

최소자승법을 적용한 이동객체 위치인식 보정 알고리즘 성능분석

정 무 경*, 이 동 명^o

Performance Analysis of the Localization Compensation Algorithm for Moving Objects Using the Least-squares Method

Moo Kyung Jung*, Dong Myung Lee^o

요 약

본 논문에서는 이동객체의 위치인식 정확도 향상을 위하여 최소자승법을 적용한 이동객체 위치인식 보정 알고리즘을 제안하고, 성능을 분석하였다. 제안한 보정 알고리즘은 일정한 속도로 이동 중인 이동객체의 거리 값들을 TMVS (TWR Minimum Value Selection) 기법으로 측정 한 후, 이 값들을 사용하여 삼변측량법으로 이동객체의 위치를 측정하고, 최소자승법을 적용하여 위치인식 값을 보정한다. 실험결과, 시나리오 1 및 2에서 제안하는 보정 알고리즘을 적용한 위치인식의 성능은 기존의 삼변측량법을 적용한 위치인식의 성능에 비해 위치인식 정확도가 시나리오별 각각 58.84%, 40.28% 개선됨을 확인하였다.

Key Words : Least-squares method, Triangulation, SDS-TWR, Localization, TMVS

ABSTRACT

The localization compensation algorithm for moving objects using the least-squares method is suggested and the performance of the algorithm is analyzed in this paper. The suggested compensation algorithm measures the distance values of the mobile object moving as a constant speed by the TMVS (TWR Minimum Value Selection) method, estimates the location of the mobile node by the trilateration scheme based on the values, and the estimated location is compensated using the least-squares method. By experiments, it is confirmed that the localization performance of the suggested compensation algorithm is largely improved to 58.84% and 40.28% compared with the conventional trilateration method in the scenario 1 and 2, respectively.

I. 서 론

최근 정보통신 기술의 발전에 따라 사용자에게 사랑을 포함한 다양한 객체의 위치를 알려주는 위치기반 서비스에 대한 관심이 매우 증대되고 있다. 특히 위치기반 서비스를 위한 측위기술 개발은 제한된 범

위의 공간에서 이동객체의 위치인식 뿐만 아니라, 물류 자동화, 재난관리, 의료, 국방, 보안 등 다양한 분야에서 활발히 진행되고 있다¹⁻³⁾.

측위기술에는 현재 실외에서 가장 널리 사용되는 Global Positioning System (GPS)를 비롯하여, 적외선, 초음파, RF, UWB (Ultra Wide Band), RFID

※ 이 논문은 2012학년도 동명대학교 교내학술연구비 지원에 의하여 연구되었음 (2012A005)

• First Author : 동명대학교 컴퓨터미디어공학과 모바일기술연구실, evangelionxg@naver.com, 학생회원

◦ Corresponding Author : 동명대학교 컴퓨터공학과, dmlee@tu.ac.kr, 중신회원

논문번호 : KICS2013-10-461, 접수일자 : 2013년 10월 24일, 심사일자 : 2013년 11월 28일, 최종논문접수일자 : 2013년 12월 11일

(Radio Frequency IDentification), ZigBee 등이 있다. 그러나 실내환경에서는 GPS를 이용한 측위는 위성으로부터 신호수신이 어려우므로 위치측정이 불가능하거나 위치추정 정확도가 매우 낮기 때문에, 이를 효과적으로 해결하기 위한 기술이 필요하다⁴⁾.

실내 위치인식 서비스는 초기에 Radio Frequency Identification (RFID), Received Signal Strength (RSS) 기술을 기반으로 연구개발이 시작되었으나, 2007년에 제정된 IEEE 802.15.4a 표준규격인 Chirp Spread Spectrum (CSS) / Impulse Radio Ultra Wide Band (IR UWB)가 발표됨에 따라 Wireless Personal Area Network (WPAN) 분야의 위치인식 연구가 더욱 활발하게 진행되고 있다⁷⁻⁹⁾.

CSS에서는 Time of Flight (TOF)의 일종인 Two Way Ranging (TWR) / Symmetric Double-Sided Two-Way Ranging (SDS-TWR) 방식으로 노드간의 거리를 구할 수 있다. 그러나 SDS-TWR은 전파환경이나 장애물과 같은 실험 환경에 따라 레인지 오차가 매우 다양하게 발생하는 문제점을 가지고 있기 때문에 레인지 오차를 줄이기 위한 보정 알고리즘이 필요하며 실제로 이에 대한 연구가 활발히 연구되고 있다.

