

하이브리드형 위치인식 보정 알고리즘 성능 분석 및 평가

권성기¹, 이동명^{1*}
¹동명대학교 컴퓨터공학과

Performance Analysis and Evaluation of Hybrid Compensation Algorithm for Localization

Seong Ki Kwon¹ and Dong Myung Lee^{1*}

¹Department of Computer Engineering, Tongmyong University

요약 본 논문은 SDS-TWR(Symmetric Double-Sided Two-Way Ranging)의 Ranging 오차를 보정하여 위치인식 성능을 향상시키는 방법으로 비컨노드의 거리별 Ranging 오차의 평균 값을 이용하여 Ranging 오차를 보정하는 알고리즘(CA_d)과, 균등거리비율의 적용으로 Ranging 오차를 보정하는 알고리즘(AEDR)이 적용된 하이브리드형 위치인식 보정 알고리즘(A_{HB})을 제안하고, 위치인식 실험을 통해 성능을 분석하였다. 실험결과, A_{HB}는 전체 32개의 좌표 중 28개 좌표에서 오차 개선이 이루어졌고, 설정한 3개의 오차크기 영역에서 최소한 70%이상의 오차 개선이 이루어졌음을 확인하였다. 또한 32개 좌표에서 발생한 평균 오차 2.67m를 1.19m로 55.4% 보정하였으며 특히 3m 이상의 오차크기 영역에서의 보정 성능은 90% 이상으로 매우 우수함을 확인하였다. 이와 같은 결과를 볼 때, A_{HB}는 CA_d와 AEDR이 각각 수행되었을 때 보다 오차 개선 비율 및 보정 성능이 더 우수함을 확인하였다.

키워드 : USN, CSS, IEEE 802.15.4a, SDS-TWR, Ranging, 위치인식

Abstract In this paper, the hybrid compensation algorithm(A_{HB}) for localization using the Compensation Algorithm distance(CA_d) and the Algorithm of Equivalent Distance Rate(AEDR) in SDS-TWR(Symmetric Double-Sided Two-Way Ranging) is suggested and the performance of the proposed algorithm is analyzed by practical experimentations. From experimentations, it is confirmed that the errors are reduced in 28 coordinates of total 32 coordinates in the experimental region and the errors are reduced about above 70% in the assigned 3 type error level ranges by A_{HB}. Also, it is analyzed that the average localization error is reduced from 2.67m to 1.19m as 55.4% in total 32 coordinates by A_{HB} and the error compensation capability of A_{HB} is very excellent as above 90%. From above results, we have seen that the error reduction ratio and error compensation capability of A_{HB} is more excellent than each CA_d or AEDR.

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

1. 서론

최근 유무선 통신기술 및 관련 응용서비스의 눈부신 발전에 따라 유비쿼터스 사회의 실현이 매우 현실적으로 우리에게 다가오고 있다. 특히 WPAN 기술을 이용하여 사용자가 이동환경에서 실내 작업을 할 경우 사용자의 위치를 실시간으로 신뢰성 있게 파악하는 다양한 응용서

비스의 수요가 매우 증가할 것으로 생각된다[1].

실내 환경에서 위치인식을 수행할 경우에는 GPS를 사용할 수 없기 때문에 주로 초반에서는 RF신호나 초음파 등을 이용한 방법이 많이 제안되었고, 센서 네트워크 환경에서 RSS(Received Signal Strength)를 사용하여 위치인식을 수행하기 때문에 대부분의 경우에서 전파 및 장애물의 환경에 영향을 받는 어려움을 가지고 있었다. 그

*교신저자 : 이동명(dmlee@tu.ac.kr)

접수일 10년 02월 24일

수정일 10년 04월 21일

게재확정일 10년 06월 18일

러나 2007년에 CSS(Chirp Spread Spectrum)와 IR UWB(Impulse Radio Ultra Wide Band)의 물리계층과 TWR(Two Way Ranging) / SDS-TWR (Symmetric Double-Sided TWR)의 MAC을 지원하는 IEEE 802.15.4a 표준이 제정된 후 관련 칩셋이 출시됨으로서, RSS보다 훨씬 성능이 우수한 위치인식이 가능하게 되었다[2].

