

동일한 주파수 대역을 사용하는 무선기기가 측위 정확도에 미치는 영향

장정환* · 장청윤* · 권혁철* · 이광수** · 이창호*

*인하대학교 산업경영공학과

**연변대학교 경영정보학과

A Study on Effects of Wireless Devices using Similar Frequency for Location Determination Precision

Jung-Hwan Jang* · Jing-Lun Jang* · Hyeok-Cheol Kwon* · Guang-Zhu Li** · Chang-Ho Lee*

*Department of Industrial Engineering, INHA University

**Department of Management Information System, YANBIAN University

Abstract

Recently, though it was developed several services using the context-awareness technology of IoT, there exist also obstacles for high quality service. Specifically it is short the study for uncertainty of context-awareness. This study focused on understanding the effect of frequency interference among several environmental factors for location determination to increase precision of location determination.

It was found that frequency interference between devices using 2.4Ghz frequency effect on the location determination precision. It was resulted that frequency interference increase the error of location determination precision. Then, we confirmed that it was required the suitable compensation method corresponding to frequency interference.

Key words : Uncertainty, Context-Awareness, Location Determination, Radio Frequency Interference

1. 서론

상황인식(인지)기술(Context awareness)이란 이용자의 생활패턴/생체신호/주변환경 등을 분석하여 상황에 맞게 최적화된 기능을 도출함으로써 이용자의 요구를 사전에 예측 및 제시하는 소프트웨어 및 하드웨어 기술을 의미한다. 상황인식 기술은 사용자 자신에 대한 모든 데이터뿐만 아니라 사용자와 주변환경과의 상호작용으로 나타나는 모든 데이터를 분석하여 이용자의 요구에 맞는 최적의 의사결정을 분석하고 예측할 수

있도록 하는 인공지능의 개념이 가미된 기술이다.

최근 IoT를 활용한 상황인식 기술을 적용한 다양한 서비스가 이루어지고, 새로운 서비스들이 개발되고 있지만 높은 품질의 서비스를 제공하기에는 걸림돌이 있는 상황이다. 국내의 경우 서비스 확산을 위해 통신사들과 연구기관들을 중심으로 개방형 플랫폼 개발과 유무선 통신 및 네트워크 기술, 서비스 인프라 등에 대한 연구를 진행하고 있으나 이러한 기술들을 활용한 서비스 확산을 저해하는 요소인 상황인식의 불확실성에 대한 연구는 부족한 상황이다.

†Corresponding Author : Guang-Zhu Li,

Management Information System, YANBIAN University, 977, Gongwan Road, Yanji City, Jiling Prov. China

M · P : 86)139-4337-9639, E-mail: liguangzhu@gmail.com

Received October 20, 2014; Revision Received December 3, 2014; Accepted December 3, 2014.

사용자의 상황을 파악하는데 흔히 사용되는 위치정보에 초점을 맞춰 보면 컨텍스트를 수집하는 단계와 위치정보를 추론모델에 입력하여 사용자의 상황을 파악하게 된다. 위치정보는 실외의 경우 GPS를 이용하여 비교적 정확하게 측위할 수 있지만 GPS 사용이 불가능한 실내의 경우 RSSI, 초음파, 적외선, 영상을 기반으로 하는 측위가 이루어지고 있으며, 특히 측위를 위한 추가 인프라 구축이 필요없는 RSSI 기반의 측위가 가장 많이 사용되고 있다. 이러한 전파특성을 고려하여 정확한 실내측위를 위한 방법 중 하나로 핑거프린트가 있으나 전파 맵을 구축해야하는 어려움과 전파 맵 구축 당시의 무선신호와 측위 시 무선신호가 차이에 따른 오차 등의 문제점이 발생할 수 있다.

따라서 본 논문에서는 상황인식에 사용되고 있는 위치정보의 정확도 향상을 위해 여러 환경 변수 중 전파 간섭이 측위 오차에 미치는 영향을 파악하고자 한다.