위치좌표를 이용한 보정 알고리즘에는 선형과 비선형 상태를 추적하는 칼만 필터, 근사적 수치적분법으로 면적을 구하는 오일러 공식 그리고 유클리드 방정식 기반의 차원 감소방식 등이 있다¹⁰⁻¹³⁾.

본 논문에서는 이동객체에 대해 TWR 최소 값 선택 (TMVS: TWR Minimum Value Selection) 기법을 SDS-TWR에 적용하여 거리측정을 실시한 후, 삼변측량법으로 실내 위치인식 실험을 실시하였다. 또한 위치인식의 정확도 향상을 위하여 최소자승법을 적용한 위치인식 보정 알고리즘을 제안하고 성능을 분석하였다.

II. 관련 연구

2.1 SDS-TWR

IEEE 802.15.4a 표준규격에서 CSS에서의 위치인식은 기본 레인지 방식인 TWR을 두 번 반복하는 확장 레인지 방식인 SDS-TWR을 이용한다. TWR은 TOF를 통하여 송수신 장치간의 프레임 왕복시간을 이용하여 거리를 측정하는 방식이며, SDS-TWR은 TWR을 두 번 반복하여 거리를 측정하는 방식이다¹¹⁾. TWR은 식(1)을 사용하여 tp 값을 구하는데, 식(2)에서 보는 바와 같이 구해진 tp 값에 전파속도 ($C=3.18 \times 10^{10} \text{ cm/s}$)를 곱하면 즉 두 노드사이의 거리인 이동거리 ($Distance$)를 구할 수 있다.

$$tp = \frac{TroundA - TreplyA}{2} \tag{1}$$

$$Distance = tp \times C \tag{2}$$

그러나 TWR만을 사용한다면 전파의 특성상 반사, 굴절, 회절, 산란 등의 현상이 발생하여 tp 값에 오차가 발생한다. 이러한 오차를 줄이기 위한 방식이 SDS-TWR이다. SDS-TWR은 Fig. 1과 같이 TWR을 두 번 적용하여 얻어지는 tp 값의 평균을 사용하는 방식이다. 두 노드사이의 거리는 식(1) 대신에 식(3)을 이용하여 두 번의 TWR tp 값의 평균을 구한 후 식(2)로부터 구할 수 있다.

$$tp = \frac{(TroundA + TroundB) - (TreplayA + TreplayB)}{4} \tag{3}$$

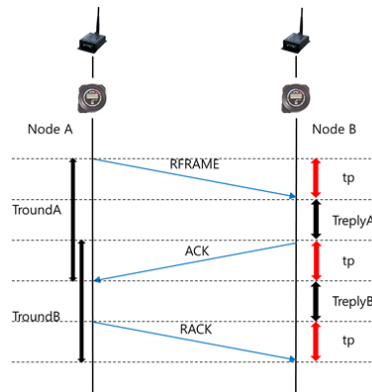


그림 1. SDS-TWR 개념
Fig. 1. SDS-TWR Concept

2.2 삼변측량법

삼변측량법은 Fig. 2와 같이 3개의 비컨노드와 이동노드의 거리를 측정하여 이동노드의 위치를 측정하는 방법이다. 이동노드와 3개의 비컨노드 사이의 거리를 D_a, D_b, D_c 라고 할 때, 비컨노드의 좌표를 중심점으로 정의하면, 각 비컨노드에서 이동노드까지의 거리를 반지름으로 정의한 3개의 원이 형성된다. 이 때 3개의 원둘레는 한 점에서 교차하게 되는데, 이 교차점이 이동노드의 위치가 된다.

삼변측량법에서 이동노드의 위치는 먼저, 각 비컨노드와 이동노드까지의 거리 값인 D_a, D_b, D_c 를 식(2)로부터 구한 후, 이 거리 값을 비컨노드와 이동노드의 좌표간의 거리에 적용하면 식(4)와 같이 3개의 방정식을 얻을 수 있다. 이 방정식들을 x_m 에 대하여 연립하여 풀면 이동노드의 좌표인 (x_m, y_m) 을 구할 수 있다.