본 논문에서는 정밀한 위치인식을 위하여 Ranging 오차비율 오프셋(CA_d)과 균등거리비율(AEDR)을 적용한 보정 알고리즘을 기반으로 이들의 특징을 분석하여 위치 인식 성능을 좀 더 개선한 하이브리드형 보정 알고리즘(A_{HB})을 설계하고, 성능을 분석하였다.

2. 관련연구

CSS는 시간에 따라 주파수가 증가/감소하면서 간섭에 강한 펄스신호를 생성하여 통신하는 전송기술로서 저전력으로 장거리 위치추적 및 데이터 통신이 가능하며, 교통 및 의료 분야에서 다양한 서비스 제공이 가능하다.

CSS 기술의 국외 개발 사례로는 독일의 Koethen Energie에서 CSS를 이용한 가로동 무선제어 및 계량기 자동검침 시스템과 미국의 Touchstone Labs에서는 환자 및 인간 행동 모니터링 시스템이 있다. 국내에서는 주한 미군 병사들의 실시간 이동상황을 중앙관제센터에서 파악할 수 있는 모니터링 시스템과 병원에서 환자 관리용 센서네트워크 및 실시간 위치추적 시스템의 도입을 위하여 실용화를 준비 중에 있다[3].

이와 같이 국내외의 CSS 기술에 대한 연구개발이 매우 활발하게 진행되고 있으나, SDS-TWR을 적용해서 위치 인식 실험을 한 결과, 실험환경에 따라 매우 다양한 오차(1~8m 정도)가 발생함을 확인하였다. 따라서 정밀한 위치인식을 위해서는 위치인식 오차를 최대한 감소시키기 위한 보정 알고리즘의 개발이 필요하다[4,5].

SDS-TWR의 Ranging 오차로 인해 발생한 위치인식 오차를 보정하는 방법으로는 국내외에서 다양하게 제시되고 있다. 일반적인 위치인식 보정 알고리즘의 대표적인 예로 LCM(Location Correction Module)의 위치보정에 사용되는 KF(Kalman Filter)와, DCM(Database Correlation Method) 알고리즘의 대표적 기술인 Fingerprint가 있다. 그리고 이를 응용하여 KF와 Fingerprint를 함께 적용한 위치인식 보정 알고리즘도 제시되었다[6].

3. CA_d 및 AEDR 위치인식 보정 알고리즘

3.1 CA_d(Compensation Algorithm distance)

Ranging의 오차비율 오프셋을 적용한 보정 알고리즘 CA_d는 측정된 Ranging 값과 실제거리 사이의 오차 비율을 측정한 후, 오차비율의 오프셋을 이용하여 Ranging 값을 실제 거리와 더 근접하게 하는 알고리즘이다[7].

CA_d 정확도를 분석하기 위해 LOS(Line of Sight)의 10m*10m의 환경에서 실험하였으며, 오차비율 오프셋을 이용한 위치인식 보정 알고리즘의 성능을 실제 실험을 통하여 얻은 결과는 표 1과 같다.

CA_d는 전체 32개 좌표 중 19개의 좌표에서 SDS-TWR 위치인식 오차를 개선하였고, 평균 17.6cm 정도 위치인식의 정확도가 향상되었다. 그러나 1m 이내의 위치인식 오차에서 보정이 될 경우 CA_d는 SDS-TWR보다 평균 17.6cm 정도 더 정밀한 위치인식이 가능하지만, 3m 이상의 비교적 큰 위치인식 오차 경우에 17.6cm 만큼의 위치인식 보정이 일어난다면 1m 이내의 위치인식 오차 경우보다는 보정율(보정되는 성능)이 낮다는 점과, 2.5%를 더하는 offset의 적용이 오히려 위치인식 성능을 저하시킬 수 있다는 단점이 있다.