2. 이론적 배경

2.1 위치정보를 활용한 상황인식

국내 스마트폰의 보편적인 사용 및 유비쿼터스 환경이 확산되면서 사용자 위치정보를 활용한 상황인식 기술이 늘어나며 다양한 영역에서 적용을 하고 있다[6].

Alejandro Rangel 박물관은 위치정보로 관람객의 상황을 인식하여, 관람물의 해설 및 관련 정보 등을 제공하는 서비스를 제공하고 있다[5]. 또한 위치정보를 활용한 상황인식위치인식 어플리케이션을 사용하여 실시간 위치정보 및 교통상황을 파악하며 사용자의 위치정보와 병원에서 제공하는 실시간 진료정보를 활용하여 사용자의 상황에 능동적으로 대처할 수 있는 방안을 제공하는 등 위치정보를 활용한 상황인식의 적용 범위는 늘어 가고 있는 상황이다[6] [7].

하지만 상황인식의 불확실성으로 인해 중증 환자의 바이탈 사인, 모션, 위치를 이용한 telehomecare와 같은 상황인식 응용서비스에서 사용자가 심각한 부상 또는 사망 사고가 발생할 수 있으며, 사용자가 정보의 유효성을 의심해 직접 확인 작업을 수행하여 인식 기술을 사용하는 의미를 반감시킬 수 있는 등 상황인식 서비스 확산에 걸림돌이 되고 있다[8].

2.2 전파간섭이 미치는 영향

동일한 주파수 대역을 사용하는 이중 센서들간 미치는 영향에 대한 연구 중 2.4Ghz 대역의 주파수를 사용

한 연구를 중심으로 살펴보면 다음과 같다.

시뮬레이션을 이용한 모의실험을 실시한 연구로는 무선랜과 블루투스, 전자레인지에 의한 간섭이 센서노드의 성능에 미치는 영향에 대한 연구와 IEEE 802.11b/g와 IEEE 802.15.4 간의 영향 연구 등이 있으며, 연구를 통해 동일한 주파수 대역을 사용하는 기기들의 성능에 영향을 준다는 것을 알 수 있다[3] [9].

모의실험이 아닌 실측을 통해 영향을 알아본 연구에는 무선랜에 의한 간섭이 있는 환경에서 센서노드의 RSSI와 패킷손실을 파악한 연구가 있다. 또한 UWB와 무선랜 간의 전파간섭 영향, RFID 리더간의 전파간섭 영향 등 다양한 연구가 진행되었다[1] [2] [9]. 이러한 연구의 결과로 동일한 주파수 대역의 전파간섭으로 RSSI에 영향을 미치고, 데이터 전송 손실을 발생시키며, 센서의 인식 거리가 감소하는 것을 알 수 있다.

3. 본 론

3.1 테스트 개요

3.1.1 테스트 환경 및 장비

동일한 주파수 대역의 무선신호로 인해 발생하는 센서데이터의 변화를 알아보기 위해 테스트를 실시하였다.

테스트는 실내에서 진행하였고, 이미 주변에서 사용 중인 Wi-Fi AP로 인해 2.4Ghz 대역의 주파수가 다수 확인되는 환경이다.

테스트에 사용한 H/W는 독일 Natotron Technologies사의 2.4GHz ISM 대역의 RFID 리더와 태그를 사용하여 시스템을 구성하였다. RFID 리더는 SDS-TWR(Symmetric Double Sided-Two Way Ranging) 거리측정 프로토콜을 통해 태그와의 거리를 측정한다. 따라서 RSSI 기반의 장비 보다는 보다 높은 정확도의 거리측정이 가능하다. RFID 리더는 4개의 AP 노드와 PC와 통신하기 위한 Sink 노드로 구성하였고, 태그는 Mobile 노드로 구성하였다.

