

## 균등거리비율을 적용한 위치인식 보정 알고리즘 설계 및 성능분석

권성기<sup>1</sup>, 이동명<sup>1\*</sup>  
<sup>1</sup>동명대학교 컴퓨터공학과

### Performance Analysis of Compensation Algorithm for Localization using Equivalent Distance Rate

Seong Ki Kwon<sup>1</sup> and Dong Myung Lee<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Computer Engineering, Tongmyong University

**요약** 본 논문은 SDS-TWR(Symmetric Double-Sided Two-Way Ranging)의 Ranging 오차를 보정하기 위하여 균등거리비율 개념을 적용한 위치인식 보정 알고리즘인 *AEDR*(Algorithm for localization using the concept of Equivalent Distance Rate)을 제안하고, 위치인식 실험을 통해 위치인식 측정 성능을 분석하였다. SDS-TWR의 Ranging 오차는 실험에 의하면 비콘노드와 이동노드의 특정 거리구간에서 평균 1m~8m로 측정되었다. 그러나 제안한 *AEDR*에 의한 위치인식 성능은 실험을 통해 전체적으로 교내 강당과 복도 모두에서 SDS-TWR 보다 4배 정도 우수하였으며, 측정된 3~10m 이상의 위치인식 오차를 평균 2m 내외로, 3m 이내의 위치인식 오차를 평균 1m 내외로 각각 감소시킬 수 있음을 확인하였다. 특히 *AEDR*은 LOS(Line Of Sight) 보다 NLOS(Non Line Of Sight)에서 훨씬 더 위치인식 보정 성능이 우수함을 나타내며, 대부분의 센서 네트워크의 환경이 NLOS임을 고려할 때 *AEDR*이 실제환경에서의 위치인식에 큰 도움을 줄 수 있다고 판단된다.

**Abstract** In this paper, the compensation algorithm for localization using the concept of equivalent distance rate(*AEDR*) in order to compensate ranging error in the SDS-TWR(Symmetric Double-Sided Two-Way Ranging) is proposed and the performance of the proposed algorithm is analyzed by the localization experiments. The ranging error of the SDS-TWR in the distance between mobile node and beacon node is measured to average 1m~8m by ranging experiments. But it is confirmed that the performance of the localization by the *AEDR* is better than that of the SDS-TWR 4 times in university auditorium and corridor, and the localization error of above 3~10m is reduced to average 2m and that of below 3m is reduced to average 1m respectively. It is concluded that the *AEDR* is superior to the NLOS(Non Line Of Sight) than LOS(Line Of Sight) in performance of ranging compensation for localization, and the *AEDR* is more helpful to localization systems practically considering the environment of sensor networks is under NLOS.

**Key Words** : USN, CSS, IEEE 802.15.4a, SDS-TWR, Ranging, Localization

### 1. 서론

정보통신기술의 눈부신 발전에 따라 물류, 군사, 재난, U-City 등 여러 분야에서 다양한 위치인식 응용서비스들에 대한 수요가 증가되고 있다. 초기의 위치인식 방식에는 센서 네트워크 환경에서 RSS(Received Signal Strength)가 사용되었으나 전파 및 장애물의 환경에 민감

하게 반응하는 단점을 가지고 있다[1,2].

최근 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 Active RFID 태그를 교도관에게 부착하여 비상사태 발생시 태그의 비상버튼으

\*교신저자 : 이동명(dmlee@tu.ac.kr)

접수일 10년 01월 05일

수정일 10년 03월 02일

게재확정일 10년 04월 09일

로 위치를 추적하는 시스템과 실시간 도로 교통정보 제공 시스템이 개발되고 있는 실정이다[3].

그러나 [4]에서 CSS의 SDS-TWR Ranging 실험 결과, 특정 구간에서 1m~8m까지 오차가 발생하여 정밀한 위치 인식에 어려움이 있음을 확인하였다.

따라서 본 논문에서는 CSS에서 SDS-TWR을 사용하는 위치인식 시스템의 성능을 보다 더 향상시키기 위하여, SDS-TWR의 Ranging 오차를 보정하는 알고리즘 (Algorithm for localization using the concept of Equivalent Distance Rate : AEDR)을 제안하고, 위치인식 정확도 성능을 실험을 통해 SDS-TWR과 비교하였다.

