

비컨노드 확장과 좌표공간 분해 기반 3차원 위치인식시스템

이 호 철*, 이 동 명^o

The 3-Dimensional Localization System Based on Beacon Expansion and Coordinate-Space Disassembly

Ho Chul Lee*, Dong Myung Lee^o

요 약

본 논문에서는 실내환경에 적합한 3차원 위치인식시스템의 설계를 위해 비컨노드 확장 기반의 3차원 위치인식시스템을 제안하고 성능을 분석하였다. 또한 실제 이동노드가 위치한 좌표에 대한 오차를 각각 계산하여 제안하는 3차원 위치인식 보정알고리즘의 위치인식률을 분석하였다. 실험결과, 제안한 위치인식알고리즘을 적용한 3차원 위치인식시스템의 오차거리는 제안한 알고리즘을 적용하지 않은 경우에 비해 오차거리가 평균 0.47m 더 적은 것으로 나타났다. 그리고 천장을 기준으로 천장과 이동노드와의 거리가 1.5m 및 2.5m인 경우에 대해 각각 실험한 결과, 12개의 좌표에 대한 위치인식 평균 오차거리는 1.5m의 경우가 2.5m 경우 보다 0.38m 더 낮음을 확인하였다.

비컨노드 확장과 좌표공간 분해 기반의 3차원 위치인식알고리즘은 3차원 위치인식에서 센서의 조건과 성능차이로 인해 발생하는 서비스 품질의 저하를 향상시킬 수 있다.

Key Words : Decomposition, 3D trilateration, NLOS, SDS-TWR, Localization

ABSTRACT

The 3-Dimensional(3D) localization system based on beacon expansion and coordinate-space disassembly for the design of the 3D localization system in indoor environment is proposed and the performance of the proposed system is analyzed in this paper. The localization ratio of the 3D localization system adapts the proposed algorithm is analyzed by the calculation of errors occurred in the coordinates that the mobile node locates. It is indicated that the average error distance of the 3D localization system adapts the proposed algorithm is less than that of the 3D localization system not adapts the proposed algorithm as 0.47m. The localization average distance error in 12 coordinates is indicated that the 1.5m case is less than 2.5m case as 0.38m by some experimentations under the condition that the distances between the ceiling and the mobile node are 1.5m and 2.5m measured from the ceiling respectively.

It is seen that the 3D localization system based on beacon expansion and coordinate-space disassembly can improved the degradation of the quality of service that is caused by some conditions and performance differences in sensors.

※ 본 논문은 중소기업청에서 지원하는 2012년도 산학연공동기술개발사업(No. C0023896)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

♦ 주저자 : 동명대학교 컴퓨터미디어공학과 모바일기술연구실, calmtot@tu.ac.kr, 준회원

o 교신저자 : 동명대학교 컴퓨터공학과, dmlee@tu.ac.kr, 종신회원

논문번호 : KICS2011-09-426 접수일자 : 2012년 9월 30일, 최종논문접수일자 : 2012년 12월 26일

I. 서론

위치인식서비스는 물류 자동화, 재난관리, 의료분야, 국방분야, 보안 및 어린이 보호 등 다양한 분야에서 응용이 가능하다^[1]. 상용화된 위치인식시스템의 사례로는 미국 MIT의 Cricket과 영국의 Active Badge 시스템이 대표적인데, 이 시스템들은 거리측정 시에 비교적 오차가 적은 초음파센서를 이용한다^[2]. 그러나 넓은 지역에서 운용 시, 초음파센서를 이용한 위치인식시스템의 단점은 비컨노드와 이동노드 간의 통신각도가 작아서 비컨노드의 배치를 조밀하게 하여야 하므로 다수의 비컨노드를 배치하여 비용이 증가한다는 점이다.

이러한 고비용의 단점을 해결하기 위하여 CSS(Chirp Spread Spectrum)방식의 IEEE 802.15.4a 규격의 통신규격이 제안되었지만, 전파의 특성상 반사 또는 간섭현상이 빈번하여 QoS(Quality of Service)가 떨어진다는 단점을 가지고 있다.

본 논문에서는 이러한 단점을 해결하기 위하여 실내환경에서 비컨노드 확장과 좌표공간 분해 기반의 3차원 위치인식알고리즘을 제안하고 성능을 분석하였다.

