

논문 2011-2-18

CSS기반의 실시간 근거리 위치인식을 위한 위치 보정 기법

Error Compensation Algorithm of CSS-Based Real-Time Location Awareness Systems

한성훈*, 최태완**, 류대현*, 신승중*

Sung-Hoon Han, Tae-Wan Choi, Dae-Hyun Ryu, Seung-Jung Shin

요 약 유비쿼터스 환경에서 위치추적 서비스를 구현하기 위해서는 위치 정보 및 이를 기반으로 한 주변의 상황에 대한 정보와 최적화된 위치 서비스 제공이 필요하다. 본 논문에서 제안하는 위치보정 기법은 실제 위치하는 측정태그와 보정태그와의 거리계산을 통하여 최적의 위치 값을 추출해내는 기법으로써 우선적으로 앵커에 수신된 태그의 위치 값 계산을 한 후 보정태그와의 거리 오차 계산을 통하여 위치 값을 보정한다. 본 논문에서는 CSS기반의 RF칩을 이용하여 실내에서 각 노드 간의 위치를 측정하는 시스템을 개발하고, 이에 대한 정밀도를 높이는 알고리즘을 제안하고자 한다.

Abstract In this paper, we expect that the IEEE 802.15.4a, which is based on CSS, will be used a lot without getting help from other systems or sensors and will make it possible to measure the distance between radio chips in sensor network field, where the location information of the standard have to be based upon. But, the error rate will be high, so we will correct the location of the tag, which will be received by anchor. The technology of location correction we offer is reducing the error rate through calculating the distance from Compensation Tag, and after that, unite the Toa method with the Fingerprint method and adapt them to location correction technology, calculate the location's estimate, and finally abstract the best suited location estimate for Compensation Tag. At last, we offer developing systems as indoor systems of CSS, which pursue the location between nodes, and a thesis about indoor systems and making their accuracy higher.

Key Words : 위치정보, 보정기법, 보정태그, RTLS, CSS

I. 서 론

최근 발전이 가속화되고 있는 유비쿼터스 시대를 지원하기 위한 핵심적인 기반 기술로는 객체인식, 위치추적, 행위분석 등이 있다. 특히 기존의 위치추적 서비스는 GPS를 활용한 실외 환경 중심으로 개발되어졌으나 유비쿼터스 환경이 구축됨에 따라 실내 환경에서 위치추적에

대한 관심과 필요성이 증가되고 있다^{[1][2]}.

근거리 위치추적 솔루션(RTLS)은 주로 실내나 제한된 공간과 같은 근거리에서 사용되며, 오차가 3m 이내로 정확도가 높다. 이러한 특성을 가진 위치추적 솔루션은 주차장, 헬스케어센터, 생산라인, 물류창고 등과 같은 다양한 산업시설은 물론, 위치기반 출입 통제와 같은 보안 용도로도 사용될 수 있다. RTLS 시스템에서 이용하는 IEEE 802.15.4a는 저속 위치인식 WPAN의 PHY 표준인 UWB와 CSS 두 가지 방식 중에서 IEEE 802.15.4a PHY의 목표인 저소비 전력 기반으로 데이터 통신과 함께 거

*정회원, 한세대학교 IT학부

**정회원, 경남과학기술대학교 메카트로닉스학과

접수일자: 2011.2.7, 수정일자: 2011.3.19

게재확정일자: 2011.4.15

리 측정을 동시에 할 수 있는 것을 목표로 하고 있다. 현재 UWB기반에서는 수십 cm 이내의 정밀도를 요구하는 거리 측정이 가능하며 CSS기반에서는 거리에 상관없이 2m 내외의 오차로 정밀한 거리 측정이 가능하다. 하지만 무선통신의 특성상 항상 동일한 위치 값을 계산하지 못하기 때문에 본 논문에서는 RTLS 위치 계산 방식으로 대표되는 기술들을 통한 위치추정의 정확도를 높이고자 위치보정 기법을 제안한다.

본 논문에서는 삼각측량법과 Fingerprint 방식에 대한 실험을 수행하고, 이 두 가지 방식을 결합한 위치보정 기법으로 위치 거리계산을 통하여 최적의 위치 값을 추출하는 실험을 통해 제안하는 알고리즘의 성능을 비교한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 RTLS 시스템에서의 무선측위 기술 등의 본 논문과 관련된 이론적 배경과 문제점을 살펴보고, III장에서는 본 논문에서 제안하는 보정기법을 제시하고, IV장에서는 제안하는 보정기법을 이용한 실험 환경 및 실험 결과에 대하여 기술한다. 마지막으로 V장에서는 결론 및 향후 연구할 내용의 소개로 맺는다.

II. 배경

1. 이론적 배경

근거리 위치추적 기술이란, GPS 위성이나 이동통신망 기술을 사용하지 않는 위치추적 기술을 모두 포함한다고 할 수 있으며, RTLS는 실시간 위치추적 시스템으로 위치추적 범위의 관점에서 가장 좁은 영역에 적용되는 기술로써, 실내(Indoor) 및 야적장 및 공원과 같은 제한적인 범위의 실외(Outdoor)에서 특정 사물 및 사람의 위치를 찾아주거나 이를 기반으로 부가적인 기능을 제공하는 서비스를 일컫는다. 일반적으로, 무선 랜에 사용되는 Wi-Fi 기술을 사용하고 있지만, UWB나 Zigbee와 같은 기술의 도입도 신중히 검토되고 있다.