정확한 테스트를 위해서는 2.4Ghz 대역의 주파수가 수신되지 않는 환경에서 실시해야하지만 테스트 환경에서 차폐는 불가능하였다. 따라서 전파간섭의 영향을 증가시키기 위해 테스트 환경 주변에 Wi-Fi AP를 추가로 설치하여 간섭영향을 증가시켰다.

3.1.2 테스트 시나리오

테스트는 3가지의 시나리오를 바탕으로 진행하였다.

첫 번째 시나리오는 일반적인 환경에서의 테스트로써 2.4Ghz 대역의 주파수가 다수 수신되지만 테스트

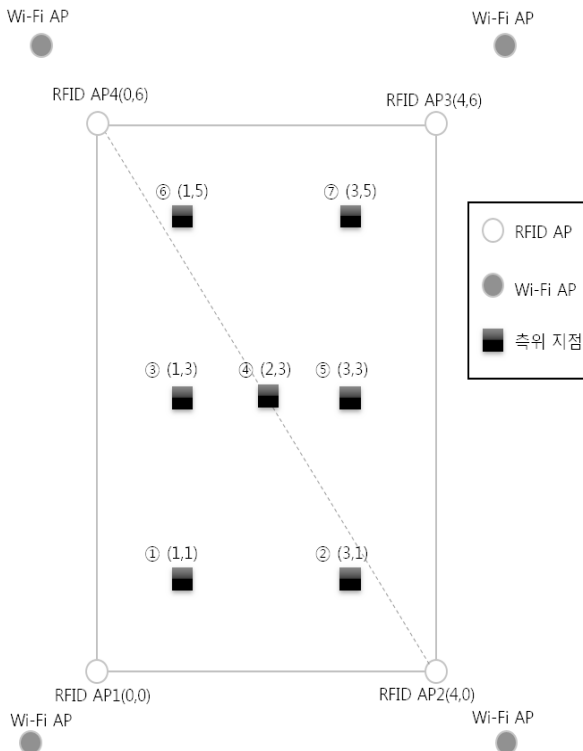
환경 주변에 Wi-Fi AP를 추가로 설치하지 않은 상태를 말한다.

두 번째 시나리오는 일반적인 환경에 Wi-Fi AP를 추가로 설치하여 간섭영향을 증가 시킨 상태를 말한다.

세 번째 시나리오는 두 번째 시나리오의 환경에서 태그의 위치와 근접한 Wi-Fi AP를 추가한 상태를 말한다.

테스트는 시나리오별로 I대학교의 특성상 유동인원이 많은 14시와 유동인원이 거의 없는 19시에 실시하였고, 1회의 테스트 마다 보정계수 테스트와 측위 테스트를 진행하여 총 4회의 테스트를 진행하였다.

[Figure 1]은 테스트 방법을 설명하기 위한 그림으로 가로 4m, 세로 6m의 테스트 구역의 모서리에 RFID AP를 설치하였고, 시나리오2, 3의 테스트를 위해 Wi-Fi AP를 추가하였으며, 측위는 그림에서 사각형으로 표시된 1~7번까지의 지점에서 이루어진다. 시나리오3의 테스트에서는 1~7번 지점에 RFID 태그와 근접한 Wi-Fi AP를 한 대 더 추가하였다. 보정계수 테스트 또한 동일한 환경에서 이루어지며, [Figure 1]의 점선을 따라 1m 간격으로 태그를 위치시켜 데이터를 수집하였다.



