

균등거리비율 및 칼만필터를 이용한 위치인식 보정 알고리즘의 성능분석

정회원 권성기*, 종신회원 이동명**

Performance Analysis of Compensation Algorithm for Localization Using the Equivalent Distance Rate and the Kalman Filter

Seong Ki Kwon* Associate Member, Dong Myung Lee** LifeLong Member

요 약

CSS(Chirp Spread Spectrum)는 WPAN(Wireless Personal Area Network) 환경에서 SDS-TWR(Symmetric Double Sided - Two Way Ranging) 기반의 위치인식 시스템을 구현하는 기술로 사용된다. 그러나 CSS의 SDS-TWR은 전파 및 장애물과 같은 환경에 따른 간섭으로 인해 레인지 오차가 발생한다. 따라서 위치인식 시스템 개발을 위해서는 이를 보정하기 위한 보정 알고리즘이 요구된다. 본 논문은 위치인식 정확도 성능 향상을 위하여 AEDR(Algorithm of Equivalent Distance Rate) 알고리즘과 칼만필터가 적용된 KF_EDR(Kalman Filter and Equivalent Distance Rate) 보정 알고리즘을 제안하고, 그 성능을 분석 및 평가하였다. 실험 결과, KF_EDR은 AEDR 알고리즘에 비해 위치인식 정확도를 복도 그리고 운동장에서 각각 10.5%, 4.2% 더 개선시켰다. 이 결과는 위치인식 데이터의 신뢰성을 향상시킴으로써 실제 위치인식 시스템 구현에 상당한 도움을 줄 수 있을 것으로 판단된다.

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

ABSTRACT

The CSS(Chirp Spread Spectrum) technology is used for developing various WPAN(Wireless Personal Area Network) application fields in general, and it can be adapted to implement localization systems especially using SDS-TWR(Symmetric Double Sided - Two Way Ranging). But the ranging errors are occurred in many practical applications due to some interferences by some experiments. Thus, the compensation algorithm for localization is required for developing localization applications. The suggested compensation algorithm that is named KF_EDR(Kalman Filter and Equivalent Distance Rate) for localization in order to reduce the ranging errors is suggested in this paper. The KF_EDR compensation algorithm for localization is mainly composed of the AEDR(Algorithm of Equivalent Distance Rate) and the Kalman Filter. It is confirmed that the improved error ratio of the KF_EDR are 10.5% and 4.2% compared with the AEDR algorithm in lobby and stadium. From the results, it is analyzed that the KF_EDR can be widely used for some localization system in ubiquitous society.

I. 서 론

최근 유무선 통신기술 및 관련 응용서비스의 눈부신 발전에 따라 유비쿼터스 사회의 실현이 매우

※ 이 논문은 중소기업청에서 지원하는 2011년도 산학연공동기술개발사업(No. 00046552)의 연구수행으로 인한 결과물임.

* 캐드윈시스템주식회사 캐드개발팀 (morethan@cadwin.co.kr)

** 동명대학교 컴퓨터공학과 (dmlee@tu.ac.kr), (° : 교신저자)

논문번호 : KICS2011-10-439, 접수일자 : 2011년 10월 6일, 최종논문접수일자 : 2012년 4월 17일

현실적으로 우리에게 다가오고 있다. 유비쿼터스의 개념은 넓은 범위로 U-City 서비스로부터 소규모 홈 네트워크까지 다양하게 적용되어 누구든지, 언제나, 어느 곳에서든지 유비쿼터스 응용서비스들의 사용이 가능하게 되었다¹⁻³⁾.

대표적인 유비쿼터스 응용서비스의 예로는 GPS를 이용한 네비게이션과 홈 네트워크 시스템에 적용되는 다양한 실내 위치인식 서비스들이 있다. 실내 위치인식 서비스는 초기에 저비용, 저전력, 손쉬운 적용성을 바탕으로 RFID(Radio Frequency Identification), RSS(Received Signal Strength) 기술을 기반으로 하였다. 최근에는 IEEE 802.15.4a 표준규격에 CSS(Chirp Spread Spectrum) 또는 IR UWB(Impulse Radio Ultra Wide Band)기술이 제정되어 WPAN(Wireless Personal Area Network) 분야의 위치인식 연구가 더욱 활발하게 진행 중이다^{4,5)}.