## 2. 관련연구

CSS기술에서 Ranging은 기존의 위치인식 기술에 사용되던 RSS 대신 TOF(Time of Flight) 방식을 이용하는 데, 이 방식은 두 개의 노드 사이에 TWR 또는 SDS-TWR을 적용하여 거리를 구한 후, 삼각 측량법으로 단말의 위치를 계산하는 방식이다[5].

SDS-TWR은 CSS 기술의 기본 Ranging 방식인 TWR을 확장한 것으로서, 송수신 장치의 왕복시간(RTT : Round Trip Time)을 이용하여 거리를 측정한다.

SDS-TWR은 TWR을 두 번 수행하여 거리측정 값을 TWR 보다 안정되고 정확하게 측정하는 방법이지만, 국내의 관련문헌과 실제 실험에 의해서 확인한 결과에 의하면 항상 일정수준 이상의 오차가 발생하며 최대 10m 정도의 오차가 발생한다[2,4].

SDS-TWR의 Ranging 오차를 보정하는 방법으로는 국내외에서 다양하게 제시되고 있는데, [7]은 두 개의 노드 사이에 Crystal Oscillators의 동기화로 인한 오차를 보완하는 것으로 기존의 SDS-TWR에서 TreplyA 과정을 제거하여 Crystal Offset의 크기를 줄여서 Ranging 오차를 줄인 방법이다. [2]은 두 노드 사이의 거리가 근거리일 때 Ranging 오차가 상대적으로 커지는 단점을 보완한 것으로, 두 노드 사이가 원거리일 경우는 SDS-TWR을 그대로 사용하고, 근거리일 경우에만 OWR(One Way Ranging)을 사용함으로써 근거리의 오차를 줄이도록 한 방법이다.

## 3. SDS-TWR의 문제점 분석

### 3.1 SDS-TWR

SDS-TWR의 수행과정은 두 개의 노드가 각각 TWR

을 수행함으로써, 계산된  $T_p$ 에 전파속도( $3 \times 10^8$  m/s)를 곱하여 거리측정 값으로 구한 후, 이를 평균 값으로 거리를 측정하는 방법이다[8,9].

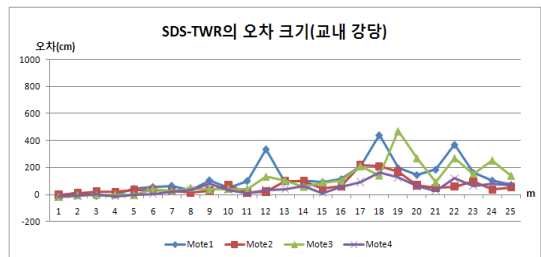
### 3.2 문제점 분석

#### 3.2.1 문제점 분석을 위한 실험환경

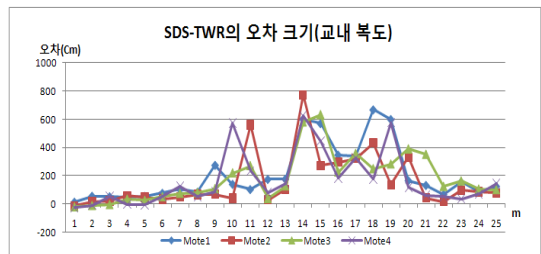
SDS-TWR Ranging 오차를 실험하기 위해서 구성된 실험환경은 이동노드 1개, 비콘노드 4개, 싱크노드 1개와 거리측정을 위한 모니터링 서버로 구성된다. 실험에 사용된 센서모듈은 2.4GHz의 대역과 최대 2Mbps 전송 속도를 지원하는 nanoLOC의 RF Transceiver와 ATmega128L의 MCU, PCB안테나를 탑재하였다. 실험은 교내강당(LOS 환경)과 복도(NLOS 환경)의 25m 거리영역에서 실시되었으며, 이동노드와 비콘노드 간의 거리를 1m간격으로 설정해서, 총 25개의 거리를 대상으로 각각 50회씩 Ranging 거리오차를 측정하였다.

#### 3.2.2 실험결과 및 문제점 분석

SDS-TWR의 실험 결과, 그림 1 및 그림 2에서 보는바와 같이 노드별로 특정 구간에서 Ranging 오차가 급격히 증가함을 확인하였다.