II. 관련연구

2.1. CSS 기반 레인지ング 기술

CSS 기반 레인지ング 기술에는 IEEE 802.15.4a에서 정의된 TW-TOA(Two Way-Time Of Arrival) 거리측정 기술이 있는데, 이 기술은 IEEE 802.15.4a 국제표준규격에 정의되어 있으며, 송신측에서 출발하여 수신측에 도착한 전파 전 송시간과 전파속도를 이용해 거리를 측정한다^[3].

2.2. 2차원 공간의 삼변측량법

2차원 평면에서의 삼변측량법의 기본 개념은 그림 1에서 보는 바와 같이 움직이는 이동노드를 인식하는데 3개의 비컨노드가 사용된다. 이동노드와 3개의 비컨노드 사이의 거리를 D_a, D_b, D_c 라고 할 때, 비컨노드의 좌표를 중심으로 정의하고 이동노드까지의 거리를 반지름으로 정의한 3개의 원이 형성된다. 이 때, 3개의 원둘레는 한 점에서 교차하게 되는데, 이 교차점이 이동노드의 위치가 된다.

삼변측량법에서 이동노드의 위치를 구하는 계산식은 다음과 같다. 아래의 수식(2-1)을 연립하여 이

동노드의 2차원 좌표를 계산할 수 있다^[4].

$$\begin{aligned} D_a &= \sqrt{(x_a - x_m)^2 + (y_a - y_m)^2} \\ D_b &= \sqrt{(x_b - x_m)^2 + (y_b - y_m)^2} \\ D_c &= \sqrt{(x_c - x_m)^2 + (y_c - y_m)^2} \end{aligned} \quad (2-1)$$

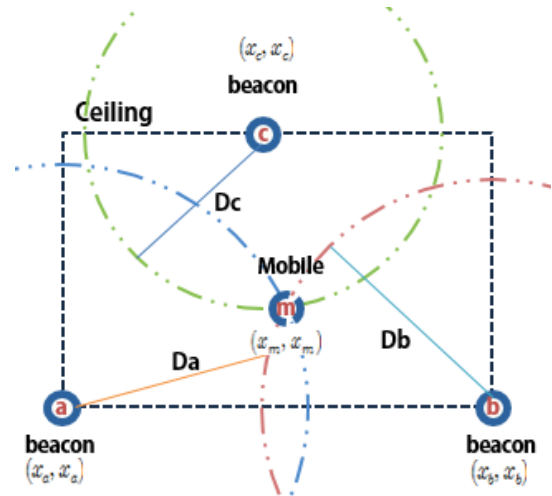


그림 1. 2차원 평면에서 삼변측량법의 개념
Fig. 1. Trilateration concept in 2D plane.

III. 3차원 위치인식 알고리즘 설계

3.1. 설계 고려사항

제안하는 3차원 위치인식알고리즘의 중점 설계 고려사항은 다음과 같다.

- 구의 방정식 기반 3차원 위치좌표 계산법을 제안하여 3차원 위치인식시스템의 정확한 좌표 값을 계산한다^[5,6]. 실제 시스템을 구현하기 위해 삼변측량법에 필요한 비컨노드를 한 개 더 추가하여 기존의 위치인식 인식성능을 향상시킨다^[7].
- 제안하는 3차원 위치인식알고리즘의 수행 시 연산 과부하로 인한 지연이 발생하지 않도록 위치인식 좌표 수집 간격을 1초로 정의한다.
- 향후 확장이 용이하도록 삼변측량법 계산 시 비컨노드의 좌표의 위치에 영향을 받지 않도록 설계하고, 비컨노드의 개수에 변동이 발생하더라도 이에 관계없이 제안하는 3차원 위치인식알고리즘이 적용되도록 설계한다.

3.2. 시스템 설계

3.2.1. 안정적인 레인지링 획득을 위한 비컨노드 설정

이동노드의 위치를 인식하기 위해서는 최소 3개의 비컨노드가 필요하다. 그러나 실제 환경에서는 이동노드와 비컨노드 간의 통신이 원활하지 않아 위치인식을 실패할 확률이 높다. 따라서 다수의 비컨노드를 설치해 이동노드의 위치인식 인식률을 안정화 시킬 필요가 있다.

