

균등거리비율의 측위좌표 값을 이용한 무선측위 오차 보정 알고리즘의 설계 및 구현

준회원 권성기*, 정회원 이동명**o

A Design and Implementation of Compensation Algorithm for Radiodetermination Error using Determination Coordinator Value of Equivalent Distance Rate

Seong Ki Kwon* Associate Member, Dong Myung Lee**o Regular Member

요 약

본 논문은 균등거리비율의 측위좌표를 이용한 무선측위 오차 보정 알고리즘인 CADE(Compensation Algorithm using Determination Coordinator Value of Equivalent Distance Rate)를 제안하고, 실험을 통해 무선측위 정확도 성능을 분석하였다. 실험 결과, CADE는 4개의 비컨노드(Beacon Node) 영역내와 영역외에서 각각 37.5%, 69.8% 정도 무선측위 정확도 성능을 향상시켰다. 그리고 CADE는 2m 이상의 무선측위 오차를 보정하는 성능이 약 76.3%로 매우 우수하였다. 또한 CADE는 4개의 비컨노드 영역외에서도 보정성능이 우수함에 따라 4개 비컨노드의 설치만으로 넓은 범위의 무선측위 시스템 구현이 가능함을 확인하였다. 이와 같은 결과를 볼 때, 제안하는 CADE는 SDS-TWR을 이용한 무선측위 시스템의 성능향상에 매우 유용하다.

Key Words : USN, CSS, SDS-TWR, Ranging, 무선측위

ABSTRACT

In this paper, the compensation algorithm for radiodetermination error using a concept of determination coordinator value of equivalent distance rate (CADE) is proposed, and the performance of the proposed algorithm is analyzed. As a result of the experiments, CADE improves the performance of the algorithm accuracy about 37.5% and 69.8% each in the inside and outside of 4 beacon nodes. Furthermore, the CADE is 76.3% excellent enough to compensate 2m or more of the radiodetermination error. It also confirms that CADE can be adapted to the wide range by installing only 4 beacon nodes according to the excellence of compensation performance besides the ranges of 4 beacon nodes. From the results, it is strongly considered that the proposed algorithm CADE can be used to the performance enhancement of radiodetermination systems using SDS-TWR.

I. 서 론

최근 유비쿼터스 환경의 눈부신 발전에 따라

U-City, 문화 및 관광 등 다양한 분야에서 생활의 편리함을 제공 받고 있다. 특히 실내외 무선측위 기술은 이미 많은 곳에서 개발되고 응용되어 서비스 혜택을

이 논문은 2010년도 Brain Busan 21사업에 의하여 지원되었음

* 동명대학교 컴퓨터공학과 모바일기술연구실 (nukkee82@naver.com)

** 동명대학교 컴퓨터공학과 (dmlee@iu.ac.kr) (* : 교신저자)

논문번호 : KICS2009-12-655, 접수일자 : 2009년 12월 31일, 최종논문접수일자 : 2010년 9월 7일

누리고 있다. 대표적으로 실외 무선측위 서비스는 네비게이션 및 하이패스가 있고, 실내 무선측위 기술은 홈 네트워크 서비스가 있다. 이러한 무선측위 기반 유비쿼터스 응용서비스 기술은 지속적인 발전으로 인해 그 수요가 매우 증가할 것으로 예상된다^{1,3)}.

실외 무선측위 기술은 대부분 GPS를 사용한다. 그러나 실내 무선측위 기술은 GPS를 사용할 수 없기 때문에 주로 수신신호세기(Received Signal Strength : RSS), RF신호 및 초음파를 사용한다. 초기의 실내 무선측위 기술은 무선주파수 인식(RFID)나 RSS 기술을 기반으로 하였지만, 실험환경 및 장애물의 환경에 민감하게 반응하는 단점을 가지고 있었다. 이에 따라 무선측위 기술에 적합한 CSS(Chirp Spread Spectrum)와 IR UWB(Impulse Radio Ultra Wide Band)를 지원하는 표준이 2007년 제정되었고, 관련 칩셋이 출시됨에 따라 RSS 보다 더 성능이 우수한 무선측위가 가능하게 되었다.

