

# 위치기반서비스를 위한 통합측위시스템 설계 및 응용

임재걸\* · 주재훈\*\* · 남윤석\*\*\*

## Design and Implementation of an Integrated Positioning System for Location-Based Services

Jaegeol Yim\* · Jaehun Jo\*\* · Yoonseok Nam\*\*\*

### Abstract

Location Based Service (LBS) provides high-value added service to users and various works about LBS have been actively performed. The core technology of LBS is positioning of the users. In the field of positioning, outdoor positioning and indoor positioning are developed separately. We are proposing a design of an outdoor-indoor positioning system, implementing a prototype of the system, and verifying the usefulness of the system through experiments. Our experimental results shows that the average error of our system is 4.8 m in the case of out-door positioning and it is 3.3 m in the case of in-door positioning.

Keywords : LBS(Location Based Service), Positioning Systems, GPS, outdoor-indoor positioning systems

## 1. 서 론

위치기반서비스(LBS : Location Based Service)란 사용자가 현재 위치한 지리적 위치를 고려하여 사용자에게 유용한 정보를 제공하는 서비스를 일컫는다. 여기에서 지리적 위치란 일반적으로 위도, 경도, 고도로 결정되는 지구상의 좌표를 일컫지만, 실내에 있는 사용자에게 제공되는 서비스의 경우에는 상대적인 위치로 X, Y, Z 등의 좌표를 사용한다. 위치기반서비스의 예로 공공안전 서비스, 위치추적 서비스, 항법 서비스, 정보제공 서비스 등 부가가치가 높은 서비스들이 많이 있는데[박종현 등, 2003], 이러한 서비스를 개발 하려면 필수적으로 사용자의 위치를 파악해야 한다. 사용자의 위치를 파악하는 것을 측위(positioning)라고 한다.

측위의 대표적인 수단으로 GPS(Global Positioning System)와 GLONASS(GLObal NAVigation Satellite System)가 널리 사용된다[주재순 외 2인, 2001]. GPS는 미국, GLONASS는 러시아가 제공하는 인공위성 기반 측위데이터 제공 시스템이다. GPS 위성은 항상 지구를 향하여 전파를 발사하고 있으며, GPS 수신 장치는 이 전파를 참조하여 위성에서 송신한 신호가 수신 장치에 도달하는데 걸리는 시간을 계산하고, 이 시간에 광속을 곱하여 수신 장치까지의 거리를 계산한다. 지구상의 어떠한 수신 장치라도 4~5개의 위성으로부터 신호를 동시에 받을 수 있도록 미국 국방성은 24개의 GPS 위성을 항상 작동시킨다. 4~5개 위성의 위치와 수신 장치까지의 거리를 바탕으로 삼각측량법을 적용하여, 수신 장치는 자신의 위치를 계산한다. GPS 수신기의 원리나 제작 방법에 대해 많은 연구가 발표되었다[Bullock et al., 1997; Jefferson et al., 1996; Nielson et al., 2000; Peczalski et al., 2004]. 본 논문은 GPS 수신기가 제공하는 데이터를 응용

프로그램이 입력받는 단계이후부터 다룬다.

1990년대부터 GPS를 이용한 위치기반서비스 시스템의 개발이 매우 활발하여 선단 관리, 육상 교통 제어, 항공기 통제 등의 목적으로 무수히 많은 응용소프트웨어가 개발되었다 [Batool et al., 2005; Gerland, 1993; Liao, 2001; Lowenstein et al., 1988; Peczalski et al., 2004; Wang et al., 2002]. 이러한 GPS를 이용한 위치기반서비스는 이동물체가 모두 실외에 있다는 특징이 있다. 그 이유는 GPS 신호는 옥내에서 수신되지 않기 때문이다.

한편 옥내 위치기반서비스 시스템으로 Active Badge 시스템 [Want et al., 1992], BAT 시스템 [Harter and Hopper, 1997; Harter et al., 1999], Cricket 시스템 [Priyanthat et al., 2000], RADAR 시스템 [Bahl and Padmanabhan, 2000] 등이 있다. Active Badge는 적외선을 이용하고, BAT와 Cricket은 RF신호와 Ultrasound 신호를 이용하며, RADAR는 UDP 무선통신을 이용하여 사용자의 위치를 판정한다.

본 논문은 옥내의 통합 측위 시스템을 설계한다. 통합시스템은 옥외에서는 GPS의 신호정보를 사용하고, 옥내에서는 무선랜의 신호세기를 이용한다. 통합시스템은 먼저 사용자의 위치가 옥내 또는 옥외인지를 판단하고, 옥외에 있으면 GPS를 이용한 옥외측위 모듈을 호출하고, 옥내에 있으면 옥내측위 방법을 호출하여 사용자의 정확한 위치를 인식한다.

본 논문이 사용하는 옥외 측위 방법은 GPS를 사용한다는 점에서 기존의 연구와 다른 점이 없으나, 보간법을 이용함으로써 도면상의 사용자의 위치를 더욱 정확하게 파악할 수 있다. GPS 데이터는 일반적으로 오차가 매우 크다고 알려져 있다. 보간법은 도면상의 위치가 알려진 두 지점, A와 B에서 GPS를 이용한 좌표를 각각 측정하고, 사용자의 위치에서 측정된 GPS 데이

터에 보간법을 적용하여 사용자의 도면상의 좌표를 구하기 때문에 측위 결과가 비교적 정밀하다. 보간법을 이용하면 더 정밀한 결과를 얻는 이유는 기준 지점 A와 B의 GPS 좌표 측정치에 GPS 데이터의 오차가 이미 반영되어 있기 때문이다.

본 논문이 사용하는 옥내 측위 방법은 위에서 언급한 기존 옥내측위 시스템의 방법과 크게 다르다. 위의 방법들은 측위를 위한 특수 장비들을 사용하는데 반하여 본 논문이 사용하는 측위 방법은 기존에 무선 랜을 위하여 설치되어 있는 AP를 사용한다. 따라서 사용자는 측위 시스템이 작동 중이라는 사실을 인지하지도 않은 상태에서 측위 서비스를 받게 된다. 본 논문의 통합측위방식은 자동적으로 옥내와 옥외를 식별하여 특수 장비를 사용하지 않고 사용자의 상황을 판단하여 위치기반서비스를 제공할 수 있도록 한다는 점에서 상황인지형이라 할 수 있다.

