



저작자표시-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

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

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



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

무선통신 기반 원점 복귀를 위한 상대좌표 추정에
관한 연구

The study of relative coordinates estimation for a home positioning based on
wireless communication



2014年 2月

韓國海洋大學校 大學院

電氣電子工學科

趙 鉉 宗

本 論 文 을 趙 鉉 宗 의 工 學 碩 士 學 位 論 文 으 로 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

趙 鉉 宗

목 차

List of Tables	iii
List of Figures	iv
Abstract	vi

1. 서 론

1.1 연구배경	1
1.2 논문구성	3

2. 관련이론

2.1 거리추정 방법	4
2.1.1 RSSI(Received signal strength indication)	4
2.1.2 ToA(Time of Arrival)	4
2.1.3 TDoA(Time Difference of Arrival)	6
2.2 위치추정 방법	8
2.2.1 무선통신 기반 위치추정 시스템	8
2.2.2 영상 기반 위치추정 시스템	9
2.3 잡음제거를 위한 필터링 알고리즘	11
2.3.1 이동평균 필터	11
2.3.2 저주파 통과 필터	11
2.3.3 칼만 필터	12
2.4 위치 추정을 위한 무선 통신방법	13
2.4.1 IR-UWB(Impulse Radio - Ultra Wide Band)	13
2.4.2 CSS(Chirp Spread Spectrum)	14

2.5 좌표의 회전 변환	14
3. 제안한 위치추정 시스템	
3.1 개요	16
3.2 제안한 시스템	16
3.2.1 세 개의 노드로 구성된 이동노드의 배치	16
3.2.2 제안한 위치 추정 시스템의 흐름	18
4. 실험 및 분석	
4.1 실험장비	22
4.2 Prototype	24
4.3 RE 기법 신뢰도 실험	26
4.4 실내 환경에서 방위각 실험 No.1	27
4.5 실내 환경에서 방위각 실험 No.2	28
5. 결론	
5.1 결론 및 향후 응용분야	29
참고문헌	30



List of Tables

Table 1.1 The application of ubiquitous computing	7
Table 4.1 UWB Hardware specTable	31
Table 4.2 Key Feature of the P410 RCM	31



List of Figures

Fig. 2.1 The method of the distance estimation using received signal strength	10
Fig. 2.2 The method of the distance estimation between two devices of system clock(OWR)	11
Fig. 2.3 The method of the distance estimation between two devices of asynchronous system clock(SDS-TWR)	11
Fig. 2.4 The method of the distance estimation using time difference of arrival(TDOA)	12
Fig. 2.5 Schematic diagram of trilateration	14
Fig. 2.6 Schematic of (a) an estimation error of trilateration and (b) a RE technique	15
Fig. 2.7 The example of natural landmark which estimate the location without a change of environment	16
Fig. 2.8 The example of artificial landmark which estimate the location through a change of environment	16
Fig. 2.9 System flow of kalman filter	19
Fig. 2.10 The wideband frequency and narrowband frequency	21
Fig. 2.11 (a) 2-Ary Modulation and (b) 4-Ary Modulation of CSS communication method	22
Fig. 2.12 Rotation of coordinates	23
Fig. 3.1 The scheme of the mobile node and reference node for deployment	24
Fig. 3.2 Block diagram of proposed localization system	25
Fig. 3.3 The estimating stage of the reference node : (a) Get the intersection point of circle and line (b) Get the first node coordinates (c) Get the second node coordinates by repeating previous two process	26

Fig. 3.4 The estimating stage of relative coordinates : (d) coordinates transfer based on estimated reference node (e) Get the azimuth of mobile node (f) Get the final coordinates of mobile node 28

Fig. 4.1 Ranging communication module based on UWB 30

Fig. 4.2 A prototype of (a) Reference node and (b) Mobile node 32

Fig. 4.3 Distance error from mobile node to reference node 33

Fig. 4.4 The distance error of the reference node according to deployment radius of mobile node 33

Fig. 4.5 The distance error of proposed system when applying for trilateration and RE technique 34

Fig. 4.6 The azimuth error according to time accumulation 35

Fig. 4.7 The azimuth error in the environment influenced by a magnetic field 36



The Study of relative coordinates estimation system for home positioning based on wireless communication.

Cho, Hyun Jong

Department of Electrical & Electronics Engineering
Graduate School of Korea Maritime University

Abstract

Localization Systems based on wireless communications are required to complete the deployment of reference nodes and it is essential to deploy three or more reference nodes before providing localization service. Also, It is difficult to provide accurate direction to users because of accumulated error of inertial sensor with time and influence of external magnetic field. This paper presents the localization system for estimating relative coordinates without pre-deployment of the reference nodes based on UWB(Ultra Wide Band) ranging communication. The proposed localization system which consists of a mobile node composed of three nodes estimates relative coordinates of the reference node and azimuth. Also, In the process of estimating relative coordinates of the reference node, errors are minimized through a RE (Rounding Estimation) technique and Kalman filter. Experimental results show the feasibility and validity of proposed system.

KEY WORDS: Indoor localization 실내 위치인식, Azimuth 방위각, Relative coordinates 상대좌표

제 1 장 서 론

1.1 연구배경

최근 무선 통신 기술의 발전 및 각종 장비들이 소형화되고 유비쿼터스 컴퓨팅(Ubiquitous computing)에 관한 관심이 증대됨에 따라 이에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다[1-3].

유비쿼터스 컴퓨팅이란 시간 및 장소에 구애받지 않고 사용자에게 필요한 정보를 제공하는 것을 의미한다. 따라서 기존의 건물이나 도로 등 모든 공간이나 객체의 대상이 지능화되어 서로 정보를 공유하는 개념으로 기존 홈 네트워크, 모바일 컴퓨팅보다 한 단계 발전된 컴퓨팅 환경을 말한다[4].

유비쿼터스 컴퓨팅 기술은 표 1.1과 같이 기상, 환경, 국방, 의료, 교육, 광고 등 다양한 분야에 적용되어 인간 삶의 패러다임을 바꾸고 있다.

표 1.1 유비쿼터스 컴퓨팅의 응용분야[5]

Table 1.1 The application of ubiquitous computing[5]

응용분야	세부 내용
기상	- 각종 센서를 통한 기상 데이터 관측 및 분석
환경	- 생태계 감시 및 관리 - 철새 이동 및 특성 연구 - 산불예방에 활용
국방	- 병력, 무기, 군수품, 등의 감시 및 관리 - 적군이나, 지형을 감시 - 핵공격, 생화학 공격의 감지의 감시 - 아군의 위치정보 제공을 통한 효율적 군사 훈련 - 목표물 조준
의료	- 환자 및 의사의 위치정보 제공을 통한 진료 시스템 개선 - 인간 생리 정보의 원격 감시
교육	- 교실의 정보를 통한 학습조건 개선
광고	- 고객의 위치정보를 통한 광고 제공 - 상황에 맞는 쿠폰 발급

이러한 유비쿼터스 기술 중 사용자의 위치를 기반으로 하는 유비쿼터스 시스템이 중요한 서비스로 대두되고 있으며, 위치기반 서비스 제공을 위해 가장 중요한 기반 요소 기술 중 하나인 위치 및 방향 인식시스템 기술은 현재 선진 각국에서 활발한 연구가 진행되고 있다[6-9].

실외의 경우 지구 궤도상에 배치된 24개의 인공위성과 지상에서 인공위성을 통제하는 관제국으로 구성된 GPS(Global Positioning System)을 이용하여 실시간으로 이동하는 물체의 위치를 추정하는 기술을 사용하고 있다[10]. 하지만 실내의 경우 위성신호의 감도가 약하거나 잘 수신되지 않는 문제가 발생하기 때문에 Wifi, Zigbee, RFID(Radio Frequency Identification), CSS(Chirp Spread Spectrum), UWB(Ultra Wide Band) 등의 무선통신을 이용하거나, 지구자기장, 관성 센서 또는 CCTV에서 획득된 영상을 통하여 위치인식을 진행하고 있다[11-16].

현재 Wifi 및 관성센서를 이용하여 대형 컨벤션 센터에 실내 내비게이션이 적용되고 있으며, 이는 사용자가 이동해야 할 경로뿐만 아니라 진행해야 할 방향정보를 포함하고, 부가적으로 각 매장의 정보를 제공함으로써 사용자의 편의를 높이도록 되어 있다. 하지만 이러한 시스템의 위치인식 오차범위는 실내 공간 대비 큰 오차이며, 그에 따른 방향정보가 불안정하여 소비자들의 만족을 이끌어내지 못하고 있다. 또한 관성 센서의 경우 각종 장애 환경에 관계없이 적용가능하다는 점에서 큰 장점을 가지나 시간의 경과에 따른 누적 오차가 발생하는 단점을 가진다. 따라서 다른 시스템과 융합을 통해 정밀도를 높이는 연구가 진행되고 있다.

RF 기반 측위 기술의 경우 무선 주파수와 관련 특징을 이용하여 위치를 추정하는 방법으로 이동 통신망 기반 측위에서 일반적으로 활용하는 ToA(Time of Arrival), TDoA(Time Difference of Arrival), RSSI(Received Signal Strength Indicator), AoA(Angle of Arrival) 등의 측정 원리를 적용하여 측위 한다. 일반적으로 삼각 측량 기반의 측위 방법과 무선신호의 수신 강도가 장소에 따라 다른 점을 이용하여 위치를 측정하는 기술로 위치를 추정할 수 있다.

RF기반 측위 기술의 경우 시간 경과에 따른 누적오차가 발생하지 않는 장점을 가지나 전파 장애 요소가 존재할 경우 오차가 발생하는 단점이 있다. 따라서 NLOS(None Line of Sight) 상황에서 오차를 최소화하기 위한 연구가 진행되고 있다[17, 18].

영상 기반 측위 기술의 경우 이미지 센서를 이용하여 획득한 영상을 처리함으로써 객체의 위치를 측위 하는 방법으로 전파 장애요소에 대한 간섭을 받지 않으며, 시간 경과에 따른 누적 오차가 발생하지 않지만, 조명 조건의 변화 혹은 장애물에 의해 시야가 확보되지 않으면 위치를 인식할 수 없는 단점을 가진다[19,20]. 또한 영상정보 기반의 객체 추적 기술이 가지는 한계를 극복하기 위하여 영상정보에 의존하지 않고 무선 센서 네트워크를 적용한 실내 위치 인식 기술을 네트워크 카메라 기반의 영상감시 시스템에 접목하여 영상처리에 요구되는 연산량을 감소시키는 동시에 넓은 지역의 이동체를 추적할 수 있도록 하는 연구가 활발히 진행중이다. 하지만 현재 하나의 이동객체에 대해서만 추적 및 촬영이 가능하기 때문에 여러 이동 객체가 동시에 이동할 경우의 처리 방안에 대한 연구가 필요하며, 개인정보 관리를 위한 영상보안에 대한 연구도 필요하다[21].

자기 시스템 기반 측위 기술의 경우 측위 대상 공간에 자기장을 발생시키는 장비를 설치하고 측위를 원하는 공간에 대한 자기장 맵을 미리 구축하여 이동 노드에서는 기 구축된 자기장 맵을 기준으로 위치를 인식할 수 있는 방법으로 정확도는 높지만 사전에 데이터베이스를 형성해야하는 번거로움 및 자성체의 이동 등과 같은 실내 공간의 상황에 따라 측위 정확도가 달라지는 단점이 있다[22,23].

방향 인식에 대한 연구는 사용자에게 진행 경로 및 목적지 정보를 더욱 효율적으로 전달하기 위해 위치정보와 더불어 이미지센서, RF, 방위각 센서를 이용한 연구가 진행 중이다[24,25].

그 외에도 다양한 실내 위치 및 방향 측위에 대한 연구가 진행되고 있으며, 실내 위치정보 획득을 통해 재난 발생 시 구조자의 위치 파악, 전시관 안내 및 미아 방지 등 여러 분야에 적용되고 있다.

