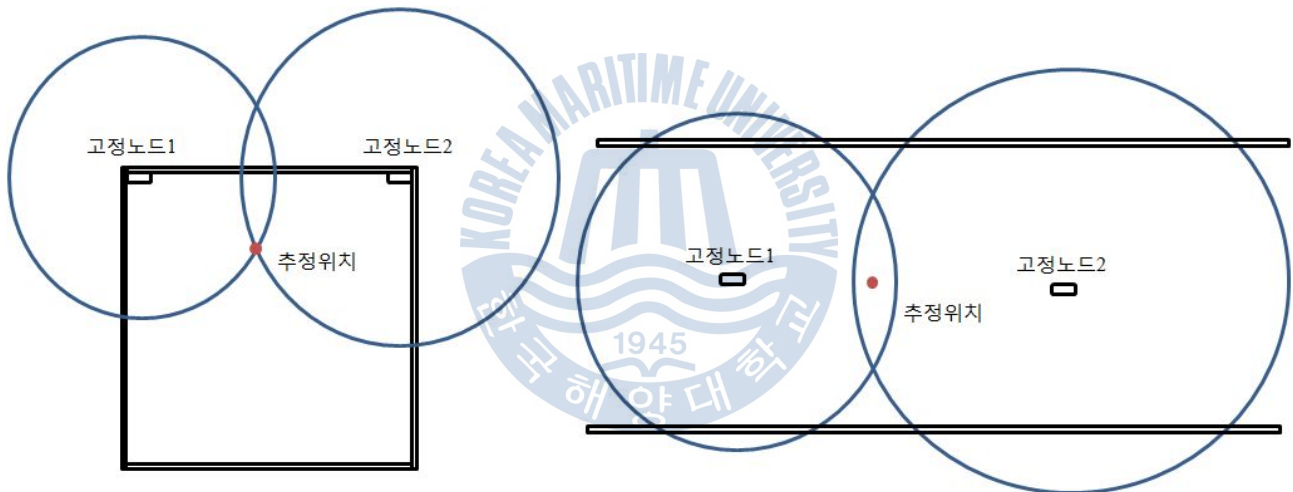


그림 2.3 이변측위  
**Fig. 2.3** The bilateration

## 2.2 CSS(Chirp Spread Spectrum)

CSS 기술은 스펙트럼 확산 방식의 통신기술 중 하나로서 huttmann에 의해 1940년에 개발되었다. IEEE 802. 15. 4a인 이 기술은 정해진 시간동안 수신되는 주파수의 공간거리를 이용하여 데이터를 표현하는 방식으로 기존의 다른 방식에 비해 신호적 잡음에 강인하고 전달 특성이 좋기 때문에 WLAN, Bluetooth 등 주변의 다른 RF통신 기기에 큰 간섭 없이 사용이 가능하다. RF modulation으로 사용되는 chirp기술은 데이터를 표현하기 위하여 기본적으로 Upchirp과 Downchirp을 사용하여 아래 그림 2.4와 같이 0과 1을 표현한다.



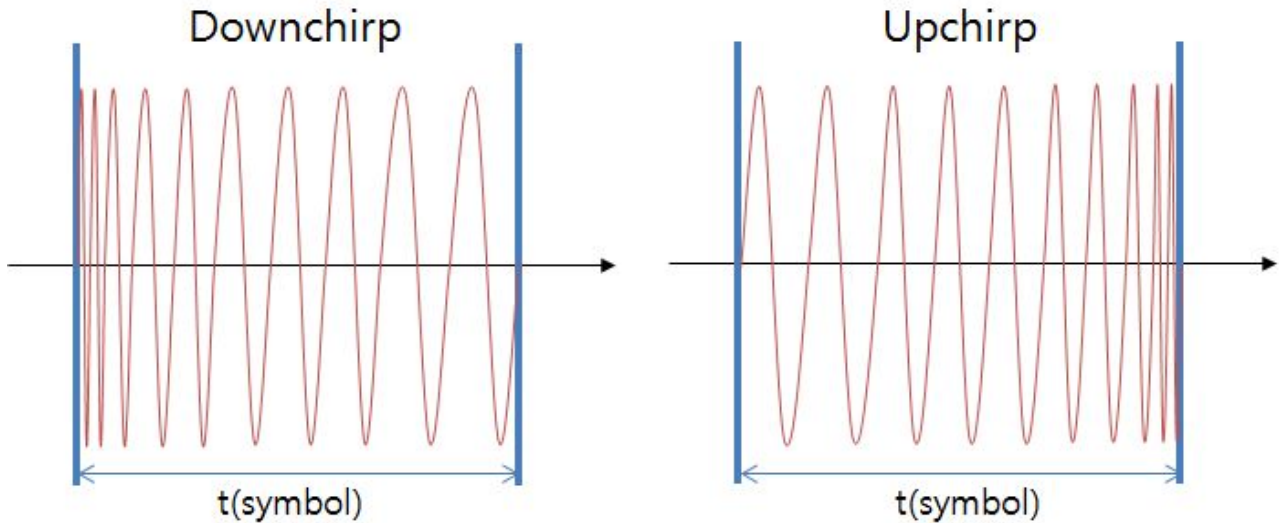


그림 2.4 기본적인 Downchirp과 Upchirp 방식  
**Fig. 2.4** Conventional Downchirp and upchirp pulse

chirp 신호의 주파수 변조식은 아래 식 (5)와 같다.

$$S_{cp}(t) = Re[\exp[j(\omega_s + \frac{\omega_{BW}}{2T_{cp}}t)t + \theta_0]] \times [u(t) - u(t - T_{cp})] \quad (5)$$

이 식에서 각 기호는 아래와 같다.

$T_{cp}$  : Linear Chirp Signal의 Duration

$\omega_s$  : Linear Chirp의 Sweeping이 시작하는 시작 주파수

$\omega_{BW}$  : Sweeping하는 대역

$u(t)$  : Unit Step 함수

위 수식은 시간에 따라 chirp 신호가 일정한 기울기로 변하면서 위상이 점점 빠르게 변화하는 수식을 나타내고 있다. 이때 chirp 신호는 물리적 특성에 의해 다중경로에 의한 신호 수신까지 De-correlation에 의해 직접과 다중경로의 신호 분리가 가능하여 보정이 가능하다.

이러한 chirp 신호들을 연결하여 원하는 데이터를 전송하며 chirp의 일정한 시간 간격은 수신기에서 감지하여 수신된 chirp의 수를 이용하여 위치를 추정한다. 이 경우 송수신기 간에 약속된 시간 간격은 서로 정의되어있어야 하며 기본적으로  $\mu s$ 단위로 정한다. 따라서 송수신기

사이의 수신 상태에 영향을 줄 수 있는 환경이 매우 중요하다[19-22].

### 2.3 UWB(Ultra Wide-Band)

초광대역 통신이라고도 불리는 UWB 기술은 중심주파수의 25%이상의 점유 대역폭을 가지거나 500MHz 이상의 점유대역폭을 차지하는 무선전송 기술로서 650MHz ~ 5GHz 사이에서 넓은 대역폭을 가진 것이 큰 특징이다. 1990년대 미국 군사용 레이더로 사용된 기술로써 2002년에서야 민간의 상업적 이용을 허가받아 상용화된 기술이다. IEEE 802.15.4a에 속한 위치인식 특성 기술로서 ns 단위의 임펄스 신호를 이용하여 데이터를 표시하기 때문에 그림 2.5에서 보는 것과 같이 다른 전파 신호와는 다르게 시간에 대한 분해능이 매우 뛰어나다는 것을 알 수 있다. 이렇게 뛰어난 시간 분해능을 이용할 경우 실내외에서 수 센티미터 이내의 정밀 위치 인식 및 위치 추적에 적용될 수 있다[23-24].

기존의 CSS, Zigbee 등 협대역 반송파를 사용하는 기기와는 달리 저전력 광대역 주파수가 가진 특성에 따라 장애물에 대한 투과성 및 신호 대 잡음비가 우수하다. 따라서 동일한 시간에 다른 신호에 비해 많은 데이터 전송이 가능하여 대용량 무선전송분야에서도 적용 중이다.