[Figure 1] Arrangement of the test device in accordance with the test scenario

3.2 시나리오에 따른 센서데이터 측정

3.2.1 보정계수 테스트

본 논문에서는 회귀분석을 이용하여 각 거리값들을 보정하였다. 회귀분석은 관찰된 연속형 변수들에 대하여 독립변수와 종속변수 사이의 인과관계에 따른 수학적 모델인 선형적 관계식을 구하여 어떤 독립변수가 주어졌을 때 이에 따른 종속변수를 예측하고, 도출된 수학적 모델이 독립변수와 종속변수간 관계를 얼마나 잘 설명하고 있는지를 판별하기 위한 적합도를 검증하는 통계적 분석 방법이다. 보정계수 산정은 리더와 태그간의 거리를 1m 단위로 증가시켜가며 7m까지 데이터를 수집하였다. 다음으로 7개의 지점에서 수집된 데이터들의 각각 평균값을 구하고, 이 값을 이용해 기울기와 y절편을 구한다. 기울기와 y절편, 평균값을 이용해 각 지점별 보정계수를 구하고, 7개 지점의 보정계수를 평균하여 최종값을 산정한다. 이러한 보정계수 산정방법은 3가지 시나리오별 환경 모두에서 실시하였으며, 각각의 테스트는 4대의 AP별로 실시하였다. 또한 테스트는 AP2번 위치에서 4대의 AP를 교체하여 실시하였다. 따라서 AP들의 H/W 적인 특성을 반영되었다고 할 수 있다.

<Table 1>은 19시에 실시한 보정계수 산정 테스트를 위해 수집된 데이터의 평균값이다.

<Table 1> The average of collected data for calculation of each scenario Correction Factor

		실제거리	1	2	3	4	5	6	7
AP 1	시나리오1	3.06	3.73	4.56	5.56	6.77	7.92	8.60	
	시나리오2	2.91	4.12	4.85	5.03	6.64	7.34	8.63	
	시나리오3	2.84	4.09	4.46	5.16	6.16	7.54	8.35	
Ap 2	시나리오1	2.64	3.73	4.61	5.27	6.70	7.52	8.23	
	시나리오2	2.64	3.74	4.05	4.58	6.22	7.27	8.32	
	시나리오3	2.60	3.93	3.86	4.51	6.11	8.22	9.82	
Ap 3	시나리오1	2.47	3.59	4.20	5.14	6.12	7.52	8.59	
	시나리오2	2.27	3.36	3.86	4.85	6.10	7.47	8.13	
	시나리오3	2.30	3.49	4.13	5.17	5.52	7.07	7.78	
Ap 4	시나리오1	3.26	4.09	4.96	5.16	6.06	8.01	10.4	
	시나리오2	2.99	3.99	4.22	5.11	6.48	7.84	8.68	
	시나리오3	2.95	3.88	4.11	5.57	6.29	8.14	7.28	

실제거리와 측정된 데이터의 평균을 비교해보면 일반환경에서 테스트한 시나리오1이 시나리오2, 3 보다 실제 거리 대비 오차가 대체로 큰 것을 알 수 있다.

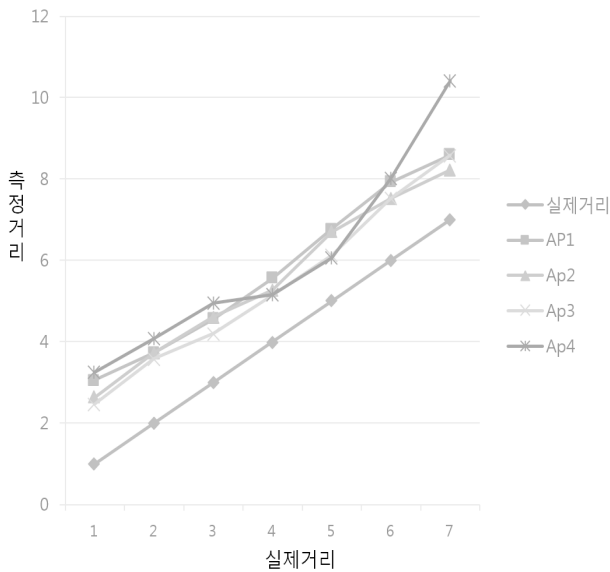
<Table 2>는 회귀분석으로 산정된 보정계수를 적용하여 보정된 데이터의 평균값이다.