본 논문은 옥내 측위 모듈과 옥외측위 모듈을 통합하여 통합 측위 시스템을 설계한다. 통합 시스템은 사용자가 옥내에 있는지 판단한 다음, 옥내에 있으면 옥내 측위 모듈을 가동시키고, 그렇지 않으면 옥외 측위 모듈을 가동시켜 사용자의 위치를 판단한다. 설계한 시스템의 프로토타입을 노트북 컴퓨터에 구현하여 실험한 결과도 소개한다.

## 2. 관련 연구

본 논문은 옥외뿐만 아니라 옥내에서도 측위가 가능한 옥내의 겸용 측위 도구를 설계한다. 제안하는 옥내외 겸용 측위 도구는 옥외에서는 GPS를 사용하고 옥내에서는 무선 랜을 위하여 기존에 설치된 AP를 이용한다. 특히 옥외의 경우에는 보간법을 적용하여 사용자의 도면상의 위치를 더욱 정확하게 찾아주며, 옥내의 경우에

는 기존에 설치된 AP를 사용함으로써 측위를 위한 특수 설비를 요구하는 다른 방법에 비하여 경제적이다.

옥외용 보간법은 GPS에서 수신한 데이터를 이용하는 방법 중 한 가지임으로 GPS 자체의 정확도나 성능을 제고하기 위한 연구는 본 논문과 직접적인 관련은 없으나, 관심 있는 독자는 GPS 측위 원리를 소개한 Dailey and Bell [1996], GPS 수신기의 정확도를 높이기 위한 방법을 소개한 Chen and Harigae, 2001; Juang, 2000; Kubo et al., 2000; Soubielle et al., 2002; Tsai et al., 2004; Xuchu et al., 2004; Filjar et al., 2005; Gao et al., 1999; Gupta et al., 1996; Wilson et al., 1996 등을 참조하기 바란다.

GPS 수신 장치는 오차가 크다는 단점, 건물 내 혹은 빌딩이 밀집한 지역에서 위성 신호의 수신이 불가능하여 측위가 불가능하다는 단점이 있다. 이를 극복하기 위한 방법으로 측위 장치에 GPS 수신기와 다른 보조 장치를 통합하는 방법이 Abbott and Powell, 1999; Akopian and Syrjarinne, 2002; Feng and Law, 2002; Shaojun and Choi, 2002; Sohne and Heinze, 1994 등에 소개된다. 그리고 GPS를 이용한 실용적인 시스템 구현 예가 Kussat et al., 2005; Lu and Oshima, 2002; Xu and Li, 2001; Sugimoto et al., 1989 등에 소개된다.

옥내 측위 시스템을 소개하면 다음과 같다. Active Badge[Want et al., 1992] 시스템에서는 이동물체들에 적외선을 발사하는 송신기가 부착되어 있고, 방마다 여러 개의 수신기가 고정 지점에 설치되어 있다. 적외선은 벽을 통과하지 못하기 때문에 이동물체가 어느 방에 들어오면 그 방에 설치된 고정 수신기들만 그 이동물체의 적외선을 감지할 수 있다. 수신기는 중앙컴퓨터에 연결되어 있어서 수신기에 감지된 적외선을 바탕으로 이동물체가 어느 방 안에 있다는 것을 판정한다.

이상에서 본 바와 같이, Active Badge 시스템에서는 측위를 위한 특수 장비가 필요하고, 측정할 위치의 단위가 방이라는 것을 알 수 있다.

BAT[Harter and Hopper, 1997; Harter et al., 1999] 시스템에서는 이동물체에 부착된 송신기가 고주파(RF: Radio Frequency) 신호와 초음파(ultrasound)를 송신한다. 수신기들은 천정에 행렬 모양으로 고정되어 있다. 송신기가 고주파 신호와 초음파 신호를 동시에 송신하면, 수신기는 이 두 가지 신호가 도착한 시각의 차이를 바탕으로 송신기와 수신기 사이의 거리를 구한다. 번개가 보인 시각과 천둥이 들린 시각의 차이로 번개가 친 장소와 나와의 거리를 구할 수 있는 것과 동일한 원리를 적용하는 것이다. 수신기들은 모두 중앙컴퓨터에 연결되어 있어서 중앙컴퓨터는 수신기들의 좌표와 이동물체와의 거리를 바탕으로 이동물체의 정확한 위치를 판정한다. 이상에서 본 바와 같이, BAT 시스템은 수십 cm 수준으로 정확한 위치인식이 가능하나 RF 및 초음파 전송 기능이 필요하며, 또한 초음파의 전송거리 및 각도 등에 의하여 다수의 고정노드가 필요하다.

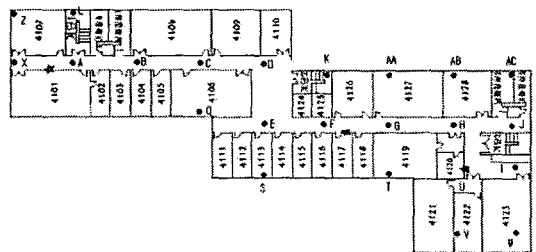
Cricket[Priyanthat et al., 2000] 시스템에서는 고정 지점에 부착된 비컨(beacon)들이 고주파 신호와 초음파 신호들을 동시에 송신하면 이동물체에 부착된 수신기가 이 신호들을 수신하고, 신호들의 도착 시각의 차이를 바탕으로 거리들을 구하고, 비컨들의 좌표와 거리를 바탕으로 자신의 좌표를 구한다. Active Badge나 BAT와 반대로 이동물체 자신이 자신의 위치를 계산하는 방식으로 이동물체의 위치를 방송하지 않으므로써 사생활이 보호되어야 하는 응용에 적합하다. Cricket 시스템은 Kalman 필터를 사용하여 수 cm 수준으로 정확한 위치 인식이 가능하나 BAT 시스템과 마찬가지로 RF 및 초음파 전송 기능이 필요하며, 또한 다수의 고정노드가

필요하다.

RADAR[Bahl and Padmanabhan, 2000] 시스템에서는 이동물체가 고정 지점에 위치한 세 개의 기준 스테이션(base station: desktop computer)에 UDP 패킷을 송신하면 기준 스테이션이 패킷의 신호 세기를 바탕으로 이동물체의 위치를 판독한다. 판독을 위하여 사용되는 기술은 K-NN(K nearest neighbor)이라는 일종의 지문(fingerprint) 방식이다.