[표 1] CA_d 위치인식 정확도 성능

(단위 : cm)

구분	SDS-TWR						DCA						
	X 축						X 축						
	0	2	4	6	8	10	0	2	4	6	8	10	
Y 축	0	·	132	26	82	46	·	·	106	14	68	24	·
	2	145	112	256	624	403	79	76	93	288	502	360	53
	4	92	91	24	31	919	50	76	86	25	34	658	69
	6	41	66	24	15	72	42	37	68	23	4	78	61
	8	53	266	82	78	48	52	49	267	90	94	48	50
	10	·	150	207	59	213	·	·	149	216	64	181	·

3.2 AEDR(Algorithm of Equivalent Distance Rate)

균등거리비율을 적용한 위치인식 보정 알고리즘은 SDS-TWR에 의하여 측정된 4개의 고정된 비컨노드와 이동노드 사이의 Ranging 값을 바탕으로 대각선상에 위치한 고정노드의 Ranging 제곱의 합에 대한 비율 원리를 적용시킨 보정 알고리즘이다[8].

AEDR 실험은 CA_d의 실험환경과 동일하며, 위치인식 정확도 실험결과는 표 2와 같다. AEDR의 적용으로 위치인식 성능이 향상된 경우는 전체 32개 좌표 중 26개 좌표에서 측정되었다.

그리고 AEDR은 1m 이내와 1~3m 위치인식 오차 범위에서는 24.2cm 정도 위치인식 정확도가 개선되었고, 전체 32개 좌표 중 3개 좌표에서 측정된 3m 이상의 위치인

식 오차는 평균 1m 이내로 개선하였다. 이러한 결과를 볼 때 AEDR은 3m 이상의 큰 위치인식 오차가 측정되었을 때 우수한 개선 성능의 효과를 기대할 수 있다.

그러나 AEDR은 A와 C의 값을 보정할 경우 B, D의 값이 보정되지 않으며, B, D를 보정할 경우 A, C가 보정되지 않아 보정 알고리즘의 위치인식 개선 성능의 한계가 있다.

[표 2] AEDR의 위치인식 정확도 성능 (단위 : cm)

구분	SDS-TWR						AEDR						
	X 축						X 축						
	0	2	4	6	8	10	0	2	4	6	8	10	
Y 축	0	-	132	26	82	46	-	-	105	28	54	30	-
	2	145	112	256	624	403	79	107	102	191	94	108	77
	4	92	91	24	31	919	50	77	64	26	26	52	38
	6	41	66	24	15	72	42	38	70	19	11	71	41
	8	53	266	82	78	48	52	56	269	52	77	42	54
	10	-	150	207	59	213	-	-	147	87	49	81	-

4. CA_d과 AEDR의 특징 분석

CA_d와 AEDR을 실험한 후, 각 알고리즘에 대한 위치인식 성능을 표 3과 같이 정리하였다. 실제 실험에서 위치인식 정확도 오차의 임계치는 3m로 설정하였다.

[표 3] CA_d과 AEDR의 위치인식 성능비교

구분	위치인식 개선 좌표 수 (%)	위치인식 오차 크기별 개선 성능(cm)					
		1m 이내		1~3m		3m 이상	
		적용전	적용후	적용전	적용후	적용전	적용후
CA _d	20/ 32 (62.5%)	54.9	53.2	185.1	172.3	648.5	506.8
		3.2%		7.0%		21.9%	
AEDR	26/ 32 (81.3%)	54.9	47.7	185.1	136.2	648.5	84.9
		13.1%		26.4%		86.9%	

CA_d의 경우, 위치인식 개선 좌표 수는 62.5%, AEDR은 81.3%로 나타났다. CA_d와 AEDR의 전체 위치인식 오차 개선 성능을 오차크기 영역별로 분석해보면 몇 가지 중요한 특징을 추출할 수 있다.

CA_d와 AEDR은 3m의 위치인식 오차가 발생한 경우 개선성능이 가장 우수한 것으로 판단된다. 그러나 CA_d는 3m 이상 위치인식 오차가 개선된 후의 오차 크기가 임계치인 3m 보다 큰 5m 이상으로 측정되기 때문에, 아무리 개선성능이 높다고 하더라도 실제 상황에서 사용하기가

불가능하다. 그러나 위치인식 오차 크기가 1m 이내와 1~3m의 경우에는 SDS-TWR보다 위치인식 정확도가 정확한 것을 확인할 수 있는데, 이는 보정된 4개 노드의 Ranging 값이 측정된 SDS-TWR보다 정확하다는 것을 의미한다. AEDR은 3m 이상의 위치인식 오차를 임계치 이내의 수치에는 만족하지만, 1m 이내와 1~3m의 오차 크기에서는 3m 이상의 경우보다 개선 성능이 나쁘다는 단점이 있다.

