

# 실/내외 연속 위치결정을 위한 GPS와 RFID 신호의 결합에 관한 연구

## A Study on Combination of GPS and RFID in Continuous Indoor/Outdoor Positioning

장안진\*, 양성철, 주현승, 유기윤, 김용일

An Jin Chang, Sung Chul Yang, Hyun Seung Joo, Ki Yun Yu, Yong Il Kim

서울대학교 공과대학 지구환경시스템공학부

hal0208@snu.ac.kr

### 요 약

유비쿼터스 시대가 도래함에 따라 실외에서 뿐만 아니라 실내에서 대상물의 위치를 결정하기 위한 기술의 필요성이 증가하고 있다. 실외에서는 GPS를 이용하여 광범위한 지역에 안정적인 서비스를 제공할 수 있지만 건물 인근 지역에서는 위치결정에 필요한 수의 위성이 확보되지 않고, 다중경로 오차의 영향 등으로 위치결정이 불가능하고 실내에서 활용 가능한 수준의 위치 정보를 제공하는 것이 어렵다는 단점이 있다. 실내 위치 결정을 위한 다양한 방법 중에 RFID를 이용한 방법은 GPS에 비해 위치 정확도는 낮지만 실내에서 비교적 적은 비용으로 위치 결정이 가능하므로 GPS로 위치 결정이 불가능한 지역에 시스템을 구축하면 실내/외에서 연속적인 위치결정이 가능하게 된다. 연속적 위치 결정을 위해 GPS 신호 수신에 가능한 실외 지역에서 RFID 시스템을 설치한 건물 안으로 이동하면서 수신된 데이터를 이용하여 실내/외에서의 연속적인 위치결정을 수행하였다. 특히, 데이터 에포크 간의 거리를 통해 이상점을 탐지하고, 이상점(Outlier)이 발생할 경우 다른 센서로 위치결정을 대체하는 기법을 제안하였고 그 결과 실내/외에서 연속적인 위치결정이 가능함을 확인할 수 있었다.

### 1. 서론

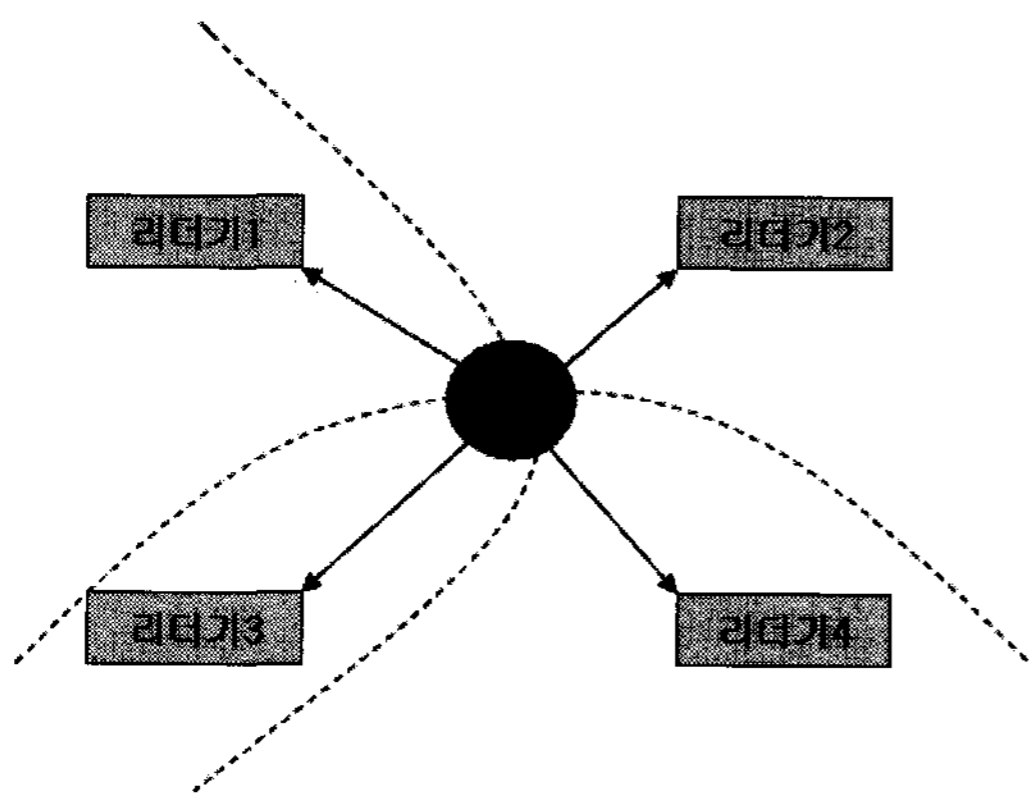
위치결정 기법은 특정 위치에 놓인 대상체의 물리적이거나 지리적, 논리적인 위치를 결정하고 활용하는 기술로서 현재 가장 일반적으로 활용되는 항법 위치결정 체계는 GPS를 활용하는 것이다. GPS는 신호반경이 넓고 위성을 통해 안정적인 서비스를 제공하기 때문에 대상물 위치 결정에 널리 쓰이고 있다. 현재 GPS를 이용한 위치결정 방법은 필요로 하는 위치정확도를 얻기 위해 다양한 활용방법이 개발되어 있다. 그러나 위성을 활용한 위치결정 방법이라는 특성으로 인하여 고층건물 옆,