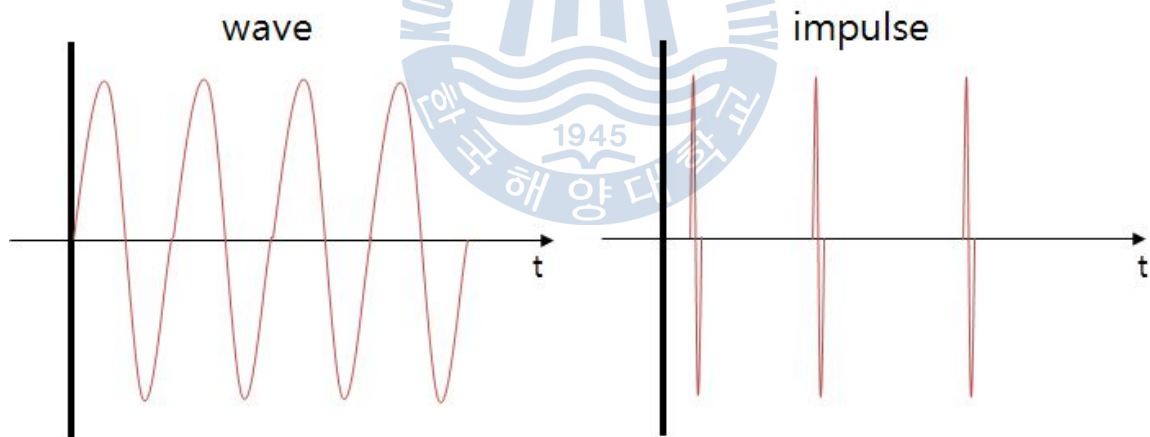


그림 2.5 반송파와 impulse의 비교

Fig. 2.5 The comparison of carrier wave and impulse

하지만 상용화 시기가 가장 늦고 국내의 기술 확보 및 제품 출시가 아직 되지 못했기 때문에 고가의 장비로 동일한 공간에서 다른 기기와 비교 시 비용이 많이 들어간다. TOF방식을 사용하기 때문에 반사와 굴절에 대한 오차가 발생하지만 최근 CRE 알고리즘 등을 적용하면서 NLOS환경에서의 정확도도 LOS와 비슷한 수준으로 개선되었다.

#### 2.3.1 CRE (Coarse ranging estimation)

기존의 TOA 방식은 전파가 자유공간에서 전송 중 장애물이나 다른 전파에 의해 굴절이나 반사 등 신호 왜곡이 발생할 가능성이 있다. 이러한 문제는 전파가 송수신 중에 발생하기 때문에 시간 지연 및 변형된 데이터를 수신하게 되고 거리 데이터는 오차나 오류가 발생한다. 이러한 오류를 줄이기 위하여 CRE 알고리즘이 사용된다.

CRE 알고리즘은 수신되는 신호의 파형을 분석하여 왜곡된 신호인지 아닌지를 확인한다. 이를 통해 왜곡 신호로 판정될 경우 거리데이터를 보정을 하게 되는데 수신된 파형을 실시간으로 확인 할 수 있는 경우에만 사용되는 방식이다. 기존의 방법들은 대부분 파형보다는 이전의 정상적인 값이나 다른 센서 등을 이용하여 보정하는 방식이 대부분이었지만 CRE 방식은 전송된 데이터를 수신하면서 실시간으로 수신된 파형을 분석하여 전파의 상태를 확인한다. 이는 기존의 RSSI나 LQI(Link quality indication)와 비슷한 방식이다.

아래 그림 2.6은 NLOS와 LOS상태 일 때의 수신된 전파의 파형을 나타낸다. 신호세기와 반사 등에 의해 잡음으로 들어는 파형을 통해 상태를 확인가능하다. 이 때 LOS와 NLOS의 파형에서 처음 들어오고 난 후 신호의 Lock time을 통해 데이터를 끊어 잡음을 제거한다.

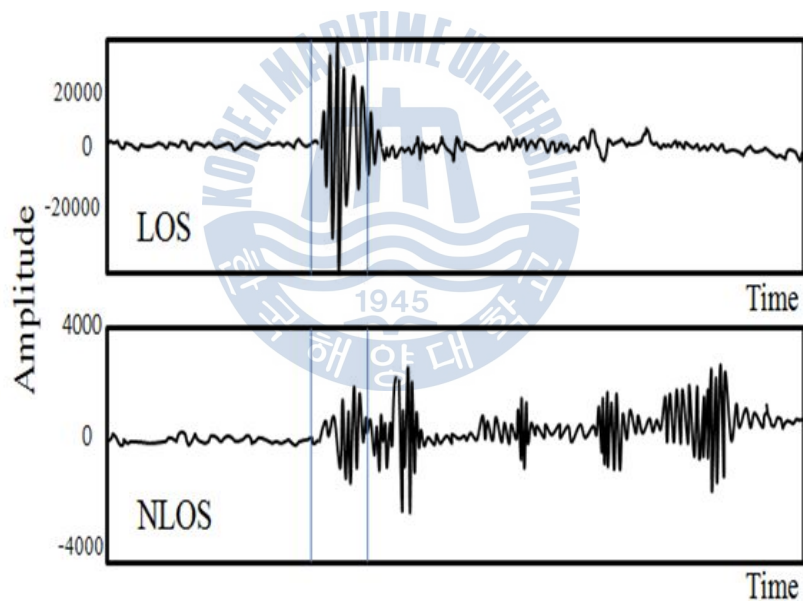


그림 2.6 LOS와 NLOS의 파형  
**Fig. 2.6** The waveforms of LOS and NLOS

## 2.4 RFID(Radio frequency identification)

위치인식으로 가장 많이 상용화 되어 있는 기술 중 하나로 그림 2.7과 같이 화물의 이동 추적 및 이동체의 출입을 태그를 통해 쉽게 감지 할 수 있어 바코드를 대체할 수 있는 기술로도 기대된다. 위치제공을 위해 기본적으로 이동체가 소지하는 태그와 리더기, 관리 서버가 필요하며 다수의 리더를 이용하여 수집된 데이터의 정보 관리를 위한 미들웨어가 필요하다. 위치인식

기법들은 크게 리더기와 태그의 사용에 따른 시스템 환경 설정으로 분류될 수 있다.

리더기의 경우 태그에 비해 고가이기 때문에 태그를 고정노드로 설치하고 리더기를 이동객체에 부착하여 위치를 인식하는 방식과 리더기를 고정노드로 부착하고 이동객체가 태그를 소지하는 방식이 있다[25].

위치를 추정하는 방식으로는 TOF를 이용한 기술 및 RSSI에 의한 LANDMARK방식으로 위치를 알 수 있다. 하지만 노드의 특성에 따라 거리의 제약이 많고 정밀한 위치추정을 위해서는 많은 노드 설치가 필요하기 때문에 정밀위치인식 보다는 적은 수의 고정노드를 이용한 공간추정 및 장소 추정으로 많이 사용되고 있어 정밀 위치인식이 필요 할 경우 사용은 적합하지 않다.

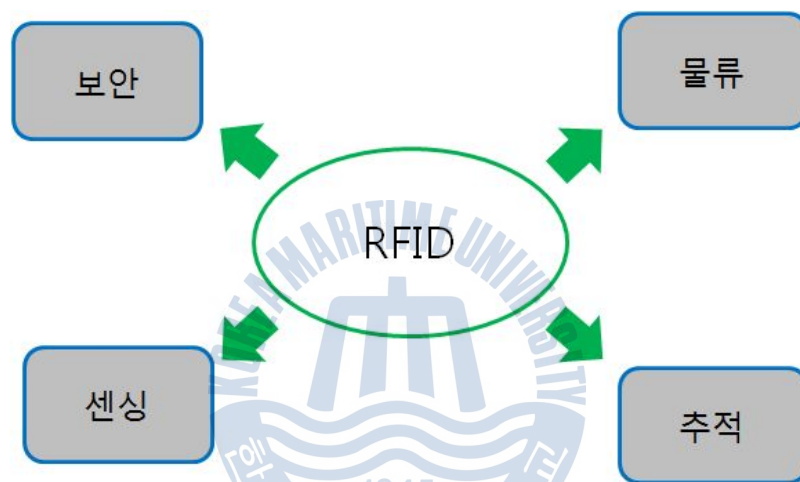


그림 2.7 RFID의 활용

Fig. 2.7 The Application of RFID

## 2.5 Wi-Fi Fingerprint

기존의 Zigbee의 RSS를 이용한 위치인식 방법으로 사용되던 기술로서 최근 실내에 많이 보급되고 있는 Wi-Fi 수신기의 신호세기를 측정하여 위치를 추정하는 방식이다.

Wi-Fi는 WLAN의 표준 규격 명으로서 무선주파수를 사용하므로 별도의 선이 필요없이 4~11Mbps의 속도로 데이터 송수신이 가능한 무선통신방법이다. 하지만 AP당 신호의 커버리지가 최대 200m로 다른 통신에 비해 협소하기 때문에 근거리 네트워크망을 구축하는데 많이 쓰이고 있다.

최근 대형 건물이나 가정 내에 Wi-Fi 라우터가 보급되면서 별도의 노드가 필요 없이 위치추정이 가능하다[26-27]. 송신기와 수신기 사이에 측정된 신호세기는 거리에 반비례하므로 한 AP라도 일정한 거리마다 다른 신호 값을 가지게 된다. 이론적으로는 거리에 따라 신호의 세기는

일정하게 변하지만 실내의 경우 장애물과 벽이 많기 때문에 한 AP를 중심으로 같은 거리라도 주변 구조에 따라서 신호의 세기는 달라진다.

Wi-Fi기반의 RTLS는 시스템이 동작하는 방식에 따라 Infrastructure WLAN (Client/Server) 방식과 Ad-hoc WLAN(Peer-to-Peer)방식으로 나눌 수 있다.

Infrastructure WLAN (Client/Server) 방식은 통신 연결을 위해 AP들이 신호를 주기적으로 보내주면 이를 휴대용 노드가 수신하여 약속된 프로토콜 형식으로 변환하여 데이터를 전송하는 방식이며, Ad-hoc WLAN방식은 이동노드 또는 tag가 직접 신호를 송신하면 이를 AP가 수신하여 서버로 전송하는 방식이다.