본 논문에서는 RF기반 측위 기술의 노드배치의 번거로움을 해소하고, 추가적인 센서 없이 사용자의 위치정보 및 방향정보를 함께 제공하는 시스템을 제안한다. 또한 기존의 셋 또는 그 이상의 참조노드를 필요로 하는 RF기반 측위 방식에 비해 2개의 참조노드를 이용함으로써 고정노드를 저감할 수 있는 방법이다. 제안한 시스템은 사용자가 위치인식을 원하는 구역에 참조노드를 스스로 배치하고, 이 참조노드를 기준으로 사용자의 위치와 방위각을 획득하는 방식으로 구성되어 있다.

1.2 논문 구성

서론에서는 유비쿼터스 컴퓨팅에 대해 언급하고, 위치기반 유비쿼터스 컴퓨팅 서비스에 사용되는 측위 방식을 고찰한 뒤, 제안한 시스템을 언급하였다.

제 2장에서는 본 연구와 관련된 이론들을 서술하였고, 제 3장에서는 본 논문의 저자가 본 논문의 시스템을 제안하기까지 제안한 시스템 및 알고리즘을 언급하였다. 제 4장에서는 본 논문에서 제안한 시스템의 개념과 흐름을 언급하였다. 제 5장에서는 제안한 시스템의 실험 및 고찰 후, 제 6장에서 결론을 정리하여 기술하고 향후 응용분야에 대한 제시로써 논문을 마무리한다.

제 2 장 관련이론

2.1 거리추정 방법

2.1.1 RSSI(Received Signal Strength Indication)

RSSI방식은 그림 2.1과 같이 수신 신호의 강도를 이용하여 두 노드간 거리를 측정하는 방식으로 최근 WiFi신호를 이용한 연구가 활발히 진행되고 있다. 송신노드와 수신노드의 거리에 따른 전파감쇄 효과에 의해 식 (2.1)과 같이 거리가 획득된다.

$$P(d) = P(d_0) - 10n \log\left(\frac{d}{d_0}\right) \quad (2.1)$$

n : 신호감쇄상수

$P(d_0)$: 송신노드로부터 신호 세기

d : 송신노드에서 수신노드까지 추정거리

d_0 : 송신노드에서 수신노드까지 기준거리



그림 2.1 수신 신호강도를 이용한 거리추정 방법

Fig. 2.1 The method of the distance estimation using Received Signal Strength

2.1.2 ToA(Time of Arrival)

ToA방식은 두 장비사이 전파 도달 지연 시간을 이용하여 거리를 측정하는 방식으로 OWR(One-Way Range)방식과 TWR(Two-Way Ranging)방식이 존재한다.

OWR방식의 경우 그림 2.2의 OWR 과 같이 시스템 클럭의 동기화가 이루어진 두 장비사이의 거리를 측정할 경우 사용하는 방식으로 신호의 도달 지연 시간 T_{OWR} 은 신호의 전송 시작 시간인 $T_{departure}$ 와 수신 완료 시간인 T_{arrive} 의 차를 통해 구해진다. 여기서 두 장비 사이 거리는 시간의 차로 인해 획득된 T_{OWR} 와 빛의 속도 $c = 2.99792458 \times 10^8 m/s$ 의 곱으로 구해진다.

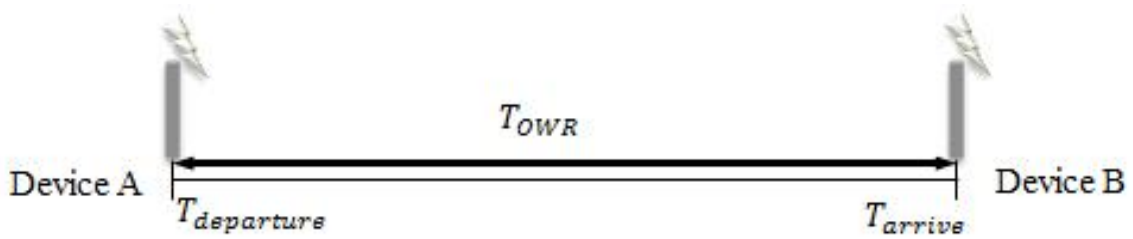


그림 2.2 시스템 클럭이 동기화된 두 장비 사이 거리 추정 방법(OWR)

Fig. 2.2 The method of the distance estimation between two devices of system clock(OWR)

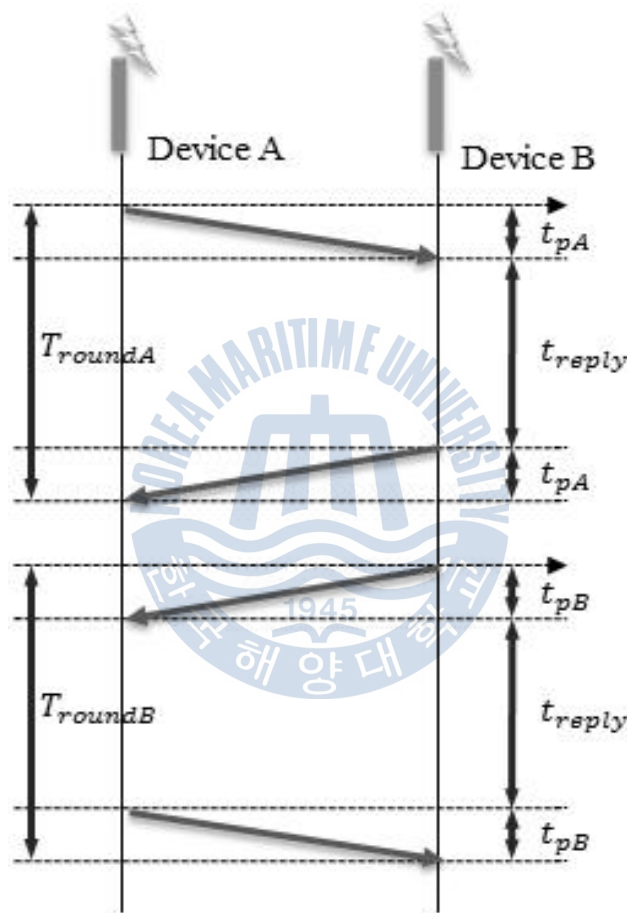


그림 2.3 시스템 클럭이 동기화되지 않은 두 장비 사이 거리 추정 방법(SDS-TWR)

Fig. 2.3 The method of the distance estimation between two devices of asynchronous system clock(SDS-TWR)

TWR방식의 경우 그림 2.3은 SDS-TWR과 같이 신호의 왕복시간을 이용하여 거리를 측정하는 방식으로 두 장비 사이 별도의 클럭 동기화를 요구하지 않는다.

먼저 Device A에서 패킷의 전송이 시작 되는 시간을 기록하고 Device B에서는 패킷이 도착한 시간을 저장한다. Device B는 t_{reply} 만큼의 시간을 기다리고, 다시 Device A에게 Ranging Message를 보낸다. 여

기에서 t_{reply} 는 t_{pA} 보다 더 길게 설정 한다.

마지막으로 Device B는 자신이 측정한 시간을 Device A에게 모두 전송한다. 여기서 시간은 수식(2.2)을 이용하여 구해지며 획득한 t_{pA} 와 빛의 속도 $c = 2.99792458 \times 10^8 m/s$ 의 곱으로 두 장비 사이 거리 값을 얻을 수 있다.

$$t_{pA} = \frac{(T_{roundA} - t_{reply})}{2} \quad (2.2)$$

SDS-TWR 거리측정 기술은 TOA기반의 TWR 기술을 확장한 기술로써 TWR을 두 번 반복해서 거리 측정의 정확도를 높인 기술이다. 먼저 Device A에서 패킷의 전송이 시작 되는 시간을 기록하고 Device B에서는 패킷이 도착한 시간을 저장한다. Device B는 t_{replyB} 만큼의 시간을 기다리고, 다시 Device A에게 Ranging Message를 보낸다. 여기에서 t_{replyB} 는 t_p 보다 더 길게 설정 한다. 마지막으로 Device B는 자신이 측정한 시간을 Device A에게 모두 전송한다. 여기서 시간은 식 (2.3)과 같이 표현 될 수 있다.

$$t_p = \frac{(T_{roundA} - t_{replyA}) + (T_{roundB} - t_{replyB})}{4} \quad (2.3)$$

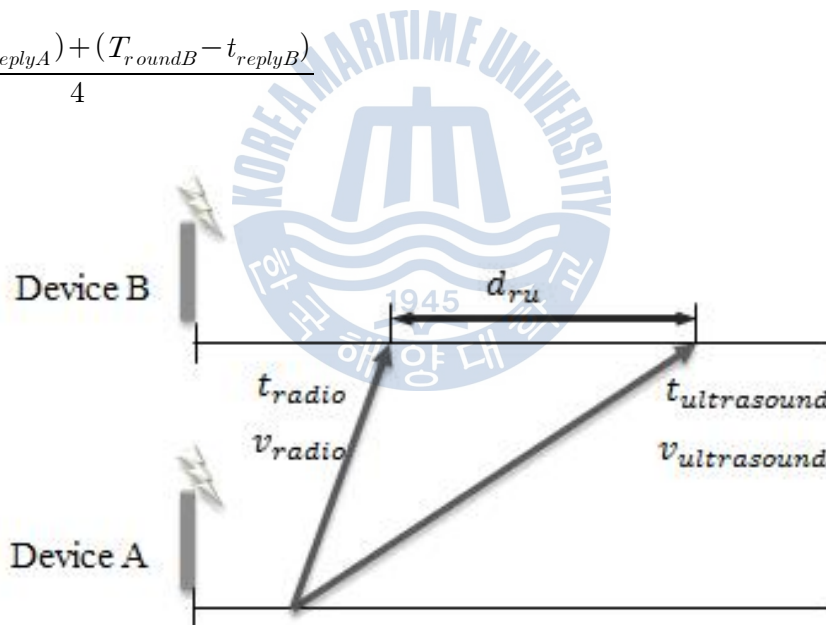


그림 2.4 서로 다른 신호의 도달시간 차이를 이용한 거리 추정 방법

Fig. 2.4 The method of the distance estimation using time difference of arrival(TDOA)

2.1.3 TDoA(Time Difference Of Arrival)

TDoA 방식은 두 신호의 도달시간 차이를 이용하여 거리를 측정하는 방식이다. 일반적으로 그림 2.4와 같이 전파 속도가 서로 다른 RF신호와 초음파 신호의 전파 속도에 따른 도달시간 차이를 이용하여 거리를 측정하는 방식이 많이 이용되고 있다. 두 장비 사이 거리는 이미 알고 있는

RF신호의 전파속도 $v_{radio} = 3 \times 10^8 m/s$ 와 초음파 신호의 전파속도 $v_{ultrasound} = 340m/s$ 를 이용하여 식 (2.4)과 같이 구할 수 있다.

$$d_{ru} = (v_{radio} - v_{ultrasound}) \times (t_{ultrasound} - t_{radio}) \quad (2.4)$$