[그림 1] SDS-TWR의 오차 크기(교내 강당)



[그림 2] SDS-TWR의 오차 크기(교내 복도)

교내 강당의 경우 12m, 18m, 19m, 22m의 4개 구간과 교내 복도의 9m~11m, 14m~15m, 18m~20m의 8개 구간에서 3m 이상의 Ranging 오차가 측정되었다. 또한 3m 이상의 Ranging 오차 이외에도 1m 내외의 Ranging 오차도

교내강당의 경우 21개 구간, 교내복도의 경우 17개 구간에서 측정되었다. 교내 복도에서의 Ranging 오차(최대 8m)가 교내 강당(최대 4.5m)보다 더 큰 이유는 교내 복도의 실험 환경이 NLOS이기 때문이다[4].

본 논문에서는 이와 같은 3m 이상의 Ranging 오차와 1m 내외의 비교적 적은 Ranging 오차의 경우에 있어서 SDS-TWR의 성능을 개선하여 보다 더 정밀한 Ranging이 가능한 위치인식 보정 알고리즘을 제안하였다.

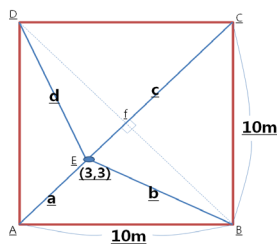
## 4. 균등거리비율 개념을 적용한 보정알고리즘

### 4.1 개념

본 논문은 SDS-TWR Ranging 실험에서 나타난 3m 이상의 Ranging 오차와 1m 내외의 비교적 적은 Ranging 오차를 개선하기 위하여 균등거리비율 개념을 적용한 보정 알고리즘(AEDR)을 제시한다.

균등거리비율의 원리를 설명하면 다음과 같다. 가로, 세로의 길이가 각 10m인 정사각형이 그림 3과 같이 있다고 하자. 여기에 4개의 꼭지점 A, B, C, D와 정사각형 내의 임의의 한 점 E(3,3)가 있다고 할 때, AE의 거리를 a, BE의 거리를 b, CE의 거리를 c, DE의 거리를 d라 한다. 이 때 E(3,3)에 대한 a, b, c, d의 각 거리는  $3\sqrt{2}$ ,  $\sqrt{58}$ ,  $7\sqrt{2}$ ,  $\sqrt{58}$ 이 됨으로 식(2)이 조건이 성립한다.

$$a^2 + c^2 = b^2 + d^2 \quad (2)$$



[그림 3] 균등거리비율 개념

### 4.2 설계 고려사항

#### 4.2.1 3m 이상 Ranging 오차의 보정

특정구간에서 3m 이상의 Ranging 오차가 발생한 경우, 이를 보정하는 개념은 다음과 같다. 예를 들면 그림 3의 거리 c가  $7\sqrt{2}$ 에서  $7\sqrt{2}+3$ 으로 3m의 오차를 발생하였을 때, 위에서 정의된 a, b, d의 값을 식(2)에 대입하면 식(3)의 조건이 성립한다.

$$a^2 + c^2 > b^2 + d^2 \quad (3)$$

식(3)의 조건이 성립하면 a 또는 c에서 거리 오차가 발생한 것으로 판단하고, 그 다음 식(4)의 조건이 성립하면 거리 오차는 a에서 발생한 것으로 결정하고, 식(5)의 조건이 성립하면 거리 오차는 c에서 발생한 것으로 결정하여 식(2)이 성립하도록 보정한다. 따라서, 이 개념은 식(4) 또는 식(5)의 두 가지 식 중에서 한 개의 조건이 만족했을 때 즉, a 또는 c를 이용하여 상대적으로 큰 거리 오차를 보정해주는 방법이다.

$$a^2 > b^2 + d^2 \quad (4)$$

$$c^2 > b^2 + d^2 \quad (5)$$

#### 4.2.2 1m 내외 Ranging 오차의 보정

3m 이상 Ranging 오차 이외에도 1m 내외의 Ranging 오차가 발생한 경우, 이를 보정하는 개념은 다음과 같다. 예를 들면 a, b, d에서 0.5m, c에서 1m 오차가 발생하였을 때, a, b, c, d의 값은  $3\sqrt{2}+0.5$ ,  $\sqrt{58}+0.5$ ,  $7\sqrt{2}+1$ ,  $\sqrt{58}+0.5$ 가 되며 이를 식(2)에 대입하면 식(3)의 조건이 성립한다. 그러나 이것은 위의 식(4)와 식(5)의 두 가지 조건 모두 성립하지 않는데, 이 경우 a와 c 두 가지를 조정하여 식(2)이 성립하도록 보정한다.