실내, 수목 아래 등 위성과 시통이 되지 않을 경우 위치결정이 불가능하다는 단점이 있어 무선통신을 기반으로 대상물의 위치를 파악하기 위한 여러 가지 접근들이 제안되어 시험되고 있다(최재원, 2006). 실내에서의 위치결정은 다양한 연구가 진행 중이지만, 최근 유비쿼터스 환경과 더불어 RFID를 통한 위치결정 기법이 주목받고 있다. RFID를 이용한 위치결정은 실외에서 약 3m, 실내에서 약 5m의 위치정확도를 가진다고 연구되었다(차맹규, 2006b). RFID는 GPS에 비해 위치 정확도가 떨어지지만 GPS의 수신에 용이하지 않은 실내나 건물 인접 지역에서는 위치

결정에 GPS 대신 활용할 수 있는 장점을 가진다. 따라서 실내에서 위치결정이 가능한 RFID를 GPS와 결합하여 GPS가 가지고 있는 단점을 보완하는 것이 가능할 것으로 판단되므로, 본 연구에서는 실내에서 실외로 이동하거나 실외에서 실내로 이동시 RFID와 GPS를 결합하여 연속적인 위치결정을 검증함으로써 향후 실/내외에서 위치결정이 가능한 방법을 제시하고자 한다.

## 2. 연구 방법

### 2.1. RFID를 이용한 실내 측위



< 그림 1. TDOA 개념도 >

본 연구에서 사용한 RFID를 이용한 실내 측위 방법은 세 개 이상의 위치기준점을 기준으로 신호전달시간 차이를 관측한다. 이를 통해 대상체와 위치기준점 간의 기하학적인 관계를 이용하여 위치를 결정하는 TDOA 방식을 적용하였다(Ho and Chan, 1993). TDOA의 기본 원리는 두 신호원에서 수신기까지 거리의 차에 비례하는 전파 도달 시간차가 측정되고, 두 신호원에서 거리가 일정한 곳을 나타내는 쌍곡선이 그려진다. 즉, 두 신호원을 초점으로 하는 쌍곡선 위에 수신기가 위치하게 된다. 이를 통해 3개의 신호원으로부터 2개의 쌍곡선이 얻어지고 두 곡선의 교점이 수신기의 위치가 된다(Kong, 2004). 따라서 3개 이상의 RFID 리더기가 설치되

어 있으면 태그의 위치를 결정할 수 있다(차맹규, 2006b). TDOA의 위치결정 알고리즘의 개념은 <그림 1>에 나타나있다(차맹규, 2006a).

### 2.2. 실내/외 연속적인 위치결정 방법

실내와 실외 지역의 위치결정을 연속적으로 하기 위해서 가장 중요한 부분은 실내외 각 조건에서 효율적으로 위치를 결정해줄 수 있는 센서를 물리적으로 결합하거나 각 센서에서 수신된 데이터를 소프트웨어적으로 통합하여 어떠한 상황에서도 연속적으로 위치 결정이 가능해야 한다는 것이다. 본 연구에서 선정된 GPS와 RFID를 이용할 경우 실내와 실외의 경계 부근에서 두 개의 신호가 동시에 수신되는 지역이 생기게 된다. 해당 지역은 실외에서 사용하는 GPS와 실내에서 사용하는 RFID 신호가 동시에 수신되는 지역이며 또한 실외에서 실내로 이동시 위치 결정을 위한 원천 데이터로 GPS 대신 RFID 신호를 사용하는 핸드오버(hand over) 지역이다. 이동체가 해당 지역을 통과할 때 어떤 시점에서 GPS와 RFID 신호가 상호 대체되어야 하는지를 결정하는 것은 매우 중요하다.

이동체의 속도와 위치결정 센서의 에포크를 알고 있을 경우, 각 에포크 간의 거리를 계산하면 간단하게 이동체 위치의 이상점을 예측할 수 있는데 이러한 개념을 활용하면 GPS와 RFID의 에포크 간의 거리를 계산하여 핸드오버 지역에서 위치결정에 사용할 센서를 결정할 수 있다. 먼저 사용되는 위치결정 센서의 에포크 간의 거리를 계산하고, 두 센서가 모두 수신될 때 두 센서가 측위하는 위치의 에포크 간 거리를 계산한다. 이전에 수신되는 센서의 에포크 간의 거리가 이동체의 속도보다 크게 벗어난 경우 이상점(Outlier)으로 판단할 수 있다. 이때 다른 센서로 위치 결정을 수행한다. 에포크 간의 거리가 벗어나지 않은 경우에도 이전에 사용되는 센

서가 수신되지 않으면 현재 수신 가능한 센서로 위치결정을 수행한다. 이러한 알고리즘을 통해 실내/외에서 연속적으로 위치결정이 가능하다. 본 실험에서는 GPS와 RFID 태그를 부착하고 실내/외를 이동한 결과를 이용하여 위치결정을 수행하였다.

### 3. 실내/외 연속적인 위치결정 실험 및 결과

#### 3.1. 실험지역 및 경로 선정

실내 실험 지역은 서울대학교 내부에 위치한 38동을 선정하였고<그림 2>, 38동 내부에 설정한 RFID의 위치 및 배치는 <그림 3>과 같다. 본 실험에서는 3개의 리더기를 설치하였다. 실험은 이동체가 실내에서 실외로 이동하는 경우와 실외에서 실내로 이동하는 경우로 나누어 진행하였다. ①, ③번은 내에서 실외로 이동하는 경로이고, ②, ④번은 실외에서 실내로 이동하는 경로이다<그림 2>.