2.2 위치추정 시스템

2.2.1 무선통신 기반 위치추정 시스템

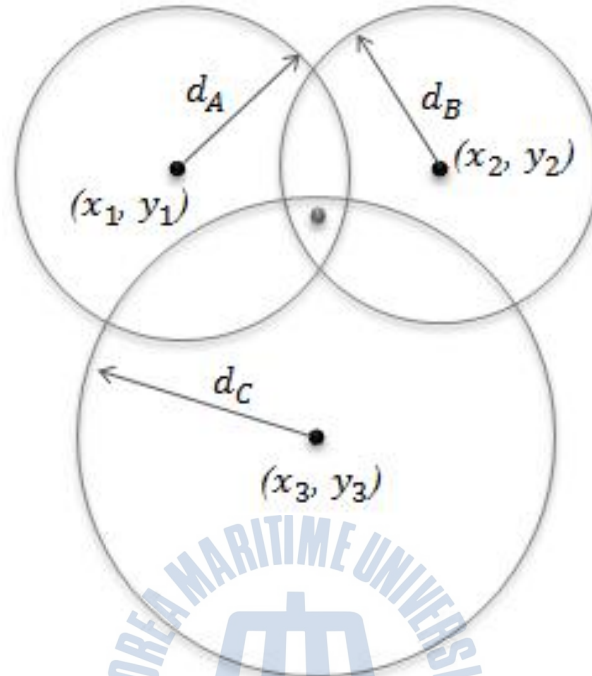


그림 2.5 삼변측량법의 계략도

Fig. 2.5 Schematic diagram of trilateration

삼변측량법은 참조노드들과의 거리를 이용하는 Lateralation 기법을 사용하거나 참조노드와의 각도를 이용하는 Angulation 기법을 통해서 센서 노드의 위치를 측정한다. Lateralation 기법은 별도의 하드웨어 지원 없이도 신호의 TOF(Time of Flight)나 신호의 세기를 가지고 거리를 측정할 수 있어서 많이 이용된다. 그림 2.5에서 각 참조노드의 좌표 값을 알고 이동노드와 참조노드 사이의 거리를 알고 있다면 각 교점의 좌표는 수식 (2.5)을 연립하여 획득할 수 있다.

$$\begin{aligned}(X-x_1)^2 + (Y-y_1)^2 &= d_A^2 \\(X-x_2)^2 + (Y-y_2)^2 &= d_B^2 \\(X-x_3)^2 + (Y-y_3)^2 &= d_C^2\end{aligned}\tag{2.5}$$

RE(Rounding Estimation)기법은 삼변측량법과 비슷하게 수신된 거리 값을 기반으로 위치를 추정하는 방법이다. 하지만 기존의 셋 또는 그 이상의 참조노드가 이동노드의 위치를 추정하는 시스템에서 사용하는 삼변측량법을 본 제안한 시스템에 적용할 경우 그림 2.6(a)와 같은 위치 오차가 발생하게 된다. 따라서 그림 2.6(b)와 같이 참조노드와 이동노드 사이 수신된 거리 값을

기반으로 형성된 원과 이동노드의 중심을 지나는 직선의 교점을 이용하여 참조노드의 위치를 추정하는 방법이다.

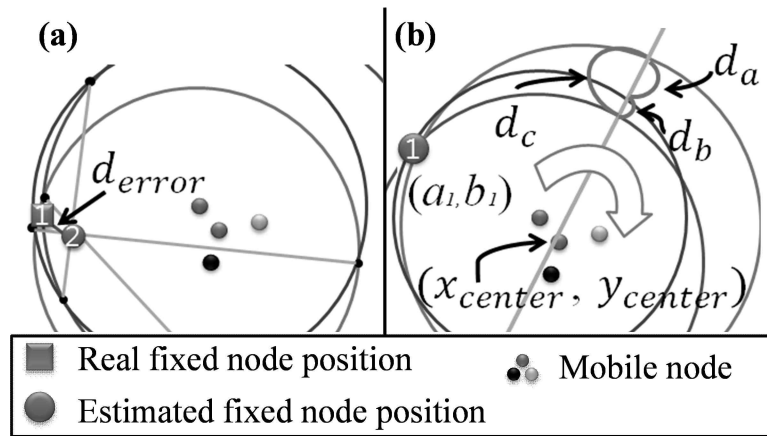


그림 2.6 (a)삼변측량법과 (b)RE기법의 추정 오차 계략도

Fig. 2.6 Schematic of (a) an estimation error of trilateration and (b) RE Technique

핑거프린트 방법은 신호강도, 노이즈 정보가 각 환경 및 위치에 따라 고유한 값을 갖는 현상을 이용하여 위치를 추정하는 방식으로 크게 훈련 단계와 측정 단계로 구성된다.

훈련 단계는 측위를 수행하기 전에 위치 추정을 원하는 영역의 환경정보를 수집하여 데이터베이스로 구성하는 단계이다. 이 단계에서는 측위 공간의 샘플 수집 및 가공하는 작업을 수행한다. 측정 단계는 그림과 같이 이동노드에서 수신되는 신호강도와 훈련 단계에서 획득한 데이터베이스를 비교하여 최적의 위치를 결정한다.

2.2.2 영상 기반 위치추정 시스템

영상 기반 위치추정 시스템은 크게 자연표식 기법과 인공표식 기법으로 나눌 수 있다. 자연표식은 그림 2.7과 같이 모서리, 모퉁이, 통로의 위치와 같은 특징점을 이용하여 위치를 추정하므로 주변 환경에 대한 변화가 필요하지 않다는 장점을 가진다. 하지만 장애물에 의한 시야의 불명확성이나 조명 조건의 변화 등 변경 변화에 취약한 단점이 있다.



그림 2.7 환경의 변형 없이 위치를 추정하는 자연표식의 예
Fig. 2.7 The example of natural landmark which estimate the location without a change of environment



그림 2.8 환경의 변형 통해 위치를 추정하는 인공표식의 예
Fig. 2.8 The example of artificial landmark which estimate the location through a change of environment

인공표식을 이용한 시스템은 그림 2.8과 같이 특정한 패턴을 천정이나 바닥에 부착하여 환경 조건의 변화에도 보다 안정적으로 자신의 위치를 추정하는 장점을 가지는 반면 패턴 부착에 대한 거부감을 가지는 단점이 있다.

2.3 잡음제거를 위한 필터링 알고리즘

2.3.1 이동평균 필터(Moving average filter)

기초적인 필터로 수식 (2.7)의 평균필터가 있으며, 수신된 데이터 값을 정의된 구간별로 평균 내어 데이터 잡음을 제거하는 용도로 사용된다. 평균필터의 경우 평균 내는 데이터 개수가 많아지면 그 만큼 잡음은 제거되지만 데이터의 동적인 변화는 제거되고, 측정 데이터를 평균 내어 하나의 값만 내놓기 때문에 측정하려는 물리량이 시간에 따라 변하는 실시간 위치인식과 같은 시스템에는 적용되기 어렵다. 따라서 이동평균 필터는 잡음을 제거하는 동시에 동적 변화를 제대로 반영하기 위해 제안된 방법이다. n 개의 데이터에 대한 이동평균은 수식(2.8)과 같다.

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_k}{k} \quad (2.7)$$

$$\bar{x} = \frac{x_{k-n+1} + x_{k-n+2} + \dots + x_k}{n} \quad (2.8)$$

여기서 \bar{x} 는 $k-n+1$ 번째 데이터부터 k 번째 데이터까지 총 n 개 데이터의 평균을 의미한다.

이동평균 필터는 평균 내는 데이터 개수가 많으면 우수한 잡음제거 성능을 확보할 수 있지만 시간 경과에 따른 지연현상이 발생한다. 반대로 데이터 개수가 적으면 변화추이에 빠르게 반응하는 반면 잡음 제거 성능이 낮아진다. 따라서 잡음제거와 변화 민감성의 상충된 요구를 절충하는 평균에 동원하는 데이터 개수를 시스템에 맞게 적절히 설정해야한다.

2.3.2 저주파 통과 필터(Low pass filter)

이동평균 필터는 최근 측정된 값과 이전 값에 동일한 가중치 $\frac{1}{n}$ 를 부여하여, 잡음제거와 변화 민감성을 동시에 만족 시키지 못했다. 따라서 저주파 통과 필터는 수식 (2.9)과 같이 표현되며, 오래된 값일수록 가중치를 낮게 주고 최신 값일수록 가중치를 높게 주어 동적인 데이터에 대한 민감성과 잡음제거를 동시에 만족 시킬 수 있다. 따라서 이동평균 필터보다 측정 신호의 변화 추이를 잘 감지하는 동시에 비슷한 잡음제거 효과를 얻을 수 있다.

$$\bar{x} = \alpha \bar{x}_{k-1} + (1-\alpha)x_k \quad (2.9)$$

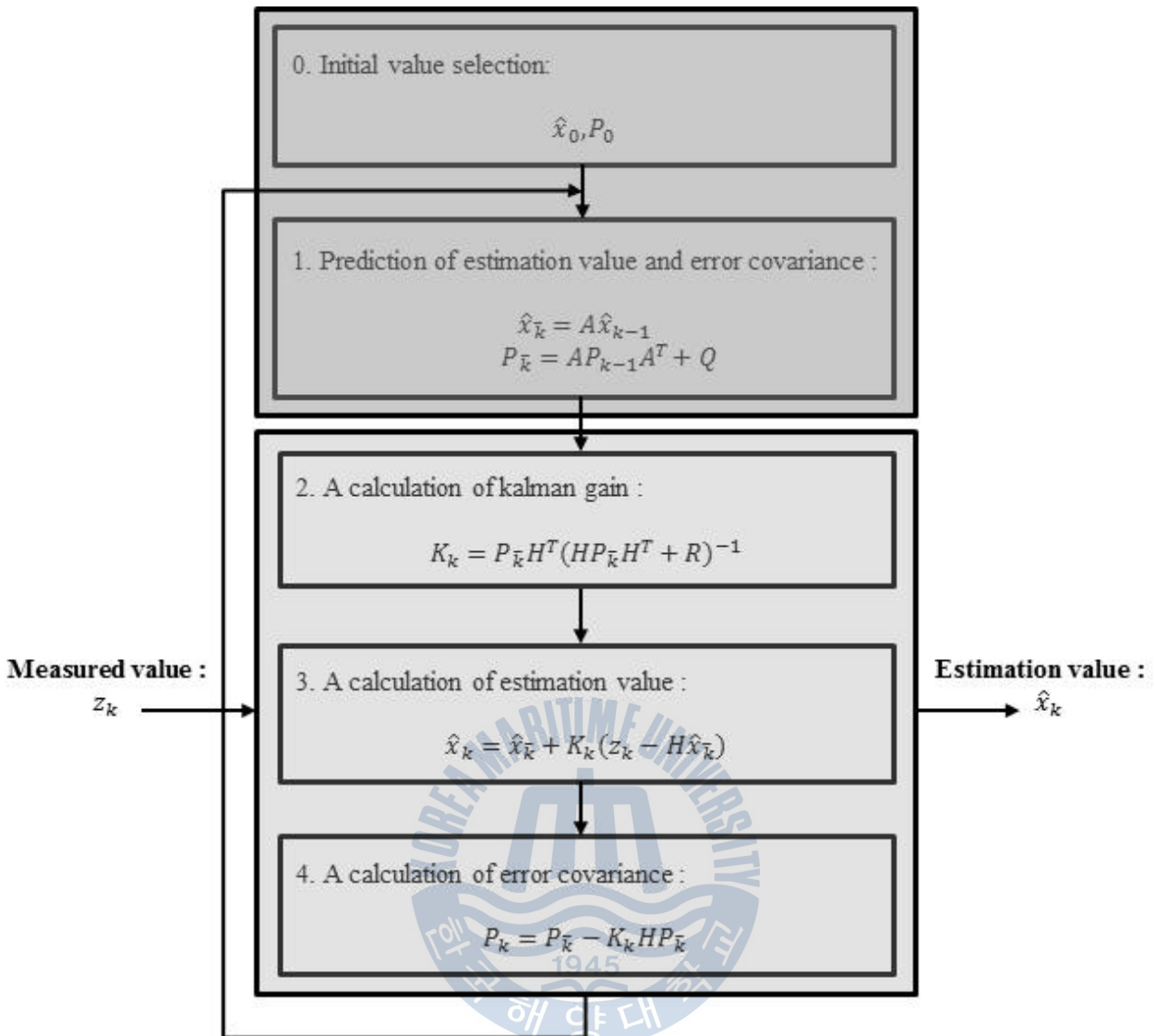


그림 2.9 칼만 필터의 시스템 흐름
Fig. 2.9 System flow of kalman filter

2.3.3 칼만 필터(Kalman filter)

저주파 통과필터는 측정된 데이터에 대하여 고정된 가중치가 적용되어, 시스템의 외부환경 변화에 민감하게 반응하지 못한다. 반면 칼만 필터의 경우 추정 값, 오차 공분산 및 시스템 모델을 이용하여 매번 다른 가중치를 적용함으로써 외부환경 변화에 따라 최근 획득된 데이터가 잡음이 많이 포함된 값이더라도 비교적 정확한 추정치를 얻을 수 있다. 그림 9은 칼만 필터의 시스템 흐름은 나타내는 블록도이다.