지문 방식은 준비단계(off-line phase)와 실시간 측정 단계(on-line phase)로 구성된다. 준비 단계에서는 측위 소프트웨어가 적용되는 범위 내의 각 지점(후보지점이라고 함)에서 특징 값(RADAR에서는 UDP packet의 신호의 세기)을 측정하여(측정치를 샘플이라고 칭함), 샘플의 평균으로 찾아보기 표를 작성한다. 실시간 측정 단계에서는 사용자의 현재 위치에서 측정된 특징 값과 찾아보기 표의 내용과 비교하여 사용자의 위치를 판정한다. 이때 K 개의 가장 가까운 지점을 찾아, 이들의 평균을 사용자의 현재 위치로 판정하는 방법을 K-NN이라 한다.

RADAR 방법을 예를 들어 설명하면 다음과 같다. 옥내 측위 대상 지역의 건물 배치도가 <그림 1>과 같다고 하자. 기준스테이션 세 개를 그림의 별표처럼 거리를 두어 임의로 배치한다. <그림 1>의 까만 점(Z, X, A, ... 등의 label이 붙어 있음)을 후보지점이라 하자. RADAR에서는



<그림 1> 옥내 측위 대상 지역인 건물 4층의 배치도

〈표 1〉 찾아보기 표의 예

후보지점	RSS1	RSS2	RSS3
A	31	48	55
B	37	47	54
C	40	45	52
D	45	45	50
...	...	...	...

준비 단계에서 <표 1>과 같이 각 후보지점에서 측정된 특징 값으로 구성된 찾아보기 <표 1>을 작성한다. RADAR에서는 수신 신호의 세기(RSS : Received Signal Strength)가 특징 값으로 사용된다. 표에서 RSS1은 첫 번째 기준 스테이션에서 측정된 신호의 세기이다.

RADAR에서는 실시간 측정 단계에서 특징 값을 실측하여 찾아보기 표에서 가장 가까운 항을 K개 찾는다. 예를 들어 실시간 측위 단계에서 실측한 값이  $X = (38, 46, 53)$ 이라 하자. X와 A의 거리는  $\sqrt{(38-31)^2 + (48-46)^2 + (53-55)^2}$  (맨하탄 거리라 함)이 된다. 비슷한 방법으로 B, C, D 각각에 대한 거리를 구하면, B가 가장 가깝고, 다음은 C가 두 번째로 가깝다는 것을 알 수 있다.

K가 1이라면 X와 가장 가까운 점 하나를 찾아 현재 위치가 B라고 판정한다. K=2라면 가장 가까운 두 점, B와 C를 찾아 이들의 평균(지점이 좌표임으로 좌표의 평균)을 현재 지점으로 판정한다. 이상에서 살펴 본 바와 같이, RADAR에서는 측위를 위한 장비로 세 대의 기준 스테이션을 두고, 사용자의 위치를 기준 스테이션에서 판정한다.

측위를 위한 특수 장비가 전혀 필요 없는, 무선 랜을 이용하는 방식이 이미 여러 곳에서 발표된 바 있다. AP와 이동물체와의 거리를 D, 이동물체에서 측정된 AP의 신호세기를 S라 하

고, D와 S 사이의 상관관계를 구하여 사용자의 위치를 판정하는 방법의 실험 결과가 [Lassabe et al., 2005]에 발표되었다. 그러나 이 방법은 오차가 매우 크다[Priyanthat et al., 2000].

### 3. 옥내외 겸용 시스템 설계

본 연구가 옥내외 통합측위방식이라는 점 외에도 기존 연구와 다른 차이점을 옥외 측위와 옥내 측위 둘로 구분하여 설명하면 다음과 같다.

첫째, 본 연구에서는 사용자의 위치를 도면상에 좀 더 정확하게 표시하기 위하여 보간법을 적용한다. 본 연구에서 구현한 보간법은 도면상의 두 기준 지점 A와 B의 정확한 X, Y 좌표를 구하고, 이들의 GPS 좌표를 측정한다. 사용자의 현재 위치를 구하는 단계에서는 현재 위치에서 측정된 GPS 좌표의 A와 B의 GPS 좌표에 대한 거리로 사용자의 X, Y 좌표를 구한다.

둘째, 본 논문에서는 측위를 위한 특수 설비를 필요로 하지 않고 무선 랜용으로 기존에 설치된 AP를 사용하면서, RADAR 시스템이 채용한 바와 같은 지문 방식을 채용하여 옥내 측위 모듈을 구현한다. 이 방법은 기존의 AP를 사용함으로 다른 옥내 측위 방법에 비하여 경제적이거나 무선 랜 서비스가 제공되지 않는 지역에서는 적용이 불가능하다는 단점이 있다. 근래에는 대학캠퍼스, 회사, 백화점 등, 대부분의 건물에 무선 랜 서비스가 제공되고 있는 실정이다.

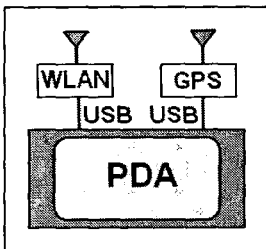
본 논문은 대학 캠퍼스나 회사, 백화점, 아파트, 공장과 같이 무선 LAN이 설치되어 있는 곳에서 옥내외 측위 모두 사용할 수 있는 옥내외 겸용 측위 장치를 설계하고, 그 프로토타입을 구현하며, 실험결과를 소개한다. 옥내외 겸용 측위 시스템은 대학이나 회사의 방문객을 위한 안내 시스템 개발에 필요한 요소 기술이

다. 안내 시스템은 휴대용 소형 단말기로 수위실에서 방문객에게 지급되며, 방문객이 일을 마치고 돌아갈 때 반납하는 형태로 사용될 수 있다. 방문객이 방문하고자 하는 곳을 안내 시스템에 입력하면 자동차의 항법장치처럼 방문 장소까지 가는 경로가 화면에 나타나며, 방문객이 이동하는 대로 경로를 실시간 수정하여 준다. 방문객이 건물내부에 들어서더라도 안내 시스템은 방문객 안내 서비스를 계속 제공한다.