본 논문은 CSS 기술에 적용된 TWR(Two Way Ranging) / SDS-TWR(Symmetric Double-Sided TWR)에서 발생하는 레인지 오차를 보정하여 위치인식 정확도 성능 향상을 목적으로 한 보정 알고리즘을 제시한다.

II. 관련연구

2.1. 균등거리비율

AEDR(Algorithm of Equivalent Distance Rate)은 SDS-TWR에 의해 측정된 4개의 비컨노드와 이동노드 사이의 레인지 값을 바탕으로 대각선상에 위치한 비컨노드의 레인지 제공의 합에 대한 비율 원리를 적용시킨 보정 알고리즘이다⁶⁾.

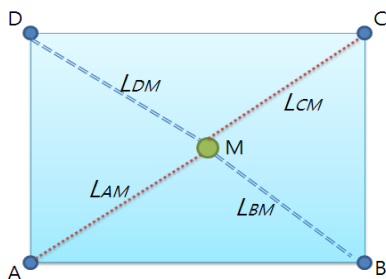


그림 1. 이동노드와 비컨노드 사이의 거리비율
Fig. 1. Distance Rates between Moving and Beacon Node

그림 1에서 보는 바와 같이 컨노드 A, B, C, D와 이동노드 M 사이의 레인지 값을 LAM, LBM, LCM, LDM라고 할 때, 비컨노드 A, C와 이동노드

M 사이의 거리 LAM, LCM 제공의 합은 비컨노드 B, D와 이동노드 M 사이의 거리 LBM, LDM 제공의 합과 같다는 식(1)이 성립하는데 이것을 균등거리비율의 원리라고 정의한다.

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

그러나 대부분 실제 비컨노드와 이동노드 사이의 거리보다 크게 측정되는 레인지 특징에 따라 식(1)의 조건은 성립되지 않는다. 그 결과 $LAM^2 + LCM^2 > LBM^2 + LDM^2$ 이나 $LAM^2 + LCM^2 < LBM^2 + LDM^2$ 와 같은 조건이 성립하게 되는데, AEDR은 이 두 가지 조건식을 바탕으로 레인지 값을 보정한다.

2.2. 칼만필터

칼만필터(Kalman Filter)는 잡음이 포함된 선형 및 비선형의 상태를 추적하는 재귀 필터로서 루돌프 칼만(R. E. Kalman)이 개발하였다. 칼만필터 알고리즘은 과거, 현재, 미래의 상태를 예측하여 보정하는 것으로써, 대부분 다음의 상태를 예측하거나 추정하는 모델시스템에 활용되고 있다⁷⁾.

칼만필터를 이용한 프로세스 추정 계산은 예측단계와 보정단계의 두 단계로 이루어진다. 먼저 이전 시간에 추정된 상태에 대해서 사용자 입력을 가했을 때 예상되는 상태를 예측단계라고 한다. 그리고 계산된 예측상태와 실제로 프로세스가 측정한 상태를 토대로 정확한 프로세스 상태를 추정하는 단계를 보정 단계라고 한다. 시간에 따라 추정되는 프로세스 상태는 다음과 같이 평균과 분산으로 표현된다.

- \hat{x}_k : k시점의 프로세스 상태 추정 값
 - P_{k-1}^- : k-1시점의 프로세스 상태 공분산행렬
 - P_k : k시점의 프로세스 상태 공분산행렬
- (공분산행렬: 확률 변수들의 관계를 나타내는 행렬)

칼만필터의 프로세스는 [그림 2]와 같다. 칼만필터 프로세스는 예측 단계(Time Update) 과정을 실행함으로써 프로세스 수행이 시작된다. 예측 단계의 계산은 최적화로 구하고자 하는 상태변수 \hat{x} 와 이전 시점의 추정 상태 공분산행렬 P_k^- 를 구하는 것으로 이루어진다. 즉, 이 과정은 상태변수 \hat{x} 를 구하기 위해 모델링한 선형 추측 방정식과 이전 시점에서 추정된 상태 공분산 행렬을 통해 계산되어진다.