표 1에서 보는 바와 같이 비컨노드가 3개일 경우, 이동노드의 좌표는 1개만 얻을 수 있다. 즉, 3개의 비컨노드 중 어느 하나라도 거리측정에 실패할 경우 이동노드의 위치인식이 실패한다. 비컨노드가 4개일 경우, 4개의 측정 거리 값을 이용해 4개의 이동노드 좌표를 계산할 수 있다.

그러나 이 경우, 비컨노드의 개수가 증가할수록 이동노드의 위치를 인식하는 시간간격이 늘어나고, 설치비용도 증가하게 된다. 따라서 본 논문에서는 안정적인 레인지 값 획득을 위해 4개의 센서를 비컨노드를 사용하는 위치인식알고리즘을 제안한다.

표 1. 비컨노드 확장에 의한 이동노드 좌표 수
Table 1. Number of coordinates of mobile node by beacon expanding

	3 beacon	4 beacon	5 beacon
number of mobile coordinate	${}_3C_3 = 1$	${}_4C_3 = 4$	${}_5C_3 = 10$

3.2.2. 구의 방정식 기반 3차원 위치좌표 계산법

실내 위치인식시스템에서 비컨노드는 일반적으로 장애물로 인한 전파의 반사현상을 줄이기 위해 천장에 배치된다. 또한 이동노드는 사람이나 사물에 부착되기 때문에 비컨노드보다 아래에 위치한다.(그림 2 참조)

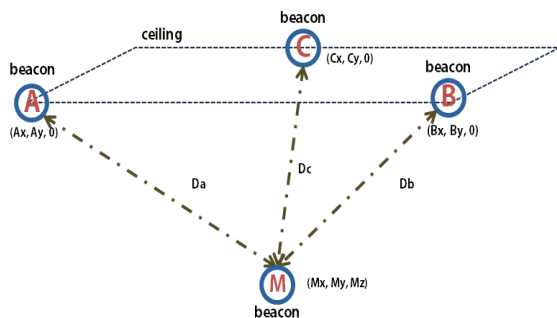


그림 2. 3차원 공간에서 비컨노드와 이동노드의 배치형태
Fig. 2. Installation of beacon and mobile nodes in 3D space.

따라서 2차원 평면에서의 삼변측량법을 바로 적

용할 수는 없다. 왜냐하면 비컨노드와 이동노드가 같은 평면상에 위치할 때 가능한 계산법이기 때문이다. 만약 2차원 삼변측량법을 그림 2와 같은 3차원 공간상에 적용한다면 그림 3과 같은 오류가 발생한다.

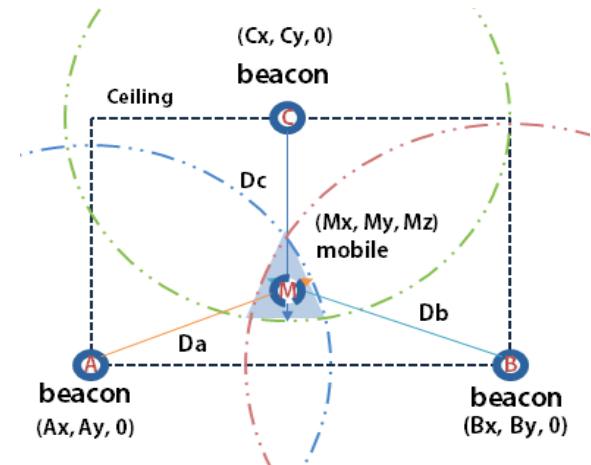


그림 3. 3차원 공간에서 이동노드의 위치인식 오류
Fig. 2. Localization errors of mobile node in 3D space.

이와 같은 문제점을 해결하기 위해 주로 그림 4와 같이 비컨노드와 이동노드가 형성하는 원둘레의 교차점 4개를 산술평균한 값을 적용한다.

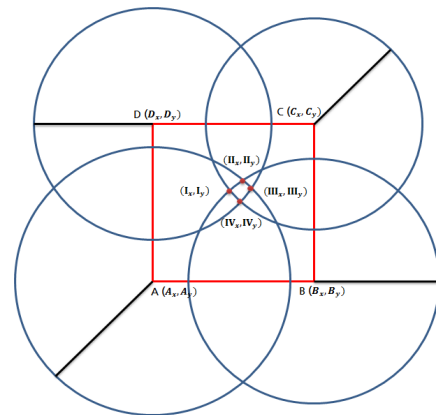


그림 4. 4개의 비컨을 이용한 2차원 위치인식 방법
Fig. 4. 2D localization algorithm using 4 beacons.