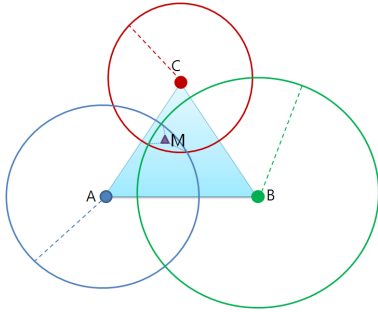


그림 2. 삼변측량법을 사용한 위치인식
Fig. 2. Localization using Triangulation Scheme

$$\begin{aligned} D_a &= \sqrt{(x_a - x_m)^2 + (y_a - y_m)^2} \\ D_b &= \sqrt{(x_b - x_m)^2 + (y_b - y_m)^2} \\ D_c &= \sqrt{(x_c - x_m)^2 + (y_c - y_m)^2} \end{aligned} \quad (4)$$

2.3 TMVS 기법

TWR 최소 값 선택 (TMVS) 기법은 최초 노드간의 거리 측정에서 발생하는 오차 값을 줄이고, 삼변측량법을 통한 위치인식의 성능을 향상시키기 위한 보정 기법이다. 이 기법은 [14]를 통하여 기존의 SDS-TWR 보다 거리측정 성능이 더 우수함을 실험으로 확인된 바 있다. TMVS는 이동노드와 고정노드가 TWR을 적용하여 얻어지는 $tp1$ 과 $tp2$ 를 저장하고, 저장된 tp 값을 서로 비교하여 둘 중 작은 값을 선정 한 후, 선정된 tp 값을 식(2)에 적용하여 이동노드와 고정노드간의 거리 값을 계산하고 이를 삼변측량법에 적용해서 위치를 보정하는 기법이다.

III. 이동객체 위치인식 보정 알고리즘 설계

3.1 중점 설계 고려사항

기존의 CSS에서의 위치인식 방법은 Fig. 3과 같이 1단계에서 SDS-TWR 방식을 통하여 노드간의 거리 값을 구하고, 2단계에서 구해진 거리 값을 삼변측량법에 적용하여 위치인식을 수행하기 때문에 1단계의 레인지 측정에서 오차가 발생하면 2단계 위치인식에서도 오차를 그대로 포함하기 때문에 위치인식의 정확도가 떨어지는 문제점을 가지고 있다.

따라서 이와 같은 문제점을 해결하기 위하여 다음과 같은 주요 고려사항을 설계에 반영하였다.

- SDS-TWR에 의한 노드간의 거리측정 오차를 감소시킬 수 있는 TMVS 기법을 적용한다.
- 삼변측량법을 적용시 위치측정 신뢰도 향상을 위해서 비컨노드 역할을 하는 이동노드의 개수를 4

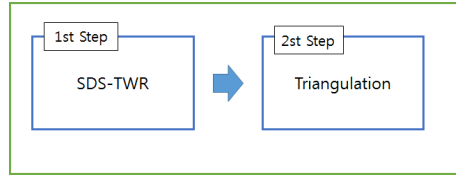


그림 3. 기존의 CSS에서의 위치인식 방법
Fig. 3. Conventional Localization Scheme in CSS

개로 설정한다.

- 이동객체 역할을 하는 이동노드의 위치좌표 오차 감소 및 정확도 향상을 위하여 최소자승법을 적용해서 최종 이동객체의 이동궤적에 대한 위치좌표를 보정한다.

3.2 이동객체 위치인식 보정 알고리즘 설계

본 논문에서 제안하는 위치인식 보정 알고리즘의 처리는 Fig. 4와 같이 수행되도록 설계하였다. 앞서 2장에서 설명한 기존의 CSS에서의 문제점을 해결하기 위하여 1단계에서 TMVS 기법을 이용하여 노드와 노드간의 레인지 측정을 실시하고, 2단계에서는 삼변측량법을 이용하여 위치좌표를 산출하며, 그리고 3단계에서는 2단계를 통해 산출된 위치좌표를 최소자승법을 적용하여 위치좌표를 보정한다.

3.2.1 TMVS 기법 적용단계 (1단계)

1단계에서는 TMVS 기법을 적용하여 노드와 노드간의 레인지 측정을 다음과 같이 수행한다.

- 4개의 비컨노드를 사용하여 측정영역을 설정하고, 알고리즘을 수행한다.
- TWR을 통해 비컨노드 (A, B, C, D)와 이동객체인 이동노드 (M)간의 거리 값 (AM, BM, CM, DM)을 측정한다.
- 비컨노드와 이동노드 간의 tp 값을 순차적으로 $tp1$ 과 $tp2$ 에 저장한다.
- 저장된 $tp1$ 과 $tp2$ 의 크기를 비교하여 값이 작은 것을 tp 값으로 선정한다. (if $tp1 > tp2$ then $tp = tp2$, if $tp1 < tp2$ then $tp = tp1$)
- 구해진 tp 값을 식(2)에 적용하여 AM, BM, CM, DM을 측정한다.