### 4.3 제안 알고리즘

제안한 알고리즘은 상기의 개념에 따라, 크게 거리 a, c와 거리 b, d를 실제 거리에 근접하도록 보정하는 모듈로 구성된다. 그림 4는 거리 a, c를 보정하는 경우의 모듈로서, Line 7-8에서 보정에 사용되는 변수가 선언되고, Line 11에서 식(3)의 조건이 수행된다.

3m 이상 Ranging 보정의 경우는 Line 13-18까지 수행된다. 식(3)의 조건이 성립하면, Line 13에서 Ranging 수행 유무를 나타내는 변수인 b 또는 d에서 0인지를 확인한다. b와 d가 Ranging이 수행되었을 경우(b 또는 d가 0이 아닌 경우), Line 15에서 식(4)를, Line 17에서 식(5)을 수행하여 a 또는 c의 값을 식(2)이 성립하도록 조정한다.

1m 내외의 Ranging 보정의 경우는 Line 19-20까지 수행된다. 이 경우는 식(3)가 성립해도 식(4)와 식(5)의 두 가지 조건 모두 성립하지 않는 경우이므로, 식(2)이 성립하도록 a와 c 두 가지를 조정한다.

Line 22-30은 3m 이상과 1m 내외의 Ranging 보정 경우를 수행하는 블록으로 b 또는 d의 Ranging이 실패했을 때, b 또는 d의 값을 식(2)가 성립하도록 조정한다.

```

1 : int a, b, c, d;
2 :
3 : int compensation_algorithm( )
4 : {
5 :     int ac, bd;
6 :
7 :     ac = a^2 + c^2;
8 :     bd = b^2 + d^2;
9 :
10 :    //a와 c중에서 error이 더 크게 발생
11 :    if(ac > bd)
12 :    {
13 :        if(b!=0 && d!=0)
14 :        {
15 :            if(a^2 > bd)
16 :                //a를 보정
17 :            else if(c^2 > bd)
18 :                //c를 보정
19 :            else
20 :                //ac - bd차이를 a와 c가 균등 분할
21 :        }
22 :        else
23 :        {
24 :            if(b == 0)
25 :                //b보정
26 :            else
27 :                //d보정
28 :        }
29 :    }
30 : }
    
```

[그림 4] a와 c를 보정하는 모듈

그림 5는 식(3)의 반대 조건인  $a^2+c^2 < b^2+d^2$ 를 만족하는 경우로서, 그림 4와 같이 a와 c를 보정하는 경우가 아닌 b와 d를 보정하는 블록으로 Line 11의 조건을 만족하지 않을 때 수행되며, 수행 내용은 동일하다.

```

31 :    //b와 d중에서 error이 더 크게 발생
32 :    else if(ac < bd)
33 :    {
34 :        if(a!=0 && c!=0)
35 :        {
36 :            if(b^2 > ac)
37 :                //b를 보정
38 :            else if(d^2 > ac)
39 :                //d를 보정
40 :            else
41 :                //bd - ac차이를 b와 d가 균등 분할
42 :        }
43 :        else
44 :        {
45 :            if(a == 0)
46 :                //a보정
47 :            else
48 :                //c보정
49 :        }
50 :    }
    
```

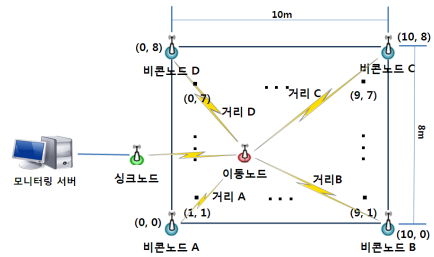
[그림 5] b와 d를 보정하는 모듈

## 5. 실험 및 결과분석

### 5.1 실험환경 및 실험방법

제안한 보정알고리즘과 SDS-TWR의 위치인식 실험을 위한 센서 네트워크는 그림 6과 같다. 실험환경은 싱크노드 1개, 이동노드 1개, 비콘노드 4개, 모니터링 서버 1대로 구성하였으며, 비콘노드 A, B, C, D는 10m\*8m의 영역에서 좌표(0,0), (10,0), (10,8), (0,8)에 배치되었다.