Infrastructure WLAN방식의 경우, 주기적으로 신호를 송신해야하기 때문에 전송 주기를 단축시키기 어려우며 앵커 신호를 수집해야하므로 전력 소모가 크지만 상용 AP를 그대로 사용할 수 있는 장점이 있다. Ad-hoc WLAN 방식은 태그가 앵커 신호를 직접 송신하는 방식이기 때문에 Infrastructure WLAN방식에 비해 전력 소모가 적고 앵커 신호 주기도 많이 단축할 수 있는 장점이 있지만, RTLS를 위하여 새롭게 전용 AP를 설치해야 하기 때문에 별도의 시스템 구축 및 노드 비용이 추가로 필요하다[28-29].

이러한 상황에서도 위치를 추정하기 위한 Fingerprint 방식은 크게 training 단계와 positioning 단계로 나눈다. 그림 2.8은 Fingerprint 기법의 흐름도를 나타낸다.

training 단계는 실시간 위치인식을 위한 공간에서 각 위치에서 측정되는 AP신호를 수집하고 이를 바탕으로 radio map을 구성하는 단계이다. 위치인식을 위한 AP신호는 기본적으로 AP의

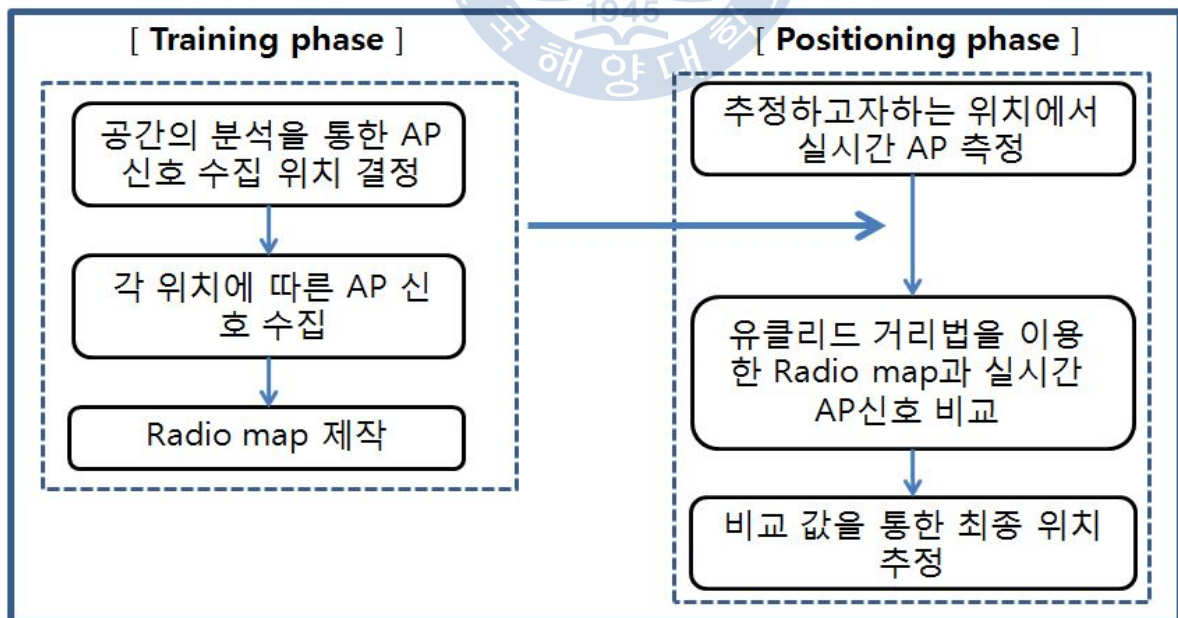


그림 2.8 기초적인 Fingerprint의 흐름도  
**Fig. 2.8** Conventional Fingerprint flowchart

SSID(Service Set Identifier), RSS(Received Signal Strength)를 반드시 포함해야한다. 위치인식을 하고자 하는 공간에서 radio map을 구성하기 위해서는 일정한 거리를 바탕으로 각 위치마다 측정되는 신호를 저장한다. 거리는 기본적으로 3m로 설정하여 측정하며 그 위치에서 측정 가능한 모든 AP신호를 수집한다. 이때 실시간으로 측정되는 신호는 수신기의 성능 및 신호세기에 따라 미수신 되는 현상이 발생하므로 향후 정확한 위치를 추정하기 위해서는 한 위치에서 AP 데이터를 최대한 많이 수집해야 한다. 데이터를 수집하는 단계에서 시간 소비가 크기 때문에 이에 따른 연구가 활발히 진행되고 있다. 기본적으로 이미 실내에 설치 되어있는 AP를 이용하여 위치를 추정하기 때문에 RSS를 이용하는 특성상 향후 AP의 수나 위치가 변경될 경우 radio map이 변경되기 때문에 다시 재작해야한다.

positioning 단계는 training 단계에서 제작된 radio map을 이용하여 실제 위치를 추정하는 단계이다. 이미 radio map으로 저장된 신호 데이터와 위치를 추정하고자 하는 임의의 위치에서 실시간으로 측정된 신호를 유클리드 거리법을 이용하여 위치를 찾는 방법이다. 제작된 radio map의 각 위치  $i$ 에 따라 수집된 신호의 배열을 아래 식 (6)으로 나타낼 수 있다.

$$P^i = [AP_1, AP_2, AP_3, \dots, AP_n] \quad (6)$$

또한 추정하고자하는 위치에서 실시간으로 측정되는 신호의 배열  $P_r$ 은 아래 식 (7)과 같다면

$$P_r = [AP_{r_1}, AP_{r_2}, AP_{r_3}, \dots, AP_{r_n}] \quad (7)$$

식 (6)과 식 (7)을 이용하여 아래 식 (8)의 유클리드 거리법을 적용하여 모든 radio map과 비교 연산하게 된다.

$$Dist(i) = \sqrt{\sum_{j=1}^n (AP_j - AP_{r_j})^2} \quad (8)$$

이때, 연산된  $Dist(i)$ 는 각 위치별로 값으로 생성되며 아래 식 (9)를 통해서 이 중에서 radio map과 값의 차이가 가장 적은 위치  $P_s$ 를 최종적인 위치로 추정한다.

$$P_s = \min(Dist(i)) \quad (9)$$

측정되는 신호의 RSS는 주변 신호 환경과 구조에 따라 항상 하나의 값을 가지지 않고 일정한 범위 내에서 변동한다. 따라서 3m를 간격으로 위치를 측정하면서 모든 측정되는 AP의 RSS가 변하기 때문에 위치 오차는 증가하게 된다. 따라서 기본적으로 확률기반의 필터를 이용하여 위치를 보정한다.



## 제 3 장 실험 및 분석

### 3.1 선내 적용을 위한 기초 연구

기존의 실내 위치인식 시스템을 선박에 그대로 적용하기에는 주변의 전파 환경이나 구조 및 구성 재질 등 다양한 변수가 많이 존재한다. 따라서 선내에 가장 적합한 인식 기법을 설정하기 위하여 대표적인 위치인식 기술인 CSS, UWB, Wi-Fi의 특성실험을 실시하였다. 동일한 복도를 기준으로 거리를 측정하였으며 모두 기본적인 측정을 통해 데이터를 수집하였다.

#### 3.1.1 CSS에 대한 선내 특성 실험

CSS를 이용한 선내 특성 실험은 위치인식에 절대적으로 영향을 미치는 송수신기간의 거리측정을 중심으로 분석하였다.

실험을 위한 CSS기반의 송수신기 노드는 아래 그림 3.1과 같다. 이 노드는 한백전자의 Ubi-nanoLoc 제품으로서 하드웨어는 다음 표 2와 같이 구성되어있다. 2.45GHz의 주파수를 사용하는 노드는 nanoloc chip에 의해 SDS-TWR 방식으로 거리를 추정하며 RS-232 직렬통신을 통해 데이터를 수집하는 방식으로 진행되었다.

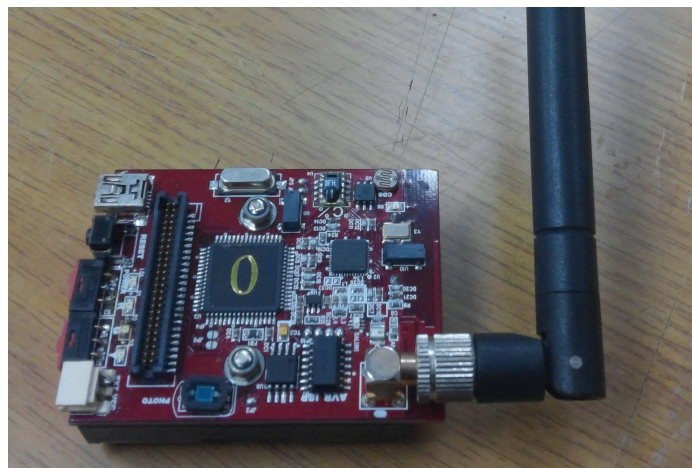


그림 3.1 CSS를 이용한 노드

Fig. 3.1 A node using CSS



표 2 하드웨어 사양

Table 2 Hardware Specifications

항목	사양
Microcontroller	ATmega 128L
RF Tranceiver	NA5TR1
Modulation	CSS
Data rate	MAX 2Mbps
power	3.6 ~ 4.5V



그림 3.2 실험환경

Fig. 3.2 The Experimental environment

실험 환경은 비교를 위해 그림 3.2와 같이 일반 복도와 선내 복도를 기준으로 거리 수신 실험을 진행하였다. 실험 장소는 건물의 경우 한국해양대학교 공과대학 1호관 3층 복도로 설정하였으며 선박은 한국해양대학교 실습선 한바다호에서 진행하였다.