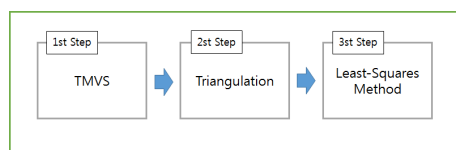


그림 4. 제안하는 위치인식 보정 알고리즘
Fig. 4. Proposed Localization Compensation Algorithm

- *AM, BM, CM, DM*을 2단계인 삼변측량법에 적용한다.

3.2.2 삼변측량법 적용단계 (2단계)

2단계는 삼변측량법을 이용하여 이동객체의 위치 좌표를 산출하는 단계이다. 일반적으로 삼변측량법을 적용하기 위하여 최소 3개의 비컨노드와 이동노드의 거리 값이 필요하다. 그러나 본 논문에서는 3개의 비컨노드만을 사용하여 삼변측량법을 실시할 경우, 1개의 비컨노드에서 거리측정이 실패하면 위치좌표를 산출할 수 없기 때문에 4개의 비컨노드를 사용하여 1개의 비컨노드가 거리측정을 제대로 수행하지 못하더라도 위치좌표를 계산할 수 있는 확률을 개선하였다. 따라서 4개의 비컨노드와 이동노드간의 거리 값 중 가장 작은 값 3개를 선택하여 삼변측량법을 이용하여 위치좌표를 산출하였다. 2단계의 삼변측량법 수행과정은 다음과 같다.

- 1단계의 TMVS 기법을 통해 얻어지는 비컨노드와 이동객체의 거리 값 (*AM, BM, CM, DM*)을 저장한다.
- 4개의 거리 값 중에서 작은 거리 값을 가지는 3개의 비컨노드를 선정한다.
- 선정된 3개의 거리 값을 식(4)에 적용한다.
- 식(4)의 3개 방정식을 연립하여 이동객체의 위치 좌표 (*x, y*)를 구한다.
- 최소자승법을 적용하여 이동객체의 위치좌표를 보정을 위해 구해진 위치좌표 값을 저장한다.

3.2.3 최소자승법 적용단계 (3단계)

3단계는 2단계에서 얻어진 이동객체의 위치좌표 (*x, y*)를 입력받아 최소자승법을 적용하여 이동객체의 위치좌표를 보정하는 단계이며, 세부 적용하는 단계는 다음과 같다.

- 2단계에서 산출된 이동객체의 위치좌표를 저장한다.
- 저장된 이동객체의 위치좌표들 중에서 순차적으로 *n*개의 위치좌표를 호출한다.
- *n*개의 위치좌표를 최소자승법에 적용한다.

최소자승법을 적용하는 과정은 다음과 같다. 먼저, 호출한 좌표 *n*의 *x_n*와 *y_n*를 각각 독립변수와 종속변수로 두면, 위치좌표의 방정식은 식(5)와 같다.

$$y = \alpha + \beta x \tag{5}$$

식(5)에서 *a*와 *β*는 결정될 상수이며 오차 *e_i*에 대

한 제곱의 합 *S*는 식(6)과 같다.

$$S = \sum_{i=1}^n e_i^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - \alpha - \beta x_i)^2 \tag{6}$$

*α*와 *β*에 대해 *S*를 미분한 후, Cramer 규칙을 이용해서 식(7) 및 식(8)과 같이 미지수 (결정상수)인 *α*와 *β*를 구한다.

$$\alpha = \frac{\begin{vmatrix} \sum_{i=1}^n y_i & \sum_{i=1}^n x_i \\ \sum_{i=1}^n x_i y_i & \sum_{i=1}^n x_i^2 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} n & \sum_{i=1}^n x_i \\ \sum_{i=1}^n x_i & \sum_{i=1}^n x_i^2 \end{vmatrix}} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i \sum_{i=1}^n x_i - \sum_{i=1}^n y_i \sum_{i=1}^n x_i y_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i\right)^2} \tag{7}$$

$$\beta = \frac{\begin{vmatrix} n & \sum_{i=1}^n y_i \\ \sum_{i=1}^n x_i & \sum_{i=1}^n x_i y_i \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} n & \sum_{i=1}^n x_i \\ \sum_{i=1}^n x_i & \sum_{i=1}^n x_i^2 \end{vmatrix}} = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i\right)^2} \tag{8}$$

α 및 *β*를 구한 후, 이동객체의 좌표를 다음과 같이 보정한다.

- 최소자승을 적용하여 *x*축의 좌표를 보정하고 저장한다.
- 최소자승을 적용하여 *y*축의 좌표를 보정하고 저장한다.
- 보정한 *x*축 좌표와 *y*축 좌표를 최종 이동객체의 위치좌표로 선정한다.