따라서 상기의 CA_d와 AEDR의 특징 분석 결과, 본 논문에서는 CA_d 보정 알고리즘으로 A, B, C, D Ranging 값이 보정됨에 따라, AEDR에서 범위가 작아 보정이 이루어지지 않는 대각선상의 두 노드의 Ranging 값이 보정되고, AEDR 하나만 적용했을 때 보다 더 정밀한 위치인식이 가능하여 AEDR의 알고리즘이 가진 단점을 보완할 수 있다. 이에 따라 두 개의 알고리즘을 병합한 하이브리드형 위치인식 보정 알고리즘을 제안하였다.

5. 하이브리드형 위치인식 보정 알고리즘(A_{HB}) 설계

5.1 설계 고려사항

4장에서 분석한 CA_d와 AEDR의 특징을 기반으로 새로운 위치인식 보정 알고리즘인 하이브리드형 위치인식 보정 알고리즘(Algorithm of Hybrid : A_{HB})을 설계하기 위한 설계 고려사항을 제시한다.

첫째, 위치인식 오차 크기에 상관없이 일정 수준 이상으로 보정되는 CA_d와 3m 이상의 오차크기의 경우에 적합한 AEDR을 동시에 적용함으로써 오차크기 영역의 종류에 관계없이 보정 효율을 극대화한다. 특히 CA_d 적용은 AEDR에서 보정되지 않는 두 비컨노드의 Ranging 값을 보정하며, AEDR의 적용은 CA_d의 단점으로 나타난 3m 이상의 위치인식 오차 개선의 어려움을 해결한다.

둘째, 하이브리드형 위치인식 보정 알고리즘의 설계에 있어서 사용되는 기본 알고리즘인 CA_d와 AEDR의 적용 순서는 1 단계로 CA_d를 먼저 적용하여 전체 구간의 위치인식 오차를 보정한 다음, 2 단계에서 AEDR을 적용하는 A1 방법을 사용하도록 하였다. CA_d를 먼저 적용 한 다음 AEDR을 적용하는 이유는 표 4에서 보는 바와 같다. A1 방법이 A2 방법에 비해 개선된 위치인식 좌표 수의 비율이 9.4%로 더 높을 뿐만 아니라, 전체 좌표에서 측정된 위치인식 오차의 성능 개선이 0.9%로 더 향상되었기 때문이다.

[표 4] CA_d와 AEDR의 적용 순서에 따른 성능 비교

적용 순서	위치인식 개선 좌표 수	위치인식오차 개선성능 ^{주1)}	
		적용 전	적용 후
A1	[1단계] CA _d	28/32 (87.5%)	8,553cm
	[2단계] AEDR		3,819cm
		55.3%	
A2	[1단계] AEDR	25/32 (78.1%)	8,553cm
	[2단계] CA _d		3,902cm
		54.4%	

주1) SDS-TWR의 전체 좌표 32개에서 측정된 위치인식 오차의 합은 실험결과 8,553cm로 분석됨

5.2 제안 알고리즘

상기의 설계 고려사항을 적용하여 하이브리드형 위치인식 보정 알고리즘을 그림 1과 같이 제안하였다.



[그림 1] 제안 알고리즘(A_{HB})의 수행과정

먼저 CA_d 수행을 위해, 그림 1의 1, 2번에서 비컨노드 A, B, C, D의 거리별 Ranging 평균 오차크기를 산출한다. 이 과정은 1~20m까지 1m 간격으로 비컨노드별 거리에 따른 평균 Ranging 값을 구하고, 평균 Ranging 값을 실제 거리와 비교를 통해 비컨노드별 거리에 따른 평균 오차 크기를 산출하는 것이다. 그리고 3번에서 고정된 4개의 비컨노드가 이동노드와 Ranging을 수행하고, 비컨노드별 거리에 따른 평균 오차크기 만큼을 측정된 Ranging 값에서 빼 실제거리와 근접한 보정된 Ranging 값을 산출한 후, 4번에서 실제거리의 2.5%를 더하여 CA_d의 보정을 완료한다.