RTLS 시스템에서의 위치인식 기술로는 첫 번째, 삼각측량법을 이용하여 개체의 위치를 추정하는 “삼각법(Triangulation)”, 두 번째, 사물의 영상을 이용한 “영상분석법(Scene Annalasis)”, 세 번째로는 Presence 기능으로 알려져 있는 “인접법(Proximity)”, 이 중에서 삼각법에 의한 위치추적이 가장 보편적인 위치추정 방법이다.

CSS기반의 RTLS에서는 2007년 IEEE 802.15.4a에서

준화가 완료된 것으로^[6], 기존의 RSSI, Zigbee방식에 비해 향상된 기능을 보여주고 있다. Chirp Spread Spectrum 신호는 2.4GHz ISM-Band에서 Bandwidth 22MHz의 CSS 신호를 사용하여 Data-rate 1Mbps와 10dBm 송신 Power로 최대 300m 거리에서 1m 반경이 내 오차의 태그 위치추적을 목표로 하고 있다.

Chirp Pulses는 시간에 따라 주파수가 증가/감소하면서 간섭에 강한 펄스신호를 생성, 펄스신호를 통해 통신을 행하는 전송기술이다. CSS 방식의 경우 Chirp 신호의 물리적 특성에 의해 경로차가 1m 이하의 다중경로 신호의 경우까지도 수신기에서 De-correlation에 의해 직접파와 다중경로 신호의 분리가 가능하여 보정이 가능하므로 실내(Indoor)환경에서도 위치추정 오차를 목표치인 1m 이내로 실현가능하다^[9]. CSS 방식의 장점으로는 넓은 대역폭에 퍼져있는 Chirp 펄스의 전력을 모아 압축된 Chirp 펄스 신호를 사용하므로 혼신 및 다중 경로 페이딩에 강하여 원거리 전송이 가능하다는 점과 단순한 Passive 소자로 구성된 DDL을 이용한 Chirp 신호 발생으로 낮은 소비 전력으로도 시스템을 구성하는 것이 가능하다는 점이다^[10].

2. 선행 연구

본 논문에서는 우선 선행 연구로 삼각측량법과 삼각측량법과 Fingerprint 방식을 결합한 위치보정 방식에 대해 실험하고 그 결과를 고찰하였다.

가. 삼각측량법 실험 및 고찰

먼저 장애물이 존재 하지 않는 실내 환경에서 실험을 진행하였다. 본 논문에서는 사용된 위치 값에 대하여 각각 실제 위치 값(true position), 측정 위치 값(measured position), 그리고 추정 위치 값(estimated position)으로 정의하였으며, 표 1에 나타내었다^[8].

본 실험에서는 크기가 22.50m × 10.80m 이고 높이가 3.50m 인 소형 강당에서 18개의 측정 점에서 측정한 결과를 다양한 형태로 정리하여 분석하였다. 태그와 앵커 노드의 높이는 모두 1.50m로 동일하게 하여 실험하였다. 그림 1은 Indoor 실험의 태그 위치점을 그림 2는 UI 화면을 보여준다.

표 1. 세 가지 유형의 위치 값
Table 1. Three Types of Position Value

위치값 종류	표현법	설명
실제 위치 값	(x_t, y_t)	시간 t에 실제로 이동 개체가 존재하는 위치에 해당하는 값
측정 위치 값	$(\tilde{x}_t, \tilde{y}_t)$	시간 t에 측정된 이동 개체의 위치 값
추정 위치 값	(\bar{x}_t, \bar{y}_t)	시간 t에 계산된 이동 개체의 위치 값 시간 t 이전에 측정된 n개의 측정 위치 값을 이용해서 계산됨 (n ≥ 1)

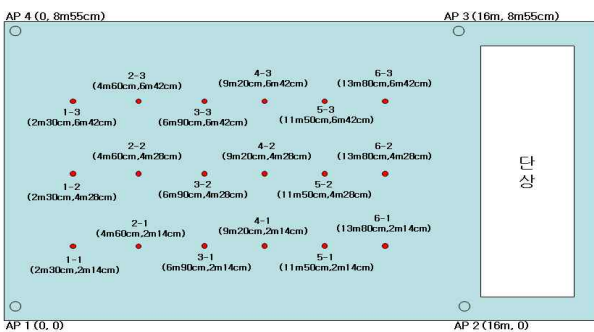


그림 1. Indoor 실험의 태그 위치점 표시
Fig. 1. Tag Positions for Indoor Experiments

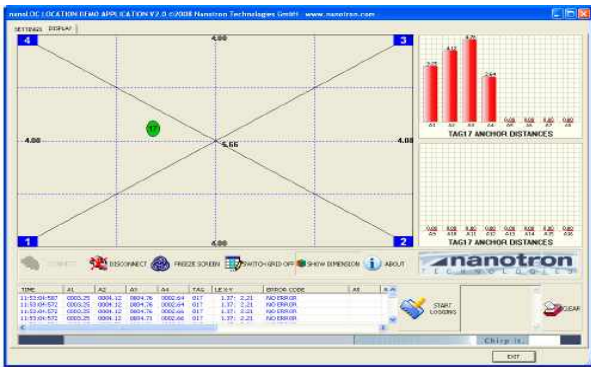


그림 2. UI 화면에서 태그의 위치 표시
Fig. 2. Tag Positions in UI

본 실험에서는 우선 각 측정점에서 로그파일의 값을 평균하여 엑셀파일로 변환한 후 실제 위치값(실위치 (x_t, y_t))를 계산하고 추정위치 (\bar{x}_t, \bar{y}_t) 를 비교할 수 있도록 하였으며, 실제위치와 추정위치간의 오차를 다음 식과 같이 계산하여 표시하였다.