이와 관련하여 국내외에서 다양하게 CSS기술을 이용한 연구가 개발되고 있는데, 2007년에 일본에서 CSS 기술을 이용한 Medical body area network and monitoring system과 광부 안전 관리 및 선적 물품 위치 추적 시스템이 개발되었다. 또한 국내에서는 CSS를 사용한 능동형 무선주파수 인식 태그를 교도관에게 부착하여 비상사태 발생시 태그의 비상버튼으로 위치를 추적하는 시스템과 실시간 도로 교통정보 제공 시스템이 개발되고 있는 실정이다⁴⁾.

이러한 CSS기술 기반 무선측위 시스템은 TOF(Time of Flight) 방식으로 송수신 장치의 왕복시간을 이용하는 SDS-TWR(Symmetric Double -Sided Two-Way Ranging)을 사용한다⁵⁾. 그러나 CSS의 SDS-TWR은 신호의 최초 도달시간 추정, 카운터 정밀도 및 Crystal offset 등의 문제로 거리에 관계없이 오차가 발생하는 단점을 가지고 있고, CSS 칩셋이 탑재된 모뎀(Mote)들은 구현 및 실험환경에 따라 Ranging 오차(평균 0~3m, 최대 10m정도)가 매우 다양하게 발생하는 단점을 가지고 있다. 따라서 CSS의 SDS-TWR을 사용하여 실제 무선측위 시스템에 적용하기 위해서는 Ranging 보정 알고리즘의 개발이 필요하다^{6,7)}.

본 논문에서는 CSS에서 SDS-TWR을 사용하는 무선측위 시스템의 성능을 더 향상시키기 위하여 SDS-TWR의 Ranging 오차를 보정하는 CADE(Compensation Algorithm using Determination Coordinator Value of Equivalent Distance Rate)를 제안하고, 무선측위 정확도 성능 실험을 통해 SDS-TWR과 비교하

였다.

II. 관련연구

SDS-TWR은 국내의 관련문헌과 실제 실험에 의해서 확인한 결과에 의하면 실험환경에 따라 Ranging 오차(평균 0~3m, 최대 10m정도)가 매우 다양하게 발생하였다. 따라서 정밀한 위치인식을 위해서는 Ranging 오차를 감소시키는 보정 알고리즘이 필요하다.

SDS-TWR의 Ranging 오차를 보정하는 방법은 국내외에서 다양하게 제시되고 있다. 그 예로 첫 번째, 대표적인 보정 알고리즘인 칼만필터(Kalman Filter)와 핑거프린트(Fingerprint) 방법이 있고, 칼만필터와 핑거프린트 방법을 함께 적용한 보정 알고리즘이 제시되었다⁸⁾. 그리고 위치인식 정확도를 향상시키기 위한 방법으로 핑거프린트의 데이터 셋으로부터 현재 측정된 위치의 신호정보와 확률모델을 적용하여 단 하나의 후보자를 결정된 후 TDOA의 기하학적 위치결정 방법을 변형한 알고리즘을 이용하여 위치를 보정한 방법도 제시되었다⁹⁾.

또한 SDS-TWR의 송수신 과정에서 두 번의 Treply 과정 중 하나의 Treply를 제거함으로써, Crystal Offset의 크기를 줄여서 Ranging 오차를 줄인 방법이 [7]에서, 그리고 두 노드 사이가 원거리일 경우는 SDS-TWR을 그대로 사용하고, 근거리일 경우에만 OWR(One Way Ranging)을 사용함으로써 근거리의 오차를 줄이도록 한 방법이 [10]에서 각각 제시되었다.

III. 균등거리비율의 측위좌표 값을 이용한 보정 알고리즘 설계

3.1 설계를 위한 기본 개념

본 논문은 SDS-TWR의 Ranging을 보정하여 무선측위 정확도를 향상시키는 방법으로서 균등거리비율과 삼각측량법으로 결정된 측위좌표를 이용한다.