<Table 2> The average data obtained by applying each scenario Correction Factor

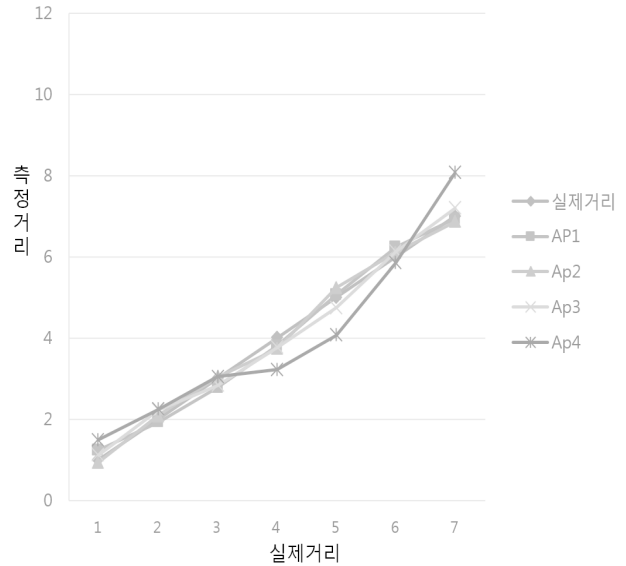
실제거리		1	2	3	4	5	6	7
AP 1	시나리오1	1.24	1.93	2.78	3.81	5.06	6.24	6.94
	시나리오2	1.92	2.72	3.20	3.31	4.38	4.84	5.69
	시나리오3	1.92	2.76	3.02	3.49	4.17	5.10	5.65
Ap 2	시나리오1	0.94	2.09	3.03	3.73	5.24	6.11	6.86
	시나리오2	1.88	2.67	2.90	3.27	4.45	5.19	5.95
	시나리오3	1.79	2.70	2.66	3.10	4.20	5.65	6.75
Ap 3	시나리오1	1.11	2.22	2.83	3.77	4.74	6.13	7.20
	시나리오2	1.67	2.46	2.83	3.56	4.48	5.48	5.97
	시나리오3	1.69	2.56	3.04	3.80	4.06	5.20	5.72
Ap 4	시나리오1	1.49	2.24	3.05	3.23	4.06	5.86	8.07
	시나리오2	2.00	2.67	2.82	3.42	4.34	5.24	5.80
	시나리오3	2.00	2.63	2.79	3.78	4.26	5.52	4.93

보정전의 데이터와 달리 시나리오2, 3이 시나리오1보다 실제거리 대비 오차가 큰 것을 알 수 있다. 이러한 결과는 시나리오1이 거리별 데이터가 선형으로 완만히 증가하는 반면 시나리오2, 3은 거리별 증가폭이 균일하지 않은 것이 원인이 된다.

[Figure 2]와 [Figure 3]은 일반환경인 시나리오1의 테스트 데이터에 대한 보정 전과 후의 결과 그래프이다.



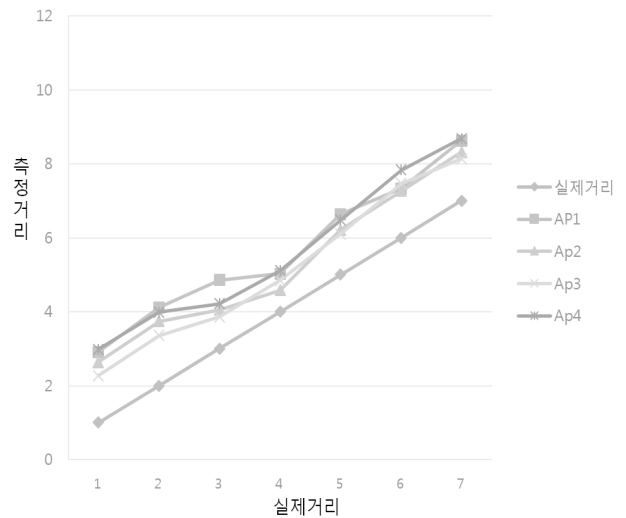
[Figure 2] Graph of average data before applying the correction factor in scenario1