#### 3.2. 장비제원

GPS 장비는 MobileMapper CE를 사용하였고, RFID 장비는 AeroScout사의 Wi-Fi기반 RFID 리더기와 태그를 사용하였다. 각 장비의 제원은 <표 1.>과 <표 2.>와 같다.

사용채널	2채널
정확도	10m
주파수 수신 범위	283.5 ~ 325.0KHz
주파수 채널 간격	500 Hz

< 표 1. GPS 장비 제원 >

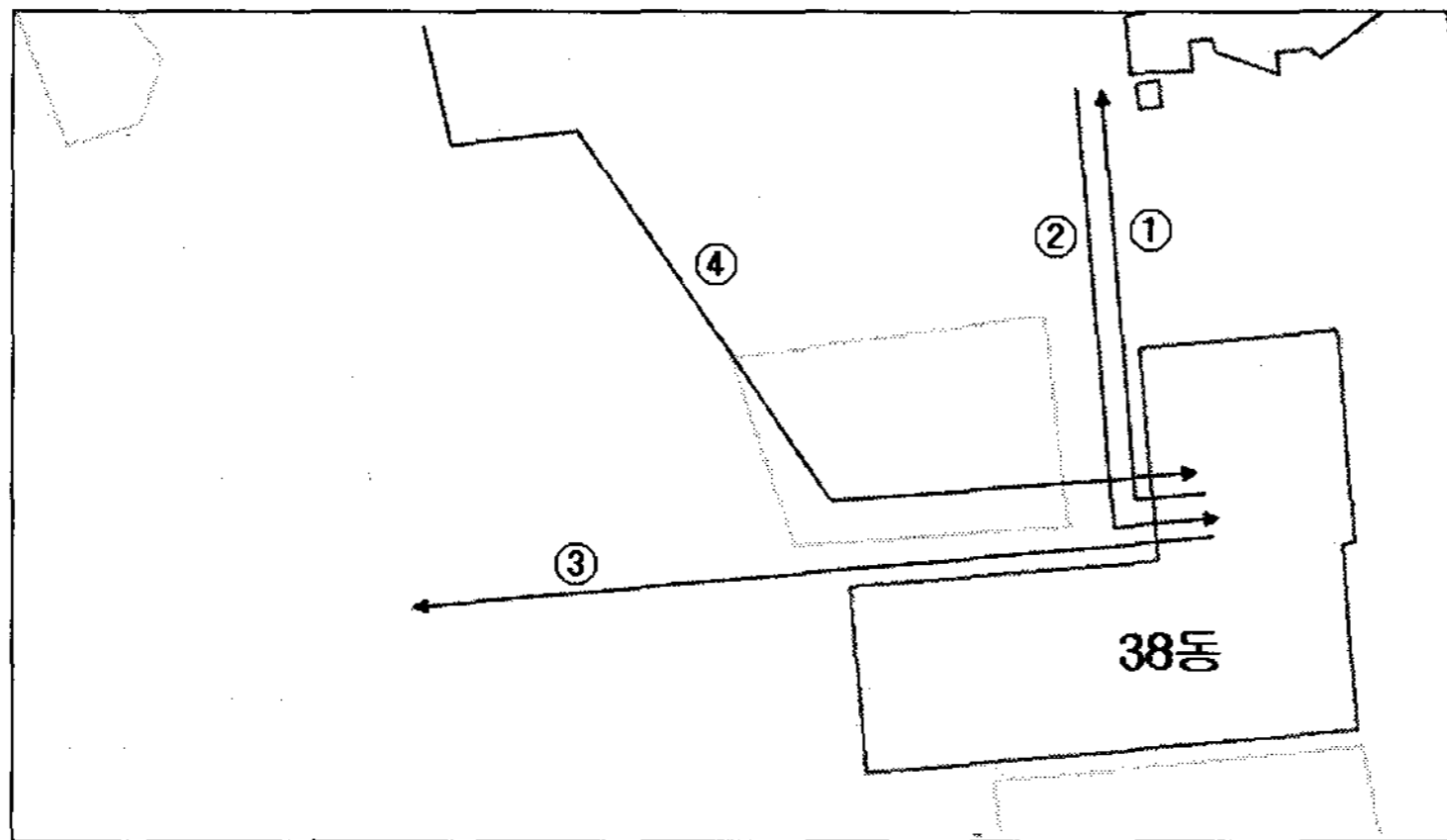
측위 범위	실외 최대 측정 거리 : 200m 실내 최대 측정 거리 : 80m
기계오차	실내 : 5m, 실외 : 3m
주파수	2.4GHz direct sequence spread spectrum 802.11b radio
동작온도	-30°C ~ +75°C