실험은 고정노드를 천장에 부착하고 이동노드를 움직이면서 측정하는 방식으로 실시하였으며 건물의 경우는 2.7m, 선박의 경우 2m로 두 공간의 천장 높이가 서로 다르기 때문에 이러한 문제를 해결하기 위하여 아래 그림 3.3과 같이 피타고라스 정리에 의해 이동거리를 설정하였다.

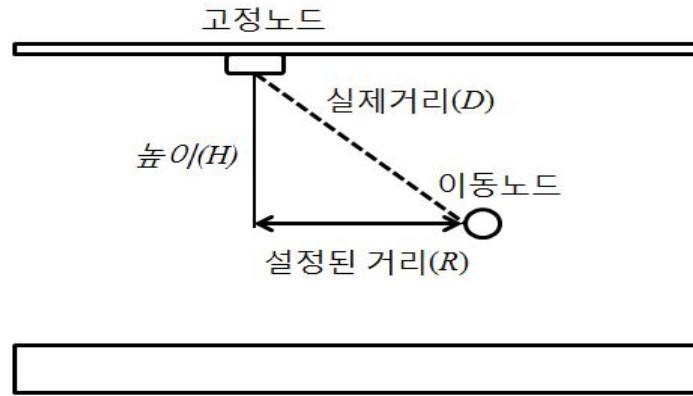


그림 3.3 환경설정을 위한 거리 추정 방법  
**Fig. 3.3** Pythagorean theorem for preferences

이때 바닥을 기준으로 1m의 높이로 이동노드의 높이를 설정하고 계산에 의해 구해진 실제거리  $D$ 를 m단위로 나누어 바닥에서  $R$  m 이동하는 방식으로 실시하였다. 따라서 식 (10)과 같이  $R$ 만큼 이동을 하면서 거리를 측정하게 된다.

$$R = \sqrt{D^2 - H^2} \quad (10)$$

이를 통해 선박과 건물내부에서 실험한 결과는 그림 3.4와 같다. 실험거리는 선박의 실험 공간상 LOS환경 10m를 기준으로 객실의 문은 개방한 상태에서 실험을 진행하였다. 건물의 경

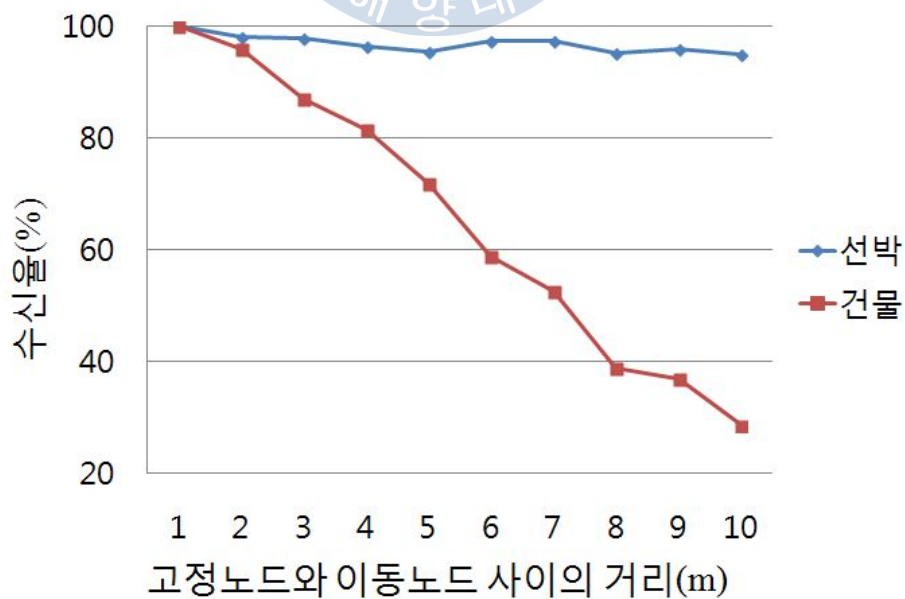


그림 3.4 선박과 건물에서의 데이터 수신율 비교  
**Fig. 3.4** The data reception rate comparison ship and building

우 거리가 멀어지면서 데이터의 수신율이 급격히 떨어지는 것을 알 수 있지만 선박에서 실험할 경우 같은 거리에서도 95%이상의 매우 높은 수신율을 유지하는 것을 확인하였다. 이는 선박 내부가 건물보다 전파의 송수신 거리가 크다는 것을 알 수 있다. 또한 그림 3.5는 선박 내에서 CSS에 의해 실제 거리에 따른 측정된 거리값을 나타낸다. 실험 결과, 0~1m 이내의 매우 가까운 거리는 비교적 정확한 값을 보였지만 그 이상 거리가 멀어지면서 실제 거리에 비해 최대 3배 이상 측정 거리값이 증가하는 것을 확인할 수 있다. 그림 3.4와 그림 3.5의 분석결과, 밀폐된 철골구조에 의한 전파의 반사 및 굴절에 의해 CSS를 이용한 위치 신호는 인식 거리는 증가하지만 위치의 정확성은 매우 떨어져 2m이상 측정이 거의 불가능하였다. 따라서 CSS를 선내에 적용하기 위해서는 매우 조밀하게 노드를 배치해야하며 이는 실질적인 적용이 어렵다.

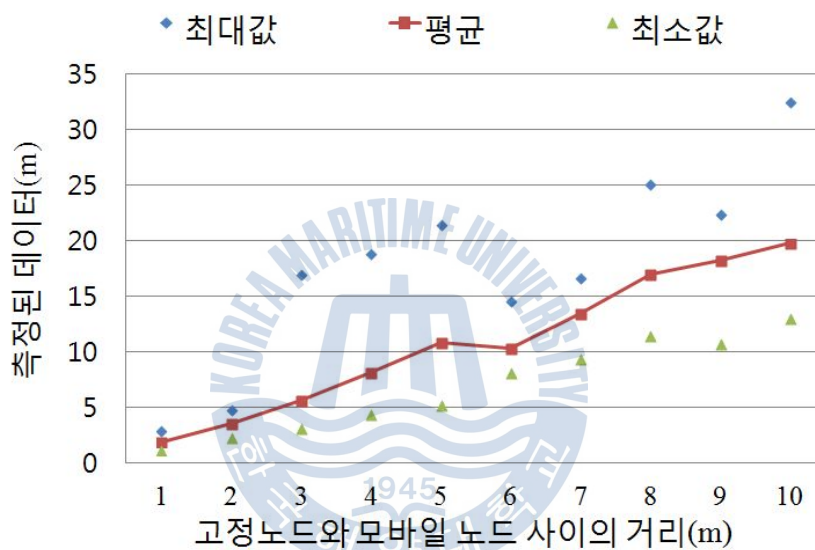


그림 3.5 CSS에 의해 측정된 거리

Fig. 3.5 The measured distance by CSS

### 3.1.2 UWB에 대한 선내 특성 실험

UWB를 이용한 선내 특성 실험은 CSS의 실험과 마찬가지로 진행되었다. 그림 3.6은 실험에 사용된 UWB노드인 Timedomain사의 P410이다.

UWB 노드는 부착 및 이동이 쉽도록 7.2v전원에 크기는 가로 7.6cm, 세로 8cm에 다이폴안테나를 사용하였다. 초당 최대 6회의 거리 수신에 가능하며 NLOS환경에서도 위치 정확도를 유지하기 위하여 CRE 알고리즘을 적용하였으며 cm단위의 측정이 가능하다. 그림 3.7은 이동거리에 따른 UWB의 거리 측정값을 나타낸다. CSS와 비교하였을 때 수신율의 차이는 거의 없다는 것을 확인하였다.