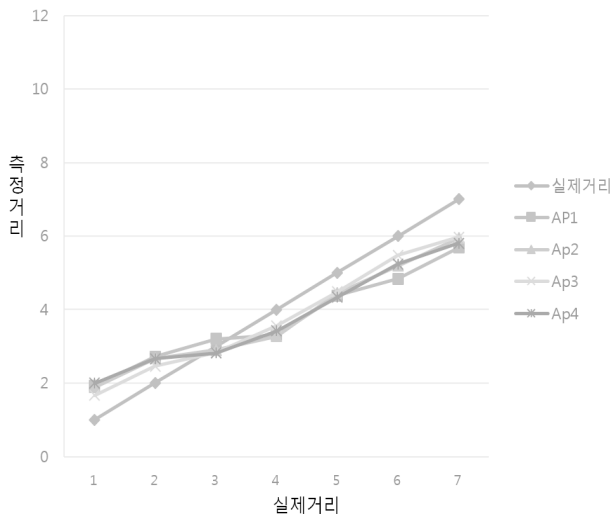
[Figure 3] Graph of average data after applying the correction factor in scenario1

보정후의 그래프를 보면 AP4를 제외하고 실제거리와 거의 동일하게 보정된 것을 알 수 있다.

[Figure 4]와 [Figure 5]는 Wi-Fi AP가 추가된 환경인 시나리오2의 테스트 데이터에 대한 보정 전과 후의 결과 그래프이다.



[Figure 4] Graph of average data before applying the correction factor in scenario2



[Figure 5] Graph of average data after applying the correction factor in scenario2

시나리오1의 결과와 달리 보정을 하여도 실제거리 3m 지점을 중심으로 초과하거나 실제거리에 미치지 못하는 결과를 보여주었다. 시나리오3의 결과 또한 시나리오2의 결과와 거의 동일하게 나타났으며, 14시에 실시한 테스트의 결과 또한 동일한 결과를 보여주었다. 보정계수 테스트를 통해 일반환경에 Wi-Fi AP를 추가하여 전파간섭을 증가 시킬 경우 수집되는 데이터에 큰 영향을 주는 것을 알 수 있다.

3.2.2 측위 테스트

측위 테스트는 보정계수 테스트와 동일한 환경에서 진행하였다. 테스트에 사용한 측위알고리즘은 삼각측량을 사용하였다[4]. 보정계수 이외에 다른 보정알고리즘이나 필터를 사용하지 않았다.

본 논문의 연구 목적에 따라 다양한 테스트를 진행하였다.

- ① 일반환경에서 보정계수를 적용하지 않은 테스트
- ② 일반환경에서 시나리오1을 통해 산정된 보정계수를 적용한 테스트
- ③ Wi-Fi AP를 추가한 환경에서 보정계수를 적용하지 않은 테스트
- ④ Wi-Fi AP를 추가한 환경에서 시나리오2를 통해 산정된 보정계수를 적용한 테스트
- ⑤ Wi-Fi AP와 태그의 위치와 근접한 Wi-Fi AP를 추가한 환경에서 시나리오3을 통해 산정된 보정계수를 적용한 테스트

테스트는 7개의 지점에서 각각 1분씩 측위하였으며,

14시와 19시에 두 번 테스트하였다.

<Table 3>은 14시에 테스트한 결과의 각 지점의 평균오차와 오차의 평균이며, 오차의 계산은 유클리디언 거리를 이용하여 계산하였다.