균등거리비율 개념은 그림 1에서 보는바와 같이 비컨노드(Beacon Node) A, B, C, D와 이동노드(Moving Node) M 사이의 Ranging 값을 LAM(Length A to M), LBM(Length B to M), LCM(Length C to M), LDM(Length D to M)라고 할 때, 비컨노드 A, C와 이동노드 M 사이의 거리 LAM, LCM의 제곱의 합은 비컨노드 B, D와 비컨노드 사이의 거리 LBM, LDM의 제곱의 합과 같다는 식(1)이 성립한다. 이것을 균등거리비율로서 본 논문에서 정의하였다. 보다 자세한

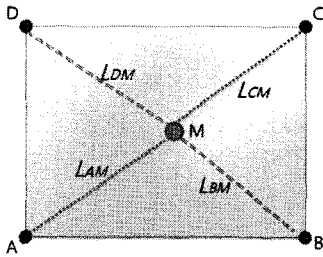


그림 1. 이동노드와 비컨노드 사이의 거리비율

내용은 [11]을 참조 바란다.

$$LAM^2 + LCM^2 = LBM^2 + LDM^2 \quad (1)$$

측위 좌표 값은 LAM, LBM, LCM, LDM 값을 삼각측량법에 대입함으로써 결과를 얻을 수 있다. 삼각측량법이란 3개 이상의 비컨노드가 자신의 Ranging 값 크기만큼 원을 그리고 다른 비컨노드와 교점을 만들어 위치좌표를 찾는 방법이다. 삼각측량법을 이용하여 측위 좌표를 얻는 방법은 그림 2와 같다.

세 개의 비컨노드 A, B, C는 자신의 Ranging 크기 만큼 원을 그린다. 그러면 6개 교점이 만들어지고 비컨노드 A, B, C의 범위영역 내에 포함되는 3개의 교점을 결정할 수 있다. 그 다음 3개 교점의 중점을 찾으면 현재 이동노드 M의 위치를 알 수 있다^[12].

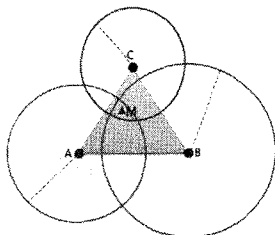


그림 2. 삼각측량법의 개념

3.2 설계 고려사항

SDS-TWR은 실험환경에 따라 Ranging 오차가 평균 0~3m, 최대 10m 정도로 다양하게 발생됨을 논문 [9]의 실험에서 확인하였다. 본 논문에서는 이러한 SDS-TWR의 단점을 보완하여 무선측위 시스템의 성능을 더 향상시키기 위하여 무선측위 보정 알고리즘 CADE를 제안한다.

CADE의 설계에 있어서 중점적으로 고려한 핵심사항은 다음과 같다.

첫 번째, CADE는 균등거리비율 적용 단계, 측위

단계, 보정단계로 크게 세 단계로 나누는데, 측위단계에서 측위 방법은 삼각측량법으로 한다. 그 이유는 삼각측량법이 일반적인 측위방법으로 가장 많이 사용되며 정확도가 매우 우수하기 때문이다. 그리고 실험환경마다 데이터를 저장해야하는 번거로움이 존재하는 핑거프린트 방식보다 간단하게 측위를 할 수 있기 때문이다.

두 번째, 비컨노드에서 실제거리보다 작게 Ranging 값이 측정될 경우 삼각측량법의 측위 방법에 꼭 필요한 교점이 생기지 않아 측위가 어려운 점과, 앞선 Ranging 실험결과 특정구간의 Ranging 값이 제대로 측정되지 않아 발생하는 오차의 모든 경우가 실제 Ranging 값보다 크게 측정되는 결과에 따라, 실제거리보다 큰 Ranging 오차를 보정하는 것을 설계 원칙으로 삼았다.

세 번째, SDS-TWR은 실제거리보다 크게 Ranging 값이 측정되는 특징점이 있다. 이러한 특징점을 해결할 수 있는 방법을 설계 고려사항으로 두어 균등거리비율 개념을 제안하였다. 균등거리비율은 대각선상에 놓인 두 노드의 제곱의 합과 반대쪽에 놓인 대각선상의 두 노드 제곱의 합이 같다는 알고리즘의 특성상 실제거리보다 크게 Ranging 값이 측정되는 특징을 해결하기에 매우 적합하다.

마지막으로, 제시하는 CADE는 비컨노드의 배치가 정사각형 및 직사각형에서 적용이 가능함을 원칙으로 한다.