$$err = \sqrt{(x_t - \bar{x}_t)^2 + (y_t - \bar{y}_t)^2} \quad (1)$$

측정 점	실 위치(m)		추정 위치(m)		anchor 노트와의 거리(m)				오차(m)
	x	y	x	y	d1	d2	d3	d4	
1-1	2.300	2.140	4.792	4.638	11.726	24.119	18.882	10.119	3.528
1-2	2.300	4.280	5.769	4.205	12.024	16.930	15.972	15.915	3.469
1-3	2.300	6.420	2.604	6.074	9.892	17.372	24.260	5.446	0.461
2-1	4.600	2.140	5.058	3.712	8.899	14.707	16.336	10.858	1.638
2-2	4.600	4.280	5.144	4.370	10.073	14.287	16.065	9.362	0.551
2-3	4.600	6.420	4.636	4.913	10.801	36.616	14.407	9.188	1.507
3-1	6.900	2.140	7.813	3.405	10.527	10.740	13.444	11.660	1.560
3-2	6.900	4.280	7.933	4.248	13.048	12.342	13.731	0.032	1.033
3-3	6.900	6.420	6.987	5.170	13.082	13.831	11.638	10.489	1.253
4-1	9.200	2.140	10.263	3.507	13.300	9.393	12.371	19.970	1.732
4-2	9.200	4.280	11.036	4.412	15.288	10.359	10.021	14.447	1.841
4-3	9.200	6.420	6.515	4.287	14.516	13.956	23.270	11.913	3.429
5-1	11.500	2.140	11.991	3.044	15.097	7.654	10.850	7.921	1.028
5-2	11.500	4.280	11.039	4.875	14.329	8.975	8.426	12.187	0.753
5-3	11.500	6.420	10.572	5.576	19.709	11.998	8.445	12.796	1.254
6-1	13.800	2.140	13.211	2.789	20.435	6.015	11.291	28.234	0.877
6-2	13.800	4.280	13.448	4.723	20.199	7.379	7.087	16.680	0.566
6-3	13.800	6.420	12.930	5.613	21.378	11.031	6.545	16.349	1.187
평균									1.537

그림 3. 실험결과 (엑셀 파일 예)
Fig. 3. Experimental Results

위 그림 3에서 보듯 장애물이 없는 환경에서의 태그의 추정위치는 그 오차가 80% 이상이 1.60m 이내임을 알 수 있다.

나. 삼각측량법과 Fingerprint 방식을 결합한 위치보정 실험 및 고찰

본 논문에서는 삼각측량법과 Fingerprint 방식을 결합한 위치보정 방식으로 주차장 환경에서 실험하였으며 실험한 알고리즘의 시나리오는 다음과 같다.

- step1. 위치정보를 보정하기 위한 초기 데이터베이스를 세팅한다.
- step2. 측정하고자 하는 태그의 위치 정보를 받아 실제 측정값을 계산한다.
- step3. Fingerprint 데이터베이스와 매칭되는 데이터를 찾는다.



그림 4. 삼각측량법과 Fingerprint 방식을 결합한 알고리즘 흐름도
Fig. 4. Algorithm Flowchart for Integration of Trigonometry and Fingerprint Method

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	Area: 55.700000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000
2	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000
3	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000
4	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000
5	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000
6	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000
7	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000
8	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000
9	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000
10	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000
11	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000
12	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000
13	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000
14	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000
15	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000
16	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000
17	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000
18	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000	10.000000

그림 5. 삼각측량법과 Fingerprint 결합방식의 실험결과
Fig. 5. Experimental Results for Integration of Trigonometry and Fingerprint Method

위의 실험결과 삼각측량법의 경우 추정위치는 그 오차가 대부분(80% 이내) 1.60m 이내임을 알 수 있었다. 하지만 Fingerprint 방식을 결합 한 결과 추정위치의 오차가 1.10m 이내로 줄어든 것을 확인 할 수 있었다.

III. 제안 알고리즘

앞의 선행 연구를 통해 확인 한 바와 같이 삼각측량법과 Fingerprint 방식을 결합한 방식도 삼각측량법을 사용했을 경우에 비해 오차율에 있어서 그 성능이 개선된다. 그러나 보다 정확한 위치추정을 하기 위해서는 앞서 제시된 두 가지 방법만으로는 한계에 이른다 판단되어진다. 보다 세밀하게 태그의 위치의 오차를 줄이기 위해서는 근거리 위치추적 시스템이 가지고 있는 오차의 문제점을 해결해야 한다.