칼만 필터는 크게 예측 과정과 추정 과정으로 나눌 수 있으며, 그림 2.9의 0번, 1번은 예측 과정이고 2번, 3번, 4번은 추정 과정이다. 초기에 0번 단계는 추정값(\hat{x}_0) 및 오차 공분산(P_0)을

설정해주고, 1번 단계에서 시스템 모델에 근거하여 직전 추정값(\hat{x}_{k-1})과 오차 공분산(P_{k-1}) 입력을 통해 예측 값(\hat{x}_k, P_k)을 계산한다. 여기서 (\bar{k})는 예측 값을 의미한다. 2번 단계에서는 칼만 이득(K_k)을 계산한다. H 와 R 은 시스템 모델에서 미리 설정된 값이며 P_k 는 앞 단계에서 계산한 오차 공분산이다. 3번 단계는 2번 단계에서 획득한 칼만 이득(K_k)과 측정된 값(z_k), 시스템 모델 변수(H), 예측 추정값(\hat{x}_k)을 통해 추정값(\hat{x}_k)을 얻는다. 4번 단계는 추정값(z_k)의 신뢰도 확인을 위해 오차 공분산을 구하는 과정으로 예측 오차공분산(P_k)과 칼만이득(K_k), 시스템 모델 변수(H)를 통해 얻어지며, 획득된 오차 공분산을 통해 추정값을 그대로 사용할 것인지 아니면 사용하지 않을 것인지를 판단하게 된다.

2.4 위치 추정을 위한 무선 통신방법

2.4.1 IR-UWB(Impulse Radio - Ultra Wide Band)

IEEE 802.15.4a 표준 중 하나인 저속 UWB기술과 IEEE 802.15.3a 표준인 고속 UWB기술로 나뉜다. 그중 IEEE 802.15.4a 표준인 IR-UWB기술은 위치인식에 많이 사용되며 임펄스 신호를 이용하여 데이터를 전송하는 방식으로 짧은 거리에서 높은 전송률로 데이터를 전송하는 근거리 통신 기술이다. 아래 그림 2.10은 데이터 통신에 사용되는 주파수 대역 중에서 협대역과 광대역 통신을 나타내고 있다. IR-UWB 통신의 경우 임펄스 신호를 사용함으로써 기존의 협대역 통신에 비해 높은 정밀도를 가지며, 대역폭이 넓어 SNR이 낮은 상황에서도 신호를 잘 전달할 수 있는 장점을 가진다. 또한 초저전력 통신이 가능하여 현재 실용화를 목표로 하는 많은 연구 개발이 진행중이다.

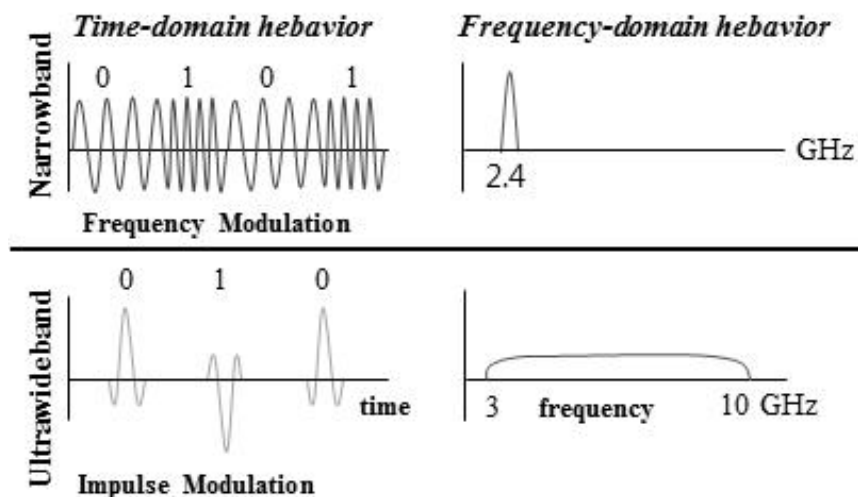


그림 2.10 광대역 주파수와 협대역 주파수

Fig. 2.10 The wideband frequency and narrowband frequency

2.4.2 CSS(Chirp Spread Spectrum)

IEEE 802.15.4a 표준인 CSS기술은 spread spectrum 신호 중 하나인 chirp 신호를 이용하여 데이터를 전송하는 방법으로 한 주기 동안 주파수의 길이에 따라 Up chirp과 Down chirp으로 데이터를 인식한다.

그림과 같이 CSS기술은 2-Ary Modulation 방법과 4-Ary Modulation 방법으로 나눌 수 있다. 그림 2.11(a)는 2-Ary Modulation 방법을 나타내고 있으며, 한 주기 동안 주파수의 길이가 짧아지는 것을 up chirp으로 정의하며, 길어지는 것을 down chirp으로 정의한다. 이때, 그림 2.11(a)의 up chirp/down chirp 방식은 10101010의 신호를 나타내고 있으며, 그 외에도 up chirp/ off, down chirp/ off 방식이 있다.

그림 2.11(b)는 4-Ary Modulation 방법을 나타내고 있으며 off를 00, up chirp을 01, down chirp을 10, up chirp과 down chirp을 동시에 발생하는 경우를 11로 정의한다. 그림 2.11(b)의 경우 0100010011101110의 신호를 나타내고 있다.



그림 2.11 CSS통신 방법의 (a) 2-Ary Modulation과 (b) 4-Ary Modulation

Fig. 2.11 (a) 2-Ary Modulation and (b) 4-Ary Modulation of CSS communication method

2.5 좌표의 회전 변환

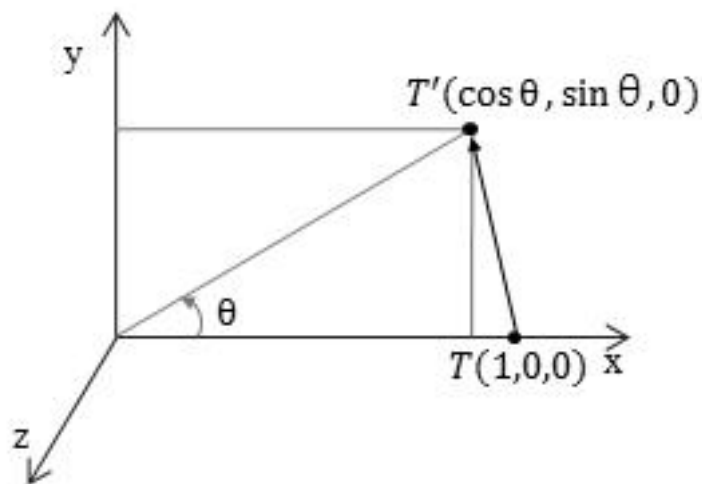


그림 2.12 좌표의 회전

Fig. 2.12 Rotation of coordinates

그림 2.12는 좌표의 회전 변환에 대해 나타내고 있다. z -축 기준으로 $P_1(1, 0, 0)$ 을 θ 만큼 회전 시킬 경우, 삼각함수의 기본 공식에 의해 $x = \cos\theta$, $y = \sin\theta$, $z = 0$ 으로 변환하며, $P_2(0, 1, 0)$ 를 θ 만큼 회전 시킬 경우 $x = \cos(\theta + \frac{\pi}{2})$, $y = \sin(\theta + \frac{\pi}{2})$, $z = 0$ 즉, $x = -\sin\theta$, $y = \cos\theta$ 으로 변환한다. $P_3(0, 0, 1)$ 의 경우 회전축 이므로, $x = 0$, $y = 0$, $z = 1$ 이 그대로 유지 된다. 각 점들을 열 기준 행렬로 표현 하면,

$$z_\theta = \begin{bmatrix} \cos\phi - \sin\phi & 0 \\ \sin\phi & \cos\phi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2.10)$$

과 같이 오일러 각도 변환 중 z -축 기준 행렬 값을 얻을 수 있다.

제 3 장 제안한 위치추정 시스템

3.1 개요

본 논문에서는 무선 통신 기반 위치추정 시스템에서 사전에 이동노드의 배치 없이 사용자가 임의로 이동노드를 배치하고 그 이동노드를 기준으로 사용자의 상대좌표 및 방위를 추정하는 시스템을 제안하였다.

제안한 시스템은 두 개의 노드로 구성된 참조노드와 세 개의 노드로 구성된 이동노드로 구성되어 있다. 이동노드는 방위각 추정을 위해 일정한 반지름을 기준으로 120도 간격으로 배치되어 있으며, 참조노드는 적당한 간격으로 일직선상에 배치되어 있다.

3.2 제안한 시스템

3.2.1 세 개의 노드로 구성된 이동노드의 배치

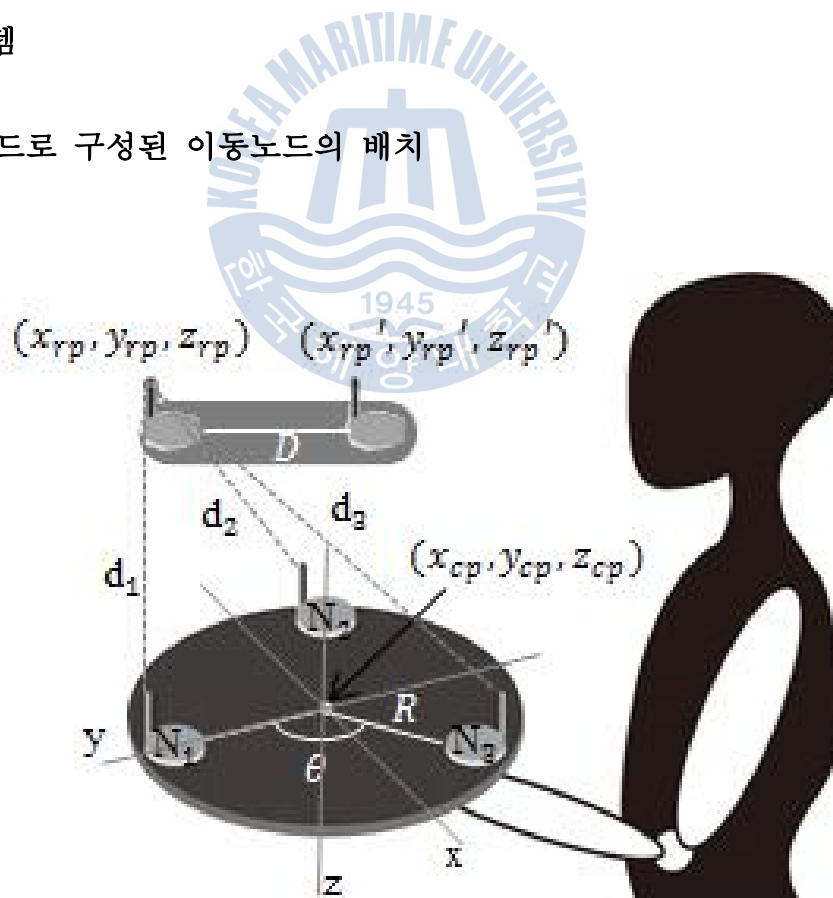


그림 3.1 이동노드 및 참조노드 배치를 위한 계략도

Fig. 3.1 The scheme of the mobile node and reference node for deployment

두 개의 노드로 구성된 참조노드는 벽면에 부착되며, 이동노드는 그림 3.1와 같이 사용자 손에 위치하게 된다. z_{rp}, z_{rp}', z_{cp} 는 모두 같다고 가정하면 세 개의 노드로 구성된 이동노드는 수식 (3.1)에 의해 배치된다.

$$\begin{bmatrix} x_k \\ y_k \\ z_k \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta & -\sin\theta & 0 \\ \sin\theta & \cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_{cp} \\ y_{cp} + R \\ z_{cp} \end{bmatrix}, k = 1, 2, 3 \quad (3.1)$$

여기서, R 은 삼각형태로 배치되어 있는 이동노드의 중점에서 각 노드까지의 거리를 의미하며, $\theta = 2\pi(k-1)/3$ 는 k 번째로 배치된 노드의 각도를 의미한다.