본 절에서는 이러한 서비스의 핵심 기술인 옥내외 겸용 측위 시스템을 설계한다. 3.1절에는 옥내외 겸용 시스템의 전체 구조를 소개하고, 3.2절과 3.3절에서는 옥내외 겸용시스템의 핵심 컴포넌트인 옥외측위 모듈과 옥내측위 모듈을 소개한다.

### 3.1 시스템 구조

근래에 개인휴대정보단말기(PDA : Personal Digital Assistant)가 보편화되어 사용자가 증가하고 있는 실정이다. PDA에는 일반적으로 운영체제와 무선랜 카드가 설치되어 있다. 옥내외 겸용 측위 시스템에는 <그림 2>에 보이는 바와 같이 무선 LAN 카드와 더불어 GPS 수신기가 내장된다.



<그림 2> 옥내외 겸용 측위시스템 구조도

옥내외 겸용 측위 프로그램은 먼저 옥내 또는

옥외인지를 판정한다. 측위프로그램이 호출되면 무선 LAN 카드 인터페이스를 통하여 주위의 액세스 포인트를 스캔하고, 수신한 신호들의 세기를 읽어 온다. 옥내에는 일반적으로 액세스 포인트가 가까이 있기 때문에 신호의 세기가 크지만 옥외에서 읽는 신호의 세기는 일반적으로 작다. 본 논문에서 옥내 또는 옥외 판단은 모든 신호 세기가 특정 기준치(예를 들면  $-60\text{dB}$ )보다 작으면 현재 위치는 옥외라고 간주한다. 옥외라고 간주하는 경우에는 GPS 데이터를 판독하여 유효한 데이터인지 판단한다. GPS 데이터에는 현재 읽고 있는 데이터가 유효한 데이터인지를 나타내는 필드가 있다. 유효한 데이터인 경우에는 GPS 데이터로부터 위도와 경도를 읽어와 사용자의 위치를 도면위에 표시하여 준다. GPS 데이터가 유효하지 않은 경우는 현재 위치가 건물과 매우 가깝거나 높은 건물 사이인 경우로 GPS 데이터가 사용 불가능함으로 옥내측위와 동일한 방법으로 AP의 신호세기를 바탕으로 사용자의 위치를 판단한다. 한편, 기준치를 넘는 신호세기가 있는 경우에는 비록 건물 외부라 할지라도 옥내 측위 방식으로 사용자의 위치를 판단한다. 이러한 측위 전략을 의사코드로 나타내면 <그림 3>과 같다.

#### 옥내외 겸용 측위 알고리즘

```

1) RSSI를 읽는다
2) 모든 RSSI가 기준치보다 작으면(
  2-1) GPS 데이터를 읽는다. GPS 데이터가 유효하면(
    2-1-1) GPS로 위치 결정
  )
  else ( /* GPS 데이터가 유효하지 않으면
    2-1-2) 옥내측위 방식과 같은 방식으로 위치 결정
  )
else { /* RSSI 중 기준치보다 큰 값이 있으면
  2-2) 옥내측위 방식으로 위치 결정
}

```

<그림 3> 옥내외 겸용 측위 알고리즘

### 3.2 옥외측위

옥외 측위는 GPS 수신기를 사용한다. GPS 수신 모듈은 <그림 4>에 보이는 바와 같은 \$GPGGA, \$GPGSA, \$GPRMC 등의 NMEA [NMEA] 포맷 데이터를 제공한다. GPRMC 포맷은 현재시각, 위도, 경도 등의 위치정보를 가지고 있으며 GPGSA 포맷은 위성관련 정보를 가지고 있다. 그리고 GPGGA도 위치정보를 가지고 있는데, GPRMC 포맷보다 상세한 정보를 가지고 있다.

```

...
$GPGGA,100519.834,3551.7625,N,12911.7778,E,1,07,
1.1,79.0,M,,,,0000 *34
$GPGSA,A,3,26,29,08,02,06,21,10,,,,,1.9,1.1,1.5*3F
$GPRMC,100519.834,A,3551.7625,N,12911.7778,E,0.
00,213.74,190206,*0E
...
    
```

<그림 4> GPS 데이터의 예

옥외 측위 모듈은 GPS 신호정보를 USB 포트에 입력받아 \$GPRMC를 문자열 매칭으로 탐색한 다음, 세 번째 항목이 A인지 판별한다. 이 항목 값이 A이면 본 데이터가 유용한 데이터임을 나타내고 아니면 쓸 수 없는 데이터이다. 유용한 데이터이면, 4번째 항목을 읽어 위도로 하고, 다섯 번째 항목으로 북위인지 남위인지를 판가름한다. 그리고 여섯 번째 항목을 읽어 경도로 하고 일곱 번째 항목을 읽어 동경인지 서경인지를 판별한다. 이렇게 해서 GPS 경도 및 위도 좌표를 읽는다. 미국 국방성에서 민간인들이 사용하는 GPS 위성 신호에는 일부러 잡음을 삽입하여 GPS 좌표는 오차가 비교적 크다.

본 논문에서는 사용자의 위치를 판정하기 위하여 선형보간법을 사용한다. 이를 위하여 캠퍼스 상의 두 지점, A와 B에서 GPS 경위도좌표

를 측정하여 A, B의 지도상의 좌표와 GPS 좌표를 함께 프로그램에 기록하여 둔다. 사용자의 지도상의 위치 C를 구하기 위하여 사용자가 있는 현재 지점에서 GPS 좌표,  $(C_{Lon}, C_{Lat})$ 를 구한다. 기준지점 A와 B의 지도상의 좌표를 각각  $(A_x, A_y)$ 와  $(B_x, B_y)$ 라 하고, A와 B의 GPS 좌표를 각각  $(A_{Lon}, A_{Lat})$ 와  $(B_{Lon}, B_{Lat})$ 라 할 때 사용자의 현재 위치  $(C_x, C_y)$ 는 다음 식에 의하여 결정된다.

$$C_x = \left( \frac{C_{Lon} - A_{Lon}}{B_{Lon} - A_{Lon}} \right) (B_x - A_x) + A_x \quad (1)$$

$$C_y = \left( \frac{C_{Lat} - A_{Lat}}{B_{Lat} - A_{Lat}} \right) (B_y - A_y) + A_y \quad (2)$$

식 (1)에서 경도는 본초자오선을 중심으로(경도 0°)하여 동서로 각각 180°로 구분하기 때문에 전자지도의 X좌표와 관계가 있다. 식 (2)에서 위도는 적도를 중심으로(위도 0°)하여 남북으로 각각 90°로 구분하기 때문에 전자지도의 Y좌표와 관계가 있다.