오차는 근본오차와 측정오차로 나눌 수 있는데, 근본오차는 안테나와 태그가 가지고 있는 무선 네트워크의 특성을 말한다. 즉, 무선 네트워크가 가지는 한계는 전파 세기의 가변성과 전파 방향의 불안정성에서 나타나는 오차를 말하며, 측정 오차는, 동일한 안테나로 하나의 작업을 반복하여 측정하였을 때 반드시 측정값이 일치 하지 않고 편차가 생길 수 있는데, 이러한 현상은 전파적인 특성으로 비정상적인 위치 정보를 수집하는 경우에 만들어지는 오차로써 안테나와 태그 사이의 측정 가능한 한계 영역과 오차 범위를 뜻한다.

근본 오차는 네트워크가 가지고 있는 한계점이므로 Fingerprint 방식을 이용하여 훈련(training)단계를 거쳐 데이터베이스를 만들면 해결을 할 수 있는 알고리즘에 관한 연구들은 많이 제시되고 있는 상황이다.

하지만, 측정 할 때마다 매번 변하는 측정 오차에 대한

연구는 아직까지는 활발히 진행 중인 않다.

그러므로 본 논문에서 제안하는 알고리즘으로는 측정 오차의 한계를 극복하기위한 방안으로 보정태그를 이용한 위치보정 알고리즘을 제시하여 보다 세밀한 근거리 위치추적 시스템의 보정 알고리즘을 제안한다. 본 논문에서 제안하는 알고리즘은 보정태그를 두어 보정태그와 앵커 사이의 거리를 계산하여 태그가 가지는 오차를 계산하는 알고리즘으로써 태그의 위치를 보정한다.

앵커의 Ranging 실험을 통하여 앵커와 태그 사이에서 측정할 때 마다 매번 바뀌는 거리별 측정 오차 범위의 평균값을 구하게 되고, 이 평균 값을 보정태그에서 사용되는 값으로 가지게 된다. 이렇게 앵커와 보정태그 사이의 오차를 평균으로 구해지게 되고, 측정된 실제태그의 측정값에 평균오차를 빼주면 이 값이 실제태그가 위치한 위치 점에서 가지는 오차 값이 된다. 이러한 오차 값을 하나의 특정 앵커에 적용하는 것이 아니라 4개의 앵커 모두를 위 실험과 같은 방법으로 앵커와 보정태그 사이의 평균 오차를 구하게 된다. 보정태그의 위치 점에 따라 오차율의 범위가 달라지게 된다. 하지만 오차율의 크기의 값이 중요한 사안이 아닌 오차율의 값을 얼마나 줄이느냐는 문제이기 때문에 본 논문에서는 보정태그의 위치를 60.00m×60.00m 탐색 범위 내에 임의의 좌표를 두어 실험을 하였으며, 보정태그의 개수를 4개의 환경에서 오차율의 범위를 실험하였다.

본 실험에서 적용한 알고리즘의 흐름도는 다음 그림과 같다.



그림 6. 보정태그를 이용한 알고리즘
Fig. 6. Algorithm using Calibration Tag

본 논문에서 제안하는 각 앵커와 보정태그 사이의 거리 값을 구하는 수식은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \hat{d}_1 &= \tilde{d}_1 - \left(\frac{(\overline{RT_1 d_1} - RT_1 d_1) + (\overline{RT_2 d_1} - RT_2 d_1) + (\overline{RT_3 d_1} - RT_3 d_1) + (\overline{RT_4 d_1} - RT_4 d_1)}{4} \right) \\ \hat{d}_2 &= \tilde{d}_2 - \left(\frac{(\overline{RT_1 d_2} - RT_1 d_2) + (\overline{RT_2 d_2} - RT_2 d_2) + (\overline{RT_3 d_2} - RT_3 d_2) + (\overline{RT_4 d_2} - RT_4 d_2)}{4} \right) \\ \hat{d}_3 &= \tilde{d}_3 - \left(\frac{(\overline{RT_1 d_3} - RT_1 d_3) + (\overline{RT_2 d_3} - RT_2 d_3) + (\overline{RT_3 d_3} - RT_3 d_3) + (\overline{RT_4 d_3} - RT_4 d_3)}{4} \right) \\ \hat{d}_4 &= \tilde{d}_4 - \left(\frac{(\overline{RT_1 d_4} - RT_1 d_4) + (\overline{RT_2 d_4} - RT_2 d_4) + (\overline{RT_3 d_4} - RT_3 d_4) + (\overline{RT_4 d_4} - RT_4 d_4)}{4} \right) \\ RT_1 d_1 ERR &= \overline{RT_1 d_1} - RT_1 d_1 \\ RT_4 d_4 ERR &= \overline{RT_4 d_4} - RT_4 d_4 \end{aligned} \quad (2)$$

위의 수식은 보정태그를 4개 두었을 경우에 적용되는 수식이며, 보정태그가 두 개인 경우 \hat{d}_1 과 \hat{d}_2 를 구해 주면 된다. 예를 들어, 다음 그림 7에서 보듯이, 탐색 범위 내에 보정태그를 4개 두었을 경우에는 안커 AP_1 에서 보정태그 RT_1 까지의 실제 거리를 d_1 라하고, 측정 거리를 \tilde{d}_1 이라고 가정을 하면 RT_1 의 보정태그의 실제 거리는 $RT_1 d_1$ 으로 표현되며, 보정태그의 측정거리는 $\overline{RT_1 d_1}$ 으로 나타내어진다.