즉, 각 교차점을 이동노드의 좌표로 가정하여 I, II, III, IV로 정의하였다. 이렇게 정의된 이동노드의 좌표를 수식 (3-1)과 같이 산술평균을 통해 이동노드의 위치를 측정한다. 그러나 이 방법에 의한 측정값은 이동노드의 정확한 위치좌표가 아니기 때문에 실제 센서노드를 이용한 측정값이 정확하다고 가정하더라도 어느 정도의 오차를 포함하고 있다.

$$x = \frac{I_x + II_x + III_x + VI_x}{4} \quad (3-1)$$

$$y = \frac{I_y + II_y + III_y + VI_y}{4}$$

이러한 문제점을 고려하여 본 논문에서는 오차가 발생하지 않는 정확한 위치인식알고리를 설계하고자 한다. 이를 위해 3개의 비컨노드와 이동노드 사이의 거리가 반지름으로 정의된 3개의 구의 방정식을 연립하여 3차원 공간의 위치인식시스템의 위치좌표를 계산하는 수식을 제안하였다.

이동노드의 3차원 좌표의 계산을 위해서 먼저 3개의 구의 방정식을 연립해서 풀면 상, 하 2개의 교차점이 발생한다.(그림 5 참조) 이 중 상단의 교차점은 천장 위에 존재하는 무의미한 점이므로 하단의 것을 취한다. 이렇게 하면 이동노드의 정확한 2차원 좌표뿐만 아니라 이동노드와 천장 간의 고도 값을 얻을 수 있어 이동노드의 3차원 좌표의 계산이 가능하다.

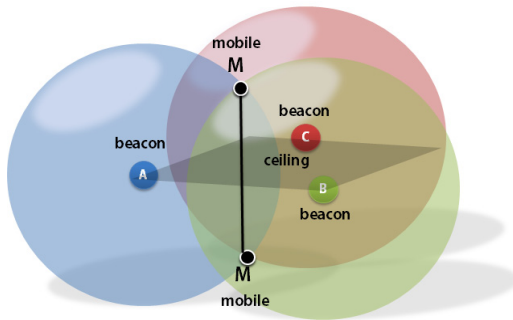


그림 5. 구의 방정식 기반 3차원 위치좌표 계산 개념
Fig. 5. Concept of calculation of 3D location coordinates based on 3 sphere equations.

3.2.3. 4개의 비컨노드를 이용한 위치인식 좌표 계산

그러나 3.2.2의 구의 방정식 기반의 3차원 위치 좌표 계산만으로는 실제 시스템에 적용하기에 무리가 있다. 왜냐하면 실제 센서 하드웨어 모듈을 이용해 거리측정 시 발생하는 오차 값과 측정실패 때문에 위치인식서비스의 품질이 저하되기 때문이다.

본 논문에서는 그림 6과 같이 4개의 비컨노드를 사용한다. 4개의 비컨노드를 사용할 경우 이동노드의 좌표를 4가지 계산 할 수 있다. 각각의 비컨노드를 A, B, C, D라고 정의하였을 때, 이동노드의 좌표를 삼변측량법으로 계산할 수 있는 경우의 수는 ABC, ABD, BDC, ACD 4가지이다. 즉, 이동노드와 비컨노드들 간에 한 번의 거리측정으로 4개의 이동노드 좌표를 계산할 수 있다.

만약 이동노드와 비컨노드 A, B, C, D간의 거

리측정 값에 오차가 전혀 없다면 ABC, ABD, BDC, ACD 조합으로 계산된 4개의 좌표가 모두 동일한 좌표를 도출할 것이다. 그러나 실제 센서모듈을 적용한 시스템에서는 불규칙한 오차가 측정할 때마다 발생하므로 4개의 좌표가 모두 다른 좌표를 계산하게 된다. 따라서 이 4개의 좌표에 대한 보정이 반드시 필요하다.