예측 단계의 수행이 완료되면 보정 단계 (Measurement Update)로 이동한다. 보정 단계의 계산은 예측 단계의 수행으로 얻어진 예측 결과 값과 실제로 측정된 측정 값 사이의 오차를 이용하여 이전 시점에서 얻은 P_k^- 를 수정함으로써 보정이 이루어진다. 즉, 보정 단계는 예측 결과 값과 실제 측정 값 사이의 오차를 이용하여 최적의 Kalman gain 결과 값을 얻는다. 그리고 갱신된 추정 상태 생성 방정식은 구해진 Kalman gain 결과 값을 이용하여 현재 k시점에서 \hat{x} 의 상태를 보정한 후, 최종 공분산 결과 값 P_k 를 보정한다⁸⁾.

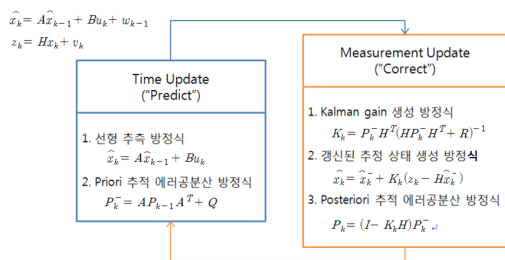


그림 2. 칼만필터 프로세스
Fig. 2. The Kalman Filter Process

III. 균등거리비율과 칼만필터를 이용한 보정 알고리즘 설계

3.1. 설계 고려사항

- 삼변측량법을 이용한 위치좌표 결과 산출
본 논문에서 제시하는 위치인식 보정 알고리즘은 삼변측량법을 사용하여 위치좌표 결과를 산출한다. 그 이유는 실험환경마다 데이터를 저장해야하는 번거로움이 존재하는 핑거프린트 방식보다 간단하게 위치측정이 가능하다. 또한, 고정된 비컨노드의 위치 좌표를 알며 비컨노드와 이동노드의 레인지 값을 기초로 한 거리(cm) 값을 사용하고 측정된 거리 값을 보정함에 따라 교점을 이용한 위치인식 방법을 사용한다.

- AEDR을 이용한 SDS-TWR의 레인지 특징 및 문제점 해결

본 논문은 AEDR을 제안 알고리즘에 적용한다. AEDR은 [6]에서 분석된 바와 같이 레인지 값이 실제 비컨노드와 이동노드 사이의 거리보다 더 크게 측정되는 특징 점과, 특정구간에서 측정되는 3m 이상의 비교적 큰 레인지 오차를 보정하는 알고리즘으로 제안되었다. 따라서 본 논문에서는 AEDR을

제안하는 위치인식 보정 알고리즘에 적용시켜 위치인식 성능이 향상되도록 설계하였다.

- 칼만필터의 적용

AEDR은 SDS-TWR의 특징 및 문제점을 해결하여 위치인식 정확도 성능효율을 향상시킨다. 그러나 여전히 위치인식 오차는 존재하기 때문에 더 정밀한 위치인식 성능을 위해 이미 검증된 칼만필터를 제안 알고리즘에 적용하여 AEDR 보다 더 위치인식 성능이 우수한 보정 알고리즘이 되도록 설계하였다.

- AEDR 및 칼만필터의 적용 순서

제안하는 알고리즘은 측정된 레인지 값을 이용하여 AEDR을 수행하는 단계, AEDR이 적용된 이후에 보정된 레인지 값으로 위치좌표 x, y 를 측정하는 단계, 측정된 위치좌표 x, y 값을 칼만필터에 적용하여 보정하는 단계 즉, 3단계 위치인식 보정 알고리즘으로 구성된다.

3.2. KF_EDR 알고리즘의 제안

3.2.1. KF_EDR의 개념

치인식 정확도 성능 향상을 위해 상기의 설계 고려사항을 적용하여 제안하는 KF_EDR(Kalman Filter and Equivalent Distance Rate) 위치인식 보정 알고리즘은 그림 3과 같이 구성되어 있으며, 보정 알고리즘의 수행과정은 다음과 같다.