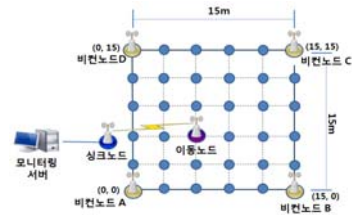
CA_d 수행완료 이후 AEDR이 수행되는데, 5번에서 보정된 비컨노드 A, B, C, D의 Ranging 값을 제공함으로 AEDR 연산 수행을 시작한다. 그리고 6번에서 A²+C²과 B²+D² 크기를 비교한 후, 7번에서 범위가 큰 값을 선택하

여 보정할 비컨노드를 결정한다. 8번에서는 결정된 비컨노드를 범위가 작은 값을 이용하여 Ranging 값을 보정한 후, 위치를 인식하여 제안한 보정 알고리즘의 수행과정을 완료한다.

6. 실험 및 결과 분석

6.1 실험환경 및 실험방법

제안한 보정알고리즘의 위치인식 실험을 위한 센서 네트워크는 그림 2와 같이 구성하였다. 위치인식 실험을 위한 실험영역의 좌표는 x축과 y축을 각각 5등분으로 배분하였다. x축 좌표는 (0,0), (3,0), ..., (15,0)으로 구성되고, y축 좌표는 (0,0), (0,3), ..., (0,15)로 구성되며, 비컨노드는 좌표(0,0), (15,0), (15,15), (0,15)에 배치된다.



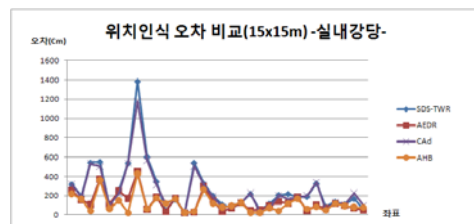
[그림 2] 실험을 위한 센서네트워크 구성

실험은 LOS 전파환경의 교내 강당에서 y축을 기준으로 좌표(0,3), ..., (0,12), (3,0), ..., (3,15), (6,0), ..., (6,15), (9,0), ..., (9,15), (12,0), ..., (12,15), (15,3), ..., (15,12)의 32개 영역에서 CA_d와 AEDR, 그리고 제안하는 알고리즘인 A_{HB}의 위치인식 정확도 성능 실험이 실시되었다.

6.2 실험결과 분석

6.2.1 제안 알고리즘의 위치인식 오차비교

실내강당에서 측정된 SDS-TWR과 CA_d, AEDR 그리고 제안하는 A_{HB}의 위치인식 성능은 그림 3과 같고, 이를 분석한 내용은 다음과 같다.



[그림 3] 제안하는 보정 알고리즘의 위치인식 오차 비교

먼저 SDS-TWR의 위치인식 정확도는 전체 32개 좌표 중 1m이내의 오차가 7개 좌표, 1~3m의 오차가 15개 좌표, 그리고 3m 이상의 오차가 10개 좌표에서 측정되었으며, CA_d와 AEDR, 그리고 제안하는 A_{HB}의 위치인식 정확도 결과는 표 5와 같이 분석되었다.

[표 5] 위치인식 정확도 비교 (단위 : 개)

구 분	1m 이내의 위치인식 오차	1~3m 위치인식 오차	3m 이상의 위치인식 오차	합 계
SDS-TWR	7 (21.9%)	15 (46.9%)	10 (31.2%)	32 (100%)
CA _d	8 (25.0%)	14 (43.8%)	10 (31.2%)	
AEDR	14 (43.8%)	16 (50.0%)	2 (6.2%)	
A _{HB}	18 (56.3%)	12 (37.5%)	2 (6.2%)	

표 5에서 A_{HB}는 1m 이내의 위치인식 오차가 18개, 1~3m의 위치인식 오차가 12개 그리고 3m 이상의 위치인식 오차가 2개로 위치인식 정확도 성능 결과가 CA_d와 AEDR보다 매우 우수하였다. 특히 A_{HB} 적용으로 SDS-TWR 1m 이내의 오차가 7개에서 18개로 증가되었고, 3m 이상의 오차가 10개에서 2개로 줄어든 것을 확인하였다.