< 표 2. RFID 장비 제원 >

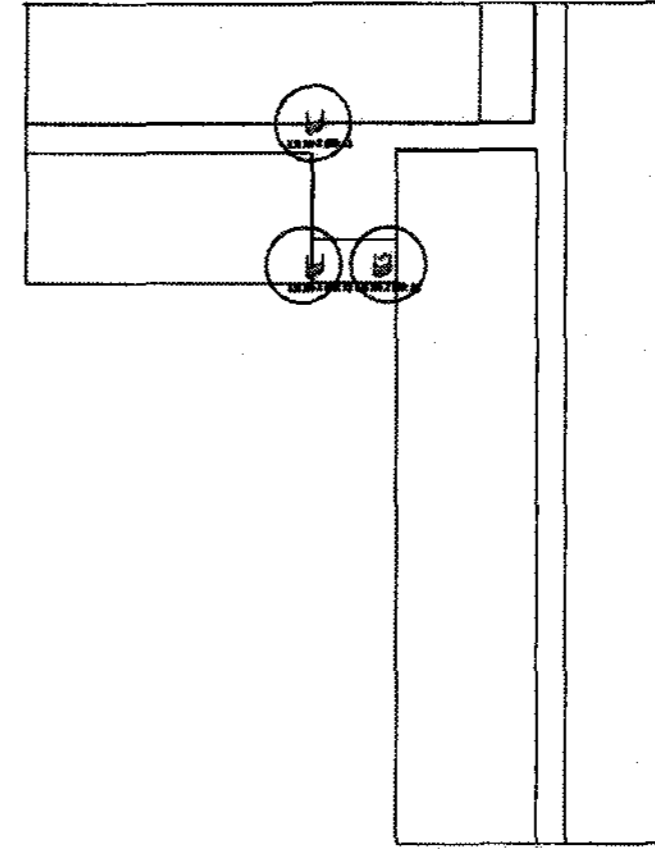
#### 3.3. 실험 결과

<그림 4>~<그림 7> 은 ①~④번 경로에 따른 위치 결정 결과를 나타낸 것이다. 동그람 점은 GPS를 이용한 위치결정이고, 십자모양의 점은 RFID를 이용한 위치결정이다. 원 안은 각 경로를 이동했을 때 예상되는 핸드오버 존이고, 실험 결과 예상한 지점에서 GPS와 RFID 센서 모두에서 이동체의 위치가 측위되었다. 이동체가 핸드오버 존에 위치할 경우 RFID와 GPS에서 모두 위치결정 데이터가 취득되기 때문에 많은 점이 찍혀있는 것을 볼 수 있다.

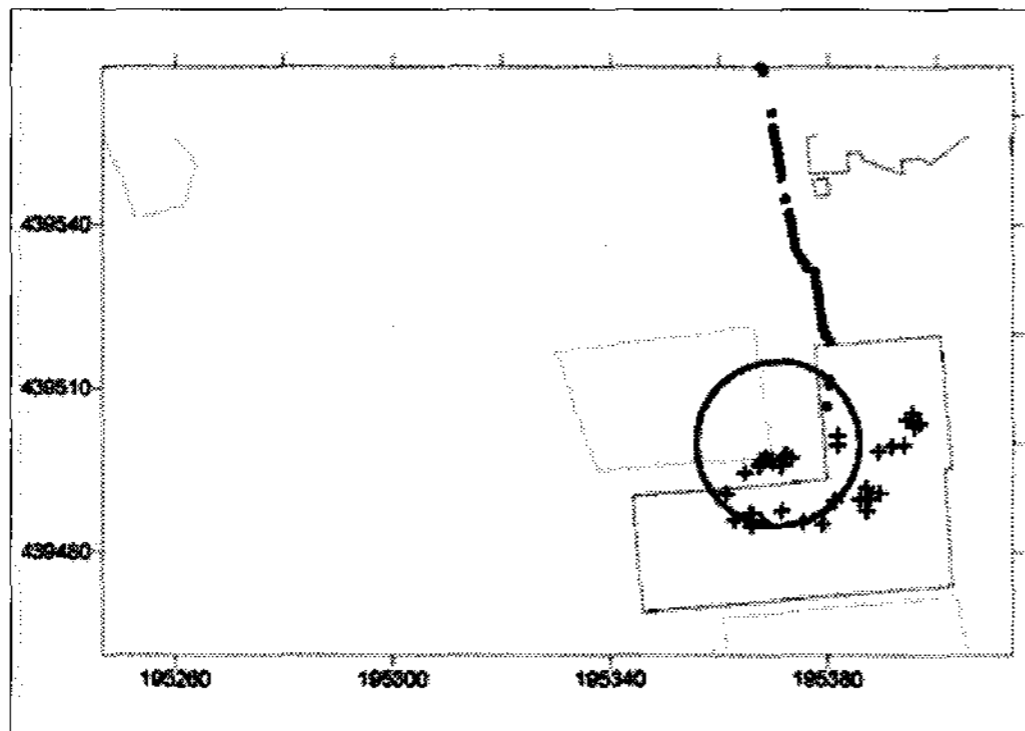
GPS에 비해 상대적으로 RFID를 이용한 위치결정이 부정확하다. 이는 실내측위에서 RFID의 자체 시스템 오차가 5m 정도이고, 설치된 RFID 리더기의 개수가 3개로 한정되었기 때문으로 판단된다. ①, ③번 경로의 경우 GPS를 통한 위치 결정에서 오차가 발생한 것으로 나타나는데 이는 건물 인접지역에서 GPS 신호의 수신이 불안정하여 초기화가 제대로 이루어지지 않았기 때문이다.