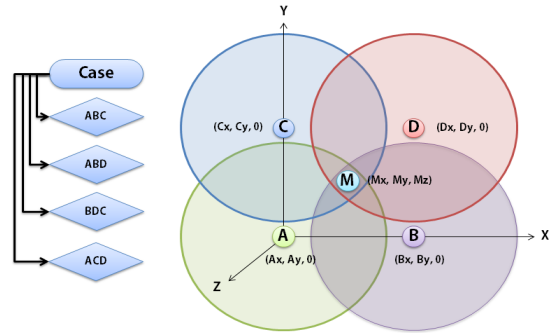


그림 6. 4개의 비컨노드를 이용한 이동노드의 좌표 계산
Fig. 6. Coordinates calculation of mobile node using 4 beacon nodes.

3.2.4. 좌표공간 분해를 이용한 위치인식 좌표 보정

4개의 비컨노드를 이용한 위치인식 좌표 계산에서 한 번의 측정으로 4개의 이동노드 좌표를 계산할 수 있음을 확인하였다. 이렇게 계산된 4개의 좌표를 1초 동안 10회 측정한다. 10회 측정을 통해 총 40개(4개 좌표 * 10회 측정)의 좌표를 얻을 수 있다. 초당 10회 이상의 측정을 할 수도 있지만 본 논문에 사용된 센서 하드웨어의 모듈 특성상 안정적인 거리측정을 위해 초당 10회로 측정을 제한하였다.

먼저, 이동노드의 3차원 좌표 집합을 m 이라고 정의할 경우 좌표 m 은 식 (3-2)와 같이 표현된다.

$$m = \{x, y, z\} \quad (3-2)$$

10회의 3차원 위치인식 계산을 통해 도출된 이동노드의 좌표 m 은 총 40개이다. 40개의 좌표를 M 으로 정의하면 식 (3-3)과 같이 표현된다.

$$M = \{m_1, m_2, m_3, \dots, m_{40}\} \quad (3-3)$$

좌표집합 M 에 대한 각 좌표 축의 최소값과 최대값을 도출하였으므로 40개의 좌표가 분포하고 있는 3차원 영역을 정의 할 수 있다. 정의된 3차원 영

역을 특정한 거리간격으로 분해하면 그림 7과 같은 영역으로 나타낼 수 있다. 즉, 좌표공간을 d 로 정의했을 때 모서리의 길이가 모두 d 인 정육면체 집합공간으로 분해된다. 이 각각의 공간 안에 이동노드의 40개 좌표가 분포하게 된다.

첫 번째 분해공간을 S_1 이라고 정의하였을 경우, x 좌표축인 S_1x 의 영역을 부등식으로 나타내면 식 (3-4)와 같다. 마찬가지로 S_1y 와 S_1z 의 영역은 각각 식 (3-5)와 식 (3-6)으로 나타낼 수 있다.

$$x_{\min} \leq S_1x < x_{\min} + d \quad (3-4)$$

$$y_{\min} \leq S_1y < y_{\min} + d \quad (3-5)$$

$$z_{\min} \leq S_1z < z_{\min} + d \quad (3-6)$$

첫 번째 분해공간의 부등식을 바탕으로 n 번째 분해공간의 각 축에 대한 좌표를 부등식을 정의하면 각각 식 (3-7), (3-8), (3-9)와 같다

$$x_{\min} + (n-1)d \leq S_nx < x_{\min} + nd \leq x_{\max} \quad (3-7)$$

$$y_{\min} + (n-1)d \leq S_ny < y_{\min} + nd \leq y_{\max} \quad (3-8)$$

$$z_{\min} + (n-1)d \leq S_nz < z_{\min} + nd \leq z_{\max} \quad (3-9)$$

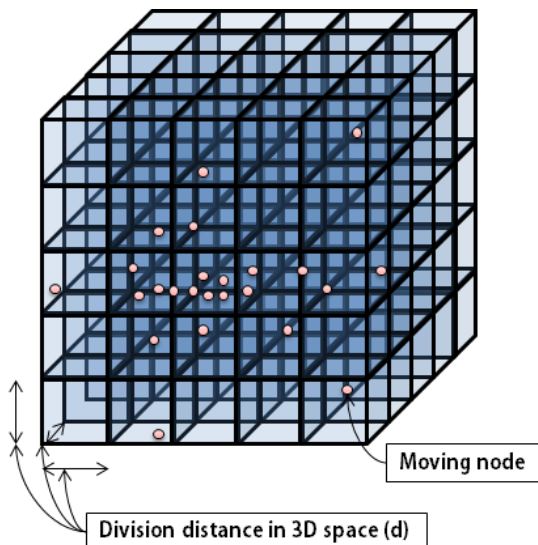


그림 7. 분해거리를 이용한 좌표공간의 분해
Fig. 7. Coordinate-space disassembly using disassembled distance.