실험은 LOS 전파환경의 교내 강당과, 좌우 주변에 유리창을 포함한 벽이 있는 NLOS 전파환경의 교내 복도에 각각 좌표 (1,1), ..., (1,7), (2,1), ..., (2,7) ~ (9,1), ..., (9,7)의 63개 영역에서 SDS-TWR과 제안하는 AEDR의 위치인식 정확도 성능 실험이 실시되었다.(각 영역에서의 좌표 값의 단위는 미터 단위임)



[그림 6] 위치인식 정확도 실험을 위한 센서네트워크 구성

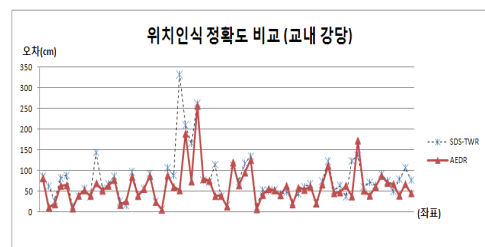
### 5.2 실험결과 분석

#### 5.2.1 SDS-TWR과 AEDR의 위치인식 성능비교

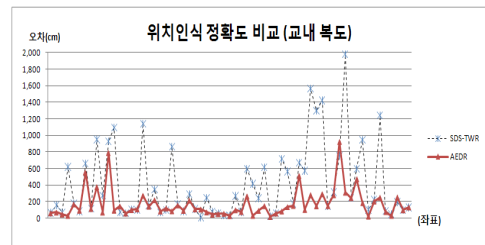
교내강당 및 복도에서 측정된 SDS-TWR과 AEDR의 위치인식 성능 결과는 그림 7 및 그림 8과 같다.

먼저, 교내강당의 경우를 보면 SDS-TWR 위치인식 정확도는 63개의 좌표 중 49개 좌표 영역에서 1m 이내의 오차를, AEDR의 경우는 63개의 좌표 중 57개 좌표 영역에서 1m 이내의 오차를 보임을 확인하였다. 또한, AEDR은 SDS-TWR 보다 평균 10cm 정도 위치인식 정확도가 우수하였다. 특히 좌표(6,3)의 경우 3m이상의 위치인식 오차를 AEDR에 의해 53cm 수준까지 84.0%나 감소시켰다.

교내복도의 경우는 NLOS 전파환경으로 인하여 SDS-TWR의 위치인식 오차가 63개의 좌표 중 24개 좌표 영역에서 3m~10m로 교내강당에 비해 오차 범위가 증가했음을 확인하였는데, 이 경우에 AEDR의 적용으로 위치인식 오차를 표 1과 같이 평균 2m 내외로 개선하였다.



[그림 7] AEDR 적용유무에 따른 성능 비교(교내 강당)



[그림 8] AEDR 적용유무에 따른 성능 비교(교내 복도)

표 1에서 보면 교내 강당에서는 SDS-TWR의 경우 좌표 (1,2), (3,4), (6,3), (8,3), (8,6)에서 오차가 1m 이상 발생하였으나, 제안 알고리즘인 AEDR의 적용에 의하여 위치인식 오차가 0.38m~0.74cm로 위치인식의 정확도가 평균 65.2% 개선되었다. 교내 복도에서는 SDS-TWR의 경우 좌표 (1,6), (2,6), (3,2), (4,1), (4,3), (4,7), (7,6), (8,2), (9,4)에서 위치인식 오차가 4.15m~19.77m로 발생하였으나, AEDR의 적용에 의하여 0.30m~3.10m로 위치인식 정확도가 평균 86.7% 개선되었다.

[표 1] SDS-TWR과 AEDR의 성능비교 및 개선 비율

구분	좌 표	SDS-TWR 오차(m)	AEDR의 오차(m)	개선비율 (%)	전파 환경
교내 강당	(1, 2)	1.44	0.70	51.4	LOS
	(3, 4)	1.14	0.39	65.8	
	(6, 3)	3.32	0.53	84.0	
	(8, 3)	1.66	0.74	55.4	
	(8, 6)	1.24	0.38	69.4	
	평균	<b>1.76</b>	<b>0.55</b>	<b>65.2</b>	
교내 복도	(1, 6)	15.65	2.80	82.1	NLOS
	(2, 6)	12.98	1.45	88.8	
	(3, 2)	10.92	0.93	91.5	
	(4, 1)	6.18	0.30	95.1	
	(4, 3)	8.63	0.85	90.2	
	(4, 7)	12.39	2.49	79.9	
	(7, 6)	19.77	3.10	84.3	
	(8, 2)	11.40	2.72	76.1	
	(9, 4)	4.15	0.31	92.5	
	평균	<b>11.34</b>	<b>1.66</b>	<b>86.7</b>	

교내강당 및 복도에서 전체 좌표를 대상으로 실험한 결과 중 SDS-TWR의 성능이 우수한 경우와 본 논문에서 제안한 보정 알고리즘인 AEDR 성능이 우수한 경우를 위치인식 오차 개선의 크기가 10cm를 기준으로 비교한 결과는 표 2와 같다.