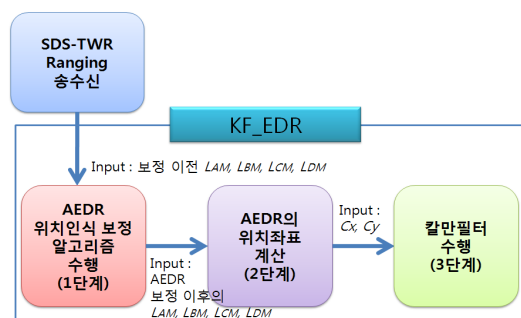


그림 3. KF_EDR의 개념 흐름도
Fig. 3. The KF_EDR Concept

이동노드와 4개 비컨노드 사이에 송수신된 레인지 값(보정 이전의 LAM(Length A to M), LBM(Length B to M), LCM(Length C to M), LDM(Length D to M)은 1단계인 AEDR의 입력 값이 되어 1단계가 수행된다. 여기서 LAM, LBM, LCM,

LDM은 비컨노드 A, B, C, D와 이동노드 M 사이의 측정된 레인지 값을 의미한다.

그리고 AEDR의 적용으로 보정된 레인지 값(LAM, LBM, LCM, LDM)들은 위치좌표를 계산하는 2단계의 입력 값이 된다.

2단계에서 계산되어 출력되는 위치좌표 값 Cx(Center x), Cy(Center y)는 칼만필터 수행이 이루어지는 3단계의 입력 값이 된다.

마지막 3단계 칼만필터 수행 단계에서는 Cx, Cy가 칼만필터의 측정 데이터로 입력되어 최종 보정된 위치 좌표 값을 출력한다.

3.2.2. 칼만필터 모델링

본 논문에 적용되는 칼만필터는 이동노드의 위치를 추적하기 위한 것으로 “현재 시점의 위치 = 이전 시점의 위치 + (변화 시간 x 속도)”와 같이 모델링을 할 수 있다. 그리고 칼만필터는 OpenCV의 CvKalman을 응용하여 구현되었고, 응용된 CvKalman의 수행과정 및 CvKalman 각각의 함수 및 파라미터들에 대한 설명은 다음과 같다.

칼만필터의 수행과정은 총 5단계로 다음과 같다. 1단계로 추정 데이터와 실제 측정 데이터 및 컨트롤 벡터(vx, vy : 좌표에 영향을 주는 x, y축의 속도 값)의 칼만필터 객체를 생성하고, 이전 상태에 기반한 상태 전이행렬 “F”와 측정데이터에 관계되는 행렬 “h”, 시스템 오차 “Q”, 컨트롤 벡터 값, 에러공분산, 그리고 추정되는 상태 값을 초기화 한다. 2단계로 컨트롤 벡터 값을 입력받아 t+1에 해당하는 예측된 위치 좌표를 산출한다. 그리고 3단계, 실제 센서로부터 측정되어 산출된 위치좌표 값을 산출한다. 4단계, 실제 산출된 위치 좌표 값을 바탕으로 새로운 컨트롤 벡터의 값을 산출하여 이전 컨트롤 벡터 값을 갱신한다. 마지막 단계로 예측 상태와 실제 측정 데이터, 그리고 컨트롤 벡터를 이용하여 Posteriori 상태 추정 값 즉, 보정된 최종 위치좌표 값을 계산한다.

IV. 실험 및 결과분석

4.1. 실험환경 및 방법

제안한 KF_EDR 위치인식 보정 알고리즘의 성능 실험을 위한 센서 네트워크는 그림 4와 같다. 실험 환경은 싱크노드 1개, 이동노드 1개, 비컨노드 4개, 모니터링 서버 1대로 구성하였으며, 비컨노드 A, B, C, D는 10m x 6m의 영역에서 좌표(0,0), (10,0),

(10,6), (0,6)에 배치하였다.

실험은 LOS 전파환경의 실내 복도와 실외 운동장 등 2곳에서 실시되었으며, 각각 세 가지 시나리오를 바탕으로 위치인식 정확도 성능 실험이 이루어졌다. 실시되는 세 가지 시나리오 항목은 다음과 같다.