마지막으로 그림 7의 분해공간에서 이동노드의 좌표가 가장 많이 분포되어 있는 공간을 선택하여 공간 속에 존재하는 이동노드의 좌표들을 산술평균한다. 이러한 과정을 통해 위치인식 오차를 보정한다.

IV. 실험 및 결과분석

4.1. 시스템 구현

실험에 사용된 센서모듈은 비컨노드와 이동노드에 모두 동일하게 사용된다. 이동노드와 비컨노드와의 거리측정은 A, B, C, D 비컨노드의 순서대로 실시하였다. 이동노드는 측정된 비컨노드와의 거리값은 자체개발한 위치인식 소프트웨어에 의해 모니터링 시스템에게 송신한다. 모니터링시스템은 Windows 플랫폼 기반에서 개발되었다. 이동노드와 비컨노드와의 거리가 표시된 모니터링시스템의 실행화면은 그림 8과 같다.

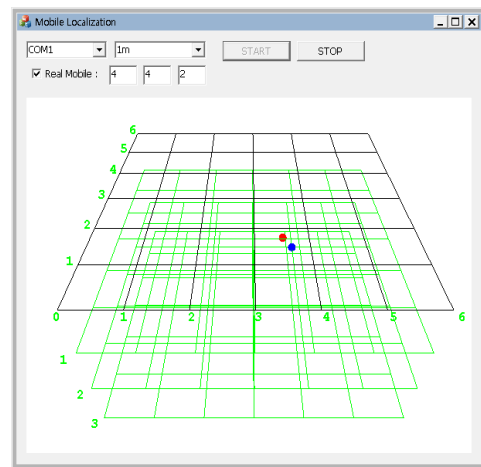


그림 8. 모니터링시스템의 실행화면
Fig. 8. Execution display of monitoring system.

4.2. 실험방법

제안하는 위치인식알고리즘의 성능확인을 위한 실험방법은 다음과 같다.

- ① 가로 6m, 세로 6m인 건물내부 천장의 네 모서리 부분에 비컨노드 4개를 설치한다. 그리고 이동노드를 삼각대 위에 고정하여 미리 측정된 좌표지점에 설치한다. 이동노드와 비컨노드의 설치가 완료되면 이동노드의 위치를 측정한다.
- ② 제안 알고리즘을 적용한 결과와 적용하지 않은 결과를 비교 분석하고, 제안 알고리즘의 성능을 평가한다.
- ③ 이동노드의 위치를 인식하기 위해 사용되는 제안 알고리즘의 분해거리를 0.5m/1.0m/2.0m/3.0m/4.0m로 조정 해 가며 30초씩 측정한다.
- ④ 측정된 이동노드의 좌표가 파일로 출력되면,

파일을 분석하여 실제좌표와 가장 오차거리가 작은 분해거리를 확인한다.

- ⑤ 실험환경을 12개의 공간으로 분할하여 각 분할 좌표에 대해 이동노드 좌표를 측정한다.
- ⑥ 측정된 위치인식 좌표결과에서 오차거리 분석을 통해 제안하는 알고리즘의 성능을 평가한다. 이 때 오차거리는 유클리드 거리계산법을 이용해 구할 수 있다. 실제 이동노드의 좌표를 R_x, R_y, R_z 로 정의하고, 위치인식시스템으로 측정된 이동노드의 좌표를 M_x, M_y, M_z 으로 정의할 때 두 좌표간의 거리 오차는 식 (4-1)과 같다.

$$d_{err} = \sqrt{(R_x - M_x)^2 + (R_y - M_y)^2 + (R_z - M_z)^2} \quad (4-1)$$

4.3. 이동노드와 비컨노드의 배치

실험을 위한 이동노드와 비컨노드의 배치는 그림 9와 같다. 4개의 비컨노드는 6m 간격으로 각각의 모서리에 배치되고, 이동노드는 실험을 위해 미리 측정된 (x, y, z) 좌표인 12개의 지점에 배치된다.