[표 2] 10cm내외의 오차 개선 성능비교  
(단위: 실험좌표 수(%) )

구분	SDS-TWR 성능이 우수한 경우		합 계	AEDR의 성능이 우수한 경우		합 계	총 계
	10cm 이하	10cm 이상		10cm 이하	10cm 이상		
교내 강당	8/63 (12.7%)	5/63 (7.9%)	13/63 (20.6%)	30/63 (47.6%)	20/63 (31.8%)	50/63 (79.4%)	63 (100%)
교내 복도	4/63 (6.3%)	8/63 (12.7%)	12/63 (19.0%)	12/63 (19.0%)	39/63 (62.0%)	51/63 (81.0%)	63 (100%)

교내 강당에서는 AEDR이 SDS-TWR 보다 63개의 좌표 중 50개(79.4%)의 좌표에서 위치인식 성능이 더 우수

했다. 이 결과는 제안한 보정 알고리즘이 LOS 전파환경인 교내강당에서 주로 10cm 이하의 오차개선에 더 효과가 있음을 알 수 있다. 교내 복도에서는 AEDR이 SDS-TWR 보다 63개의 실험좌표 중 51개(81%)의 좌표에서 위치인식 성능이 더 우수했다. 이 결과는 제안한 보정 알고리즘이 교내 강당과는 반대로 NLOS 전파환경인 교내 복도에서 주로 10cm 이상의 오차개선에 더 효과가 있음을 알 수 있다.

전체적으로 제안한 AEDR의 성능은 SDS-TWR의 성능에 비해 교내 강당 및 복도에서 4배정도 우수함을 알 수 있다. 이러한 결과는 AEDR이 LOS상태 보다 NLOS상태에서 성능이 뚜렷하게 나타나고, 대부분의 노드들이 구성되는 환경이 NLOS라는 점을 감안한다면 제안하는 알고리즘이 실제적으로 위치인식에 큰 도움이 될 수 있다.

### 5.2.2 AEDR 및 SDS-TWR의 성능 평가

AEDR의 성능을 설계 개념의 의도대로 어느 정도 보정되었는지를 분석하면 표 3과 같다. 먼저, 각 비콘노드별 1m 내외의 Ranging 오차를 보정한 경우 교내 강당 및 복도에서 각각 76.0%, 45.1%로 위치인식 정확도가 개선되었고, 두 번째는 특정 비콘노드에서 3m 이상의 Ranging 오차를 보정한 경우 교내 강당 및 복도에서 각각 18.0%, 43.1%로 위치인식 정확도가 개선되었다.

[표 3] AEDR의 위치인식 성능 평가  
(단위: 오차보정 좌표 수(%) )

구분	1m 내외의 오차 보정 좌표 수	3m 이상의 오차 보정 좌표 수	Ranging 실패시 오차 보정 좌표 수	합 계
교내강당	38(76.0%)	9(18.0%)	3(6.0%)	50(100%)
교내복도	23(45.1%)	22(43.1%)	6(11.8%)	51(100%)

이 성능 결과로 볼 때, AEDR은 교내 강당의 경우 특히 1m 내외의 오차 보정 성능이 매우 우수하였고, 교내 복도의 경우에는 1m 내외 및 3m 이상의 경우에 골고루 오차 보정 성능이 우수함을 알 수 있다. 아울러 Ranging 실패가 발생한 경우에도 교내 강당 및 복도에서 각각 6.0%, 11.8%로 위치인식 정확도가 개선됨을 확인하였다.

그러나 제안하는 AEDR이 SDS-TWR 보다 오히려 위치인식 정확도가 감소된 경우도 확인되었는데, 이 경우는 4개의 비콘노드 중 2개 이상의 비콘노드에서 3m 이상의 오차가 발생된 경우와 SDS-TWR의 위치인식 성능이 50cm 이내로 정밀하게 측정된 경우로 나타났다.