- ① 시나리오1: 위치좌표(0,1)~(10,1)까지 이동
- ② 시나리오2: 위치좌표(0,3)~(10,3)까지 이동
- ③ 시나리오3: 위치좌표(0,5)~(10,5)까지 이동

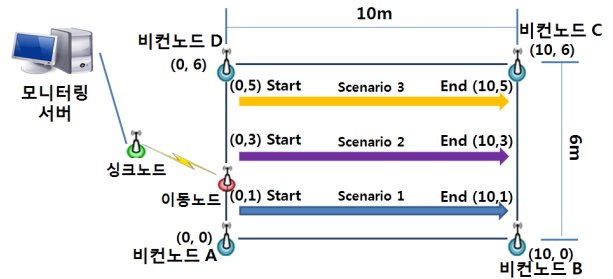


그림 4. 실험환경 구성
Fig. 4. Experimentation Environment

이동노드들은 무선 원격제어가 가능한 바퀴 4개 달린 이동물체의 모터부분에 부착되어 시나리오대로 이동되도록 하였다.

위치인식 정확도 성능 실험 방법은 먼저, 이동노드가 비컨노드 4개와 레인지 값을 각각 측정하여, 이를 싱크노드에게 전송하면, 싱크노드는 이동노드로부터 받은 레인지 값을 모니터링 서버로 전송한다. 그러면 모니터링 서버는 제안하는 KF_EDR 위치인식 보정 알고리즘의 수행과정을 거쳐서 이동노드의 위치좌표로 출력한다.

4.2. 실험 결과 및 성능분석

4.2.1. 위치인식 정확도 측정결과 비교

실내 환경의 복도와 실외 환경의 운동장에서 측정된 SDS-TWR과 AEDR, 그리고 제안하는 KF_EDR의 위치인식 성능은 각각 그림 5 및 그림 6과 같다.

위치인식 정확도 측정 실험 결과, SDS-TWR은 5m 이상의 위치인식 오차를 포함하여 많은 부분에서 신뢰할 수 없는 위치인식 성능 결과가 측정되었다.

그러나 KF_EDR의 1단계 보정(AEDR) 이후에 위치인식 정확도가 크게 향상된 결과를 그림 5, 그

림 6를 통해 확인할 수 있다. 그리고 2단계의 위치 인식 측정 단계를 수행한 후, 3단계 칼만필터가 수행된 결과 값 즉, KF_EDR 적용 이후에는 AEDR 보다 더 정밀하게 위치인식이 된 결과를 확인할 수 있다.

SDS-TWR의 문제점을 해결해주는 AEDR과 KF_EDR 위치인식 보정 알고리즘을 적용한다면 상기의 결과와 같이 실내 환경과 실외 환경 모두에서 1m 내외의 비교적 안정적인 위치인식 정확도 성능을 기대할 수 있으며, 대략적인 이동물체의 이동경로를 확인할 수 있을 만큼의 성능을 기대할 수 있다.

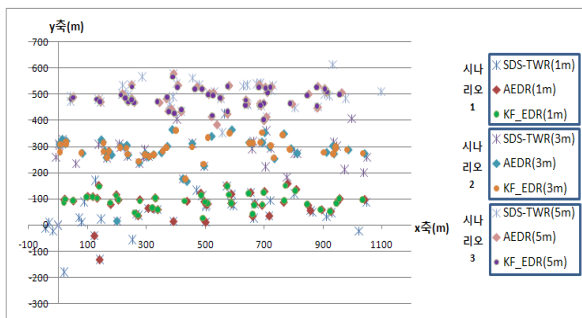


그림 5. 위치인식 정확도 측정결과(복도 10 x 6m)
Fig. 5. Localization Performance(Lobby 10 x 6m)

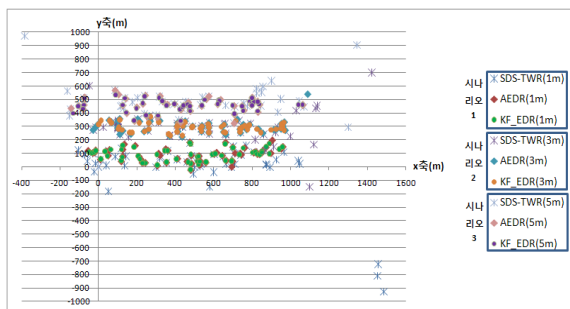


그림 6. 위치인식 정확도 측정결과(운동장 10 x 6m)
Fig. 6. Localization Performance(Stadium 10 x 6m)

4.2.2. 실험환경별 위치인식 정확도 성능 평가

복도와 운동장에서 측정된 SDS-TWR과 AEDR, 그리고 KF_EDR의 위치인식 정확도의 오차 평균은 표 1과 같고, 실험환경별 위치인식 정확도의 개선 비율은 표 2와 같다.