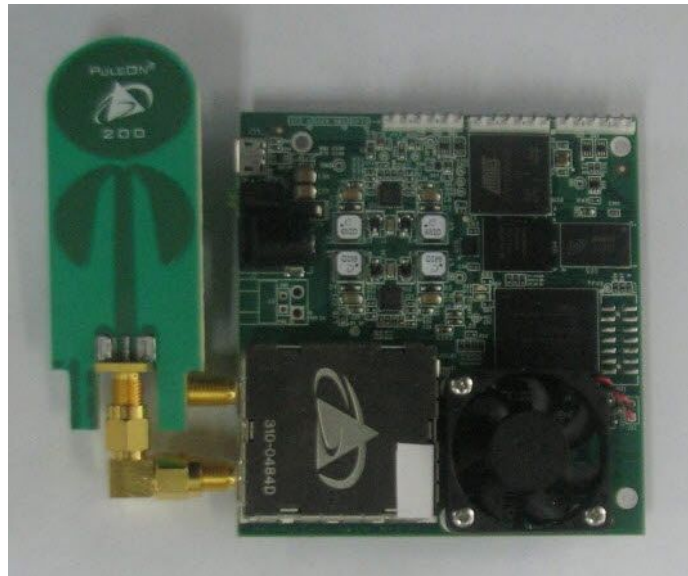


그림 3.6 UWB 노드  
**Fig. 3.6** The UWB node

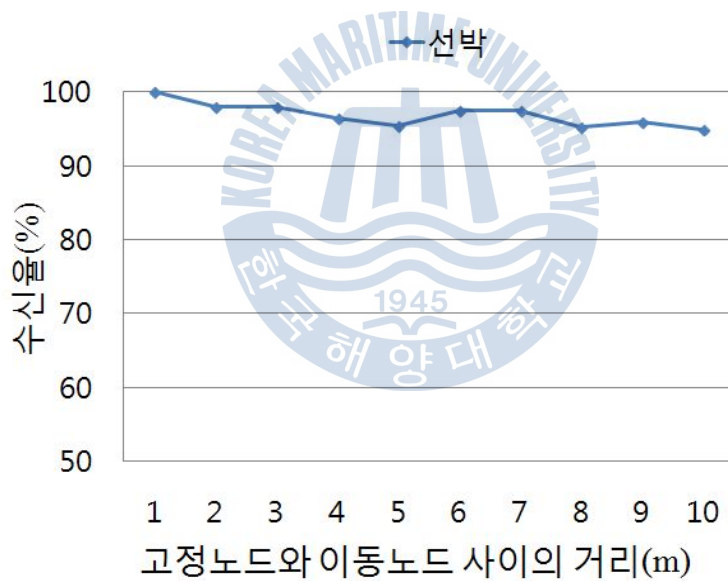


그림 3.7 UWB에 의한 수신율 측정 결과  
**Fig. 3.7** The measured result of reception by UWB

그림 3.8은 이동거리에 따른 UWB의 거리 측정값을 나타낸다.

측정결과, CSS방식에 비해 UWB의 거리 정확도가 매우 높게 나타났다. 이동거리에 따른 측정거리를 평균 10cm이내로 매우 정확하게 나타냈으며 추가적으로 실시한 NLOS환경 실험에서도 오차는 0.38m로 50cm 내의 정확한 거리 인식률을 보였다.

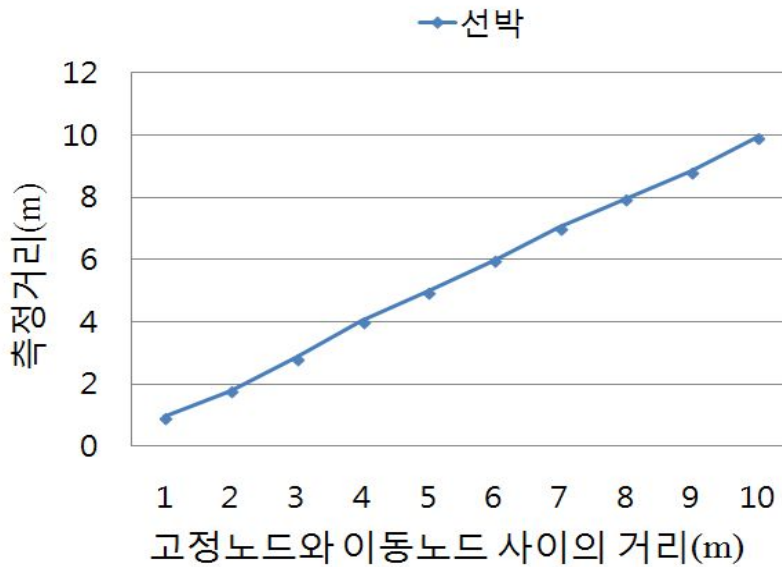


그림 3.8 UWB에 의한 거리 측정 결과

Fig. 3.8 The measured result of distance by UWB

따라서 TOF를 이용한 대표적인 기술인 CSS와 UWB의 실험 비교 결과, 평균적인 오차도 CSS의 경우 5.4m로 나타났지만 UWB의 경우 평균오차는 0.08m로 나타났다. 이러한 결과를 바탕으로 실내 위치인식에는 UWB가 더 적합하다는 것을 알 수 있다.

### 3.1.3 Fingerprint에 대한 실내 특성 실험

최근 가장 많이 보급된 WLAN은 정보송수신 뿐만 아니라 위치인식분야에도 사용 할 수 있게 되었다. 일반건물에서의 실험과 실내의 실험은 AP의 개수가 다르고 장애물의 유무에 따라

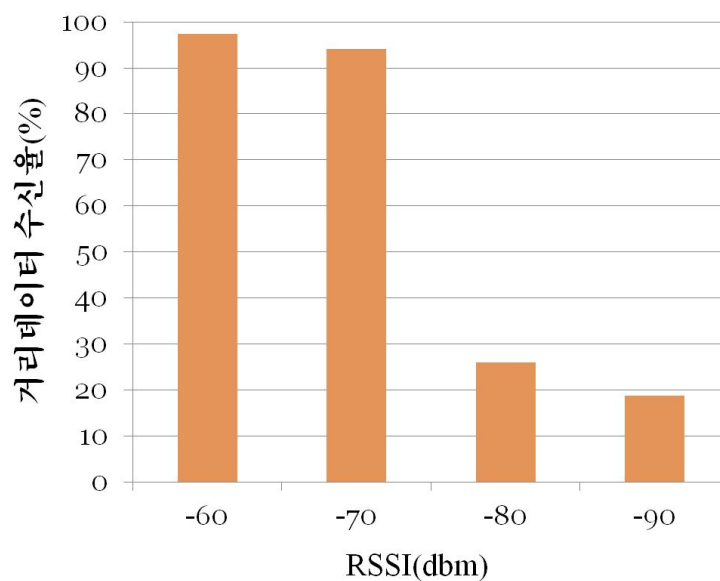


그림 3.9 신호세기에 따른 수신율

Fig. 3.9 The data reception according to RSSI

같은 거리라도 결과가 달라지기 때문에 각각 AP 하나씩의 신호만을 이용하여 두 장소에서의 신호 특징을 분석하였다.

그림 3.9는 신호세기에 따른 mobile phone에서의 AP신호 수신율의 변화를 나타낸다. 이는 동일한 위치에서도 실시간 수집되는 신호는 이 그림에 따라 변화되며 모든 신호를 한번에 측정할 수 없음을 나타낸다. 따라서 여러 번의 수집을 통해 radio map을 구성하는데 있어서 수집 횟수를 늘려야하며 거리비교에서도 신호 연산의 제약이 따른다.

그림 3.10은 선박과 건물 내에 있는 임의의 AP의 거리에 따른 신호 세기 변화를 나타낸다. 실험 결과와 같이 선박 내부에서의 신호세기는 건물 내에서 보다 변화 폭이 적다는 것을 확인할 수 있다. 이 결과는 실질적으로 Fingerprint 만으로 실시간 위치인식을 할 경우 오차 범위가 많이 발생 할 것이라는 것을 알 수 있다. 거리에 따른 신호세기의 변화를 통해 위치를 인식하는 Fingerprint의 특성상 일반 건물과 같이 조밀하게 radio map을 구성할 경우 오차가 많이 발생하게 된다. 신호세기의 구분이 가능하고 AP의 구분이 명확한 구역별로 신호를 수집해야 할 필요가 있다.

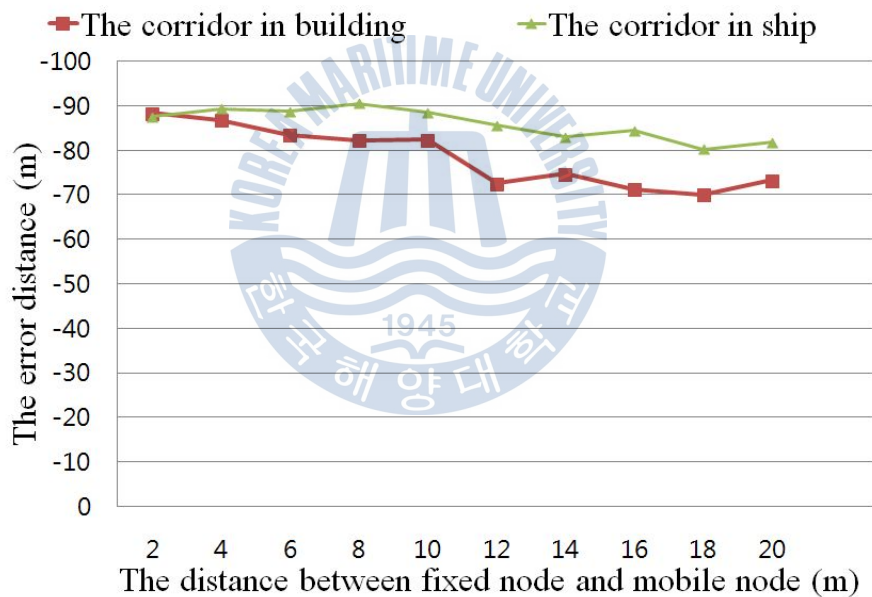


그림 3.10 RSSI에 대한 건물과 선내 비교  
**Fig. 3.10** Comparison building and ship to RSSI

### 3.2 제안한 위치인식 알고리즘

실험 구성은 표 3과 같다.