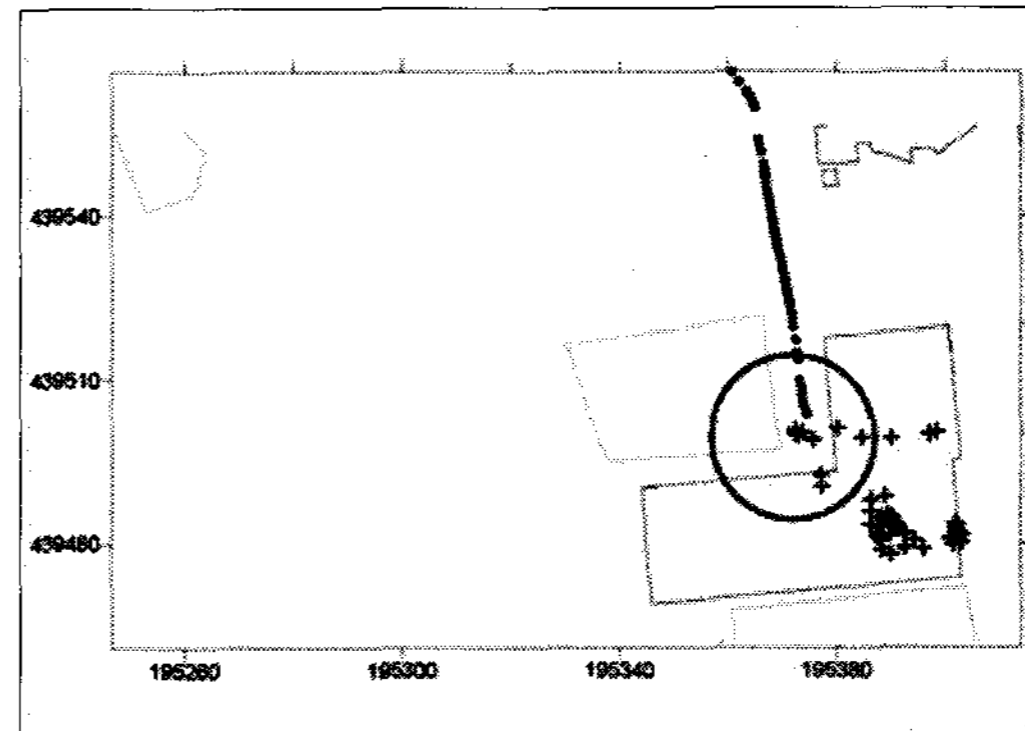
< 그림 2. 실험 지역 및 경로 >



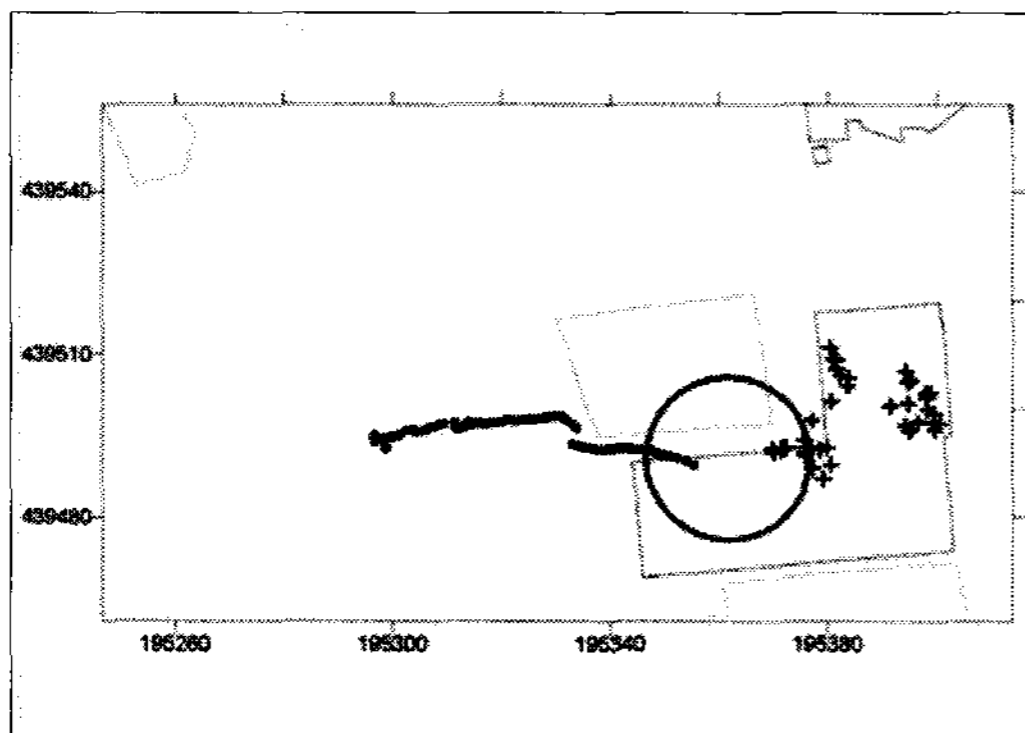
< 그림 3 RFID 리더기 배치도 >



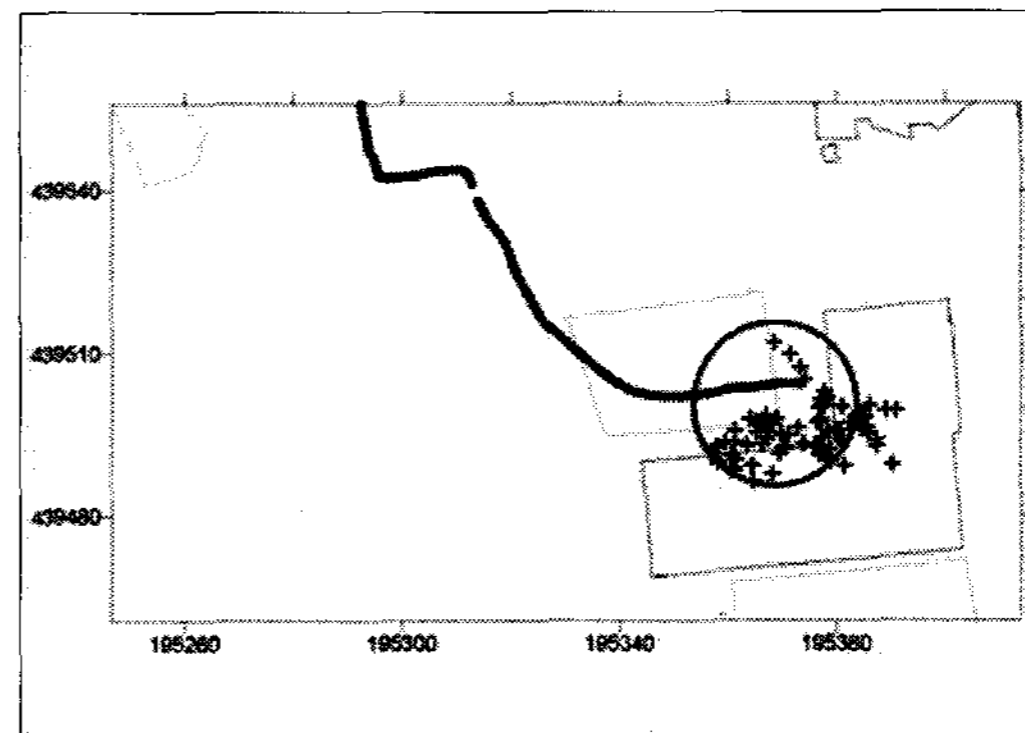
< 그림 4. ①번 경로 실험결과 >



< 그림 5. ②번 경로 실험결과 >