3.3 제안 알고리즘

상기의 기본 개념과 설계 고려사항에 의거해서 제안한 CADE는 균등거리비율 적용 단계, 측위좌표 산출 단계, 보정 단계의 3단계로 구성된다. 균등거리비율 적용 단계는 그림 3과 같고, 각 블록별 수행내용은 다음과 같다.

설치된 4개 비컨노드의 무선측위 범위 영역을 설정함으로써 알고리즘 수행을 시작한다.

4개 비컨노드와 이동노드 M 사이의 Ranging을 수행하여 Ranging 값 LAM, LBM, LCM, LDM 을 얻는다. Ranging 값 LAM, LBM, LCM, LDM 을 제공한다.

대각선상에 위치한 비컨노드 A, C와 B, D를 한 쌍으로 하고, 제공한 Ranging 값을 더해 $LAM^2 + LCM^2$ 과 $LBM^2 + LDM^2$ 을 만든다. 그리고 두 값의 크기를 비교한다.

$LAM^2 + LCM^2$ 과 $LBM^2 + LDM^2$ 의 크기 중에서 큰 값을 선택한다. 이 과정은 LAM, LBM, LCM, LDM 의 Ranging 값 중에서 보정이 되어야 할 비컨노드의 Ranging 값을 선택하는 과정이다. 만약 $LAM^2 + LCM^2$



그림 3. 균등거리비율 적용 단계(1단계)의 흐름도

> $LBM^2 + LDM^2$ 이 성립한다면, 보정되는 Ranging 값은 LAM과 LCM이 된다.

LAM과 LCM의 Ranging 값을 보정하는 과정에서 식(2)와 식(3)이 성립하는지 확인한다.

$$LAM^2 > LBM^2 + LDM^2 \quad (2)$$

$$LCM^2 > LBM^2 + LDM^2 \quad (3)$$

만약 식(2)가 성립한다면 비컨노드 A의 Ranging 오차가 2~3m 이상 크게 발생한 경우라고 판단하며, 식(3)이 성립한다면 비컨노드 C의 Ranging 오차가 2~3m 이상 크게 발생한 경우라고 판단한다. 이 때 식(4)에 따라 Ranging 값을 보정하면 Ranging 오차는 줄어든다.

$$LAM^2 = (LBM^2 + LDM^2) - LCM^2$$

OR

$$LCM^2 = (LBM^2 + LDM^2) - LAM^2 \quad (4)$$

그러나 식(2)나 식(3)이 성립하지 않을 경우 식(5)가 성립하는데, 이 경우는 LAM과 LCM의 Ranging 오차 값이 LBM, LDM보다 크지만 1m 이내로 비교적 작은 Ranging 오차가 발생한 것이다.

$$LAM^2 < LBM^2 + LDM^2$$

AND

$$LCM^2 < LBM^2 + LDM^2 \quad (5)$$

식(5)가 성립할 때는 식(6)에 따라 LAM과 LCM의 Ranging 값을 함께 보정한다. 이 때 n 값은 임의의 변수로서 $LBM^2 + LDM^2$ 의 근사치 값을 만들어준다.

$$(LAM-n)^2 + (LCM-n)^2 \approx LBM^2 + LDM^2 \quad (6)$$

위와 같이 보정한 결과 식(7)이 성립되고, 균등거리비율을 만족하게 된다.

$$LAM^2 + LCM^2 \approx LBM^2 + LDM^2 \quad (7)$$

균등거리비율 적용 단계 이후에는 측위좌표 산출 단계가 실행된다. 측위좌표 산출 단계는 균등거리비율 이후 보정된 Ranging 값 LAM, LBM, LCM, LDM를 이용하여 이동노드의 측위좌표 값을 산출하는 단계이다. 측위좌표 산출 단계는 그림 4와 같고, 각 블록별 수행내용은 다음과 같다.

균등거리비율 적용 단계에서 보정된 Ranging 값 LAM, LBM, LCM, LDM을 불러온다.

4개의 비컨노드 A, B, C, D는 설치된 위치에서 보정된 Ranging 값 크기만큼 원을 그린다. 이 때 보정된 Ranging 값은 원의 반지름이 된다. 그러면 4개 비컨노드에서는 A와 B의 교점 2개, B와 C의 교점 2개, C와 D의 교점 2개, D와 A의 교점 2개가 만들어진다.