복도와 운동장에서 측정된 SDS-TWR의 위치인식 정확도 오차는 각각 75.19cm, 98.01cm이며, 평균 오차는 86.60cm로 측정되었다. 그리고 AEDR을 적용한 결과, 위치인식 정확도 오차는 실험환경별로 32.49cm, 41.55cm, 그리고 평균 오차 37.02cm로

측정되었다.

제안하는 KF_EDR 위치인식 보정 알고리즘은 실험 환경별로 위치인식 정확도 오차가 24.59cm, 37.40cm, 그리고 평균 오차는 31.00cm로 측정되었다. 또한 제안하는 KF_EDR의 위치인식 정확도의 개선 비율은 67.3%, 61.8%으로 측정되었는데, 이는 AEDR에 비해 복도 및 운동장의 경우 각각 10.5%, 4.2% 개선되었음을 알 수 있다.

표 1. 실험환경별 위치인식 정확도의 오차평균
Table 1. Average Localization Errors per Environments

실험환경 알고리즘	복도(cm)	운동장(cm)	평균(cm)
SDS-TWR	75.19	98.01	86.60
AEDR	32.49	41.55	37.02
KF_EDR	24.59	37.40	31.00

표 2. 실험환경별 위치인식 정확도의 개선 비율
Table 2. Improved Error Ratio of Localizaton per Environments

실험환경 알고리즘	복도	운동장
AEDR(a)	56.8%	57.6%
KF_EDR(b)	67.3%	61.8%
개선 비율(b-a)	10.5%	4.2%

4.2.3. 시나리오별 위치인식 정확도 성능 평가

4.2.3.1. 복도의 위치인식 정확도 측정 결과

복도에서 실시된 시나리오별 위치인식 정확도 측정 실험 결과, 측정된 SDS-TWR과 AEDR, 그리고 KF_EDR의 위치인식 오차 평균 결과는 그림 7과 같다.

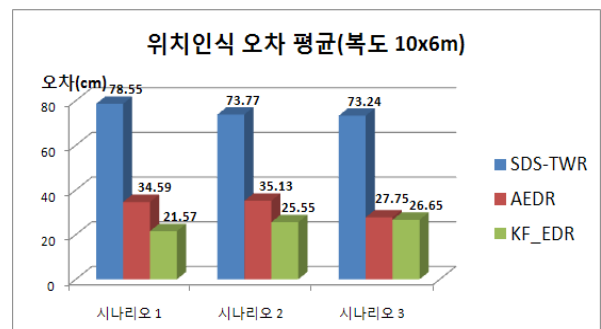


그림 7. 시나리오별 위치인식 오차평균 비교(복도)
Fig. 7. Average Localization Errors per Scenarios(Lobby)

SDS-TWR은 시나리오별로 각각 78.55cm, 73.77cm, 73.24cm의 위치인식 오차 평균이 측정되었다. 그리고 AEDR 적용으로 위치인식 오차는 34.59cm, 35.13cm, 27.75cm로 줄었으며, KF_EDR의 적용으로 위치인식 오차는 21.57cm, 25.55cm, 26.65cm로 줄었다. 상기 결과에 따른 위치인식 정확도 개선비율을 나타낸 것은 [표 3]과 같다.

표 3. 시나리오별 위치인식 정확도 개선비율(복도)
Table 3. Improvement Error Ratio of Localizaton per Scenarios(Lobby)

실험환경 알고리즘	시나리오1 (1m)	시나리오2 (3m)	시나리오3 (5m)
AEDR(a)	55.9%	52.4%	62.1%
KF_EDR(b)	72.5%	65.4%	63.6%
개선비율(b-a)	16.6%	13.0%	1.5%

AEDR은 시나리오별로 각각 55.9%, 52.4%, 62.1%로, KF_EDR은 72.5%, 65.4%, 63.6%로 위치인식 정확도가 각각 개선되었다. KF_EDR는 AEDR 보다 16.6%, 13.0%, 1.5% 더 위치인식 정확도 성능이 개선된 것을 확인할 수 있다.