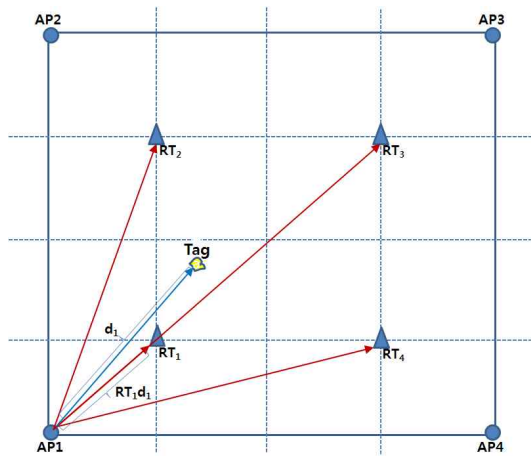


그림 7. 보정태그를 이용한 보정 거리 계산
Fig. 7. Calculation of Calibration Distance using Calibration Tag

이 두 개의 식을 이용하여 $RT_1 d_1 ERR = \overline{RT_1 d_1} - RT_1 d_1$ 의 식으로 d_1 에 대한 보정태그의 오차를 구할 수 있다. 또한, \hat{d}_1 의 식의 값으로 안커 AP_1 에 대한 d_1 의 보정 값을 구할 수 있다.

IV. 실험 및 고찰

앞서 제안한 알고리즘을 바탕으로 $60.00m \times 60.00m$ 탐색 범위 내에 2개의 보정태그를 각각 안커 AP_1 의 X, Y 좌표(0m, 0m) 을 기준으로 보정태그1의 위치는 (15m, 30m) 에 설치해두고 보정태그 2의 위치는 (45m, 30m) 에 설치하였다. 그림 8에서 보듯이 보정태그에 대한 대각선의 길이는 직각 삼각형의 빗변의 공식을 이용하여 구할 수 있으며, 그 위치는 근사 값으로 표현을 하였다. 즉, 보정태그 1의 실제 위치가 (15m, 30m) 라고 가정한다면, 빗변의 길이는 보정태그의 위치에 따른 계산이므로 근사값으로 표현이 가능하기 때문에 $\sqrt{30^2 + 15^2} \approx 35m$ 로 구할 수 있다. 보정태그 2도 마찬가지로 방법으로 구할 수 있으며, 이 두 식을 가지고 실제태그의 위치를 구한다.

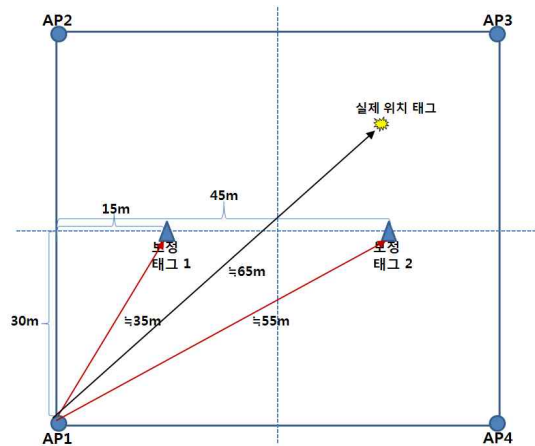


그림 8. 2개의 보정태그를 사용한 보정 거리 계산
Fig. 8. Calculation of Calibration Distance using Two Calibration Tag

위와 동일한 실험 방법을 적용하여 4개의 보정태그를 설치하여 실험을 진행하였으며, 오차 범위가 축소되는 것을 확인 할 수 있다.

실제 측정되는 보정태그의 위치 값과 실제 측정하고자 하는 실제태그의 위치인 55m와 실제 태그2의 위치인 65m의 측정값을 보여 준다.

그림 9과 그림 10은 실제태그1과 실제태그2의 실험 결과를 나타낸 것으로써, 실제태그1의 위치인 55m에서의 오차 평균은 기존 방식에서는 4.62m를 보이지만, 본 논문에서 제안하는 알고리즘을 적용한 결과 0.27m로 평균 오차율이 감소하였다. 아울러 실제태그2인 65m일 때의

오차 평균은 4.74m를 나타내지만 알고리즘을 적용한 결과 0.383m로 감소하였음을 보여준다.