각각의 교점들 중에서 측위 범위 영역 내의 4개 좌표를 결정하고, 네 번째, 4개 교점의 중심점 Cx (Center x), Cy(Center y) 값을 구한다. 이 때 중심점 Cx, Cy는 균등거리비율 적용 단계 이후의 이동노드 측위좌표 값이다.

다음 단계는 보정 단계인데, 균등거리비율의 보정 이후에 보정을 한번 더 하는 이유는 다음과 같다. 균

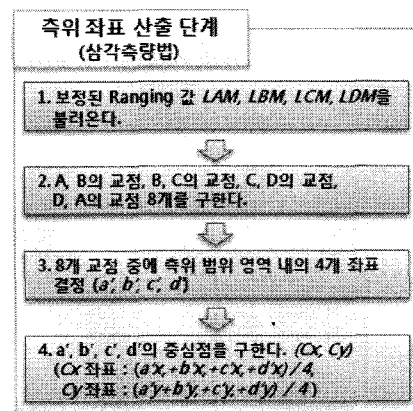


그림 4. 측위좌표 산출 단계(2단계)의 흐름도

등거리비율은 대각선상의 비컨노드 Ranging 제곱의 합 비교 결과, 크기가 큰 비컨노드의 Ranging 값 1개 또는 2개만 보정을 한다. 따라서 크기가 작은 비컨노드의 Ranging은 보정 하지 못하는 문제점이 발생한다. 이러한 문제점을 해결하고자 보정 단계를 추가하였다. 보정 단계는 그림 5와 같고, 각 블록별 수행내용은 다음과 같다.

이동노드의 측위좌표 C_x, C_y 와 설치된 4개 비컨노드 사이의 거리 Ca, Cb, Cc, Cd 를 구한다. 균등거리 비율과 동일하게 대각선상에 위치한 비컨노드의 거리 값 Ca 와 Cc 를 제공하고 더하여 Ca^2+Cc^2 의 값을 구한다. 이 때 Cb^2+Cd^2 값은 균등거리비율 개념에 따라 Ca^2+Cc^2 과 동일하기 때문에 구하지 않는다.

균등거리비율 적용단계에서 보정된 Ranging 값 LAM, LBM, LCM, LDM 의 값을 Ca^2+Cc^2 을 이용하여 보정하는데, 보정방법은 식(8), 식(9)와 같다. 이 때 n, m 의 값은 임의의 변수로서 Ca^2+Cc^2 의 근사치 값을 만들어준다.

$$(LAM-n)^2 + (LCM-n)^2 \approx Ca^2 + Cc^2 \quad (8)$$

$$(LBM-m)^2 + (LDM-m)^2 \approx Ca^2 + Cc^2 \quad (9)$$

보정된 Ranging 값 LAM, LBM, LCM, LDM 은 Ranging 버퍼($Buf_a, Buf_b, Buf_c, Buf_d$)에 저장하고, 삼각측량법을 이용하여 현재 이동노드의 측위좌표를 결정함으로써 CADE 보정 알고리즘 수행을 종료한다.

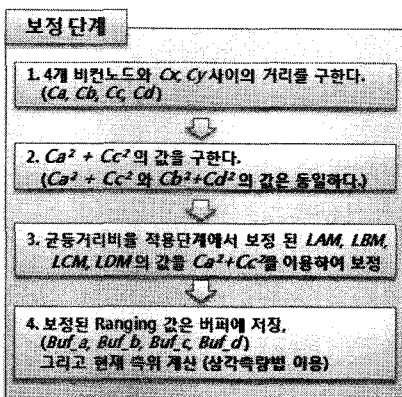


그림 5. 보정 단계(3단계) 흐름도

IV. 실험 및 결과분석

4.1 실험환경 및 방법

제안한 보정 알고리즘 CADE와 SDS-TWR의 무선

측위 정확도 측정을 위한 실험 환경은 그림 6과 같다. 실험환경은 싱크노드(Sink Node) 1개, 이동노드 1개, 비컨노드 4개, 모니터링 서버 1대로 구성하였으며, 비컨노드 A, B, C, D는 10m*7m의 영역에서 좌표(0,0), (10,0), (10,7), (0,7)에 배치되었다. 그리고 각각의 센서 높이는 1.5m로 하였다. 실험은 교내강당에서 x축으로 2m, y축으로 1m씩 이동하는데, 4개 비컨노드의 영역내 30개 좌표와 4개 비컨노드의 영역외 10개 좌표 총 40개 좌표에서 SDS-TWR과 제안하는 CADE의 무선측위 정확도 실험을 실시하였다. (각 영역에서의 좌표 값의 단위는 미터 단위임)