본 실험에서는 실험환경의 3차원 공간에서 모든 실수 좌표에 대한 평가를 하기에는 무리가 있으므로 12개의 구역으로 공간을 분할하여 각 좌표에 대해 위치인식 성능평가를 수행한다. 또한 3차원 공간에 대한 위치인식 성능을 평가하기 위해 이동노드의 12좌표는 천장으로부터 1.5m 높이와 2.5m 높이에 배치된다.

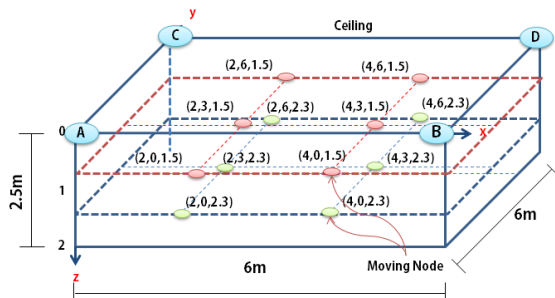


그림 9. 이동노드와 비컨노드의 배치
Fig. 9. Installation of mobile and beacon nodes.

4.4. 결과분석

4.4.1. 제안 알고리즘의 적용 전후 오차거리 비교

제안 알고리즘을 적용하기 전과 적용한 후에 대한 오차거리 비교 결과는 그림 10과 같다.

제안한 알고리즘의 적용 전의 오차거리가 평균 1.40m이고, 적용 후는 평균 0.93m이다. 따라서

제안한 알고리즘을 적용한 3차원 위치인식시스템의 오차거리는 제안한 알고리즘을 적용하지 않은 경우에 비해 오차거리가 평균 0.47m 더 적은 것으로 나타났다.

실험결과를 볼 때, 제안하는 위치인식알고리즘의 성능은 단순한 산술평균을 이용한 위치인식 계산보다 더 안정적이고 오차율이 낮음을 알 수 있다.

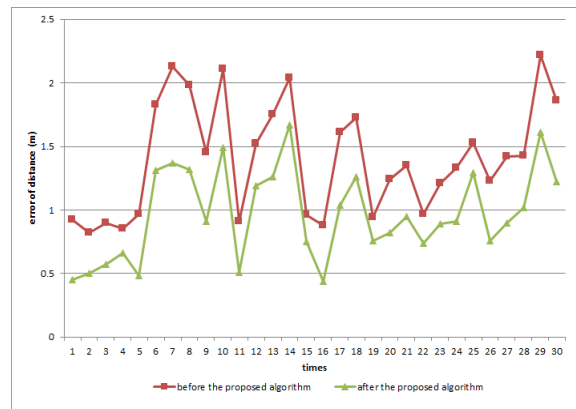


그림 10. 제안 알고리즘의 적용 전·후 오차거리 비교
Fig. 10. Error distance comparison before/ after the proposed algorithm.

4.4.2. 12좌표에 대한 위치인식 오차거리

제안하는 알고리즘의 분해거리 차이에 따른 위치인식 결과에서, 오차거리가 가장 낮은 분해거리가 1m임이 확인되었기 때문에 분해거리를 1m로 설정하고 실험공간에서 12개의 좌표에 대해 위치인식을 수행하였다. 그림 11은 6회 실시된 측정에서 12좌표에 대한 평균 오차거리를 나타낸 것이다.

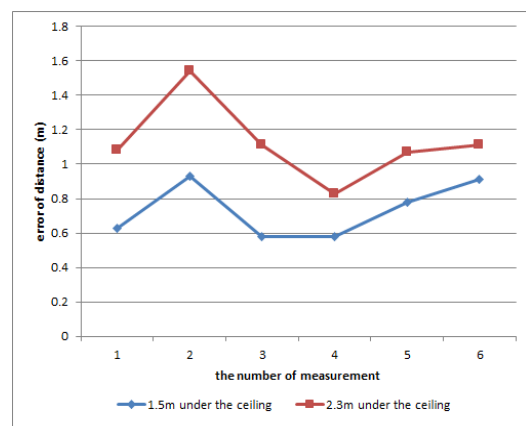


그림 11. 12좌표에 대한 평균 위치인식 오차거리 (분해거리 1m 경우)
Fig. 11. Average error distance about 12 coordinates (disassembled distance=1m case).