기본적인 위치인식 기술을 통한 기초 실험 결과를 바탕으로 실시간 선내 정밀 위치인식에 적합한 UWB와 Wi-Fi의 융합 위치인식 기법에 대해 제안한다. 그림 3.11은 제안한 위치인식 방법의 흐름도를 나타낸다.

표 3 실험 구성

Table 3 Experimental setup

항목	구성
고정노드	P410(UWB), Wi-Fi AP
이동노드	P410(UWB) + Mobile phone(Wi-Fi)
알고리즘 구현	C#(visual studio)
radio map 제작	MYSQL

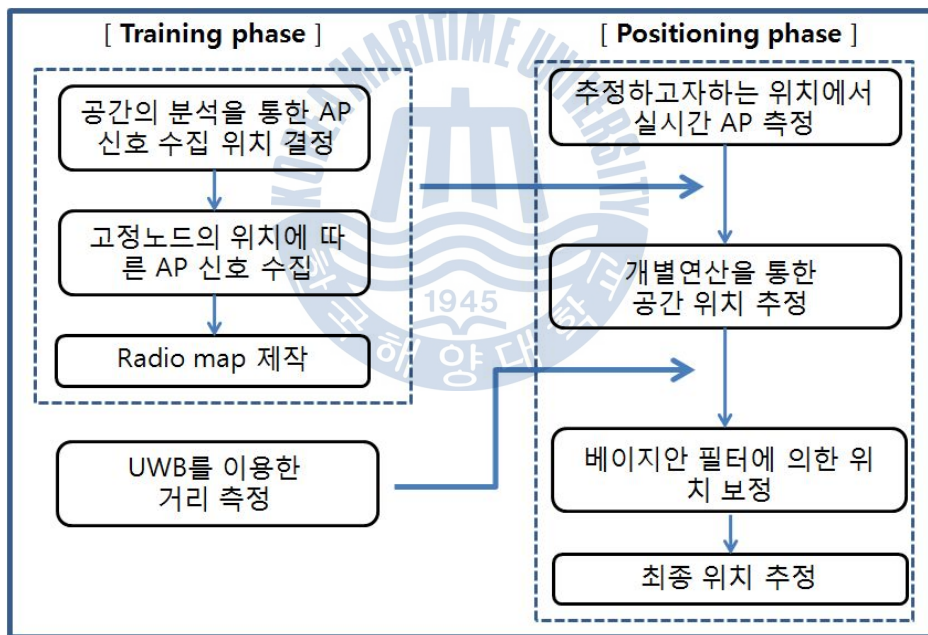


그림 3.11 제안한 알고리즘의 흐름도

Fig. 3.11 The Flow chart of proposed algorithm

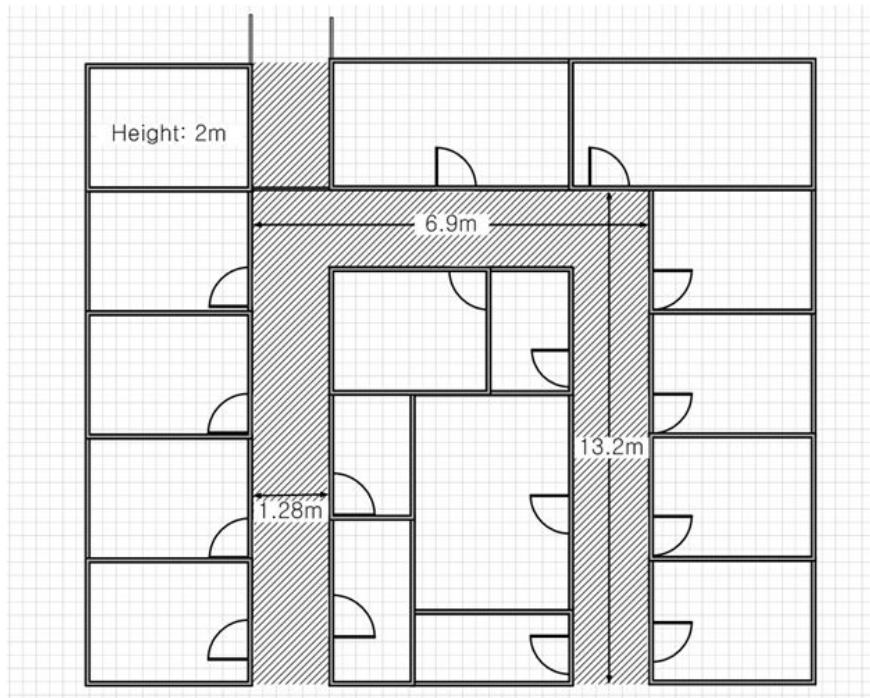


그림 3.12 실험 환경

Fig. 3.12 The experimental environment

최종 실험을 위한 한바다호의 실내 구조는 그림 3.12와 같다. radio map 구성을 위한 training 단계에서는 실험 공간 내에서 최적의 노드배치를 우선적으로 고려한다. UWB만을 이용하여 위치를 추적할 경우 2개의 노드를 이용하여 위치를 추적하지만 제안한 방식은 노드 1개만이 필요하므로 모든 공간을 수신 범위 안에 넣을 수 있는 위치를 선정하여야 한다. 노드의 위치선정 후 다음 단계는 Wi-Fi 신호 수집을 위한 단계이다.

기존의 Wi-Fi신호 수집은 일정한 m를 단위로 지정하여 수집하였지만 제안한 방식은 UWB의 수신 거리에 맞추어 중간 부분은 제외하고 수신 가능 거리 끝부분에서만 수집하는 방식이다. 이 경우 radio map의 크기는 3m를 기준으로 수집 할 때와 비교해서 37%로 작아진다. 이를 통해 AP신호 수집시간을 줄이고 연산속도를 향상시킬 수 있다. 수집된 AP신호는 MySQL을 이용하여 라디오 맵을 작성하였다. 그림 3.13은 MySQL을 이용하여 만든 radio map을 나타낸다. 한 위치에 따라 수집된 신호를 행으로 배열하였고 각 AP 신호는 한 위치에서 100회 이상 수집 후 평균을 구해 입력하는 방식으로 제작하였다.

이러한 과정을 통해서 radio map이 제작되면 positioning 단계를 통해 위치를 인식한다.

positioning 단계에서는 UWB의 거리값과 Wi-Fi의 구간 인식을 통한 방향 설정을 통해 최종 위치를 추정한다. UWB 노드 하나를 복도에 설치하였다면 이동노드와의 거리값만으로 방향을 알 수 없다. 하지만 Wi-Fi의 Fingerprint를 통해 방향을 알 수 있는 방식이다.



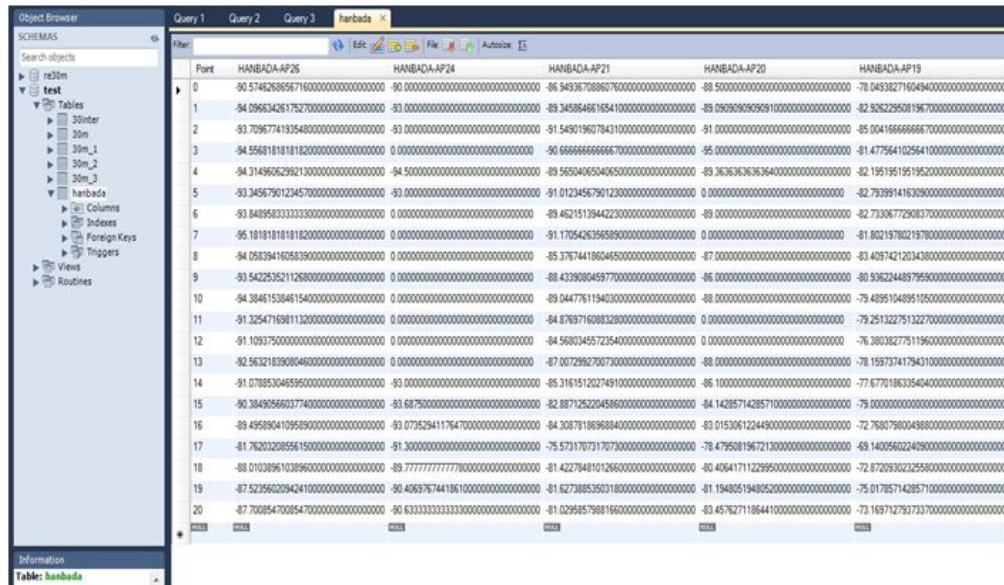


그림 3.13 MySQL로 제작한 radio map  
**Fig. 3.13** The created radio map using MySQL

실시간 위치를 알고자하는 장소에서 직접 제작한 app을 통해 mobile phone에서 신호를 측정한다. 측정된 신호는 bluetooth통신을 통해서 컴퓨터로 전송되며 이 값은 MYSQL에 의해 제작된 radio map과 연산하게 된다. 여기서 연산속도를 높이기 위하여 연산 방법을 개선하였다.