무선측위 정확도 실험방법은 먼저, 이동노드가 비컨노드 4개와의 거리정보를 각각 측정하여, 이를 싱크노드에게 전송하면, 싱크노드는 이동노드로부터 받은 거리정보를 모니터링 서버로 전송한다. 그러면 모니터링 서버는 이동노드와 각 비컨노드 간 거리정보 4개로 삼각측량법을 이용하여 이동노드의 위치좌표를 산출한다.

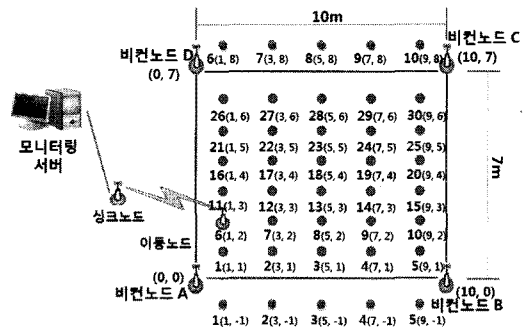


그림 6. 무선측위 정확도 실험 환경

4.2 실험결과 분석

교내강당에서 측정된 SDS-TWR과 CADE의 무선측위 정확도 성능 결과는 그림 7, 그림 8과 같다.

그림 7은 4개 비컨노드 A, B, C, D 영역내의 30개 좌표에서 측정된 무선측위 오차 결과이고, 그림 8은 비컨노드 A, B, C, D 영역외의 10개 좌표에서 측정된 무선측위 오차 결과이다.

그림 7과 그림 8에서 제안하는 CADE 무선측위 보정 알고리즘은 표 1과 같이 SDS-TWR보다 무선측위 정확도 성능이 우수한 것을 확인할 수 있다.

먼저 CADE는 비컨노드 A, B, C, D의 영역내 30개 좌표에서 측정된 SDS-TWR의 무선측위 오차 평균 1.12m를 0.70m로 보정하였고, 비컨노드 영역외 10개 좌표의 무선측위 오차 평균 2.12m를 0.64m로 보정하였다. 이 결과는 CADE가 비컨노드 영역내에서

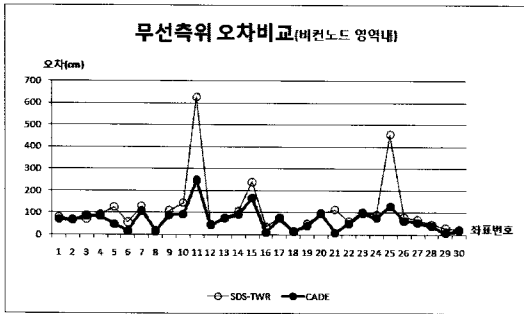


그림 7. 비컨노드 영역내 무선측위 오차 비교

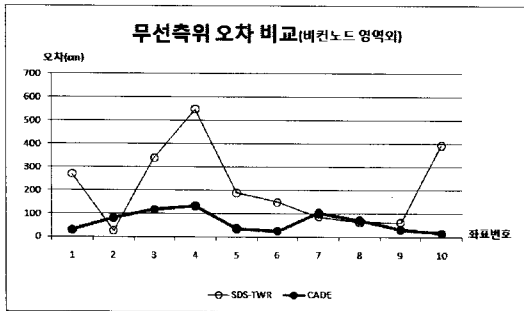


그림 8. 비컨노드 영역외 무선측위 오차 비교

표 1. 무선측위 정확도 성능 비교

	비컨노드 영역내 (30개 좌표)	비컨노드 영역외 (10개 좌표)
SDS-TWR 오차 평균	1.12	2.12
CADE 오차 평균	0.70	0.64

37.5%, 비컨노드 영역외에서 69.8% 정도의 무선측위 정확도 성능을 향상시킨 결과이다.