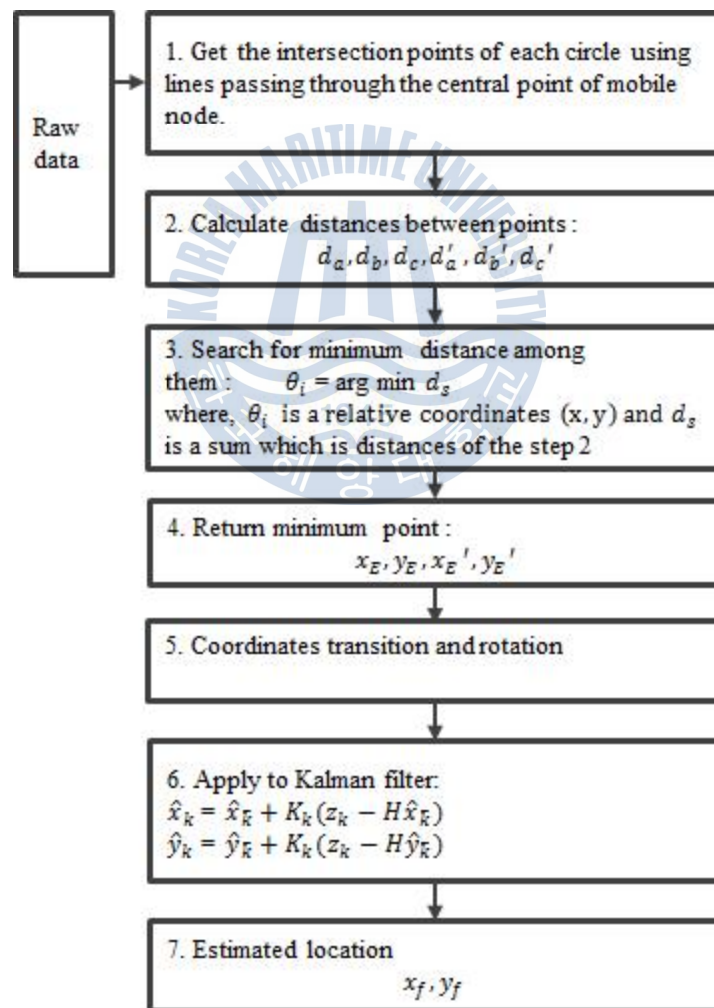


그림 3.2 제안한 위치추정 시스템의 블록도

Fig. 3.2 Block diagram of proposed localization system

3.2.2 제안한 위치 추정 시스템의 흐름

제안한 시스템은 크게 참조노드 추정을 위한 단계와 상대좌표 추정을 위한 단계로 나눌 수 있다. 참조노드 추정 단계에서는 기존 몬즈의 정리를 이용한 삼각측량기법을 사용하지 않고 RE기법을 이용하였다. 그림 3.2은 제안한 위치 추정 시스템 블록도이며 필터링 단계를 포함하여 총 7단계로 이루어져 있다.

참조노드 추정단계에서는 그림 3.3의 (a), (b), (c) 순으로 진행하며 이동노드를 기준으로 참조노드의 좌표를 추정한다.

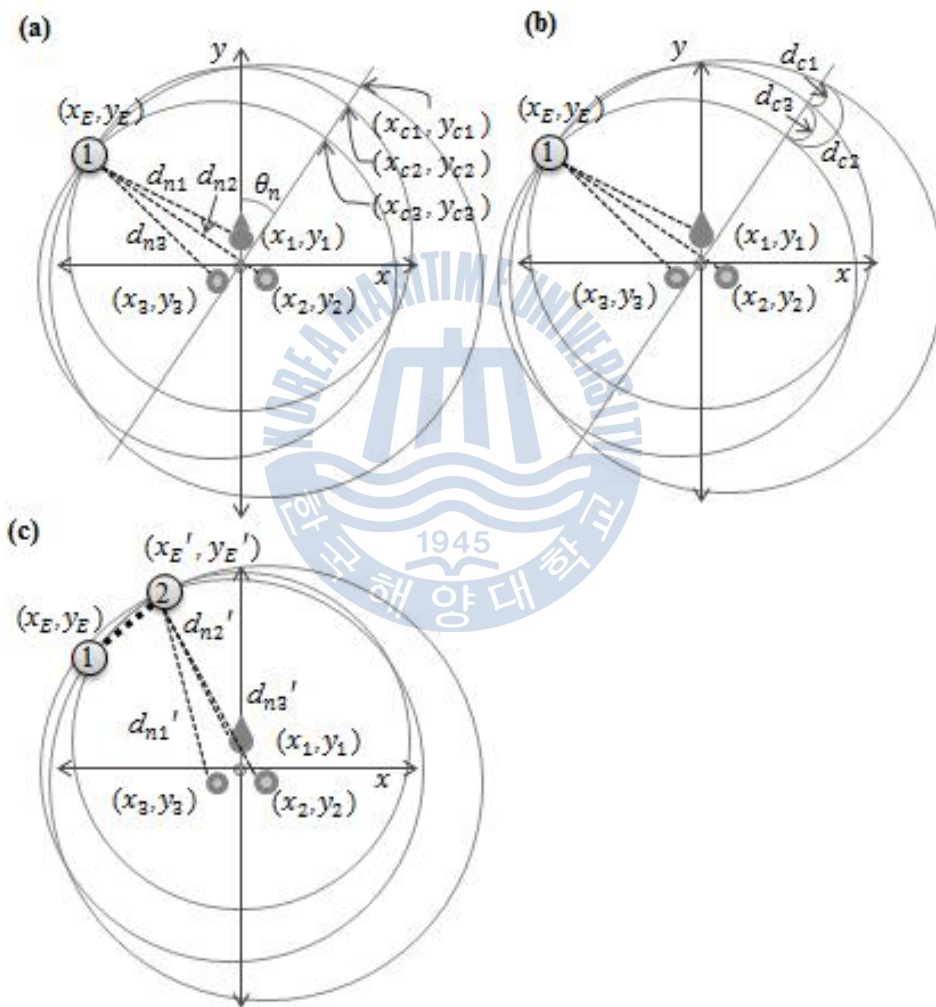


그림 3.3 참조노드 추정단계 : (a) 원과 직선의 교점 좌표획득, (b) 첫 번째 노드 좌표 획득, (c) 앞의 두 과정을 동일하게 반복하여 두 번째 노드 좌표 획득

Fig. 3.3 The estimating stage of the reference node : (a) Get the intersection point of circle and line (b) Get the first node coordinates (c) Get the second node coordinates by repeating previous two process

먼저 그림 3.3(a)와 같이 일정한 반지름을 기준으로 삼각형태로 배치되어있는 이동노드의 중심점을 지나고 식 (3.2)의 기울기를 갖는 직선과 이동노드에서 참조노드까지 수신된 거리 값 d_{n1}, d_{n2}, d_{n3} 를 이용하여 형성된 원과의 교점 좌표를 획득한다.

$$\theta_n = \tan^{-1} \left(\frac{\sin\left(\frac{n \times \pi}{K}\right)}{\cos\left(\frac{n \times \pi}{K}\right)} \right) \quad (3.2)$$

여기서, n 은 RE기법이 수행되는 과정에서 정밀도를 나타내며, K 의 값이 180일 경우에는 $n = 1, 2, 3, \dots, 179$ 이며 360일 경우에는 $n = 1, 2, 3, \dots, 359$ 가 된다.

다음으로 그림 3.3(a)와 같이 식 (3.3)에 의해 각 기울기에서 획득된 원과 직선의 교점 간 거리를 구한다.

$$d_{ci}^2 = (x_{ci} - x_{cj})^2 + (y_{ci} - y_{cj})^2 \quad (3.3)$$

$i = 1, 2, 3; j = 2, 3, 1$

여기서, d_{ci} 는 각 교점과 교점 사이 거리 값을 의미하며, (x_{ci}, y_{ci}) 와 (x_{cj}, y_{cj}) 는 각 교점의 좌표이다.

그림 3.3(b)에서는 획득된 원과 직선의 교점 좌표 사이의 거리 d_{c1}, d_{c2}, d_{c3} 의 최소 합을 찾는다. 이때, 최소가 되는 지점이 2곳 이상 획득된다면 참조노드의 최종 위치는 확률에 의하여 그 좌표들의 평균을 통해 추정한다.

그림 3.3(c)에서는 (x_E, y_E) 를 추정하는 것과 동일한 방법 일정거리 간격을 두고 있는 (x_E, y_E) 의 좌표를 추정한다.

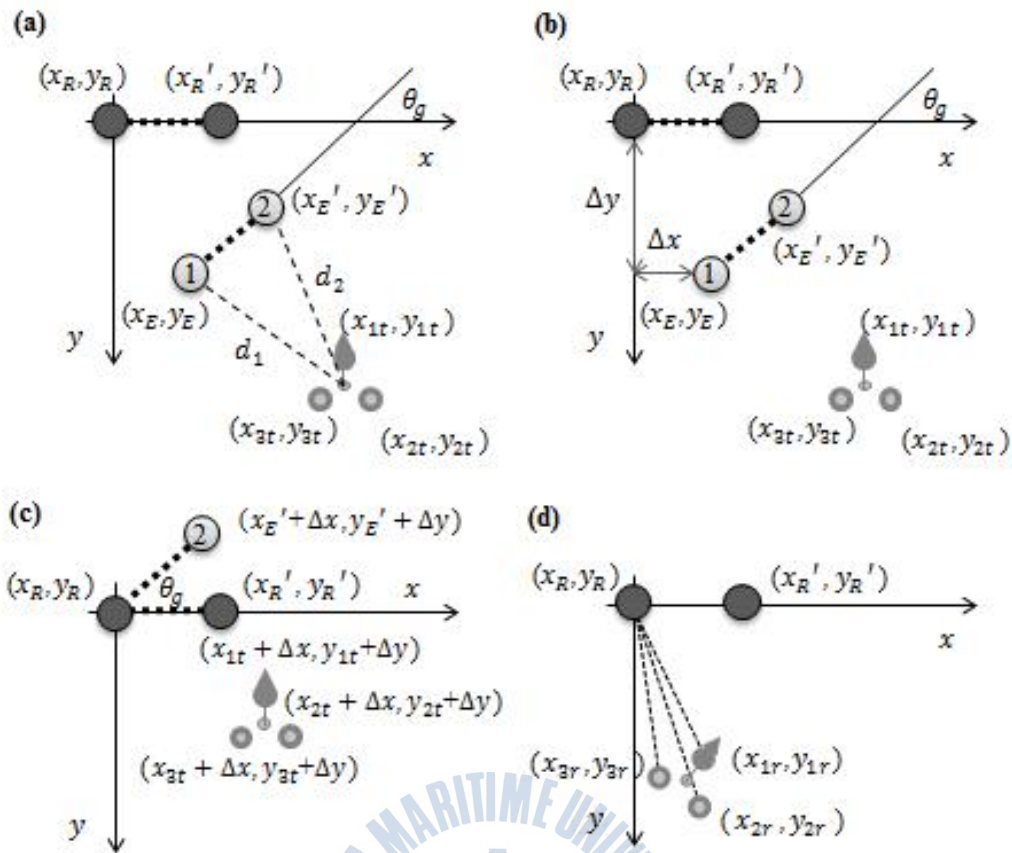


그림 3.4 상대좌표 추정단계 : (a) 참조노드 1번, 2번과 이동노드 사이 거리 비교 (b) 추정된 참조노드를 기준으로 좌표 이동 (c) 이동노드의 방위각 획득 (d) 최종 이동노드 좌표 획득