6.2.2 A_{HB}의 오차 개선비율 및 보정성능 분석

SDS-TWR 위치인식에서 1m 이내의 오차 7개, 1~3m 오차 15개 그리고 3m 이상의 오차 8개에 대한 CA_d, AEDR 그리고 A_{HB}의 보정 결과는 표 6과 같다.

표 6에서 CA_d, AEDR 그리고 A_{HB}는 SDS-TWR의 3m 이상 위치인식 오차에서 개선비율과 보정된 위치인식 결과가 가장 우수했고, 그 다음으로 1~3m 위치인식 오차를 보정하는 성능이 우수했으며, 1m 이내 위치인식 오차에서 개선 비율과 보정된 위치인식 오차의 성능이 가장 저조한 것으로 측정되었다.

세부적으로 A_{HB}는 1m이내의 위치인식 오차 7개 중 5개를 보정(71.4%)하였고, 1~3m의 15개의 오차 중 13개(86.7%)를 보정하였으며, 3m 이상의 10개 오차 중 10개(100%)를 보완하여 전체 28개 오차를 보정하였음을 알 수 있고, 이러한 보정 특성이 균일하게 반영된 점이 특징이다.

이 결과는 1m 이내의 위치인식 오차 7개 중 3개와 1~3m 위치인식 오차 15개 중 9개, 3m 이상의 위치인식 오차 10개 중 8개를 보정한 CA_d보다 개선 성능이 훨씬 뛰어난 수치이며, 1m 이내의 오차, 1~3m 오차, 3m 이상

의 위치인식 오차에서 각각 4개, 14개, 10개를 보정한 AEDR과 비슷한 수준의 개선 성능이다.

또한 제안하는 알고리즘은 SDS-TWR의 7개의 좌표에서 측정된 1m 이내의 위치인식 오차의 합 424.4cm를 370.8cm로 보정했고, 15개의 좌표에서 측정된 1~3m 위치인식 오차의 합 2645.6cm를 1599.1cm로 보정하였으며, 10개의 좌표에서 측정된 3m 이상의 위치인식 오차의 합 5483.4cm를 1848.8cm로 보정하는 등 위치인식 오차 보정 성능이 매우 우수하였다. 그 이유는 4개의 비컨노드에서 발생한 일정 크기 이상의 Ranging 오차를 거리별 오차평균만큼 빼는 CA_d 연산 수행으로 인해 보정된 Ranging된 값이 실제거리와 더욱 가까워졌고, 이를 바탕으로 AEDR 연산이 수행되어짐에 따라, SDS-TWR의 위치인식 정확도 성능을 향상 시킬 수 있었다.

[표 6] 위치인식 오차 개선비율 및 보정 성능 비교

구 분	1m 이내의 위치인식 오차		1~3m 위치인식 오차		3m 이상의 위치인식 오차		
	적용 전	적용 후	적용 전	적용 후	적용 전	적용 후	
C A d	개선좌표수(%)	3/7 (42.9%)	9/15 (60.0%)	8/10 (80.0%)			
	보정된 위치인식 오차(cm)	424.4	427.3	2645.6	2480.6	5483.4	5194.8
		-0.7%		6.2%		5.3%	
A E D R	개선좌표수(%)	4/7 (57.1%)	14/15 (93.3%)	10/10 (100%)			
	보정된 위치인식 오차(cm)	424.4	419.4	2645.6	1807.8	5483.4	2191
		1.2%		31.7%		63.0%	
A _{HB}	개선좌표수(%)	5/7 (71.4%)	13/15 (86.7%)	10/10 (100%)			
	보정된 위치인식 오차(cm)	424.4	370.8	2645.6	1599.1	5483.4	1848.8
		12.6%		39.6%		66.3%	

SDS-TWR의 위치인식에서 CA_d, AEDR, 그리고 A_{HB}의 보정 알고리즘 적용 결과 보정된 전체 위치인식 오차의 크기는 표 7과 같다.