그리고 CADE는 2m 이상의 무선측위 오차를 보정하는 성능이 매우 우수하였다. CADE의 2m 이상 무선측위 오차 보정 결과는 표 2와 같다.

4개의 비컨노드 영역내 30개 좌표와 비컨노드 영역외 10개 좌표에서 측정된 SDS-TWR의 무선측위 오차 중에서 2m 이상의 오차는 6개 좌표에서 발생하였다. 그리고 6개 좌표의 SDS-TWR의 무선측위 오차 평균은 4.39m로 측정되었다. 그러나 제안하는 CADE 보정 알고리즘의 적용으로 6개 좌표의 무선측위 오차는 76.3% 개선되어 1.12m로 줄어들었다. 특히 비컨노드 영역외의 10번 좌표(9, 8)에서는 3.93m의 무선측위 정확도 오차를 0.16m로 향상시켰는데, 개선비율이 95.9%로 보정 성능이 가장 우수하였다.

다음으로 CADE의 보정 확률 결과는 표 3과 같다.

표 2. CADE의 2m 이상 무선측위 오차 보정 결과

구분	좌표	SDS-TWR 오차(m)	CADE 오차(m)	개선비율 (%)
비컨노드 영역내 (30개 좌표)	11(1, 3)	6.27	2.48	60.4
	25(9, 5)	4.56	1.30	71.5
비컨노드 영역외 (10개 좌표)	1(1,-1)	2.69	0.30	88.8
	3(5,-1)	3.39	1.17	65.5
	4(7,-1)	5.48	1.32	75.9
	10(9, 8)	3.93	0.16	95.9
평균		4.39	1.12	76.3

표 3. CADE의 보정 확률

	비컨노드 영역내 (30개 좌표)			비컨노드 영역외 (10개 좌표)		
	성능 향상	성능 저하	확률 (%)	성능 향상	성능 저하	확률 (%)
CADE	27	3	90	7	3	70

CADE는 비컨노드 A, B, C, D의 영역내 30개 좌표에서 발생한 무선측위 오차를 보정한 결과 27개 좌표에서 정확도 성능을 향상시켰다. 그리고 비컨노드 영역외의 10개 좌표에서는 7개 좌표에서 정확도 성능을 향상시켰다. 따라서 CADE는 전체 40개 좌표 중 34개의 좌표에서 정확도 성능을 향상시켜 82.4%의 보정 확률을 나타내었다.

마지막으로 CADE는 비컨노드 영역내, 영역외를 가리지 않고 보정 성능이 우수하였다. 이 결과는 위의 결과로 제시한 그림 7과 그림 8, 그리고 표 1, 표 2, 표 3에서 확인할 수 있다. 또한 제안하는 CADE 보정 알고리즘은 비컨노드 영역 외에서도 보정 성능이 우수함에 따라 4개 비컨노드의 설치만으로 넓은 범위의 무선측위 시스템구현이 가능하다고 판단된다.

V. 결 론

본 논문은 CSS의 SDS-TWR을 사용하는 무선측위 시스템 성능을 더 향상시키기 위하여 SDS-TWR의 Ranging 오차를 보정하는 CADE를 제안하고, 4개의 비컨노드 영역내와 영역외에서 무선측위 정확도 성능 실험을 통해 SDS-TWR과 비교하였다.

실험 결과, 4개의 비컨노드 영역내 30개 좌표와 비컨노드 영역외 10개 좌표에서 SDS-TWR은 각각 1.12m와 2.12m의 무선측위 오차가 측정하였다. 그러나 제안하는 CADE의 적용으로 무선측위 정확도 오차는 각각 0.70m, 0.64m로 줄어들었다.