### 3.3 옥내측위

본 논문은 옥내 측위 방법으로 2절에서 소개한 RADAR와 같은 K-NN 방법을 적용한다. 단, RADAR가 UDP 패킷의 신호 세기들로 지문을 구성한데 반하여 본 논문은 AP의 신호 세기들로 지문을 구성한다. 옥내측위 모듈은 사전준비단계 모듈과 실시간 측정단계 모듈로 구성된다. 사전준비단계 모듈은 사용자 영역의 지도(도면)를 화면에 출력하고, 사용자가 후보지점으로 직접 가서 도면상의 해당 지점을 클릭하면 AP의 신호 세기들을 판독하여 마우스 클릭 X, Y 좌표와 함께 파일에 기록한다. 이때, 옥외측위의 기준지점의 경우처럼 마우스 클릭 픽셀의

위치를 좀더 정확하게 구하기 위하여 도면의 후보지점 부근을 확대하여 출력해 준다.

실시간 측정 단계 모듈은 <표 2>에 보이는 바와 같은 K-NN 알고리즘을 수행한다. 알고리즘의 인수 MacLookupTable은 사전준비단계 모듈이 작성한 찾아보기 표이며, items는 사용자의 위치에서 실시간으로 측정된 각 AP들의 신호세기로 구성된 배열이고, tablesize는 MacLookupTable의 행의 수이며, k는 K-NN의 k 값

으로 사용자의 위치를 판정하기 위하여 살펴 볼 가장 가까운 후보지점들의 수를 나타낸다.

5번 for 문장은 MacLookupTable의 각 행의 RSSI에 대하여 items의 맨하탄 거리를 구하여 SimililyList에 삽입 정렬한다. 이때 MacLookupTable의 index, 즉 행 번호를 함께 삽입한다. 7번의 for 문장은 index 값을 참조하여 해당 지점의 X, Y 좌표를 찾아서 xy\_list라는 배열을 만든다. 즉, xy\_list의 첫 번째 항은 items와 가장

<표 2> K-NN 알고리즘 구현

```

algorithm k_nn_location(MacLookupTable,
                        items, tablesize, int k)
// K-NN 알고리즘을 사용하여 현재위치를 찾음.
// 사전조건 MacLookupTable은 <표 1>과 같이 각 후보지점별로
// AP의 신호값을 가지고 있는 배열
// items는 실측에 의한 AP별 신호값 배열
// tablesize는 MacLookupTable의 지점 개수
// k는 K-NN 알고리즘의 'K'
// 사후조건 : 없음

1 int SimilarityList[location_number]
  // 지점 좌표, aSimilarity 값을 가진 배열
2 int xy_list[location_number]
  // SimilarityList를 similarity 값을 기준으로 작은 순서로
  // 정렬한 후, x, y 좌표만 순서대로 복사하여 얻은 배열
3 int aSimilarity // 샘플과 실측 벡터와의 맨하탄 거리
4 int avg_X, avg_Y // K-NN의 평균값
5 for(i=1; I <= tablesize; i++)
  1 실측벡터와 샘플 i간의 맨하탄 거리를
    aSimilarity에 반환
  2 (aSimilarity, i) 값을 SimilarityList에 삽입정렬 // index만 삽입
6 end loop
7 for(i=1; I <= tablesize; i++)
  1 SimilarityList[i] 지점의 x좌표를 알아내
    xy_list[i].x에 대입
  2 SimilarityList[i]의 지점의 y좌표를 알아내
    xy_list[i].y에 대입
8 end loop
9 for(i=1; I <= k; i++)
  1 avg_x += xy_list[i].x
  2 avg_y += xy_list[i].y
10 end loop
11 avg_x = avg_X / k
12 avg_Y = avg_Y / k
13 PictureBox에 현재위치(avg_X, avg_Y)를 그려준다.
end k_nn_location

```



가까운 MacLookupTable 항에 해당하는 지점의 X, Y 좌표이고 두 번째 항은 두 번째로 가까운 항의 좌표이다. 9번 for 문장은 xy\_list의 처음 k개의 항목의 평균을 구하는데, 7번 for 문장에서 xy\_list에 후보지점의 X, Y 좌표를 가까운 순서로 삽입하였으므로, 곧 k개의 가장 가까운 후보지점의 평균을 구하는 것이다.

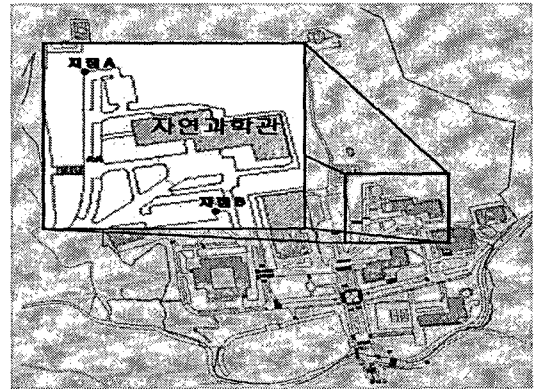
#### 4. 실험

제안하는 옥내의 측위시스템의 프로토타입을 노트북 컴퓨터에 구현하였다. 옥외 측위에 사용되는 GPS 수신 모듈은 (주)제이콤의 모델 X-150이며 노트북 컴퓨터의 USB 포트에 연결한다. 옥내 측위 모듈은 랜 카드가 읽는 AP로부터 수신되는 신호의 강도를 바탕으로 위치를 측정한다. 사용하는 랜 카드는 Intel(R) PRO/Wireless 2200BG Network Connection이다. 프로그램 개발 도구로는 Microsoft Visual C# 2005를 사용한다.

본 논문이 설계하는 옥내의 측위 시스템의 옥외 측위 모듈은 사용자가 보간법을 위한 기준지점을 지정할 수 있는 메뉴를 제공한다. 사용자가 이 메뉴를 선택하면 측위 모듈은 사용 영역의 지도를 화면에 출력한다. 사용자는 기준지점으로 직접 가서 기준지점을 도면상에 마우스로 클릭한다. 이때 마우스 클릭 픽셀의 위치를 더욱 정확하게 구하기 위하여 기준지점 부근을 크게 확대하여 화면에 출력하여 준다. 측위 모듈은 마우스 클릭 픽셀의 X, Y 좌표로 기준지점의 지도상의 X, Y 좌표를 계산하고, GPS 데이터를 수신하여 경위도와 함께 파일에 기록하여 두고, 실시간 측위 단계에 이 기준점 데이터를 참조하여 보간법을 적용한다.