<Table 3> Positioning test results at 14:00

	1번 (1,1)	2번 (3,1)	3번 (1,3)	4번 (2,3)	5번 (3,3)	6번 (1,5)	7번 (3,5)	평균
①	1.84	1.79	0.96	0.66	1.27	1.61	0.73	1.27
②	1.18	1.05	0.52	0.27	0.53	0.89	1.02	0.78
③	2.03	2.88	1.16	0.60	1.58	1.33	1.78	1.62
④	1.21	1.20	1.04	0.30	1.00	1.44	1.41	1.09
⑤	0.84	1.15	0.90	0.29	1.18	1.42	1.46	1.03

일반환경에서 아무런 보정없이 측위하였을 때 평균 오차는 1.27m이고, 여기에 시나리오1의 보정계수를 적용하였을 때는 오차가 0.78m 로 감소하는 것을 알 수 있다. Wi-Fi AP가 추가된 환경에서 보정없이 측위 한 결과는 1.62m로 오차가 가장크며, 일반환경에서 보정없이 측위 한 결과와 비교해봐도 오차가 큰 것을 알 수 있다. 나머지 Wi-Fi AP를 추가하고 각각의 시나리오로 산정된 보정계수를 적용한 테스트 결과는 1.09m 와 1.03m로 일반환경에서 시나리오1의 보정계수를 적용한 결과에 비해 오차가 큰 것으로 나타났다.

<Table 4>는 19시에 테스트한 결과로 14시에 테스트한 방법 및 결과 산정방법은 동일하다.

<Table 5> Positioning test results at 19:00

	1번 (1,1)	2번 (3,1)	3번 (1,3)	4번 (2,3)	5번 (3,3)	6번 (1,5)	7번 (3,5)	평균
①	1.87	2.27	0.44	1.18	1.35	1.44	0.87	1.35
②	1.24	0.92	0.55	0.38	0.52	0.74	1.10	0.78
③	1.51	1.85	0.87	0.95	1.48	1.14	0.71	1.21
④	1.15	1.18	1.14	0.43	1.03	1.64	1.45	1.15
⑤	1.33	1.20	0.92	0.44	1.20	1.22	1.43	1.11

일반환경에서 아무런 보정없이 측위하였을 때 평균 오차는 1.35m이고, 여기에 시나리오1의 보정계수를 적용하였을 때는 오차가 0.78m 로 감소하는 것을 알 수 있다. Wi-Fi AP가 추가된 환경에서 보정없이 측위 한 결과는 1.11m로 14시의 테스트 결과와 달리 일반 환경에서 보정없이 측위 한 결과의 오차가 큰 것을 알 수 있다. 나머지 Wi-Fi AP를 추가하고 각각의 시나리오로 산정된 보정계수를 적용한 테스트 결과는 1.15m 와 1.1m로 일반환경에서 시나리오1의 보정계수를 적

용한 결과에 비해 오차가 큰 것으로 나타났다.

결과를 종합해 보면 어떠한 보정 방법을 적용하지 않을 경우 큰 오차를 보여주게되며, 인위적으로 전파간섭의 영향을 증가 시킨다고 오차가 커진다고 볼 수는 없었다. 하지만 보정계수를 적용하였을 때는 인위적으로 전파간섭의 영향을 증가 시킨 환경에서의 결과가 일반환경에서의 결과보다 오차가 큰 것으로 나타났다. 이러한 결과는 일반환경과 전파간섭의 영향이 큰 환경에서 수집되는 데이터의 경향이 다르지만 동일한 보정 방법을 적용한 것이 원인으로 보인다.

4. 결론 및 향후 연구 과제

보정계수 테스트 결과 일반환경인 시나리오1과 Wi-Fi AP를 추가하여 인위적으로 전파간섭의 영향을 증가시킨 시나리오2, 3을 통해 수집되는 데이터간의 차이를 알 수 있었다. 이를 통해 선정된 보정계수를 적용한 측위테스트 결과에서는 일반환경에서 시나리오1의 보정계수를 적용한 측위 결과가 가장 적은 오차를 보였으며, 인위적으로 전파간섭의 영향을 증가시킨 환경에서는 보정 계수를 적용하여도 큰 오차를 보여주었다.

이러한 테스트 결과를 통해 센서에 영향을 미치는 환경 변수에 따라 보정 방법을 달리해야함을 알 수 있었다. 따라서 사용자 주변의 환경변수를 파악할 수 있고 각각의 환경변수에 적합한 보정방법을 적용한다면 더욱 정확한 측위 결과를 보여줄 것으로 예상된다.