그림 11에서 보는 바와 같이 천장에서 높이가

2.5m 지점에 위치하는 이동노드는 1.5m 지점에 위치하는 이동노드에 비해 평균 위치인식 오차거리가 0.38m 더 크게 나타나는 것을 알 수 있다. 즉, 이동노드가 실내의 바닥에 가까운 경우는 그렇지 않는 경우에 비해 위치인식 오차가 더 커짐을 알 수 있는데, 그 이유는 이동노드가 바닥에 근접할 수록 전파의 반사현상 등이 빈번하게 발생하기 때문인 것으로 판단된다.

V. 결 론

본 논문에서는 실내환경에 적합한 3차원 위치인식시스템의 설계를 위해 비컨노드 확장과 좌표공간 분해 기반의 3차원 위치인식알고리즘을 제안하고 성능을 분석하였다.

실험결과, 제안한 알고리즘을 적용한 3차원 위치인식시스템의 오차거리는 제안한 알고리즘을 적용하지 않은 경우에 비해 오차거리가 평균 0.47m 더 적은 것으로 나타났다. 그리고 12개의 좌표에 대한 위치인식 오차거리 성능은 천장을 기준으로 천장과 이동노드와의 거리가 1.5m 및 2.5m인 경우에 대해 각각 실험한 결과, 1.5m의 경우가 2.5m 경우보다 평균 오차거리가 0.38m더 낮음을 확인하였다.

제안하는 3차원 위치인식알고리즘을 적용한 위치인식시스템은 복층으로 구성된 공장 내부의 작업자 위치파악이나 사물의 위치파악 또는 항만에서 컨테이너 관리 등의 물류파악 등에 유용하게 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

References

[1] Nissanka Bodhi Priyantha, "The Cricket Indoor Location System," *Massachusetts Institute of Technology*, pp. 53~60, June 2005.

[2] J. M. Martin Abreu, R. Ceres, L. Calderon, M. A. Jimenez, P. Gonzalez-de- Santos, "Measuring the 3D-position of a Walking Vehicle using Ultrasonic and Electromagnetic Waves," *Sensors and Actuators*, vol. 75, Issue 2, pp. 131~138, May 1999.

[3] Rick Roberts, "TDOA Localization Techniques," *Harris Corporation*, October 2004 from <http://www.ieee802.org>.

[4] *HBE-Ubi-nanoLOC Ubiquitous Sensor*

Network, Hanback Electronics, 2009.

[5] Ho Cheol Lee, Dong Myung Lee,, "A Study on Localization System using 3D Triangulation Algorithm based on Dynamic Allocation of Beacon Node," *The Journal of The Korean Institute of Communication Sciences*, vol. 36, no. 4, pp. 378~385, Apr. 2011.

[6] Dong Myung Lee, Ho Cheol Lee, "The 3 Dimensional Triangulation Scheme based on the Space Segmentation in WPAN," *The Journal of Engineering Education Research*, vol. 15, no. 5, pp. 93~97, Sep. 2012.

[7] Ho Cheol Lee, Seong Ki Kwon, Soon Yi Lee, Suk Won Kang, Dong Myung Lee, "A Study on Error Compensation Algorithm of Distance Measurement using Frequency Distribution in WPAN," in *Proc. KICS Int. Conf. Commun. 2010 (KICS ICC 2010)*, pp. 631, Jeju Island, Korea, June 2010.

이 호 철 (Ho Chul Lee)



2009년 8월 동명대학교 컴퓨터공학과 졸업(학사)
 2011년 8월 동명대학교 컴퓨터미디어공학과(석사)
 2011년 8월~현재 동명대학교 컴퓨터미디어공학과 박사과정

〈관심분야〉 USN, RTLS, 분산처리시스템

이 동 명 (Dong Myung Lee)



1982년 2월 숭실대학교 전자계산학과(학사)
 1990년 8월 숭실대학교 전자공학과(석사)
 1997년 8월 숭실대학교 전자계산학과(박사)
 1982년 3월~2000년 2월

한국전자통신연구원 책임연구원
 2000년 3월~현재 동명대학교 컴퓨터공학과 교수
 〈관심분야〉 이동통신시스템, 센서네트워크