옥외 측위에서 보간법을 사용하기 위한 두 기준 지점은 <그림 5>에 보이는 건물 밖의 A와

B지점을 사용하였다. 두 지점의 지도상의 좌표와 GPS 좌표는 <표 3>과 같다. 건물 주변에서 사용자의 현재 위치를 나타내는 도면상의 X, Y 좌표를 보간법으로 구한 좌표와 비교하는 실험을 200회에 걸쳐 실시한 결과 구현한 측위 시스템의 오차가 <표 4>에 요약되어 있다. 2m~4m의 오차로 위치를 찾는 경우가 61회로 가장 많았고, 두 번째로 4m~6m 오차로 위치를 찾는 경우가 51회였다. 200회 실측의 평균 오차거리는 4.875m이었다.



<그림 5> 보간법을 위한 두 기준 지점

<표 3> 보간법을 위한 두 기준점의 지도상의 좌표와 GPS 좌표

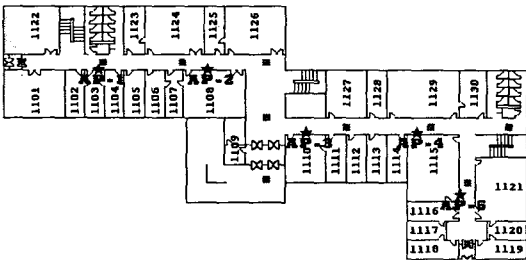
	전자지도의 좌 표		GPS 경위도좌표	
	X	Y	위 도	경 도
지점 A	1842	1140	N 35°51 ' 48.7 "	E 129°11 ' 44.72 "
지점 B	2112	1566	N 35°51 ' 45.01 "	E 129°11 ' 47.5 "

<표 4> 옥외 실험 결과 요약

오차범위	0M~1M	1M~2M	2M~4M	4M~6M	6M~8M
측정횟수	11	17	61	51	33
비율	5.5%	8.5%	30.5%	25.5%	16.5%
평균 오차거리 = 4.875M					

자연과학관 외부로부터 내부로 이동하면서 위치를 측정하는 실험을 수행하였다. 자연과학관 1층의 도면은 <그림 6>과 같다. 건물 내로 미처 들어오기 전, 계단을 올라오자마자 <그림 3>에 소개하였던 옥내의 검용 측위 알고리즘은 이미 건물 내부로 판정하여 옥내측위 모듈을 호출하기 시작하였다. 사용자의 입장에서는 옥내측위 모듈을 호출하던 옥외측위 모듈을 호출하던 관심이 없고 다만 화면상에 본인의 위치가 정확하게 표시되는지에만 관심이 있다.

<그림 6>의 '■'로 표시된 지점을 돌아다니며 100회 실측한 결과 98번은 정확한 측위 결과를 보였으나 2번은 이웃 지점을 현재 지점으로 반환하는 결과를 보였다. 이웃 지점을 반환한 결과는 <그림 6>의 제일 왼쪽 복도 끝에 보이는 지점에서 발생하였다.



<그림 6> 자연과학관 1층

옥내 측위 모듈의 정확도를 검증하기 위하여 대상 실험실(마이크로컴퓨터 실험실)을 1m 단위의 격자 모양으로 분할하여 교차지점을 후보지점으로 삼아 측위 실험을 실시하였다. 사전조사표를 작성하기 위하여 각 후보지점마다 100개의 샘플을 채취하여 평균값을 후보지점의 지문으로 삼았다. 실시간 측정 단계에서 사용자의 위치에 해당하는 지문, 즉 각 AP의 신호의 세기를 10회 측정치의 평균으로 했을 때 측위 결과의 평균 오차는 2.4m였고, 1회 측정치를 사용하였을 경우에는 3.3m였다.

위의 실험으로부터 본 통합측위시스템은 실외에서는 보도를 비롯한 모든 길 단위의 정확도를 보장하고 옥내에서는 강의실 단위의 정확도를 보장한다는 것을 알았다.

## 5. 결 론

본 논문은 PDA 기반 옥내의 검용 측위 시스템의 설계안을 제안하고, 제안한 시스템의 프로토타입을 구현한 다음 실험을 통하여 제안한 시스템의 정확도를 검증하였다. 실험 결과 제안한 옥내의 측위 시스템은 옥외에서는 평균오차가 약 4.8m이고, 옥내에서는 약 3.3m였다. 이러한 정확도이면, 옥외에서는 인도를 포함한 모든 길을 구별할 수 있는 정도이고 옥내에서는 강의실 단위의 정확한 사용자 위치를 제공할 수 있다.

본 연구에서 설계한 옥내의 통합측위시스템은 다양한 영역에 응용될 수 있다. 첫째, 이 시스템은 캠퍼스 방문객을 위한 안내 시스템, 회사나 공장 방문객을 위한 안내시스템 개발에 핵심 기술로 제공될 수 있다. 이러한 방문객 안내 서비스는 백화점이나 대형마트의 카드에 장착되어 고객 안내 서비스로 사용될 수도 있다. 현재는 백화점이나 대형마트에서 원하는 물품을 사기 위하여 이곳저곳 찾아다니다가 시간도 많이 허비하고 충동구매도 많이 하게 된다. 이러한 사례는 결국 소비자의 만족도를 저하시키고, 좀 비싸더라도 차라리 집 근처에서 필요할 때마다 장을 보고 마는 소비자의 경향을 야기한다. 고객안내 서비스는 고객을 원하는 물품이 있는 곳으로 정확하게 안내하여 줌으로써 시간을 절약하여 주고 고객의 만족도를 제고한다.