그리고 CADE는 2m 이상의 무선측위 오차를 보정하여 성능을 향상시킨 결과가 매우 우수하였다. 특히 비컨노드 영역외의 10번 좌표 (9, 8)에서는 3.93m의 무선측위 정확도 오차를 0.16m로 향상시켰는데, 개선 비율이 95.9%로 보정 성능이 가장 우수하였다. 또한 CADE는 4개의 비컨노드 영역외에서도 보정성능이 우수함에 따라 4개 비컨노드의 설치만으로 넓은 범위의 무선측위가 가능하다. 이와 같은 결과를 볼 때, 제안하는 CADE는 SDS-TWR을 이용한 무선측위 시스템의 서비스 품질 향상에 실제적으로 도움을 줄 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

[1] Ferit Ozan Akgul, Kaveh Pahlavan, "Location Awareness for Every Smart Computing," IEEE, Proceedings of the 16th International Conference on Telecommunications, pp.2-7, May 2009.

[2] 이기영, 이혁준, "스마트하이웨이를 위한 유비쿼터스 교통정보 서비스 시스템," 한국정보과학회 논문지, 제27권 제9호, pp.34-40, Sep. 2009.

[3] 김학용, 김성덕, 서동길, 지정강, 장현태, "근거리 위치추적 기술 동향," 정보통신연구진흥원, 주간 기술동향 통권 1322호, pp.1-12, 2007.

[4] 한국전파진흥협회 기술지원팀, "Wireless LAN 최신 기술동향(IEEE802.11n, CSS, Passive Scanning중심)," 한국전파진흥협회, SPECTRUM 이슈 리포트 제 15호, pp.1-14, Sep. 2009.

[5] 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)," rdafr P802.15.4a/D7, Jan. 2007.

[6] 권성기, 이호철, 이동명, "정밀한 위치인식을 위한 CSS기반 TWR과 SDS-TWR 의 성능 비교," 한국통신학회, 2009년 하계 학술발표논문집 Vol.39, pp.888, 2009. 6.

[7] Yi Jiang, Victor C.M. Leung, "An Asymmetric Double Sided Two-Way Ranging for Crystal Offset," ISSSE '07, pp.525-528, Aug. 2007.

[8] 전현식, 우성현, 조상도, 나종인, 김기환, 박현주, "IEEE 802.15.4a 기반의 환경 적응형 위치 추적 시스템에 관한 연구," 한국통신학회 논문지 06-5 Vol.31 No5A, pp.526-536, 2006. 5.

[9] 정동규, 류우석, 박재관, 홍봉희, "RTLS를 위한 위치 보정 기법의 설계 및 구현," 한국GIS학회, 2008 공동춘계학술대회, pp.286-292, 2008. 6.

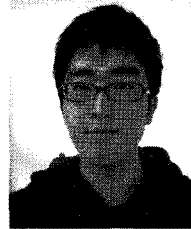
[10] 국중진, 임승욱, 홍지만, "정밀한 위치 인식 시스템을 위한 차등적 위치 계산 알고리즘," 한국정보과학회, 2008년 가을 학술발표논문집 Vol.35, No.2(D), pp. 196-199, 2008. 10.

[11] 권성기, 이동명, "균등거리비율을 적용한 위치인식 보정 알고리즘 설계 및 성능분석," 한국산학기술학회논문지, 제11권 제4호, pp.1248-1253, 2010. 4.

[12] Joshua Davies, Farhad Kammangar, Gergely Zaruba, Manfred Huber, "Use of Wireless Signal Characteristics for Mobile Robotics Localization and Access Point Mapping," CSE-2009-2, Sep. 2009.

권 성 기 (Seong Ki Kwon)

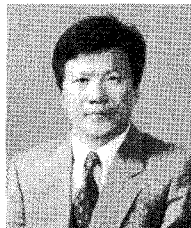
준회원



2009년 2월 동명대학교 컴퓨터 공학과(학사)
 2009년 3월 동명대학교 컴퓨터 미디어공학과 석사과정
 <관심분야> USN, RTLS, RSS, Ranging

이 동 명 (Dong Myung Lee)

정회원



1982년 2월 숭실대학교 전자계산학과(학사)
 1990년 8월 숭실대학교 전산공학과(석사)
 1997년 8월 숭실대학교 전자계산학과(박사)
 1982년 3월~2000년 2월 한국 전자통신연구원 책임연구원
 2000년 3월~현재 동명대학교 컴퓨터공학과 교수
 <관심분야> 이동통신시스템, 센서네트워크