Fig. 3.4 The estimating stage of relative coordinates : (a) compare with the distance from mobile node to reference node 1 and 2 (b) coordinates transfer based on estimated reference node (c) Get the azimuth of mobile node (d) Get the final coordinates of mobile node

상대좌표 추정단계에서는 그림 3.4과 같이 (a), (b), (c), (d)의 순으로 진행하며 좌표 변환을 통해 추정된 참조노드의 좌표와 실제 참조노드의 좌표를 일치시켜 이동노드의 최종 상대좌표를 획득한다. 그림 3.4(a)에서는 참조노드에서 멀리 떨어질수록 그 오차가 증가하여 좌표변환의 기준점에 대한 신뢰도가 떨어지기 때문에 d_1 과 d_2 의 비교를 통해 작은 값을 선택하여 좌표변환의 기준으로 선정한다. 그림 3.4(b)에서는 이동노드의 좌표 변환을 위해 식 (3.5)에 의해 획득된 Δx 와 Δy 만큼 (x_E, y_E) 를 이동하여 기준점인 (x_R, y_R) 와 일치시킨다.

$$\begin{cases} \Delta x = x_E - x_R \\ \Delta y = y_E - y_R \end{cases} \quad (3.5)$$

그림 3.4(c)에서는 이동노드의 회전 변환을 위해 (x'_E, y'_E) 와 (x'_R, y'_R) 를 일치시켜 이동노드의 최종 방위각 θ_y 을 획득한다. 그림 3.4(d)에서는 획득된 방위각을 기준으로 식 (3.6)과 식 (3.7)에 의해 이동노드를 회전변환 하여 참조노드를 기준으로 획득된 이동노드의 좌표를 구한다.

$$\begin{bmatrix} x_{kr} \\ y_{kr} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta & -\sin\theta \\ \sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_{kt} + \Delta x \\ y_{kt} + \Delta y \end{bmatrix} \quad (3.6)$$

$$\begin{bmatrix} x_f \\ y_f \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{k=1}^3 x_{kr}/3 \\ \sum_{k=1}^3 y_{kr}/3 \end{bmatrix} \quad (3.7)$$

여기서, x_{kt}, y_{kt} 는 회전변환 전 이동노드의 좌표를 의미하고, x_{rt}, y_{rt} 는 회전변환 후 이동노드의 좌표를 의미한다. 또한 x_f, y_f 는 최종 획득된 이동노드의 좌표를 의미한다.

이 과정에서 장비의 내재적 오차로 인한 잡음을 최소화하기 위해 칼만 필터를 이용하여 참조노드의 위치를 반환한다. 상태변수는 식(3.8)와 같이 가로 방향(x축) 위치-속도와 세로 방향(y) 위치-속도로 설정하였으며, 이때 시스템 모델은 식 (3.9)과 같다.

$$x = \begin{Bmatrix} x_l \\ x_v \\ y_l \\ y_v \end{Bmatrix} \quad (3.8)$$

$$\begin{aligned} x_{k+1} &= Ax_k + w_k \\ z_k &= Hx_k + v_k \end{aligned} \quad (3.9)$$

$$A = \begin{bmatrix} 1 & \Delta t & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \Delta t \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, H = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

또한 잡음 공분산은 반복적인 실험에 의해 식(3.10)과 같이 획득하였으며, 그 결과를 시스템 모델의 변수에 적용하였다.

$$Q = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 3 \end{bmatrix}, R = 9 \quad (3.10)$$

제 4 장 실험 및 분석

4.1 실험장비

제안한 시스템의 참조노드 및 이동노드는 그림 4.1의 IEEE 802.15.4a기반의 UWB통신을 통해 거리인식이 가능한 TimeDomain사의 P410RCM 모듈로 구성되어 있다. 간략한 하드웨어 스펙은 표 4.1와 같으며 주요기능은 표 4.2과 같다. 이동노드에서 수신된 데이터는 RS-232직렬 통신을 통해 PC로 전송 후 Visual studio 2008 C# 환경에서 제안한 시스템에 적용되었다.

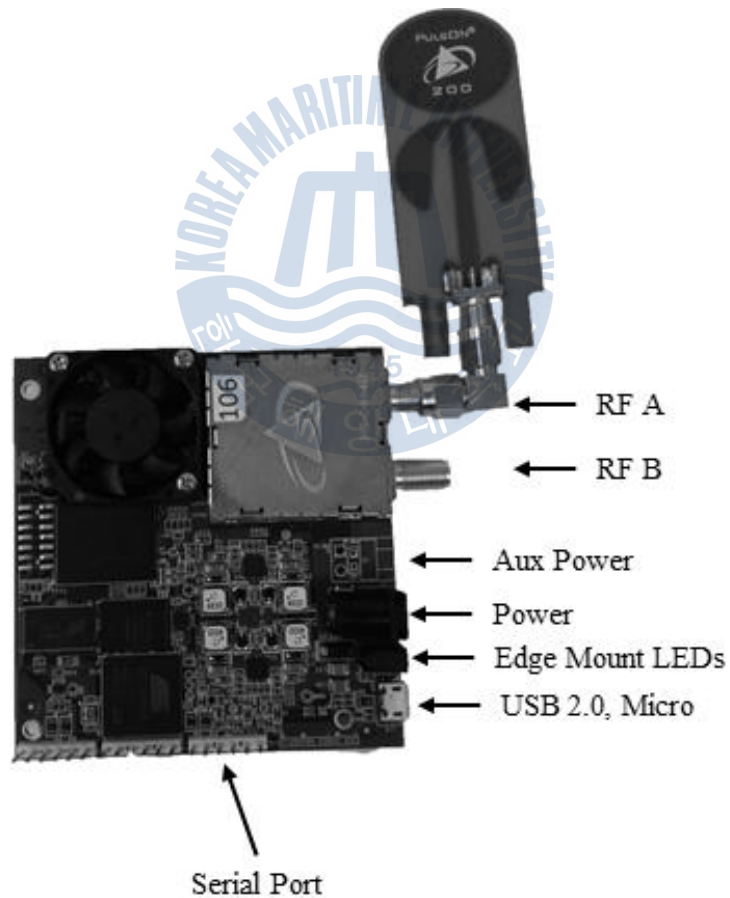


그림 4.1 UWB 통신기반 거리 측정 모듈

Fig. 4.1 Ranging communication module based on UWB

표 4.1 UWB 하드웨어 스펙

Table 4.1 UWB Hardware spec.

P410 Specs	Value
Dimensions (with mounting feet):	3"x 3.155" x 0.75" (76 x 80 x 19 mm)
Dimensions (without feet):	3"x 3.155" x 0.63" (76 x 80 x 16 mm)
Weight	58 grams
Storage Temperature:	-40oC to 85oC
Operating Temperature range	0oC to 70oC
Max allowable board temperature:	70oC (as reported by on board temp sensor)
Humidity:	Up to 95%, non-condensing
Input Power Range:	5.75V to 30V DC
Input Power Ripple:	100 mV pk-pk

표 4.2 P410 RCM의 주요특징

Table 4.2 Key Feature of the P410 RCM

Key Features of the P410 RCM
Excellent performance in high multipath and high clutter environments
Coherent signal processing extends operating range
Direct sequential pulse sampling allows measurement of received waveform (resultant waveform is available to the user for ranging optimization)
Two-Way Time-of-Flight (TW-TOF) ranging technique provides highly precise range measurements with industry-leading update rate
Coarse Range Estimation (CRE) technique estimates the range from a transmitting unit by using the received leading edge signal strength and periodically recalibrating the estimate based on infrequent TW-TOF range measurements
UWB chipset enables low cost, small size, and low power operation
UWB waveform and pseudo random encoding ensures noise-like transmissions with a very small RF footprint
RF transmissions from 3.1 GHz to 5.3 GHz, with center at 4.3 GHz
Two user-configurable antenna ports for single or dual antenna operation
RF emissions compliant with FCC limits
Each unit is a full transceiver
USB or Serial interface
Several sleep modes allow user to reduce power consumption
Interoperates with P400s

4.2 Prototype

그림 4.2은 제안한 시스템의 프로토타입으로 세 개의 노드로 구성된 이동노드와 두 개의 노드로 구성된 참조노드를 나타낸다. 이동노드의 노드 배치를 위한 반지름(R)은 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 획득하였으며, 그 전에 P410RCM 모듈의 측정 거리 오차 확인을 위해 참조노드와 이동노드 사이 거리를 1~31m까지 1m 간격으로 측정한 결과를 그림 4.3에 나타내었다. 실험 결과 각 거리별 표준편차는 약 7cm, 평균 4.6cm의 거리 오차가 발생하였다. 여기서 12m와 13m에서 오차가 크게 증가하는 모습을 볼 수 있는데 이것은 측정구간 중 공간 특성상 주위에 장애물이 존재했기 때문에 LOS(Line of Sight) 환경이 보장되지 않아 발생하는 오차로 그 이후 구간에서는 확인되지 않았다. 현재 NLOS 환경에서 정밀도 향상을 위한 다양한 연구가 진행되고 있으며 본 논문에서는 LOS 환경을 고려하였다. 그림 4.4의 그래프에 컴퓨터 시뮬레이션을 수행한 결과를 나타냈다. x축은 이동노드의 노드 배치 간격을 위한 반지름(R)을 나타내며, y축은 각 노드 간격별 참조노드의 위치 오차를 나타낸다. 시뮬레이션은 6cm부터 38cm까지 반지름을 늘려가며 진행하였으며, 각 반지름에서는 0도에서 360도까지 이동노드를 회전시켜 획득한 결과의 평균치를 이용하였다. 시뮬레이션 결과 초기 배치를 위한 반지름이 6cm인 경우 추정된 참조노드의 위치오차는 약 36.7cm로 UWB 모듈의 내재적 오차 대비 높게 나타났으며, 이동노드의 반지름을 증가시킬수록 위치오차는 점차 감소하여 반지름이 35cm가 되는 구간에서 추정된 참조노드의 위치오차가 약 5.4cm로 수렴하는 것을 확인할 수 있었다.