제작한 radio map은 일반적인 radio map과 다르게 거리 간격이 넓어 신호의 구분이 뚜렷하다. 따라서 mobile phone에 실시간으로 측정되는 신호는 모든 연산 없이도 추정이 가능하다. radio map의 신호값이 식(11)이고 mobile phone에 의한 실시간 측정 신호를 식(12)라 하면

$$P^i = [P_1^i, P_2^i, P_3^i, \dots, P_n^i] \quad (P_1^i > P_2^i > P_3^i > \dots > P_n^i) \quad (11)$$

$$P_r = [AP_{r_2}, AP_{r_6}, AP_{r_{11}}, \dots, AP_{r_n}] \quad (r = 1, 2, 3, \dots, n) \quad (12)$$

두 신호의 연산은 측정신호의 세기가 가장 강한 신호부터 3개를 radio map과 아래 식 (13)을 통해 비교한다.

$$Dist(i) = (P_j^i - AP_{r_j}) \quad (13)$$

이때 한 신호 당  $Dist(i)$ 가 가장 작게 나타나는 순서로 예상 위치  $i$ 를 3개씩, 총 AP신호 3개를 이용하여 총 9개의  $i$ 를 예상위치로 추정한다. 이때 위치로 지목한  $i$ 가 가장 많은 장소가 추

정 공간이 된다.

추정된 공간을 통해 고정노드를 중심으로 이동체의 방향을 추정가능하다. 인지된 방향을 바탕으로 정확성이 높은 UWB의 거리 측정 기법을 사용하여 최종적인 위치를 추정한다. 이때 이동체가 이동하면서 발생하는 공간 추정 오류는 표준편차를 이용하여 위치를 보정한다.

### 3.3 실험 및 결과

UWB와 Fingerprint를 이용하여 위치를 인식하기 위하여 다음 그림 3.14와 같이 radio map 을 구성하고 고정노드를 설치하였다.

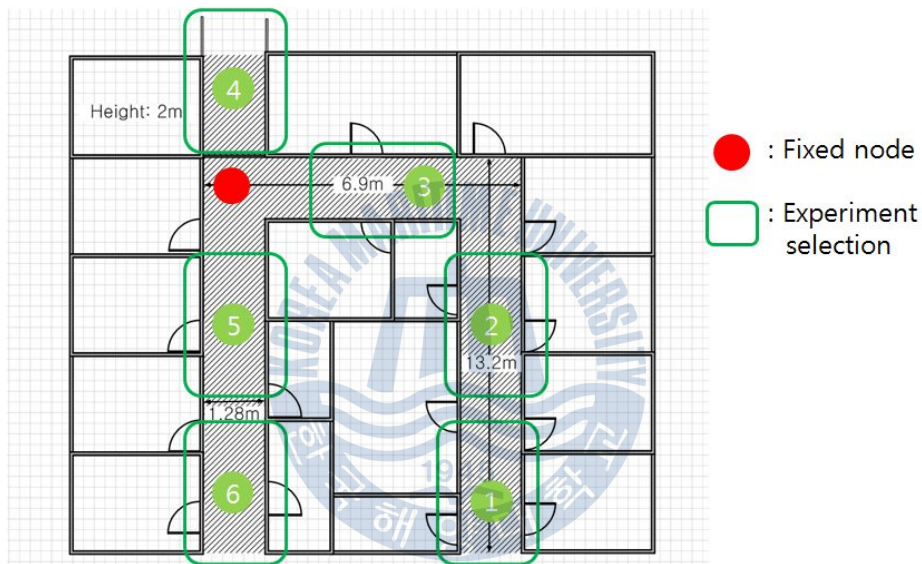


그림 3.14 radio map과 고정노드

Fig. 3.14 The radio map and Fixed node

노드는 모든 실험구간을 수신 범위 안에 들어가도록 하였으며 지금의 설치 지점 외에 3번 구역에 설치하여도 비슷한 결과를 얻을 수 있다.

다음과 같이 실험을 구성하고 각 위치에서 실험을 진행한 결과는 아래 그림 3.15와 같이 나타났다. 실험 결과 radio map의 차이가 뚜렷하게 나타나는 1, 6에서 인식률이 가장 높게 나타났으며 고정 노드를 주변으로 인식률이 떨어지는 것을 알 수 있다. 이는 3, 4, 5지역에서 위치 인식을 시작 할 경우에 radio map의 신호차이가 크지 않아 발생하는 위치 오류로 1,6에서 인식 후에 이동하면서 측정 할 경우 오차는 발생하지 않았다.

이러한 단점을 보완하기 위하여 거리값과 위치이전 값을 활용한 확률 알고리즘을 적용하여

위치를 추적하였다. 확률알고리즘은 거리값의 변화량이 초당 2m이내의 변화량을 보일 경우 Fingerprint 추정위치의 이전 측정위치에서 이동방향에 있는 예상위치에 가중치를 주어서 주변 불가능한 위치의 추정을 배제하는 기법을 적용하였다. 그 결과 위치의 추정 확률은 증가하였으며 그림과 같이 나타났다.

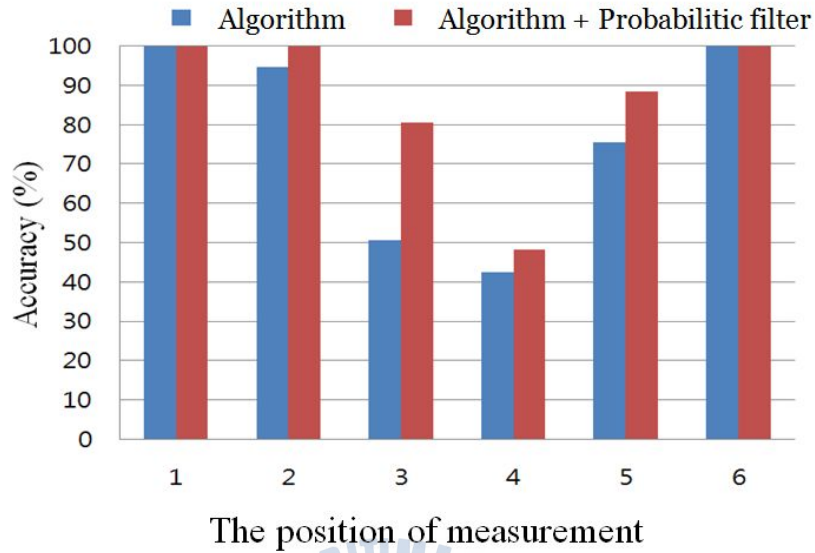


그림 3.16 위치추정결과  
**Fig. 3.15** The results of localization

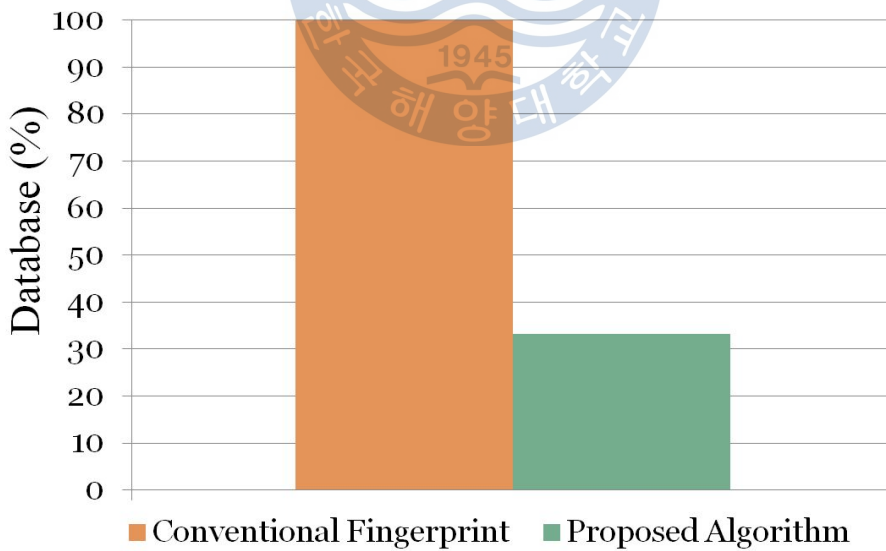


그림 3.17 radio map의 크기 비교  
**Fig. 3.17** The comparison of radio map size

기존의 Fingerprint를 사용하여 구성한 radio map의 크기를 비교한 결과는 그림 3.17과 같다.

기존의 연산은 모든 신호를 수집해야하기 때문에 radio map의 크기가 크며 그 만큼 연산량도 늘어났다. 하지만 제안한 방법을 통해 실험한 결과 기존의 Fingerprint 대비 60%감소한 것을 확인 할 수 있다.

따라서 이 시스템의 정확도를 위해서는 노드근처의 정확도 개선을 위한 알고리즘이 추가적으로 필요하다.