IV. 실험 및 성능분석

4.1 시나리오 구성

본 논문에서는 Fig. 5와 같이 2가지의 시나리오를

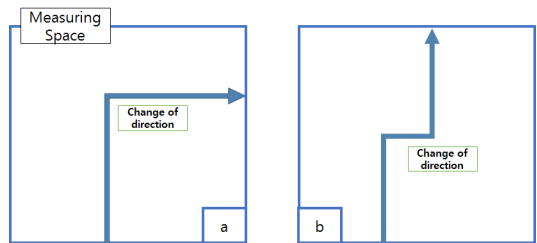


그림 5. 시나리오 구성도
Fig. 5. Scenario Configurations

구성하여 제안하는 알고리즘의 성능을 분석하였다. [15]와 [16]에서 고정 및 직선이동 시나리오에 대해서 제안하는 알고리즘의 성능분석이 실시 된 바 있으나, 본 논문에서는 제안하는 알고리즘의 성능을 좀 더 객관적으로 분석하기 위하여 고정 및 직선이동 시나리오가 아닌 이동객체의 방향전환 시나리오를 추가적으로 설정하였다.

시나리오 1은 이동노드가 직선이동 중에 1회 방향 전환하는 경우를(Fig. 5 (a)), 시나리오 2는 이동노드의 직선이동 중 2회 방향전환을 하는 경우(Fig. 5 (b))를 각각 나타낸다.

4.2. 실험 환경

제안하는 위치인식 보정 알고리즘의 위치인식 정확도 성능실험을 위하여 구성된 센서 네트워크는 Fig. 6과 같고, 실제 실험장면은 Fig. 7과 같다.

실험에 사용된 센서모듈은 한백전자의 Ubi_nano LOC이며, 2.4GHz의 대역과 최대 2Mbps의 전송 속도를 지원한다. 이 Ubi_nanoLOC에는 RF Transceiver와 ATmega128L의 MCU, 그리고 SMA 커넥터를 이용하는 별도의 안테나가 탑재되어 있다.

센서 네트워크 구성에는 싱크노드 1개, 이동객체 역할을 하는 이동노드 1개, 비컨노드 4개, 모니터링

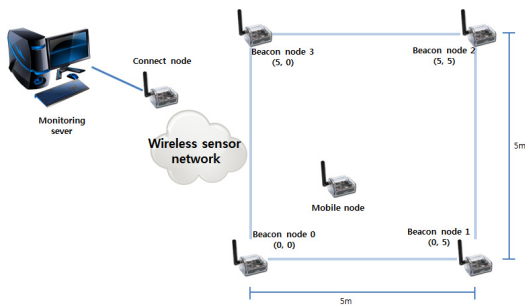


그림 6. 센서 네트워크 구성
Fig. 6. Sensor Network Configuration



그림 7. 위치인식 정확도 성능실험 장면
Fig. 7. Scene of Performance Experiments

서버 1대가 사용되었다. 비컨노드 A, B, C, D는 5m x 5m의 영역에서 좌표 (0,0), (0,5), (5,5), (5,0)에 배치되었고, 각 노드들은 지면으로부터 측정대를 통하여 지면으로부터 1m 높이에 설치되었다. 상기의 위치인식 정확도 성능실험은 본교 교내 복도에서 2개의 시나리오를 바탕으로 실시되었다.

시나리오별로 이동객체를 이동시키기 위하여 DC 모터를 부착한 Atmega128기반 차량형 모듈을 Fig. 8과 같이 제작하였다. 이동객체는 제작한 차량형 모듈에 탑재되어 원격제어를 통해 시나리오 대로 이동할 수 있다.

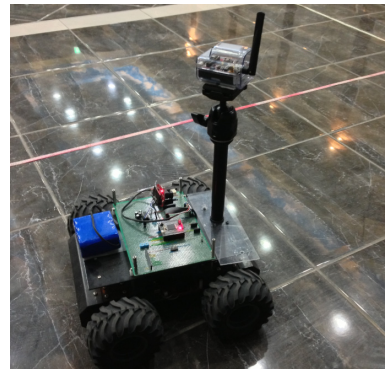


그림 8. 차량형 모듈에 탑재된 이동노드
Fig. 8. Moving Node Installed in Vehicle Module

4.3 시나리오별 오차범위 실험 결과

4.3.1 시나리오 1 (방향전환 1회)

시나리오 1은 Fig. 9와 같이 이동노드를 좌표 (2, 0)에 직선이동을, 그 다음 좌표 (2, 4)에서 방향전환 1회를, 그 다음 좌표 (2, 4)에서 좌표 (5, 4)로 직선이동하는 시나리오이다.