1	Rangeing 측정 값				오차 값				오차평균	65m오차	보정오차	
	20m	45m	65m	85m	20m오차	45m오차	65m오차	85m오차				
2	23.95	49.25	49.42	69.81	3.95	4.42	4.81	4.3575	59.95	55.925	4.95	0.5925
3	24.11	49.11	49.07	69.81	4.11	4.11	4.07	4.81	4.75	59.81	65.835	6.025
4	23.98	49.17	49.15	69.72	3.98	4.17	4.15	4.72	4.255	59.53	55.275	4.26
5	24.1	49.93	49.28	69.87	4.1	3.93	4.28	4.97	4.32	59.59	55.27	4.32
6	24.04	49.14	49.95	70	4.04	4.14	4.95	5	4.395	59.29	54.975	4.32
7	23.83	49.06	49.65	69.73	3.83	4.06	4.65	4.73	4.3175	59.71	55.355	4.71
8	23.82	49.34	49.58	69.75	3.82	4.34	4.58	4.73	4.3575	59.72	55.355	4.72
9	24.15	49.26	49.49	69.75	4.15	4.26	4.49	4.75	4.4125	59.59	55.1975	4.65
10	24.25	49.24	49.15	69.97	4.25	4.24	4.15	4.97	4.4025	59.82	55.4175	4.82
11	24.11	49.34	49.17	69.11	4.11	4.34	4.17	4.2	4.305	59.55	55.21	4.59
12	24	49.36	49.26	70.11	4	4.36	4.26	5.11	4.4325	59.44	55.0075	4.44
13	24.29	49.4	49.49	69.66	4.29	4.4	4.49	4.66	4.45	59.46	55	4.46
14	23.93	49.71	49.14	69.78	3.93	4.71	4.14	4.78	4.39	59.42	55.03	4.42
15	24.34	49.12	49.29	69.74	4.34	4.12	4.29	4.78	4.3725	59.59	55.2175	4.59
16	24.49	49.18	49.21	69.91	4.49	4.18	4.21	4.91	4.445	59.72	55.275	4.72
17	23.99	49.99	49.71	69.71	3.99	3.99	4.49	4.71	4.75	59.54	55.255	4.54
18	24.2	49.43	49.11	69.53	4.2	4.43	4.11	4.63	4.3175	59.4	55.0925	4.4
19	24.21	49.07	49.56	69.69	4.21	4.07	4.56	4.69	4.3925	59.67	55.2875	4.67
20	24.04	49.02	49.4	69.66	4.04	4.02	4.4	4.66	4.29	59.56	55.21	4.55
21	24.1	49.31	49.49	69.61	4.1	4.31	4.49	4.61	4.3775	59.47	55.0925	4.47
22	24.36	49.34	49.26	69.41	4.36	4.34	4.26	4.41	4.3425	59.66	55.3075	4.66
23	24.19	49.22	49.18	69.83	4.19	4.22	4.18	4.83	4.395	59.41	55.345	4.345
24	24.04	49.17	49.59	69.56	4.04	4.17	4.59	4.56	4.34	59.77	55.43	4.77
25	24.24	49.02	49.25	69.89	4.24	4.02	4.25	4.89	4.35	59.68	55.33	4.68
26	24.11	49.12	49.29	69.74	4.11	4.12	4.29	4.74	4.3725	59.74	55.3975	4.5975
27	24.25	49.32	49.22	69.62	4.25	3.92	4.22	4.62	4.2525	59.58	55.3275	4.53
28	24.33	49.43	49.18	69.56	4.33	4.43	4.18	4.56	4.375	59.94	55.565	4.94
29	24.37	49.39	49.25	69.72	4.37	3.98	4.25	4.73	4.395	59.71	55.415	4.71
30	24.29	49.34	49.68	69.55	4.29	4.34	4.68	4.55	4.485	59.73	55.265	4.73
31	24.38	49.16	49.27	69.61	4.38	4.16	4.27	4.61	4.355	59.53	55.175	4.53
32	24.19	49.35	49.71	69.63	4.19	4.35	4.71	4.63	4.4675	59.63	55.1925	4.63
34	평균									69.749871	65.389851	0.383548

그림 9. 제안 알고리즘을 적용한 실제태그1의 보정 결과
Fig. 9. Calibration Results for Tag1 using Proposed Algorithm

정 기법으로써 가장 많이 쓰이는 기법이지만, 신호의 세기나 주변 환경 여건에 많은 제약을 따르기 때문에 위치 추정의 오차 발생율이 1.60m로 본 논문에서 실험한 3가지 방법 중 가장 높은 것으로 확인 되었으며, 실제 환경에서 태그의 신호를 수신한 앵커는 여러 가지 물리적 요인으로 인하여 측정 시간의 오차가 발생하게 된다.

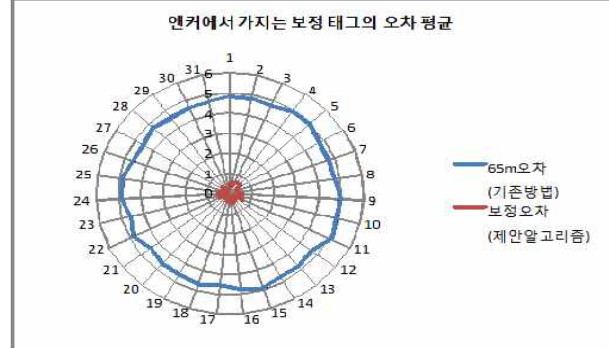
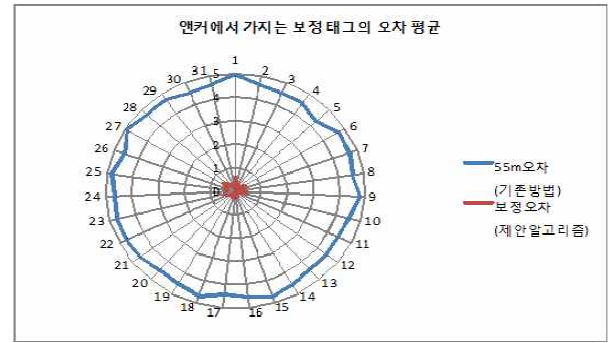


그림 10. 제안 알고리즘을 적용한 실제태그2의 보정 결과
Fig. 10. Calibration Results for Tag2 using Proposed Algorithm