[표 7] 전체 위치인식 오차의 합 / 평균 값 비교

구 분	위치인식 오차 크기(cm)		개선율	
	적용 전	적용 후		
CA _d	오차 합계	8,553.4	8,102.8	5.3%
	오차 평균	267.3	253.2	
AEDR	오차 합계	8,553.4	4,256.2	50.2%
	오차 평균	267.3	133.0	
A _{HB}	오차 합계	8,553.4	3,818.7	55.4%
	오차 평균	267.3	119.3	

전체 32개의 좌표에서 측정된 SDS-TWR의 위치인식 오차의 합은 8553.4cm로 측정되었으나, CA_d 적용결과

5.3%의 개선 성능으로 450.6cm 개선되어진 8102.8cm로 측정되었다. 그리고 AEDR은 50.2%의 개선 성능으로 4297.2cm 개선되어진 4256.2cm로 측정되었고, A_{HB} 는 55.4%의 개선 성능으로 4734.7cm 개선되어진 3818.7cm로 측정되었다.

이처럼 표 7에서 보는 바와 같이 A_{HB} 가 CA_d 그리고 AEDR이 각각 수행되어지는 것보다 성능이 우수하게 측정됨을 확인할 수 있었고, 전체 32개 좌표의 위치인식 오차 평균 2.67m를 1.19m로 개선하는 우수한 보정성능이 가능함을 확인하였다.

7. 결론

본 논문은 SDS-TWR이 항상 일정한 크기 이상의 Ranging 오차가 발생하는 문제를 해결하기 위하여 CA_d 와 AEDR이 함께 적용된 A_{HB} 보정 알고리즘을 제안하고 성능실험을 하였다. 실험결과 다음의 특징을 분석하였다.

첫째, A_{HB} 는 SDS-TWR의 1m 이내, 1~3m, 3m 이상의 위치인식 오차크기 영역에서 CA_d 와 AEDR을 각각 수행했을 때 보다 오차개선 비율 및 보정 성능이 더 우수함을 확인하였다. 둘째, A_{HB} 는 실내 15m*15m의 영역 32개 좌표 중 28개 좌표에서 위치인식 오차가 개선되었고, SDS-TWR의 위치인식 오차 평균 2.67m를 1.19m로 개선하였다. 특히 3m 이상의 오차크기 영역에서 보정 성능이 90% 이상으로 매우 우수하였다.

그러나 제안하는 A_{HB} 는 모든 좌표에서 균일하게 1m 이내의 비교적 고른 정밀한 위치인식이 되지 않는 문제점이 발생됨에 따라 이를 해결할 수 있는 고정밀 위치인식 알고리즘의 개발이 필요하다.

참고문헌

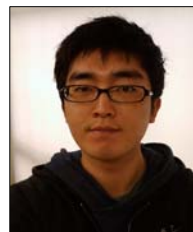
- [1] Ferit Ozan Akgul, Kaveh Pahlavan, "Location Awareness for Every Smart Computing," IEEE Proceedings of the 16th International Conference on Telecommunications, pp.2-7, May. 2009.
- [2] IEEE 802.15.4a, "Part 15.4 : Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-rate Wireless Personal Area Network(LR-WPANs)," rdafr P802.15.4a/D7, Jan. 2007.
- [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] Yi Jiang, Victor C.M. Leung, "An Asymmetric Double Sided Two-Way Ranging for Crystal Offset," ISSSE '07, pp.525-528, Aug. 2007.
- [5] 권성기, 이호철, 이동명, "정밀한 위치인식을 위한 CSS기반 TWR과 SDS-TWR의 성능 비교", 한국통신학회, 2009년 하계 학술발표논문집 Vol.39, pp.888, 2009.
- [6] 전현식, 우성현, 조상도, 나종인, 김기환, 박현주, "IEEE 802.15.4a 기반의 환경 적응형 위치 추적 시스템에 관한 연구," 한국통신학회 논문지 06-5 Vol.31 No.5A, pp.526-536, 2006.
- [7] 최창용, 이동명, "거리측정의 오차비율 offset을 적용한 보정알고리즘 연구," 한국산학기술학회논문지, 제 11권 제3호, pp.914-919, 2010. 3.
- [8] 권성기, 이동명, "균등거리비율을 적용한 위치인식 보정 알고리즘 설계 및 성능분석," 한국산학기술학회논문지, 제11권 제4호, pp.1248-1253, 2010. 4.

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