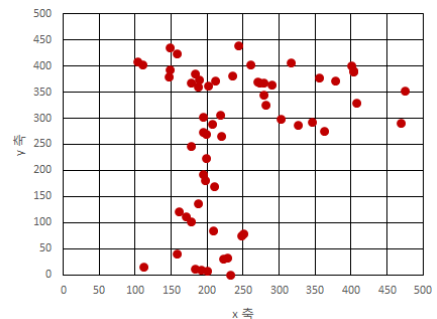


그림 9. 시나리오 1의 삼변측량법 실험 결과 (단위: cm)
Fig. 9. Experiments Result of Triangulation Scheme in Scenario 1 (unit: cm)

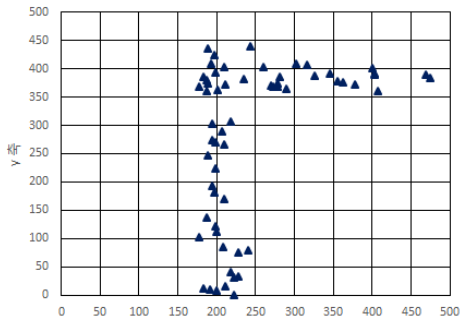


그림 10. 시나리오 1의 제안하는 보정 알고리즘 실험 결과 (단위: cm)
 Fig. 10. Experiments Result of Suggested Compensation Algorithm in Scenario 1 (unit: cm)

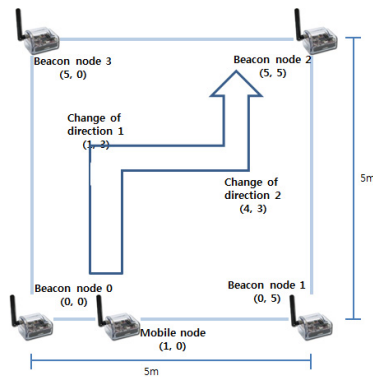


그림 11. 시나리오 2의 실험 방법
 Fig. 11. Experiments of Scenario 2

시나리오 1의 경우, 제안하는 보정 알고리즘과 삼변측량법의 실험결과는 Fig. 10과 Fig. 11과 같다. 삼변측량법만을 적용한 실험에서는 -100cm ~ +100cm의 오차가, 제안하는 보정 알고리즘을 적용한 실험에서는 -50cm~+50cm의 오차가 각각 발생하였다. Fig.

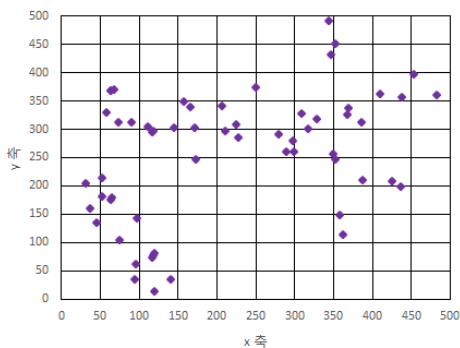


그림 12. 시나리오 2의 삼변측량법 실험 결과 (단위: cm)
 Fig. 12. Experiments Result of Triangulation Scheme in Scenario 2 (unit: cm)

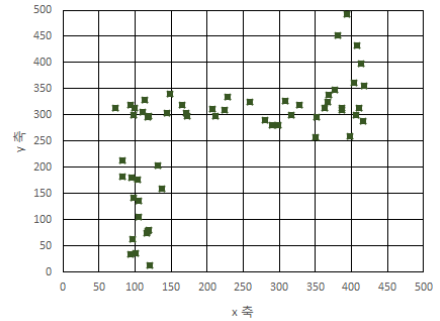


그림 13. 시나리오 2의 제안하는 보정 알고리즘 실험 결과 (단위: cm)
 Fig. 13. Testing Result of Suggested Compensation Algorithm in Scenario 2 (unit: cm)

10 및 Fig. 11에서 알 수 있듯이 제안하는 보정 알고리즘은 삼변측량법에 비해 오차범위가 약 50%정도 감소하였고, 육안으로 보더라도 측정된 이동노드의 위치 값은 이동구간에서 실제 좌표에 훨씬 더 근접하며 수렴하고 있음을 알 수 있다.

4.3.2 시나리오 2 (방향전환 2회)

시나리오 2는 Fig. 11과 같이 먼저 이동노드를 좌표 (1, 0)에 직선이동을 해서 좌표 (1, 3)에서 방향전환 1을 하고, 좌표 (4, 3)까지 직선이동 후, 좌표 (4, 3)에서 방향전환 2를 실시하고 좌표 (4, 5)까지 다시 직선이동을 하는 시나리오이다.