4.2.3.2. 운동장의 위치인식 정확도 측정 결과

운동장에서 실시된 시나리오별 위치인식 정확도 측정 실험 결과, 측정된 SDS-TWR과 AEDR, 그리고 KF_EDR의 위치인식 오차 평균 결과는 그림 8과 같다.

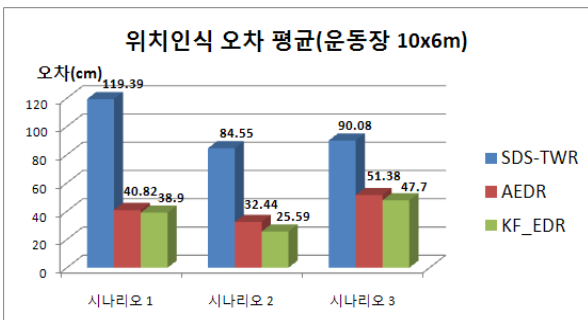


그림 8. 시나리오별 위치인식 오차평균 비교(운동장)
Fig. 8. Average Localization Errors per Scenarios(Stadium)

SDS-TWR은 시나리오별로 각각 119.39cm, 84.55cm, 90.08cm의 위치인식 오차 평균이 측정되었다. 그리고 AEDR 적용으로 위치인식 오차는 40.82cm, 32.44cm, 51.38cm로 줄었으며, KF_EDR

의 적용으로 위치인식 오차는 38.9cm, 25.59cm, 47.7cm로 줄었다.

상기 결과에 따른 위치인식 정확도 개선비율을 나타낸 것은 표 4와 같다.

AEDR은 시나리오별로 위치인식 정확도 성능이 각각 65.8%, 61.6%, 43.0%로 개선되었다. 그러나 KF_EDR은 시나리오별로 위치인식 정확도 성능이 67.4%, 69.7%, 47.0%로 AEDR 보다 1.6%, 8.1%, 4.0% 더 성능이 개선된 것을 확인할 수 있다.

표 4. 시나리오별 위치인식 정확도 개선비율(운동장)
Table 4. Improved Error Ratio of Localizaton(Stadium)

실험환경 알고리즘	시나리오1 (1m)	시나리오2 (3m)	시나리오3 (5m)
AEDR(a)	65.8%	61.6%	43.0%
KF_EDR(b)	67.4%	69.7%	47.0%
개선비율(b-a)	1.6%	8.1%	4.0%

4.2.4. KF_EDR의 위치인식 정확도 성능결과 분석

위치인식 정확도 성능이 상당히 개선된 이유를 분석하면 다음과 같다. 먼저, KF_EDR의 1단계 보정 알고리즘인 AEDR의 적용으로 평균 50% 이상의 위치인식 정확도 개선 성능이 이루어졌다. 이것은 AEDR이 전파 및 환경으로 인해 레인징 값이 측정되지 않거나, 레인징 오차가 급격히 증가하는 레인징의 문제점을 해결하고, 레인징 값이 실제 두 개 노드 사이의 거리보다 크게 측정되는 특징을 바탕으로 더 정밀하게 보정이 되도록 설계되었기 때문이다. 그리고 AEDR 적용 이후 개선된 결과를 칼만필터의 입력 값으로 넣고, 칼만필터 연산을 수행함으로써 최종 위치좌표의 값은 더 정밀하게 보정이 되었다.

그러나 AEDR은 레인징 오차가 급격히 증가하는 문제점을 해결함에 있어 한 개의 큰 레인징 오차는 보정하지만, 두 개 이상의 레인징 오차는 보정하지 못하는 문제점이 있다. 이에 따라 두 개 이상의 노드에서 레인징 오차가 크게 측정된다면, KF_EDR은 칼만필터의 보정에만 의존하게 되어 위치인식 보정 성능이 떨어지게 된다. 따라서 KF_EDR의 위치인식 보정 성능을 향상시키고, 안정된 위치인식 정확도 성능 측정을 위해서는 AEDR의 문제점을 해결하는 방법이 필요하다.