## 제 4 장 결론 및 고찰

본 논문에서는 선내 실시간 위치인식을 위하여 대표적인 위치인식 장비를 이용하여 특성을 분석하고 UWB와 Fingerprint를 융합한 위치인식 기법을 제안하였다. Fingerprint를 이용하여 공간적인 위치를 파악하고 이를 바탕으로 UWB를 이용하여 정밀한 위치를 추적하는 방식으로 연산량을 줄이고 노드 수를 감소시켰다.

chirp 방식을 사용하는 CSS의 경우 선내에서 반사나 굴절에 민감하여 수신거리는 증가하나 아주 짧은 1~2m정도 내외까지만 어느 정도의 거리 정확성을 가지고 이후 거리에서는 오차가 2~3배 이상 급격히 증가하는 현상을 확인 할 수 있었다. 따라서 일반 건물 내에서의 결과만큼 정확성이 높지 않았으며 선내에서의 사용에 부적합하다는 것을 알 수 있다.

UWB방식은 CRE알고리즘을 통해 반사 및 굴절에 영향이 매우 적어 NLOS환경에서도 10~20cm이내의 오차만을 보였다. 따라서 선내 정밀위치인식이 가능함을 확인 할 수 있었으며 기존 실험을 통하여 이변측위 및 삼변측위를 이용해 위치의 정확도를 확인하였다. 다만 UWB 노드가 현재 매우 고가이기 때문에 실제로 적용하기 위해서는 비용이 크게 들어간다. 따라서 본 실험을 통해 동일한 환경에서 노드의 수를 1개로 사용 하면서 정확도를 유지하였다.

Wi-Fi를 이용한 Fingerprint는 위치인식의 오차가 약 3m 정도 발생하여 정밀한 위치인식이 어렵다. 선내의 고정형 AP는 이동이 어렵고 굴절 및 반사에 의한 변동이 거의 없기 때문에 안정적인 위치수신이 가능하였다. 하지만 신호의 세기변화를 이용한 위치인식 방식인 Fingerprint는 일반 건물에 비해 선내에서 신호세기의 변화가 적어 3m단위는 측정 신호의 변동에 의해 구분이 어렵다. 따라서 선내에 적용을 위해서는 Fingerprint방식만으로는 건물에서 적용하던 방식을 사용하기 어렵다는 것을 알 수 있다.

따라서 정밀위치인식이 가능한 UWB와 기존에 설치되어있는 Wi-Fi Fingerprint를 이용하여 고가인 UWB의 노드를 줄이고 정밀한 위치인식이 가능한 알고리즘을 제안하였다. 제안한 방식을 통하여 복도구간에서의 위치정확도에 대한 실험을 하였으며 높은 인식률을 보였다. Fingerprint의 경우 radio map을 구성하는데 오랜 시간이 소모된다. 하지만 본 방식은 동일한 공간에 넓게 신호의 radio map을 구축함으로써 시간을 줄이고 연산량을 감소시켰다.

실험결과, 기존에 위치인식에 사용되는 이변측위에 비해 이동노드의 수를 50% 감소시켰으며

radio map의 크기를 줄이면서 연산량은 기존의 Fingerprint에 비해 60% 감소시켰다.

이 연구를 통하여 향후 승객이 많은 크루즈 및 여객선에 배치하여 선박사고 발생으로 인한 대피 상황시 유용하게 쓰일 것으로 기대된다.



## 참고문헌

- [1] Choi H.M. et al., 2008. Localization System Using Wireless Sensor Networks. *Proceeding of Korean Multimedia Society*. pp. 84-87.
- [2] Gomez-Gil et al., 2011. A Simple Method to Improve Autonomous GPS Positioning for Tractors. *Sensors*, 11(6), pp. 5630-5644.
- [3] Park, B. et al., 2013. DGPS Enhancement to GPS NMEA Output Data: DGPS by Correction Projection to Position-Domain. *The journal of navigation*, 66(2), pp. 249-264.
- [4] 윤정미, 정진욱, 김대환, 이상학, 2005. 유비쿼터스 홈을 위한 실내위치인지시스템 개발에 관한 연구. *대한전자공학회 추계종합학술대회*, 28(2), pp. 1117-1120.
- [5] Kwon S.K., 2010. *Compensation Algorithm for Localization based on Equivalent Distance Rate and Kalman Filter*. Ph.D. Seoul: Sejong University.
- [6] Caporuscio, M. Raverdy, P. & Issarny, V., 2012. ubiSOAP : A Service-Oriented Middleware for Ubiquitous Networking. *IEEE transactions on services computing*, 5(1), pp. 86-98.
- [7] Hazas M., J. Scott, & J. Krumm, 2004. Location-Aware Computing Comes of Ages. *IEEE Computer Magazine*, 37(2), pp. 95-97.
- [8] Ryu J.T. & Kim I.K., 2012. The development of indoor location measurement System using Zigbee and GPS. *Journal of the Korea industrial Information System Society*, 17(4), pp.1-7.
- [9] 박종태, 이위혁, 조영훈, 나재욱, 2005. 유비쿼터스 센서 네트워크에서 위치측정 기술. *전자공학회지*, 32(7), pp. 81-94.
- [10] Kwon H. J., 2007. *TOA estimation and AOA estimation for wireless location*. Ph.D. Busan: Dong-Myung University.
- [11] Lee D. Y. et. al., 2011. A Study on Development based on ToA Method of Location Determination System in Indoor. *Journal of the Korea Safety Management and Science*. 15(1), pp. 217-229.
- [12] Han S.W., 2010. *A Study on CSS Based Real Time Location Awareness Systems Error Compensation Algorithm*. PH. D. Gunpo: Hansei University.

- [13] Cho H.J., Hwang K.I., Noh D.S. & Seo D.H., 2012. Real time indoor positioning system using IEEE 802.15.4a and sensor. *Journal of the Korean Society of Marine Engineering*. 36(6) pp. 850-856.
- [14] Kong I.Y. & Kim H.J., 2011. Experiments and its analysis on the Identification of Indoor Location by Visible Light Communication using LED lights. *International journal of maritime information and communication sciences*, 18(5), pp. 488-495.
- [15] Seong J.H., Choi J.H., Kim J.S., & Seo D.H., 2012. An Experimental Study on Compensation algorithm for localization using modified bilateration and pyroelectric sensor in a ship. *Journal of the Korea Society of Marine Environment & Safety*. 15(5), pp. 1045-1052.
- [16] Seong J.H., Lim T.W., Kim J.S., Park S.G., & Seo D.H., 2013. An improvement algorithm for localization using adjacent node and distance variation analysis techniques in a ship. *Journal of the Korean Society of Marine Engineering*. 37(2), pp. 213-219.
- [17] Dewberry B. & Beeler W., 2012. Increased Ranging Capacity using Ultrawideband Direct-path Pulse Signal Strength with Dynamic Recalibration. *Position Location and Navigation Symposium (PLANS)*. pp. 1013-1017.
- [18] Cho, H. T. Kim, T. W. & Baek, Y. J., 2012. Enhanced Trajectory Estimation Method for RTLS in Port Logistics Environment. *In High Performance Computing and Communication & 2012 IEEE 9th International Conference on Embedded Software and Systems (HPCC-ICES)*, pp. 1555-1562.
- [19] Chang, Y. J. et al., 2012. An Integrated Service Model for Community Care: Designing a Healthy Life for the Elderly in Taiwan. *Public Health Frontier (PHF)*, 1(2), pp. 31-41.
- [20] D'Amico, Antonio A., Mengali, U., Taponecco, L., 2010. TOA Estimation with the IEEE 802.15.4a Standard. *IEEE Trans. Wireless communications*, 9(7), pp. 2238-2247.
- [21] Zhang, R. Hoflinger, F. & Reindl, L., 2013. Inertial Sensor Based Indoor Localization and Monitoring System for Emergency Responders. *IEEE Sensors Journal*, 13(2), pp. 838-848.
- [22] 남민석, 2010. *IEEE 802.15.4a CSS PHY를 이용한 적응형 정밀 거리 오차 보정 기법*. Ph.D. Deagu: Deagu University.
- [23] 최용림, 2009. *처프 스프레드 스펙트럼 방식을 이용한 실시간 위치확인 시스템*. Ph.D. Seoul: Hanyang University.



- [24] Yewei, D. Ye, Y. & Xiangnong, W., 2010. Wi-Fi-based real-time location and virtual guard system. In *Audio Language and Image Processing (ICALIP), 2010 International Conference on*, pp. 932 - 935.
- [25] 이미숙, 2009. 위치 기반 서비스를 위한 RFID 기반의 효과적인 위치 인식 시스템. Ph.D. Cheongju: Chungbuk University.
- [26] Chon, Y. & Cha, H., 2011. LifeMap: A Smartphone-Based Context Provider for Location-Based Services. *IEEE Pervas. Comput.*, 10(2), pp. 58-67.
- [27] Lee, B. G. & Chung, W. Y., 2011. Multitarget Three-Dimensional Indoor Navigation on a PDA in a Wireless Sensor Network. *IEEE Sensors Journal*, 11(3), pp. 799-807.
- [28] 김미경, 신요순, 박현주, 2011. AP주변 환경정보를 이용한 WLAN 기반 실내위치추정 알고리즘. *한국해양정보통신학회논문지*. 15(3). pp. 551-560.
- [29] Ma, Lin, et al., 2013. WLAN indoor positioning algorithm based on sub-regions information gain theory. *Wireless Communications and Networking Conference (WCNC), 2013 IEEE*. pp.4789-4794.