시나리오 2의 경우, 제안하는 보정 알고리즘과 삼변측량법의 실험 결과는 Fig. 12와 Fig. 13과 같으며, 오차범위 및 이동노드의 실제 좌표의 근접성은 시나리오 1의 실험 결과와 매우 유사하다.

4.4 시나리오별 평균오차 결과

시나리오별 평균오차는 Fig. 14와 같다. 시나리오 1의 실험결과, 삼변측량법만 적용한 경우의 평균오차는 37.70cm를, 제안하는 보정 알고리즘을 적용한 경우의 평균오차는 15.52cm로 각각 측정되었다. 따라서 제안하는 보정 알고리즘의 평균오차는 삼변측량법만 적용한 경우보다 평균오차가 21.18cm 감소하였음을 확인하였다.

시나리오 2의 경우, 삼변측량법만 적용한 경우의 평균오차는 39.65cm를, 제안하는 보정 알고리즘을 적용한 경우의 평균오차는 23.68cm로 각각 측정되었다. 이 경우, 제안하는 보정 알고리즘의 평균 오차는 삼변측량법만 적용한 경우보다의 평균오차가 15.97cm 감소하였다.

제안하는 보정 알고리즘을 적용한 위치인식 성능은

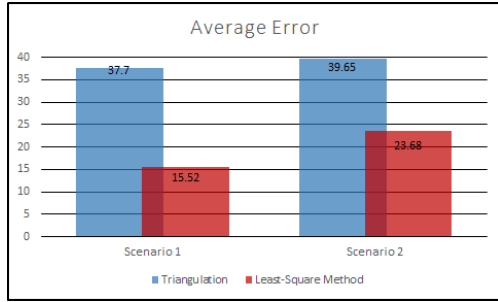


그림 14. 시나리오별 평균오차 (단위: cm)
Fig. 14. Average Error in Scenarios (unit: cm)

삼변측량법 보다 시나리오 1 및 2에 대해 평균오차가 각각 21.18cm 및 15.97cm로 감소하였음을 확인하였다. 이는 제안하는 보정 알고리즘을 적용한 위치인식 성능은 기존의 삼변측량법을 적용한 위치인식의 성능에 비해 시나리오 1 및 시나리오 2에 대해 평균오차가 각각 58.84 및 40.28% 개선된 것이다,

이 결과는 기존의 SDS-TWR과 삼변측량법 적용한 위치인식 방법에 비해 제안하는 이동객체 위치인식 보정 알고리즘의 성능이 우수함을 의미한다. 이와 같은 성능결과를 가져오게 된 주된 원인은 제안하는 위치인식 보정 알고리즘은 1단계 TMVS 기법에 의해 SDS-TWR 보다 더 정확하게 거리측정이 가능하였을 뿐 아니라 2단계에서 최소자승법을 적용하여 위치보정을 함으로써 위치인식의 성능을 향상시켰기 때문이다.

V. 결 론

본 논문에서는 위치인식의 정확도 향상을 위하여 TMVS 기법과 최소자승법을 적용한 이동객체 위치인식 보정 알고리즘을 제안하고, 그 성능을 분석하였다. 제안하는 TMVS 기법을 통해 위치인식에 필요한 거리 값의 오차를 줄이고, 최소자승법을 적용하여 위치 좌표를 보정함으로써 실내 위치인식의 정확도를 향상시켰다.

제안하는 보정 알고리즘을 적용한 위치인식 성능은 기존의 삼변측량법을 적용한 위치인식의 성능에 비해 시나리오 1 및 시나리오 2에 대해 평균오차가 각각 58.84 및 40.28% 개선된 것이다, 이 결과는 기존의 SDS-TWR과 삼변측량법 적용한 위치인식 방법에 비해 제안하는 이동객체 위치인식 보정 알고리즘의 성능이 우수함을 의미한다.

그러나 최소자승법을 적용한 위치인식을 위해서는 기존의 삼변측량법을 적용한 위치인식의 위치좌표를

수집한 다음 이를 최소자승법에 적용하는 2가지 과정을 거쳐야 하기 때문에, 최초 위치좌표 수집 과정에서 지연이 발생하는 문제점이 발생 할 수 있다. 이 문제의 해결을 위해서는 최소자승법에 필요한 최적의 위치좌표 수의 분석이 필요하며, 위치인식을 위한 TMVS 기법의 레인징 속도 향상에 대한 연구가 필요하다. 아울러 제안한 이동객체 위치인식 알고리즘의 성능을 분석함에 있어서 이동객체의 속도에 따라 위치인식 정확도가 어떻게 달라지는지에 대한 연구도 추가적으로 실시 할 예정이다.