V. 결 론

본 논문은 실내 위치인식 시스템에 사용되는 CSS의 SDS-TWR기반 위치인식 성능향상을 위하여 AEDR 보정 알고리즘과 칼만필터를 적용하는 KF_EDR 위치인식 보정 알고리즘을 제안하고, 그 성능을 분석하였다.

제안하는 KF_EDR 위치인식 보정 알고리즘은 복도와 운동장에서 각각 SDS-TWR의 위치인식 정확도를 각각 약 67.3%, 61.8% 개선시켰으며, 1단계 보정 알고리즘인 AEDR 보다 위치인식 개선 성능이 각각 10.5%, 4.2% 더 우수하였다. 또한 KF_EDR은 시나리오별로 위치인식 정확도 성능이 복도의 경우, AEDR 보정 알고리즘 보다 16.6%, 13.0%, 1.5%로, 운동장의 경우, AEDR 보정 알고리즘 보다 1.6%, 8.1%, 4.0% 더 위치인식 정확도 성능이 개선된 것을 확인할 수 있다.

이러한 결과는 측정되는 위치인식 정확도의 신뢰성을 향상시켰으며, 실제 위치인식 시스템 구현에 상당한 도움을 줄 수 있다고 판단된다. 그러나 NLOS의 환경에서는 다양한 전파환경 및 장애물로 인해 상기와 같이 매우 우수한 위치인식 정확도 성능 결과를 얻기 어렵다. 따라서 향후 NLOS 환경에서 레인징 값 및 위치인식 특성을 분석하여 환경변화에 충분히 대응할 수 있는 위치인식 보정 알고리즘에 대한 연구가 필요하다. 그리고 최근 이동통신 및 위치인식 서비스 관련 스마트폰 어플리케이션의 발전에 따라 더 다양한 방법으로 최적의 하이브리드 보정 알고리즘의 응용에 대한 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

[1] M. Weiser, "The Computer for the 21st Century," Scientific American, pp.94-104, 1991.

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

[3] 한국전파진흥협회 기술지원팀, "Wireless LAN 최신기술동향(IEEE802.11n, CSS, Passive Scanning중심)," 한국전파진흥협회, SPECTRUM 이슈 리포트 제 15호, pp.1-14, 2009. 9.

[4] IEEE 802.15.4a, "Part 15.4 : Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Row-rate Wireless Personal Area

Network(LR-WPANs)," draft P802.15.4a/D7, Jan. 2007.

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

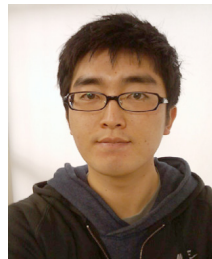
[6] Seong Ki Kwon, Dong Myung Lee, "A Design and Implementation of Compensation Algorithm for Radiodetermination Error using Determination Coordinator Value of Equivalent Distance Rate," KICS, Vol. 35, No. 9, pp.852-858, Aug. 2010.

[7] G. Welch and G. Bishop, "An Introduction to the Kalman Filter," UNC-Chapel Hill TR 95-041, July 2006.

[8] Hyeonsig Jeon, Na-Ri Kim, Hyun-Ju Park, "A Study on Effective Location Determination System in Indoor Environment," KICS, Vol.34, No.2, pp.119-129, Feb. 2009.

권 성 기 (Seong Ki Kwon)

정회원



2009년 2월 동명대학교 컴퓨터 공학과(학사)
2011년 2월 동명대학교 컴퓨터 미디어공학과(석사)
2011년 2월 캐드원시스템 주식 회사 주임연구원
<관심분야> USN, RTLS, RSS,

Ranging, 3D CAD

이 동 명 (Dong Myung Lee)

중신회원



1982년 2월 송실대학교 전자계산학과(학사)
1990년 8월 송실대학교 전산공학과(석사)
1997년 8월 송실대학교 전자계산학과(박사)
1982년 3월~2000년 2월 한국 전자통신연구원 책임연구원

2000년 3월~현재 동명대학교 컴퓨터공학과 교수
<관심분야> 이동통신시스템, USN, 지능형 로봇제어