< 그림 6. ③번 경로 실험결과 >



< 그림 7. ④번 경로 실험결과 >

#### 4. 데이터 분석

본 연구에서는 핸드오버 존에 존재한 RFID와 GPS 위치결정 데이터를 분석, 에포크 간의 거리 이상점을 통해 이동체의

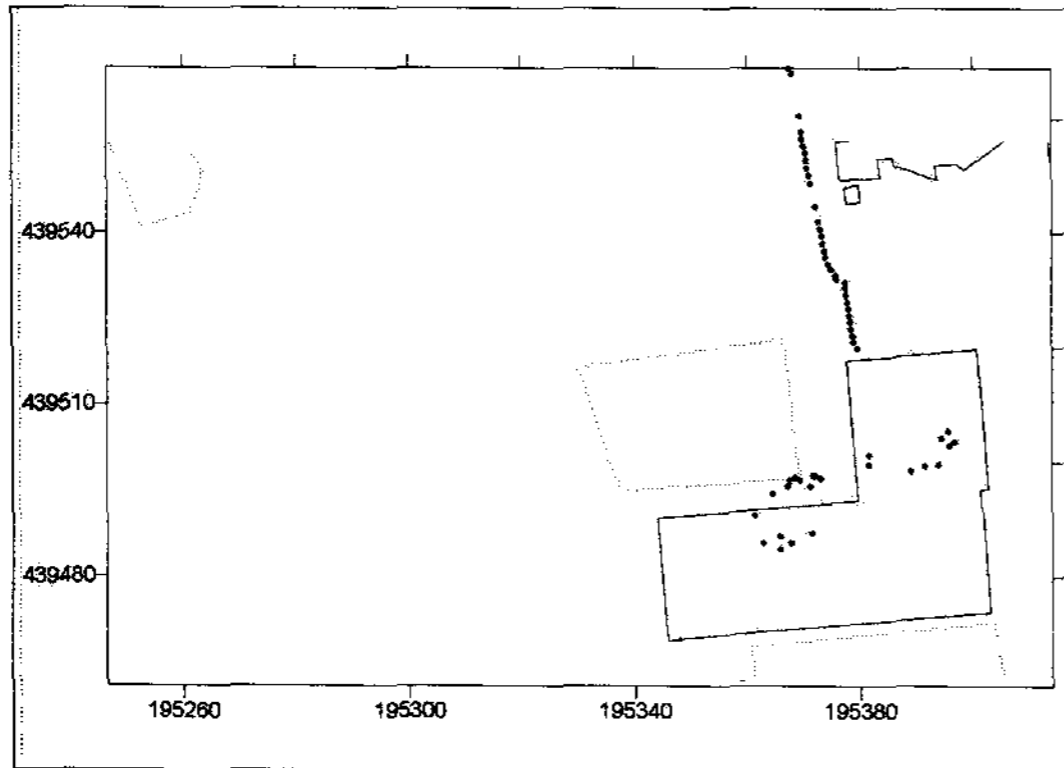
최종적인 이동 경로를 결정해보았다<그림 8>~<그림 11>. 이동 경로를 분석해 본 결과는 다음과 같다.