References

- [1] M. Weiser, "The computer for the 21st century," *Scientific American*, pp. 94-104, Sept. 1991.
- [2] F. O. Akgul, and K. Pahlavan, "Location awareness for every smart computing," in *Proc. of the 16th IEEE Int'l Conf. on Telecommun.*, pp. 2-7, May 2009.
- [3] J. Li, J. Jannotti, D. S. J. De Couto, D. R. Karger, and R. Morris, "A scalable location service for geographic ad hoc routing," *Int'l Conf. Mobile Computing and Networking*, pp. 120-130, Aug. 2000.
- [4] H. Y. Kim, S. D. Kim, D. G. Suh, J. G. Ji, and H. T. Jang, "Trend of location tracking technologies in short-range area," *Weekly Technology Trend*, no. 1322, pp. 1-12, NIPA, Nov. 14. 2007.
- [5] Technical support team, "The state of art of WLAN," *Spectrum Issue Report*, vol. 15, pp. 1-14, RAPA, Sept. 2009.
- [6] G. Y. Lee and H. J. Lee, "Ubiquitous Traffic Information Service System for SMART Highways," *Communications of the KISE*, vol. 27, no. 9, pp. 34-40, Sept. 2009.
- [7] C. Y. Choi and D. M. Lee, "Design and implementation of the localization system using distance identification code in wireless sensor network," *J. KICS*, vol. 34 no. 8, pp. 575-582, Aug. 2009.
- [8] IEEE 802.15.4a, "Part 15.4: Wireless medium access control(MAC) and physical layer (PHY) specifications for low-rate wireless personal

area network (LR-WPANs),” draft P802.15.4a/D7, Jan. 2007.

[9] J. Gook, S. Lim, and J. Hong, “The differential ranging schemes for the precise location awareness,” in *Proc. 2008 Fall Conf. of the KISE*, vol. 35, no. 2(D), pp. 196-199, Oct. 2008.

[10] Y. Jiang and V. C. M. Leung, “An asymmetric double sided two-way ranging for crystal offset,” *ISSSE '07*, pp. 525-528, Aug. 2007.

[11] S. K. Kwon, H. C. Lee, and D. M. Lee, “Performance comparison of CSS based TWR and SDS-TWR mechanism for precise location recognition,” in *Proc. 2009 Summer Conf. of the KICS*, vol. 39, pp. 888, Jun. 2009.

[12] G. Welch, and G. Bishop, “An introduction to the kalman filter,” *UNC-Chapel Hill TR 95-041*, Jul. 2006.

[13] Y. Qi, H. Kobayashi, and H. Suda, “On time-of-arrival positioning in a multipath environment,” *IEEE Trans. Vehicular Technology*, vol. 5, pp. 3540-3544, Sept. 2004.

[14] M. K. Jung, H. C. Lee, C. Y. Choi, and D. M. Lee, “A suggestion on the localization compensation algorithm using the comparative calculations of TWR values,” in *Proc. 2013 Winter Conf. of the KICS*, vol. 50, pp. 864-865, Jan. 2013.

[15] M. K. Jung, C. Y. Choi, and D. M. Lee, “The compensation algorithm for localization using the least-squares method in NLOS environment,” *J. KICS*, vol. 37B, no. 4, pp. 309-316, Apr. 2012.

[16] M. K. Jung, “A study on moving object localization algorithm using TMVS and least-squares method,” Master’s Thesis, The Graduate School of Tongmyong University, Aug. 2013.

정 무 경 (Moo Kyung Jung)



2011년 8월 : 동명대학교 컴퓨터 공학과(학사)
 2013년 8월 : 동명대학교 컴퓨터 미디어공학과(석사)
 2013년 8월~현재 : 동명대학교 컴퓨터미디어공학과 박사과정 <관심분야> 센서네트워크, 위치 추정, 음원인식

이 동 명 (Dong Myung Lee)



1982년 2월 : 송실대학교 전자계 산학과(학사)
 1990년 8월 : 송실대학교 전산공 학과(석사)
 1997년 8월 : 송실대학교 전자계 산학과(박사)
 1982년 3월~2000년 2월 : 한국 전자통신연구원 책임연구원

2000년 3월~현재 : 동명대학교 컴퓨터공학과 교수 <관심분야> 이동통신, 센서네트워크, 위치인식