그림 11. 앵커에서 가지는 보정태그의 오차 평균
Fig. 11. Average of Calibration Tag at Anchor

그림 11은 엑셀로 표현된 보정태그의 개선된 오차범위를 직관적으로 보여주기 위한 화면으로, 원점을 나타내는 보정태그를 중심으로 기존 방법을 이용한 평균 오차율의 범위와 본 논문에서 제안하는 알고리즘을 적용한 평균 오차율의 범위를 비교하여 나타내었다. 본 논문에서는 제안하는 알고리즘에 대한 실험 결과는 한 개의 앵커가 가지는 보정태그의 평균 오차율만을 실험 결과로 제시 하였지만, 네 개의 앵커에 모두 적용하여 결과를 산출하면, 측정 시 마다 발생하는 측정 오차에 대한 오차율을 줄일 수 있기 때문에 신뢰성이 높은 오차범위를 가지게 된다.

위 실험결과는 측정 환경에 따라 1.60m에서 2.75m로 비록 오차율의 범위가 증가하였지만, RTLS에서 권고하는 위치추정의 허용오차 이내의 범위인 3m를 만족하였다. 하지만, 앵커와 태그가 가지고 있는 기본적인 오차율인 근본 오차를 해결하기에는 역부족이었다. 근본 오차를 해결하기 위한 방법으로 본 논문에서는 두 번째로 실험을 수행 하였던 삼각측량법과 Fingerprint방식의 혼합방식을 사용하였다. Fingerprint방식 역시, 무선 네트워크가 가지고 있는 근본 오차를 해결하는 데에는 도움이 되었지만, 오차를 현저하게 줄이지는 못하였다. 그 이유는 근본 오차는 보정되었으나 측정 오차를 보정하지 못한 결과로 판단된다.

위와 같이 실제 위치를 보정하는 방법으로는 첫 번째 실험은 삼각측량법으로 본 논문에서 실험 했듯이 위치추

하지만, 실내가 아닌 실외 환경과 같은 탐색 영역이 넓은 곳에서는 삼각측량법에 비해 삼각측량법과 Fingerprint

방식의 혼합방식이 보다 정확한 거리의 측정에 많은 문제가 발생하는 현상을 극복하는 방법으로 매우 유용한 것으로 판단된다.

마지막 세 번째 실험에서는, 본 논문에서 제안하는 알고리즘 기법은 보정태그를 이용하여 실제거리와 측정거리의 오차의 평균을 구하여 그 오차평균을 측정하고자하는 태그의 측정값에서 제거하여 보정태그 위치를 보정함으로써, 삼각측량법과 Fingerprint 방식을 혼합한 방식을 사용하는 것보다 향상된 위치의 정확도를 제공하도록 하였다. 그 결과 본 논문에서 제안하는 알고리즘의 기법을 적용한 오차율은 0.30m에서 1.00m이내에 오차 범위를 나타내는 것을 볼 수 있었다. 또한, 보정태그를 사용함으로써 근본 오차를 줄이는 것뿐 아니라 위치 계산을 위한 거리 추정에서 발생하는 오차 중 측정 할 때 마다 매번 변하는 측정 오차를 줄일 수 있다.

표2에서는 삼각측량법과 Fingerprint 방식 그리고 보정태그를 적용한 보정기법에 대한 실험결과를 비교하였다.

표 2. 보정기법 비교
Table 2. Comparison of Calibration Methods

실험	적용 방식	오차율	문제 해결
Indoor 실험	삼각측량법	1.60m ~ 2.57m 이내	
Outdoor 실험	삼각측량법 + Fingerprint	1.10m ~ 2.00m	근본 오차 해결
제안 알고리즘	보정태그	0.30m ~ 1.00m 이내	근본 오차 해결 + 측정 오차 해결

위 표에 나타내었듯이 본 논문에서 제안하는 보정태그의 기법이 다른 위치추정의 보정 기법보다 신뢰성이 뛰어나다는 것을 확인 할 수 있었다.

V. 결론

실제 환경에서 측정의 정확도에 따라 위치추정의 성능이 좌우되며, 실제 환경에서 태그의 신호를 수신한 안ker는 여러 가지 물리적 요인으로 인하여 측정 거리의 오차가 발생하게 된다.

본 논문의 실험을 통해 삼각측량법을 이용한 위치추정 방식보다는 삼각측량법과 Fingerprint방식의 혼합방

식을 사용하였을 경우 측정값과 실제 위치와의 차이가 많이 존재하는 것도 있었으나, 대체적으로 Fingerprint 데이터베이스와 매칭 함으로써 오차율의 범위가 감소하였음을 보았다.

삼각측량법과 Fingerprint방식을 결합한 위치보정 알고리즘은 오차에서 발생하는 오차 중 근본 오차를 해결할 수 있는 방법으로 제안되는 알고리즘을 이용할 수 있으나 Fingerprint의 샘플 포인트에서 다양한 전파 특성을 추출하는 과정의 번거로움과 환경이 변화할 때마다 다시 training과정을 수행해야 하는 어려움이 있으며, 데이터베이스 제작 시에 모델링되지 않은 상황에 의해 정확도가 떨어질 수도 있다.