추후 연구로는 전파간섭 이외에 더욱 다양한 환경변수가 측위 정확도에 미치는 영향을 파악하고, 각각에 적합한 보정방법을 개발하여 위치정보를 활용한 상황 인식의 정확도를 높이는 연구가 필요하다.

Korean Institute of Communications and Information Sciences, 2011.

- [4] Jung-hwan Jang, Doo-Yong Lee, Jing-lun Zhang, Yong-chul Jho, Chang-ho Lee, "A study on error reduction of indoor location determination using triangulation method and least square meyhod", Korea Safety Management & Science, 2011.
- [5] Pedro Damian-Reyes, Jesus Favela, Juan Contreras-Castillo, "Uncertainty management in Context-Aware applications: Increasing usability and user trust", Wireless Pers Commun, 2011.
- [6] Seo Hae Mun, "Low Power Context-awareness Computing Technology", WIN-WIN TECH, 2014. 06.
- [7] Soryoung Kim, Gunhee Kim, Manchul Han, Hyunchul Park, Dayoung Jung, Sehyung Park, Sungdo Ha, "Context-based Hospital Guidance System for outpatients", Korea HCI Society conference, 2011. 01.
- [8] Tom Broens, Aart van Halteren, Marten van Sinderen, Katarzyna Wac, "Towards an application framework for context-aware m-health applications", International Journal of Internet Protocol Technology Volume 2, 2007.
- [9] Xuechao Di, Byung-Hyun Moon, "Performance analysis of wireless sensor nodes over indoor and outdoor enviroments", Korea society od industrial information systems, 2012.04.

5. References

- [1] Che-Young Kim, Jeung-Keun Park, Seng-Keun Park, "The effect of electromagnetic noise on the wireless LAN using direct squence spread spectrum", Korean Institute of Electromagnetic Engineering and Science, 2008. 06.
- [2] Jeong-Yong Kang, "A study on the improved method for muttual suppression between of RFID is expected system and algorithm", THE INSTITUTE OF ELECTRONICS AND INFORMATION ENGINEERS, 2007, 05.
- [3] Jong-Won Kim, "Measure packet loss and RSSI between IEEE 802.15.0 and IEEE 802.11", The

저자 소개

장 정 환



한라대학교 산업경영공학과 공학사 취득. 인하대학교 산업공학과 석사 취득. 현재 인하대학교 산업경영공학과 박사과정 중.
관심분야 : RFID 관련 물류 관리 시스템 개발, IOT, 빅데이터 등

주소 : 인천광역시 남구 용현동 253, 인하대학교 산업공학과

이 광 수



인하대학교 산업공학과 박사학위 취득. 현재 중국 연변대학교 경영정보학과에서 부교수로 재직중
관심분야 : 물류관리, SCM, RFID 등

주소 : 中国 吉林省延吉市公园路977号 延边大学 经济管理学院

장 청 윤



남서울대학교 산업경영공학과 공학사 취득. 인하대학교 산업공학과 석사 취득. 현재 인하대학교 산업경영공학과 박사과정 중.
관심분야 : SCM, ERP, RFID 관련 물류관리 시스템 개발 등

주소 : 인천광역시 남구 용현동 253, 인하대학교 산업공학과

이 창 호



인하대학교 산업공학과 학사 취득. 한국과학기술원 산업공학과 석사, 경영과학과 공학박사 취득. 현재 인하대학교 교수로 재직 중.
관심분야 : 물류, RFID, SCM 등

주소 : 인천광역시 남구 용현동 253, 인하대학교 산업공학과

권 혁 철



인하대학교 경영학부 경영학사 취득. 현재 인하대학교 산업경영공학과 석사과정 중.
관심분야 : IOT, LBS 등

주소 : 인천광역시 남구 용현동 253, 인하대학교 산업공학과