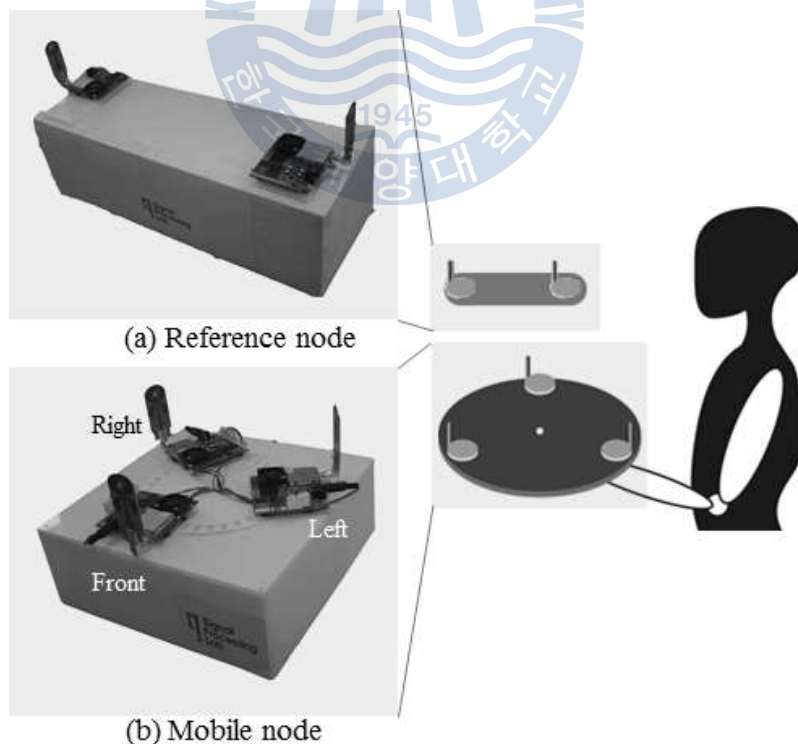


그림 4.2 (a) 참조노드와 (b) 이동노드의 프로토타입

Fig. 4.2 A prototype of (a) Reference node and (b) Mobile node

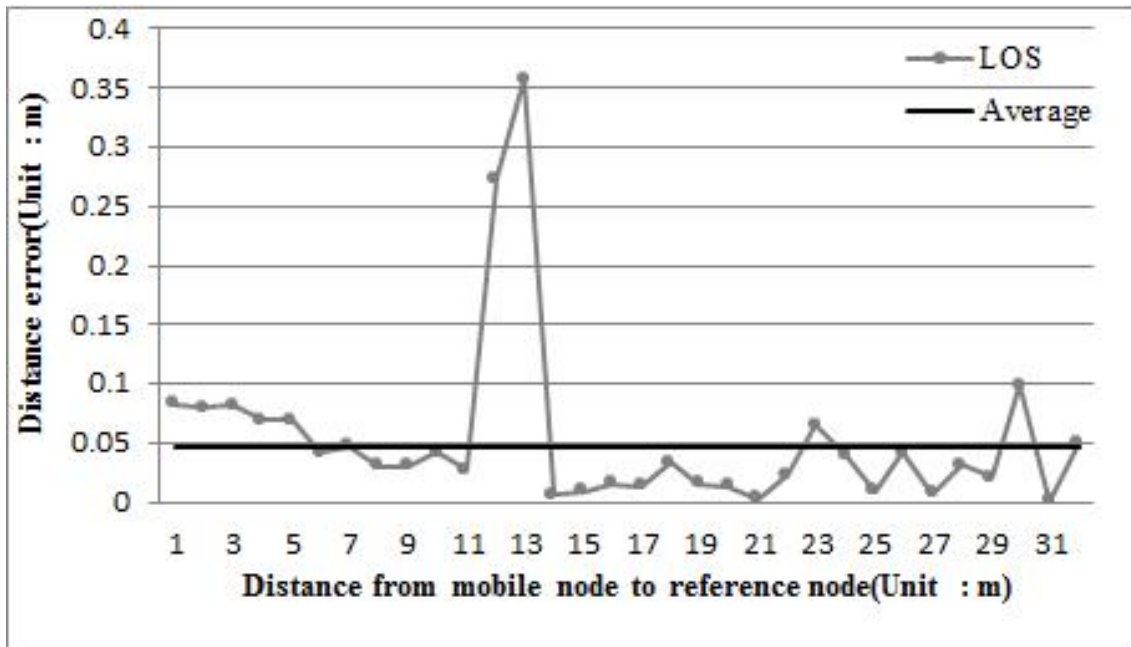


그림 4.3 이동노드와 참조노드 사이 거리 오차

Fig. 4.4 Distance error from mobile node to reference node

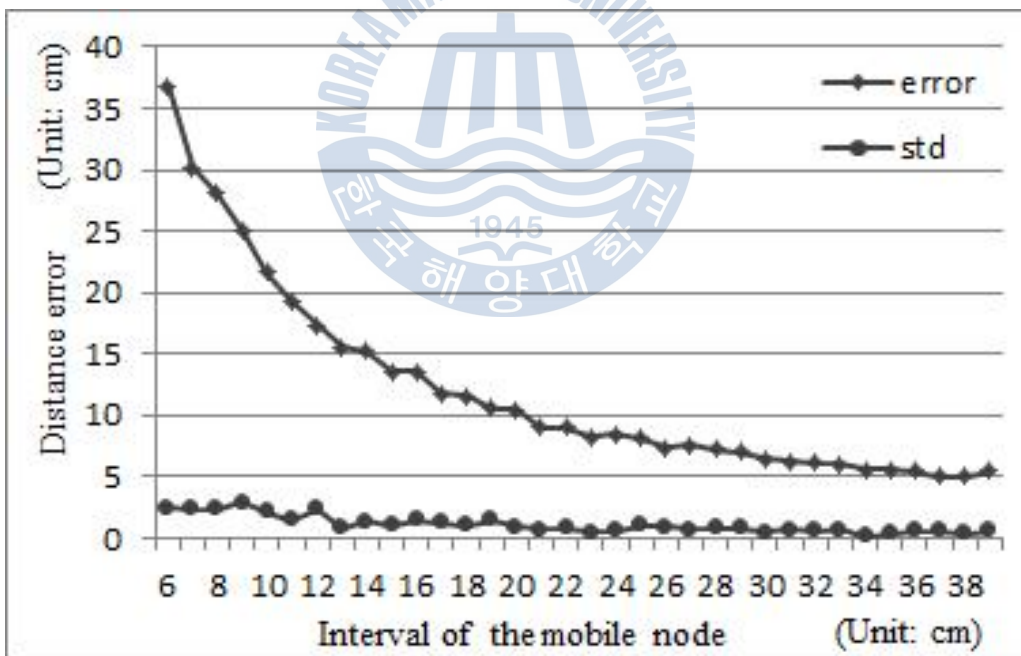


그림 4.4 이동노드의 배치 반지름에 따른 참조노드의 거리오차

Fig. 4.4 The distance error of the reference node according to deployment radius of mobile node

4.3 RE 기법 신뢰도 실험

본 시스템에서 사용되는 RE기법의 신뢰도 확인을 위하여 LOS가 보장되는 환경에서 실제 실험을 진행하였으며, 그 결과의 그래프를 그림 4.5에 나타내었다. x축은 이동노드와 참조노드 사이 거리를 의미하며, y축은 각 위치에서 거리 오차를 의미한다. 실험은 참조노드와 이동노드 사이 거리를 1.5m에서 18m까지 1.5m 간격으로 늘려가며 진행하였다. 실험결과 기존의 삼변측량법을 제안한 시스템에 적용하였을 경우 1.5m 거리에서는 오차율 5.67%로 정밀한 위치를 추정 하였으나, 그 이후 구간에서는 거리가 증가할수록 참조노드와 이동노드 사이 거리에 의해 형성된 반지름의 증가로 인하여 곡률이 감소되어 실제위치 대비 평균 14.08%의 오차율을 보였다. 반면에 RE기법의 경우 측정구간이 증가함에 따라 큰 영향을 받지 않았으며 평균 거리 오차율 1.28%로 삼변측량법 대비 90.9% 개선된 결과를 획득하였다.

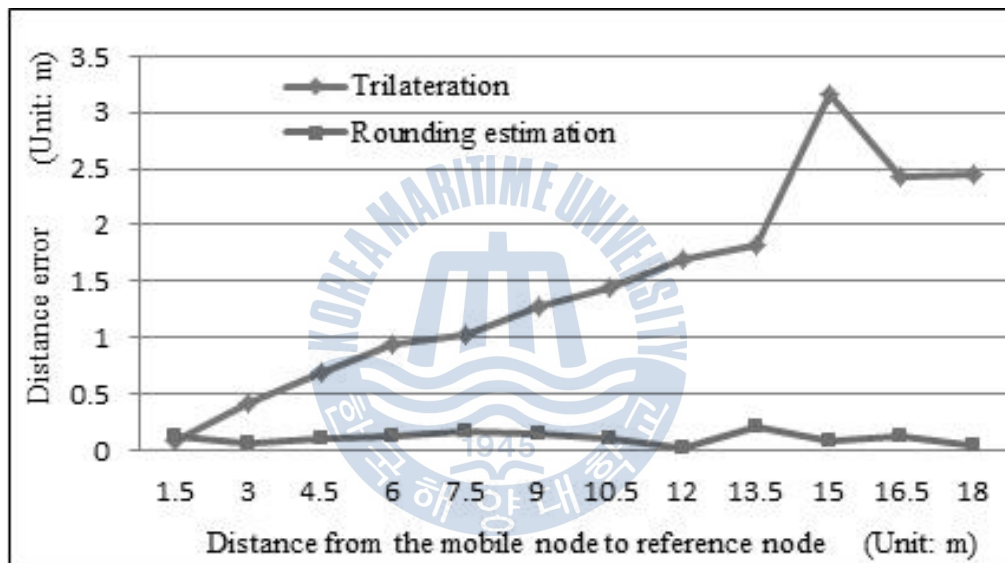


그림 4.5 제안한 시스템에 삼변측량법과 RE기법을 적용했을 경우의 거리 오차

Fig. 4.5 The distance error of proposed system when applying for trilateration and RE technique

4.4 실내 환경에서 방위각 실험 No.1

본 실험은 제안한 시스템의 시간 누적에 따른 신뢰도 확인을 위해 진행하였으며, 그 결과를 그림 4.6에 나타내었다. x축은 1에서 27까지 이동노드의 회전수를 의미하며, y축은 0°일 때 관성 센서와 제안한 시스템의 각도를 의미한다. 외부 자계의 영향이 존재하는 환경에서 이동노드의 반지름을 35cm, 참조노드의 간격은 1.5m로 설정 후 진행되었다. 실험을 진행한 결과 1에서 4회전까지는 관성 센서의 정확도가 더욱 높게 나타났지만, 이후 관성 센서의 누적오차는 회전에 비례하여 증가하여 1회전 당 약 3.8°의 오차가 발생하였다. 반면에 제안한 시스템의 경우 회전수와 관계없이 평균 오차 4.39°, 표준편차 2.49°의 방위각을 획득할 수 있었다.

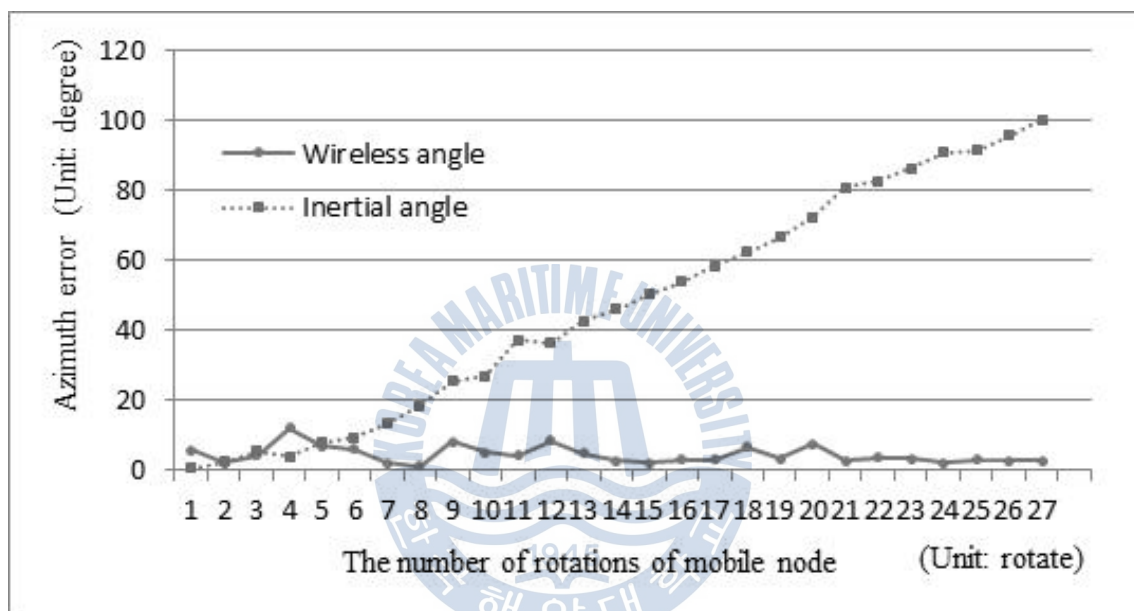


그림 4.6 시간 누적에 따른 방위각 오차

Fig. 4.6 The azimuth error according to time accumulation

4.5 실내 환경에서 방위각 실험 No.2

제안한 시스템과 3축 방위각 센서의 성능 분석을 위해 이동노드를 45° 간격으로 360° 회전하며 각각의 각도에서의 방위각을 획득하였다. 그림 4.7는 3축 방위각 센서와 제안한 시스템의 방위각 오차를 나타내고 있다. 실험은 자계의 영향이 존재하는 실내 환경에서 이동노드의 반지름을 35cm, 참조노드의 간격은 1.5m로 설정 후 진행되었다. 실험 결과 3축 방위각 센서를 이용한 방위각 추정의 경우 시간 경과에 따른 누적오차는 발생하지 않았지만 전원 공급기 및 기타 자계의 영향으로 인하여 0° 부근에서 멀어질수록 오차가 증가하여 180°일 경우 최대 64.27°의 방위각 오차가 발생했으며 평균 20.83°, 표준편차 19.02°의 방위각 오차가 발생하는 것을 확인 하였다. 반면 제안한 시스템의 경우 자계에 영향에 관계없이 평균 3.31°, 표준편차 1.85°의 방위각 오차가 발생하는 것을 확인할 수 있었다.