또한 측정 시 마다 변하는 측정 오차를 해결하기에는 한계점이 많은 문제를 해결하기위해 본 논문에서 제안하는 알고리즘으로써 보정태그를 이용하여 위치 계산을 위한 거리 추정에서 발생하는 오차 중 측정 할 때 마다 매번 변하는 측정 오차와 근본 오차를 줄일 수 있다.

앵커와 보정태그 사이의 오차를 평균으로 구해지게 되고, 측정된 실제태그의 측정값에 평균오차를 빼주면 이 값이 실제태그가 위치한 위치 점에 대한 보정된 태그의 거리값이다.

이러한 제안한 알고리즘은 하나의 특정 앵커에 적용하는 것이 아니라 4개의 앵커 모두에 적용하였다. 본 논문에서의 실험과 같은 방법으로 보정태그의 평균 오차를 구하게 된다. 본 논문에서 제안하는 알고리즘 기법을 적용하여 보정태그에서 계산 된 평균 오차 값을 통해 태그의 위치를 보정함으로써, 그 오차율의 범위가 0.30m에서 1.00m이내로 줄어드는 것을 확인 할 수 있었다. 그러므로, 본 논문에서 제안하는 보정기법은 삼각측량법과 Fingerprint방식을 혼합한 방식을 사용하는 것보다 향상된 위치의 정확도와 신뢰성을 제공하였으며, 보정태그를 사용함으로써 위치 계산을 위한 거리 추정에서 발생하는 오차 중 측정 할 때 마다 매번 변하는 측정 오차와 근본 오차를 줄일 수 있다.

하지만 본 연구의 한계점으로는 첫 번째, 보정태그의 위치 점에 따라 오차율의 차이가 생기게 된다는 점이다. 두 번째, 보정태그의 위치 선정에 대한 연구의 부족이다. 현재 보정태그의 정확한 위치를 선정하기 위한 Location Test와 Ranging Test를 통해 앵커의 위치와 태그의 위치 변환과정에 대한 실험을 하고 있으며 향후 알고리즘에 대한 수정 연구를 계속 할 예정이다.

참 고 문 헌

[1] 박옥선, 정광렬, 김성희, “유비쿼터스 컴퓨팅을 위한 위치인식 기술 및 시스템”, *ETRI 주간기술동향*, 1098호, 2003. 6.

[2] Jeffrey Hightower, and Gaetano Borriello, “Location Systems for Ubiquitous Computing,” *Computer*, vol. 34, no. 8, pp. 57-66, IEEE Computer Society Press, Aug. 2001.

[3] 최창수, RTLS 기술 동향과 발전, *대한토목학회 논문집* 제57권 제5호 통권 제349호, 2009. pp.25-34.

[4] Dong Hwan Ji, Dong Ho Jung and YunJu Baek, “TDOA Localization methods for port logistics”, Pusan National University. pp.1~42. February 2008.

[5] 하경남, 김현희, 이경창, 이석, “스마트 홈을 위한 위치인식 기술 논문 동향”, *한국정밀공학회지* 24(6) 7-14 1225-9071 2007.

[6] 고희준, 류대현, 두주영, 김연수, “CSS/ToA 기반 RTLS의 현장 적용 시험”, 제 30 회 한국정보처리학회 추계학술발표대회 15권 2호, 2008.

[7] Nayef Alsindi, Xinrong Li. & Kaveh Pahlavan. “Analysis of Time of Arrival Estimation Using Wideband Measurements of Indoor Radio Propagations”, *IEEE Trans. on Instrumentation and Measurement*, Vol.56. No.5, Oct. 2007.

[8] 한세대학교, CSS 방식의 근거리 위치인식 솔루션 개발, 한국전파진흥원, 2010.

[9] 이경국, “Chirp신호기반 실시간 위치추적 기술”, *정보처리학회* 제16권 제3호, 2009.

[10] Mauro Brunato, ROberto Battiti. “Statistical Learning Theory for Location Fingerprinting in Wireless LANs”, *Computer Networks and ISDN Systems*. Vol 47. pp. 825~845. April 2005. pp.31-39.

※ 본 연구는 정보통신부 "2009년도 경남과학기술대학교 기성회 연구비지원"으로 수행된 연구결과의 일부를 게재한 것임.

저자 소개

한 성 훈(준회원)



- 학위
방송통신대학교 전산학과 이학사
광운대학교 정통대학원 공학석사
한세대학교 IT학부 공학박사
- 경력
<주관심분야 : RFID/USN 기술, 이동무선통신, 안테나 및 전파전파, 통방용합기술>

최 태 완(정회원)



- 학위(학,석,박사)
부산대학교 전자공학과 박사
부산대학교 전자공학과 석사
동아대학교 전자공학과 공학사
- 경력
현재 경남과학기술대학교 메카트로닉스공학과 교수

(주)LG전자 디지털어플라이언스 연구소 선임연구원
<주관심분야 : 컴퓨터비전 및 영상처리, 신경회로망, 패턴인식 등>

류 대 현(정회원)



- 학위
부산대학교 전자공학과 박사
부산대학교 전자공학과 석사
부산대학교 전기기계공학과 공학사
- 경력
한세대학교 IT학부 부교수
한국전자통신연구원 선임연구원

<주관심분야 : 정보보호, 컴퓨터비전 및 영상처리, 유비쿼터스 컴퓨팅, RFID/USN 기술, >

신 승 중(정회원)

- 2010년 12월 제 10권 6호 참조