## 6. 결론

본 논문은 SDS-TWR의 Ranging 단점을 보완하기 위하여 균등거리비율의 개념을 적용한 보정 알고리즘인 AEDR을 제안하고 성능실험을 하였다. 실험 결과 AEDR은 전체적으로 교내 강당과 복도 모두에서 SDS-TWR 보다 4배 정도 위치인식 성능이 우수함을 확인하였다. 다시 말해서, AEDR은 1m 내외의 SDS-TWR 위치인식 오차를 평균 10cm 정도 보정하였고 (교내강당의 경우), 3m~10m 이상의 SDS-TWR 위치인식 오차도 평균 2m 내외로 개선하였다.(교내복도의 경우)

제안한 AEDR의 특징은 교내 강당에서 1m 내외로 측정된 오차에 대한 보정 성능이 평균 62.5%로 우수하였고, 교내 복도에서도 1m 내외 및 3m 이상의 두 가지 경우에 86.7%로 매우 우수하였다. 이 결과는 AEDR이 LOS 보다 NLOS에서 훨씬 더 위치인식 보정 성능이 우수함을 나타내며, 일반적으로 대부분의 센서 네트워크의 환경이 NLOS임을 고려할 때 AEDR이 실제적으로 위치인식에 큰 도움을 줄 수 있다고 판단된다.

그러나 제안하는 AEDR이 SDS-TWR 보다 위치인식 정확도가 감소된 경우도 있었는데, 향후 이러한 문제점을 해결하는 방안과, NLOS의 이동환경에서의 고정밀 위치인식에 대한 검토가 필요하다.

## 참고문헌

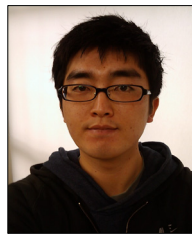
- [1] Ferit Ozan Akgul, Kaveh Pahlavan, "Location Awareness for Every Smart Computing," IEEE, Proceedings of the 16th international conference on Telecommunications, pp.2-7, May 2009.
- [2] 국중진, 임승욱, 홍지만, "정밀한 위치 인식 시스템을 위한 차등적 위치 계산 알고리즘," 한국정보과학회, 2008년 가을 학술발표논문집 Vol.35, No.2(D), pp.196-199, 2008.
- [3] 한국전파진흥협회 기술지원팀, "Wireless LAN 최신 기술동향(IEEE802.11n, CSS, Passive Scanning 중심)," 한국전파진흥협회, SPECTRUM 이슈 리포트 제 15호, pp.1-14, Sep. 2009.
- [4] 권성기, 이호철, 이동명, "정밀한 위치인식을 위한 CSS 기반 TWR과 SDS-TWR 의 성능 비교," 한국통신학회, 2009년 하계 학술발표논문집 Vol.39, pp.888, 2009.
- [5] Frank Schlichting, "Präzise Abstandsbestimmung und Lokalisierung mittels Laufzeitmessungen (RTOF) durch Einsatz der 2,4 GHz Chirp Spreiztechnologie(CSS)," Nanotron TECHNOLOGIES,

Wireless Technologies Kongress 2007.

- [6] 김학용, 김성덕, 서동길, 지정강, 장현태, "근거리 위치추적 기술 동향," 정보통신연구진흥원, 주간기술동향 통권 1322호, pp.1-12, 2007. 11.
- [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] 서창수, 이철희, "HBE-Ubi-nanoLOC을 이용한 유비 쿼터스 센서 네트워크," (주)한백전자, User Guide Book.
- [9] 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)," IEEE P802.15.4a/D7, Jan. 2007.

## 권성기(Seong Ki Kwon)

[준회원]



- 2009년 2월 : 동명대학교 컴퓨터공학과(학사)
- 2009년 3월 ~ 현재 : 동명대학교 컴퓨터미디어공학과 석사과정

<관심분야>

USN, RTLS, RSS, Ranging

## 이동명(Dong Myung Lee)

[정회원]



- 1982년 3월 : 송실대학교 전자계산학과(학사)
- 1990년 3월 : 송실대학교 전산공학과(석사)
- 1997년 8월 : 송실대학교 전자계산학과(박사)
- 1982년 3월 ~ 2000년 2월 : 한국전자통신연구원 책임연구원
- 2000년 2월 ~ 현재 : 동명대학교 컴퓨터공학과 교수

<관심분야>

이동통신시스템, 센서네트워크