①, ③번 경로의 경우 분석전과의 차이가 크게 관찰되지 않았다. 이는 핸드오버 존

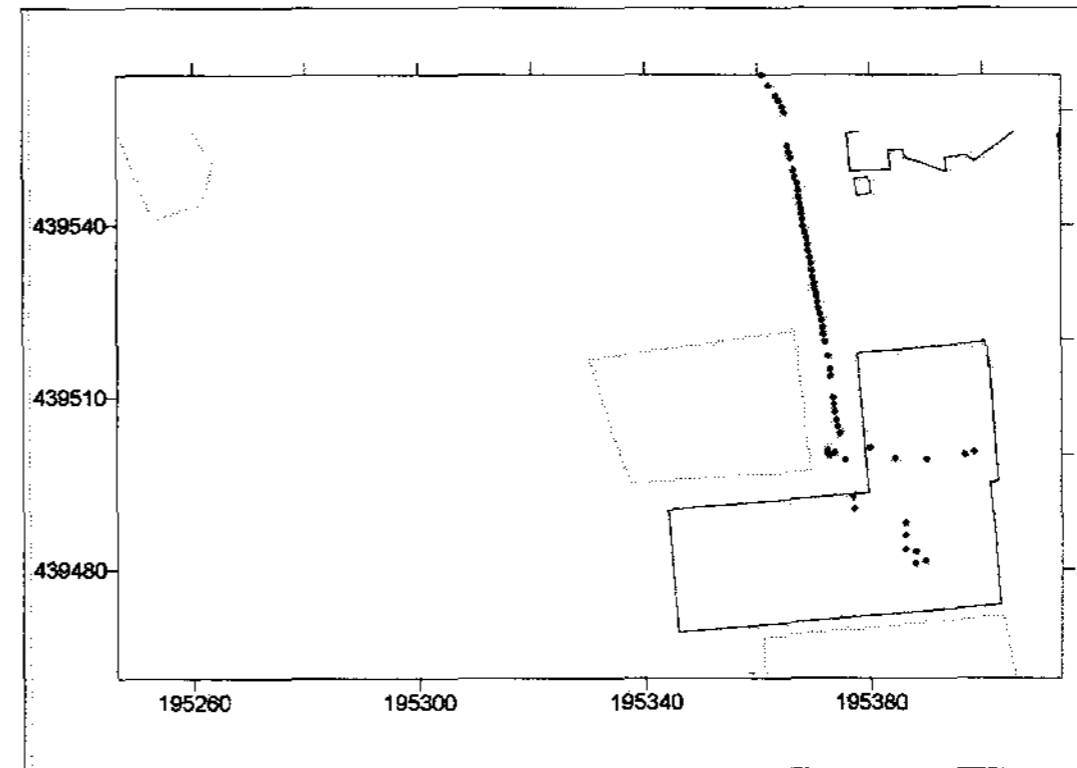
에서 GPS와 RFID 가 동시에 위치 결정을 하는 구간이 매우 짧았기 때문이다. GPS의 경우 이동체가 실외에서 관측하였음에도 불구하고 건물과 인접하였기 때문에 GPS 신호의 수신에 불안정하여 위치를 결정할 수 없었기 때문이다. 또한 RFID의 경우 건물외부에 RFID 리더기 설치되어 있지 않아 실외로 이동할수록 위치 결정의 정확도가 상당히 낮아지거나 위치를 결정하지 못하였기 때문이다. ②, ④번 경로의 경우 핸드오버 존에 존재하는 많은 점이 제거된 것으로 관측값이 취득되었다. 또한 분석전의 데이터와 비교해보았을 때, 취득된 자료의 흐름이 실외에서 실내로 이동함에 따라 명확히 연속성을 나타내어 실내에서 실외로 이동하는 ①, ③ 경로보다 정확한 경로를 보여준다.

## 5. 결론

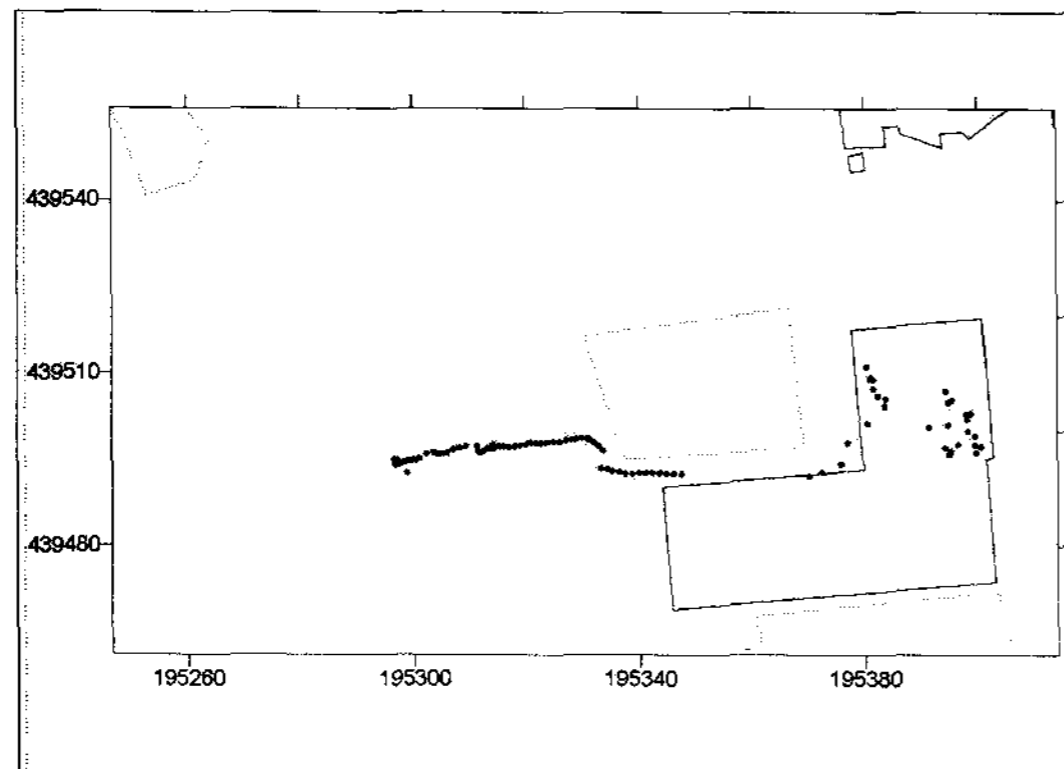
본 연구에서는 실내/외에서의 연속적인 위치 결정을 위해 GPS와 RFID의 결합에 대한 실험을 진행하였다. GPS와 RFID의 결합을 위해서는 GPS와 RFID의 신호가 동시에 존재하는 핸드오버 존에서의 데이터 분석이 중요하다. 핸드오버 존 내에서 에포크 간의 거리를 계산하여 이상점이 발생할 경우 위치 결정 센서를 교체함으로써 연속적인 위치 결정을 수행하였다. 이동체가 실내에서 실외로 이동하는 경우와 실외에서 실내로 이동하는 경우로 나누어 실험을 수행해본 결과, GPS와 RFID의 결합을 통한 연속적인 위치 결정의 가능성을 확인할 수 있었다.