둘째, 본 연구의 통합측위시스템은 박물관을 비롯한 관광지에서 유비쿼터스 기술과 결합하여 상황인지형 위치기반의 U-관광 서비스에 적용될 수 있다. 관광지 현장에서 특정 관광자원

(탑, 불상, 고건축물 등)을 자동으로 식별하는데 본 연구의 시스템이 적용되면, 관광객은 자동적으로 관광자원을 식별하게 되고 인터넷의 문화 콘텐츠를 현장에서 바로 받아볼 수 있게 된다. 이는 관광객 유치를 통해 다양한 관광지의 새로운 수입원이 될 수 있으며, 체험관광의 새로운 형태가 될 수 있다.

향후 연구 과제로 본 연구에서 개발한 측위시스템의 성능을 개선하기 위한 알고리즘 개발과 측위 시스템을 이용한 실제 응용소프트웨어를 개발하고자 한다.

## 참 고 문 헌

- [1] 박종현, 김문구, 백종현, “위치기반서비스(LBS)의 산업구조 분석 및 시장개발전략 방향”, *한국통신학회지(정보통신)*, 제20권 제2호, 2003. pp. 92-102.
- [2] 주재순, 염경환, 이상정, “GPS/GLONASS 통합 수신용 RF 진단부의 설계 및 제작”, *정보과학회논문지*, 제12권 제4호, 2001, pp. 1226-2285.
- [3] Abbott, E. and Powell, D., “Land-vehicle navigation using GPS”, *Proceedings of the IEEE*, Vol. 87, Issue 1, Jan. 1999, pp. 145-162.
- [4] Akopian, D. and Syrjarinne, J., “A network aided iterated LS method for GPS positioning and time recovery without navigation message decoding”, *2002 IEEE Position Location and Navigation Symposium*, April 2002, pp. 77-84.
- [5] Bahl, P. and Padmanabhan, V., “RADAR : An in-building RF-based user location and tracking system”, *INFOCOM 2000*, Mar. 2000, pp. 775-784.
- [6] Batool, F., Raheed, H., Azim, M., and Khan, S.A., “An Optimal Route & Vehicle Assignment Fleet Management System with Real-Time Monitoring”, *First International Conference on Information and Communication Technologies*, ICICT 2005. Aug. 27-28, 2005, pp. 344-344.
- [7] Bullock, J. B., King, T. M., Kennedy, H. L., Berry, E. D., and Zanfino, G., “Test results and analysis of a low cost core GPS receiver for time transfer applications”, *Proceedings of the 1997 IEEE International Frequency Control Symposium*, May 28-30, 1997, pp. 314-322.
- [8] Chen, G. and Harigae, M., “Using IMM adaptive estimator in GPS positioning”, *(SICE 2001) Proceedings of the 40th SICE Annual Conference. International Session Papers*, Vol. 25, No. 27, July 2001, pp. 78-83.
- [9] Dailey, D. J. and Bell, B. M., “A method for GPS positioning”, *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, Vol. 32, No. 3, July 1996, pp. 1148-1154.
- [10] Feng, S. and Law, C. L., “Assisted GPS and its impact on navigation in intelligent transportation systems”, *Proceedings of the IEEE 5th International Conference on Intelligent Transportation Systems*, 2002. pp. 926-931.
- [11] Filjar, R., Basic, L. and Kos, T., “Differential Satellite Positioning Accuracy for LBS: A Zagreb Case Study”, *18th International Conference on Applied Electromagnetics and Communications*, ICECom 2005, Oct. 12-14, 2005, pp. 1-4.
- [12] Gao, X., Dai, Y., and Wang, K., “A study on the self-difference GPS positioning by

- dynamic and fictitious datum station”, *Proceedings of the IEEE International Conference Vehicle Electronics (IVEC '99)*, Vol. 1, Sept. 6-9, 1999, pp. 16-18.
- [13] Gerland, H.E., “ITS Intelligent Transportation System : fleet management with GPS dead reckoning, advanced displays, smartcards, etc”, *Proceedings of the IEEE-IEE Vehicle Navigation and Information Systems Conference*, Oct. 12-15 1993, pp. 606-611.
- [14] Gupta, S.K., Foong Sui Jin, and Khoo Aik Leong, “An intelligent Small Area DGPS”, *IEEE Position Location and Navigation Symposium 1996*, April 22-26 1996, pp. 169-173.
- [15] Harter, A. and Hopper, A., “A New Location Technique for the Active Office”, *IEEE Personal Communications 4*, 5, Oct. 1997, pp. 43-47.
- [16] Harter, A., Hopper, A., Steggle, P., Ward, A., and Webster, P., “The Anatomy of a Context-Aware Application”, *Proc. 5th ACM MOBICOM Conf.* Seattle, WA, Aug. 1999.
- [17] Higuchi, H., Saito, M., Iwahashi, T., and Usui, S., “Network based high accuracy realtime GPS positioning for GCP correction of high resolution satellite imagery”, *Proceedings. 2004 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, IGARSS '04*. Vol. 6, 2004, pp. 3906-3909.
- [18] Jefferson, D. C., Lichten, S. M., and Young, L. E., “A test of precision GPS clock synchronization”, *Proceedings of the 1996 IEEE International Frequency Control Symposium, 1996*. 50th. June 5-7 1996, pp. 1206-1210.
- [19] Juang, J., “On GPS positioning and integrity monitoring”, *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, Vol. 36, Issue 1, Jan. 2000, pp. 327-336.
- [20] Kubo, Y., Ito, A., Kihara, M., and Sugimoto, S., “Carrier phase GPS positioning and ambiguity resolution by using  $H_{\infty}$  filters”, *Proceedings. 9th IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication, 2000*. RO-MAN 2000, Sept. 27-29, 2000 pp. 41-46.
- [21] Kussat, N. H., Chadwell, C. D., and Zimmerman, R., “Absolute positioning of an autonomous underwater vehicle using GPS and acoustic measurements”, *IEEE Journal of Oceanic Engineering*, Vol. 30, No. 1, Jan. 2005, pp. 153-164.
- [22] Lassabe, F., Canalda, P., Chatonnay, P., and Spies, F., “A Friis-based calibrated model for WiFi terminals positioning”, *Sixth IEEE International Symposium on a World of Wireless Mobile and Multimedia Networks, 2005*. WoWMMoM 2005. June 13-16 2005, pp. 382-387.
- [23] Liao, Z., “Taxi dispatching via Global Positioning Systems”, *IEEE Transactions on Engineering Management*, Vol. 48, No. 3, Aug. 2001, pp. 342-347.
- [24] Lowenstein, G., Phanos, J., and Rish, E., “Sole means navigation in US Navy aircraft”, *IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine*, Vol. 3, No. 8, Aug. 1988, pp. 16-22.
- [25] Lu, Y. and Oshima, M., “3-D reconstruction of the underwater acoustic images using