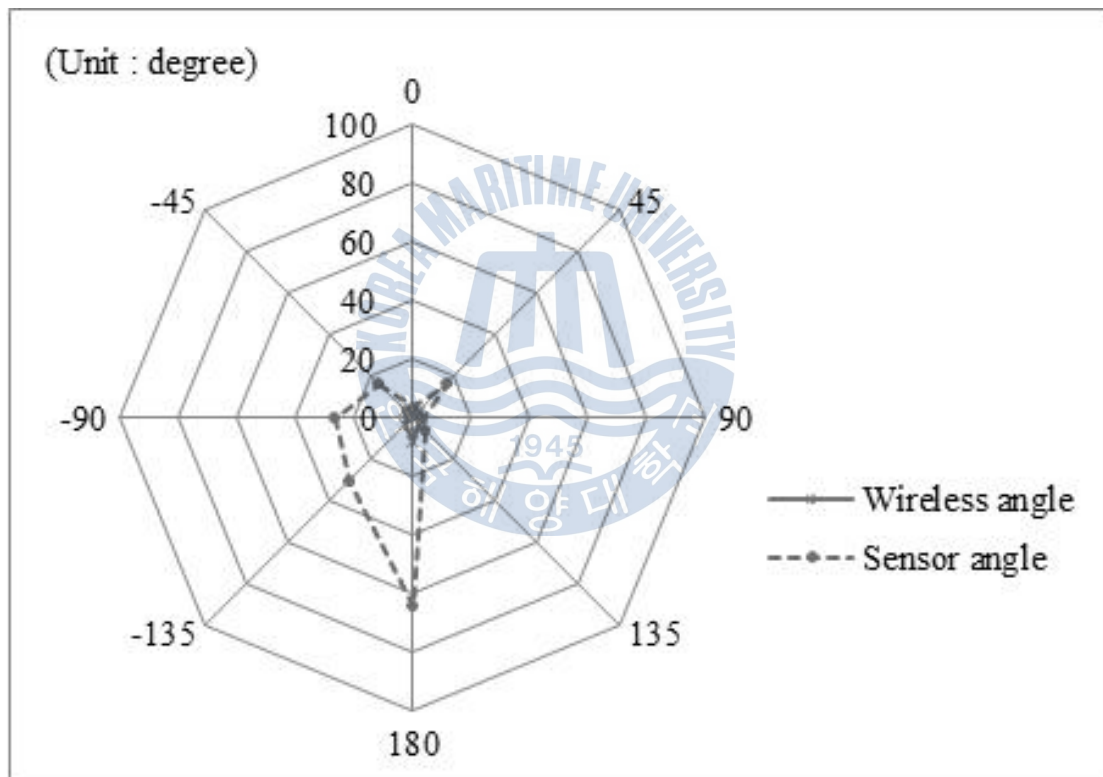


그림 4.7 자계의 영향이 있는 환경에서 방위각 오차

Fig. 4.7 The azimuth error in the environment influenced by a magnetic field

제 5 장 결론

5.1 결론 및 향후 응용분야

기존의 무선 통신기반 위치 추정 시스템들은 이동노드의 위치를 추정하기 위해 서비스가 제공되기 전에 참조노드의 배치가 완료되어야 하며, 위치를 추정하고자 하는 공간에 셋 또는 그 이상의 노드가 배치되어 있어야만 서비스 제공이 가능하다. 또한 외부 자계의 영향이 발생하는 구역 및 시간 경과에 따른 센서의 누적 오차 등의 영향으로 인하여 정확한 방향정보를 제공하기 어렵다.

따라서 본 논문에서는 두 개의 노드로 구성된 참조노드와 세 개의 노드로 구성된 이동노드를 기반으로 사용자의 위치정보 및 방향정보를 제공함으로써 기존 가속도, 자이로 및 지자기 센서 융합 시스템의 누적 오차 및 외부 자계의 영향으로 인한 오차에 강인한 시스템을 제안하였다. 실내 공간에서 기존의 관성센서의 경우 시간의 경과에 따른 누적 오차가 발생하였지만, 제안한 시스템의 경우 누적 오차에 강인한 것을 확인할 수 있었다. 또한 자계 영향이 존재하는 공간에서의 실험결과 제안한 시스템의 경우 외부자계의 영향을 받지 않고 효과적으로 자신의 방향을 인식할 수 있었다.

시뮬레이션을 통해 이동노드의 반지름을 35cm로 설정하여 실제 보행 시 휴대하기에는 불편하지만 이는 현재 실험을 위해 보유한 UWB 거리측정 장비의 거리 오차가 수 cm 단위이므로 그와 동일한 오차를 설정하여 시뮬레이션을 진행하였기 때문에 나온 결과이다. 현재 거리 측정 기술의 발전으로 인해 수 mm 단위의 UWB 기술이 개발되고 있는 상황이며 시뮬레이션 역시 mm단위의 오차로 설정한다면 휴대에 용이한 이동노드를 제작할 수 있다.

이외에도 사전에 노드배치가 되어있지 않은 상황에서도 사용자가 스스로 참조노드를 배치하여 자신의 상대위치 및 방향을 추정할 수 있으며, 2개의 노드로 구성된 참조노드를 사용함으로써 위치인식 서비스 제공을 위한 노드배치 시 참조노드의 저감 효과를 얻을 수 있다.

향후 본 논문의 제안한 시스템이 군사 분야에 적용될 경우 GPS가 수신되지 않는 적군의 진형 탐사 및 도시와 같이 건축물이 존재하는 복잡한 지형에서 벌어지는 시가전에 유용하게 응용될 것이다. 또한 소방·방재 분야에 적용될 경우 물류창고 및 대형건물의 화재로 인해 시야가 확보되지 않은 상황에서 인명 구조작업을 완료한 소방관의 원점 복귀에 유용하게 응용될 것이다.

참고문헌

- [1] Alenmdar H., & Ersoy C., 2010. Wireless sensor networks for healthcare: a survey. *Comput Netw*, 54(15), pp.2688-2710.
- [2] Weiser, M., 2002. The computer for the 21th centry. *in IEEE Pervasive Computing Magazine*
- [3] Akyildiz, I. F., & Cayirci, E. 2002. Wireless sensor networks: a survey. *Computer networks*, 38(4), pp.393-422.
- [4] Egon L., & van den Broek, 2013. Ubiquitous emotion-aware computing. *Personal and Ubiquitous Computing*, 17(1) pp.53-67.
- [5] Lee, I. B., 2009, *A study the model of plant cultivation management system based on USN*, Ph.D., Gyeonggi-do, HANSEI University.
- [6] Trifa, V. M., & et al., 2007. Automated wildlife monitoring using self-configuring sensor networks deployed in natural habitats. *Journal of international symposium on artificial life and robotics, Center for Embedded Network Sensing*.
- [7] Akshay A., & et al., 2013. Novel semi-passive RFID system for indoor localization, *IEEE Sensor journal*, 13(2), pp.528-537.
- [8] Luo, R. C., & Chen, O., 2013. Wireless and pyroelectric sensory fusion system for indoor human/robot localization and monitoring, *IEEE/ASME Transactions on mechatronics*, 18(3), pp.845-853.
- [9] Lin, M., & et al., 2013. WLAN indoor positioning algorithm based on sub-regions information gain theory. *IEEE Wireless communications and networking conference* pp.4789-4794.
- [10] Parsad, R. & Ruggieri, M., 2005. Applied Satellite Navigation Using GPS, GALILEO, and Augmentation Systems. London, ARTECH HOUSE.
- [11] Bajaj, D., & Gupta, N., 2012. GPS Based Automatic Vehicle Tracking Using RFID. *International Journal of Engineering and Innovative Technology*, 1, pp.31-35.
- [12] Biswas, J., & Veloso, M., 2010. WiFi Localization and Navigation for Autonomous Indoor Mobile Robots. *International Conference on Robotics and Automation*.

- [13] Fischer, G., Dietrich B., & Winkler, F., 2004. Bluetooth Indoor Localization System. *Proceedings of the 1st Workshop on Positioning, Navigation and Communication.*, pp.147-156.
- [14] Chung, J. W., & et al., 2011. Indoor Location Sensing using Geomagnetism. *Proceedings of the 9th International Conference on Mobile Systems, Applications, and Services*, pp.141-154.
- [15] Liang, & et al., 2013. Reduced-Complexity Data Acquisition System for Image Based Localization in Indoor Environments, *International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation*, 28, pp.1-8.
- [16] Rowe, N. C., & et al., 2013. A UWB transmit-only based scheme for multi-tag support in a millimeter accuracy localization system. *IEEE Topical Conference on Wireless Sensors and Sensor Networks*, pp.7-9.
- [17] Zhao, X., Geng, S., & Coulibaly, B. M. 2013. Path-Loss Model Including LOS-NLOS Transition Regions for Indoor Corridors at 5 GHz [Wireless Corner]. *Antennas and Propagation Magazine, IEEE*, 55(3), pp.217-223.
- [18] Chenshu, W., & et al., 2013. Footprints Elicit the Truth: Improving Global Positioning Accuracy via Local Mobility. *Proceedings IEEE INFOCOM*, pp.490-494.
- [19] Lee J. O. & et al., 2012. Vision-based indoor localization for unmanned aerial vehicles. *Journal of Aerospace Engineering*, 24(3), pp.373 -377.
- [20] Se, S., Lowe, D., and Little, J., 2005. Vision-based global localization and mapping for mobile robots. *IEEE Trans. Robot.*, 21(3), pp.364-375.
- [21] Bimbo, A. D., & et al., 2010. Exploiting distinctive visual landmark maps in pan - tilt - zoom camera networks. *Computer Vision and Image Understanding*, 114(6), pp.611-623.
- [22] LaMarca, A., & et al., 2005. Place lab: Device positioning using radio beacons in the wild, *Pervasive Computing*, pp.301-306.
- [23] Meniem, A., & et al., 2013. Relative RSS-based GSM localization technique. *In Electro/Information Technology (EIT), IEEE International Conference on*, pp.1-6.
- [24] Jang, S., Suh, D., & Chang, S., 2013. Shadow Sound System Embodied with Directional Ultrasonic Speaker: User Following Sound System Enabled with Vision Tracking Technique. *In Information Science and Applications (ICISA), 2013 International Conference on*, pp. 1-3.
- [25] Ye, Z., Zhang, Y., & Xu, X., 2009. Two-dimensional direction of arrival estimation in the presence of uncorrelated and coherent signals. *IET Signal Process.*, 3(5), pp.416-429.