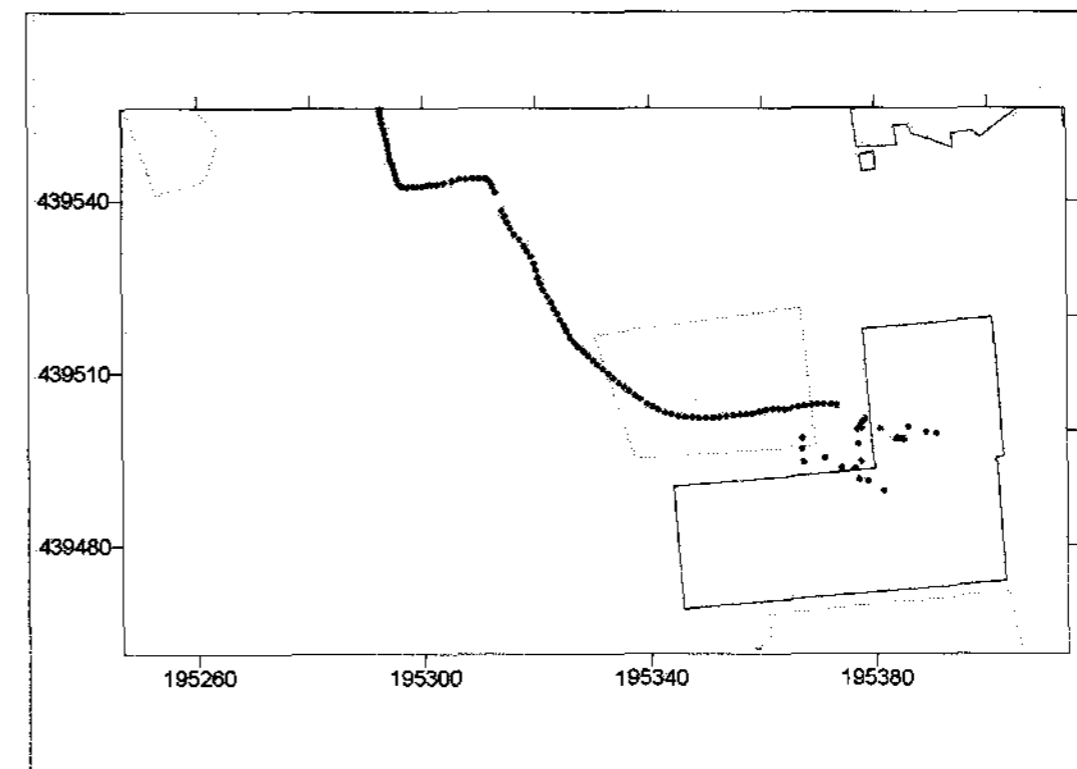
< 그림 8. ①번 경로 분석결과 >



< 그림 9. ②번 경로 분석결과 >



< 그림 10. ③번 경로 분석결과 >



< 그림 11. ④번 경로 분석결과 >

또한 실내에서 실외로 이동하는 것보다 실외에서 실내로 이동하는 경우, 보다 정확한 위치 결정이 가능한 것을 확인하였다. 향후 실내 측위에 관한 연구가 진행되어 실내 측위 정확도가 향상된다면, 연속적인 실내/외 위치 결정이 보다 정확하게 수행될 것으로 판단된다.

### 참고문헌

- 정래성, 2005. DGPS를 이용한 다목적 실시간 측량 활용 방안 연구.
- 차맹규, 2006. Active RFID 가로등을 이용한 이동체 실시간 위치결정기법 연구. 대한토목학회논문집, 27(1D): 151-157.
- 차맹규, 2006. RFID 유·무선 통합 정보 가로등을 이용한 이동체 실시간 위치추적에 관한 연구. 석사학위논문, 서울대학교.
- 최재원, 2006. 측위기준점을 이용한 무선랜의 실내측위 적용에 관한 연구. 석사학위논문, 서울대학교.
- Ho, K. and Chan, Y., 1993. Solution of performance analysis of geolocation of TDOA. IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, 29(4): 1311-1322.
- Kong, H., Kwon, Y., and Sung, T., 2004. Comparisons of TDOA Triangulation Solutions for Indoor Positioning. The 2004 International Symposium on GNSS/GPS, GNSS, Australia.
- Ni, L. M., Liu, Y., Lau, Y. C., and Patil, A. P., 2004. LANDMARD: Indoor Location Sensing Using Active RFID, Wireless Networks, 10: 701-710.