- the GPS positioning and the image matching technology”, *MTS/IEEE Oceans '02*, Vol. 4, Oct. 29-31, 2002, pp. 2273-2278.
- [26] Nielson, J., Keefer, J., and McCullough, B., “SAASM : Rockwell Collins' next generation GPS receiver design”, *IEEE 2000 Position Location and Navigation Symposium*, March 13-16, 2000, pp.98-105.
- [27] NMEA <http://www.gpsinformation.org/dale/nmea.htm> (National Marine Electronics Association).
- [28] Peczalski, A., Kriz, J., Carlson, S. G., and Sampson, S. J., “Military/civilian mixed-mode Global Positioning System (GPS) receiver (MMGR)”, *Proceedings of the 2004 IEEE Aerospace Conference 2004*, Vol. 4, Mar. 6-13, 2004, pp. 2697-2703.
- [29] Priyanthat, N., Chakraborty, A. and Balakrishnan, H., “The Cricket Location-Support System”, *Proc. of 6th ACM International Conference on Mobile Computing and Networking*, Boston, MA, Aug. 2000.
- [30] Sohne, W., Heinze, O., and Groten, E., “Integrated INS/GPS system for high precision navigation applications”. *IEEE Position Location and Navigation Symposium*, April 11-15, 1994, pp. 310-313.
- [31] Soubielle, J., Fijalkow, I., Duvaut, P., and Bibaut, A., “GPS positioning in a multipath environment”, *IEEE Transactions on Signal Processing*, Vol. 50, Issue 1, Jan. 2002, pp. 141-150.
- [32] Sugimoto, Y., Kurihara, N., Kiuchi, H., Kaneko, A., Sawada, F., Shirado, T., and Saburi, Y., “Development of GPS positioning system 'PRESTAR'”, *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, Vol. 38, No. 2, Apr. 1989, pp. 644-647.
- [33] Tsai, Y., Yang, W., Chang, F., and Ma, C., “Using multi-frequency for GPS positioning and receiver autonomous integrity monitoring”, *Proceedings of the 2004 IEEE International Conference on Control Applications*, Vol. 1, Sept. 2-4, 2004, pp. 205-210.
- [34] Wang, K., Chuang, C. P., Li, H.W., and Lu, Y. C., “Internet marine transport container global positioning service (IMTCGPS)”, *IEEE 5th International Workshop on Networked Appliances, 2002. Liverpool. Proceedings*, Oct. 30-31, 2002, pp. 127-130.
- [35] Want, R., Hopper, A., Falcao, V., and Gibbons, J., “The Active Badge Location System”, *ACM Transactions on Information Systems*, Vol. 10, No. 1, January 1992, pp. 91-102.
- [36] Wilson, T. C., Barth, J. A., Pierce, S. D., Kosro, P. M., and Waldorf, B. W., “A Lagrangian drifter with inexpensive wide area differential GPS positioning”, *MTS/IEEE Conference Proceedings OCEANS '96*, Vol. 2, Sept. 23-26, 1996, pp. 851-856.
- [37] Xu, Y. and Li, S., “Application of integrated GPS positioning technique to hot-iron transportation dispatching management”, *Proceedings International Conference on Radar*, Oct. 15-18, 2001, pp. 171-174.
- [38] Xuchu Mao, Wada, M., and Hashimoto, H., “Nonlinear iterative algorithm for GPS positioning with bias model”, *Proceedings of The 7th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems*, Oct. 3-6, 2004, pp. 684-689.

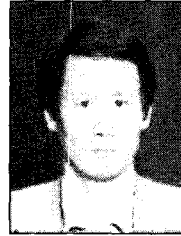
## □ 저자소개



### 임재걸

현재 동국대학교(경주캠퍼스) 공학대학 컴퓨터멀티미디어학과 교수로 재직 중이다. 일리노이 주립대학교에서 컴퓨터 과학 박사 학위를 취득하였다.

다. 주요 관심 분야는 페트리 넷 이론과 응용, 시스템 분석, 컴퓨터 네트워크, 인공지능 등이다. 한국정보과학회 논문지, 한국정보처리학회 논문지, 대한전자공학회 논문지, 멀티미디어학회 논문지, Information Sciences 등에 다수의 논문을 게재하였다.



### 주재훈

현재 동국대학교(경주캠퍼스) 상경대학 전자상거래학과 교수로 재직 중이다. 부산대학교에서 경영학박사 학위를 취득하였다. 주요 관심분야는 전자상거래와 e-비즈니스 전략/모형/개발방법론, 시맨틱 웹, 전자지불시스템, 웹기반 DSS 등이다. 경영학연구, 경영정보학연구, 한국경영과학회지, Information Systems Management, International Journal of Industrial Engineering, Expert Systems with Applications 등에 다수의 논문을 게재하였다.

다. 주요 관심분야는 전자상거래와 e-비즈니스 전략/모형/개발방법론, 시맨틱 웹, 전자지불시스템, 웹기반 DSS 등이다. 경영학연구, 경영정보학연구, 한국경영과학회지, Information Systems Management, International Journal of Industrial Engineering, Expert Systems with Applications 등에 다수의 논문을 게재하였다.



### 남윤석

현재 동국대학교(경주캠퍼스) 공학대학 정보통신공학과 부교수로 재직 중이다. 경북대학교에서 공학박사 학위를 취득하였다. 한국전자통신연구원(ETRI)에서 연구원/선임연구원/책임연구원으로 재직하였다. 주요논문으로는 ATM 트래픽 제어, FR/ATM 연동, E-PON, 저속 WPAN 등 다수이며, 최근의 주요 연구분야는 저속 WPAN, 고속 WPAN, 센서네트워크, 홈네트워크 등이다.

다. 주요 관심분야는 전자상거래와 e-비즈니스 전략/모형/개발방법론, 시맨틱 웹, 전자지불시스템, 웹기반 DSS 등이다. 경영학연구, 경영정보학연구, 한국경영과학회지, Information Systems Management, International Journal of Industrial Engineering, Expert Systems with Applications 등에 다수의 논문을 게재하였다.