

옥내외 겸용 측위 방법

임재걸^{*}, 이계영^{**}, 심규박^{***}

요 약

위치기반 서비스는 사용자의 지리적인 현재 위치를 기반으로 사용자에게 제공되는 서비스를 일컫는다. 위치기반 서비스는 고부가가치를 제공하기 때문에 기업, 산업, 그리고 개인 생활에까지 널리 적용되고 있다. 사용자의 위치 판단(측위)은 위치기반 서비스 시스템 구축에 반드시 필요한 요소 기술이다. GPS로 인하여 건물 외부에서의 측위는 성공적으로 실용되고 있으나, 옥내 측위는 많은 전략이 발표되었음에도 불구하고 일반적인 해법이 아직도 존재하지 않는다. 성공적인 옥내 측위 해법이 존재하지 않는 이유 중 하나는 현존하는 대부분의 측위 전략이 전적으로 측위에만 사용되는 특수 장치를 사용하기 때문이다. 본 논문에서는 부가적인 장비를 사용하지 않는 옥내 측위 전략을 소개한다. 또한, 제안하는 옥내 측위 전략과 GPS 기반의 옥외 측위 방법을 통합하여 옥내외 겸용 측위 시스템을 구축하고, 이 시스템의 실험 결과를 소개한다.

Indoor-Outdoor Positioning Method

Jae-Geol Yim^{*}, Gye-Young Lee^{**}, Kyu-Bark Shim^{***}

ABSTRACT

Location-Based Service (LBS) is a service provided to the user based on the user's current geographic location. Since LBS provides a higher value-added service, LBS has been applied on various businesses, industries and even on personal lives. Positioning users is the essential technology in building an LBS system. Thanks to GPS (Global Positioning System), positioning outdoor is successfully used in practice. However, there is not a general solution for indoor positioning yet, even though many strategies for indoor positioning have been introduced. One of the reasons for the lack of successful indoor positioning is that most of the existing indoor positioning strategies require special equipments dedicated for positioning. This paper introduces an indoor positioning strategy that does not require any additional equipments. Integrating our indoor positioning strategy with GPS-based outdoor positioning, we have implemented an indoor-outdoor positioning system. Experimental results of the system is also introduced.

Key words: Location Based Service(위치기반 서비스), Indoor-Outdoor Positioning(옥내외 겸용 측위), Global Positioning System(위성항법장치)

1. 서 론

위치기반 서비스(LBS: Location Based Service)란 사용자가 지정한 지리적 위치나 혹은 사용자가

현재 위치한 지리적 위치를 고려하여 사용자에게 유용한 정보를 제공하는 것을 말한다. 여기에서 지리적 위치란 위도와 경도로 결정되는 지구상의 2차원적인 좌표나 위도, 경도, 그리고 고도로 결정되는 3차원적

※ 교신저자(Corresponding Author) : 심규박, 주소 : 경북 경주시 석장동 707(780-714), 전화 : 054)770-2245, FAX : 054)770-2520, E-mail : gpshim@dongguk.ac.kr

접수일 : 2006년 4월 7일, 완료일 : 2006년 6월 20일

* 정회원, 동국대학교 과학기술대학 컴퓨터멀티미디어학과 교수

(E-mail : yim@dongguk.ac.kr)

** 정회원, 동국대학교 과학기술대학 컴퓨터멀티미디어학과 교수

(E-mail : lky@dongguk.ac.kr)

*** 정회원, 동국대학교 과학기술대학 정보통계학과 교수

인 좌표를 일컫는다. 근래에 무선이동 단말기를 통하여 사용자에게 제공되는 위치기반 서비스에는 다음과 같은 것들이 있다[1].

첫째, 사용자가 지정한 혹은 사용자의 위치에서 가장 가까운 장소, 생산물, 서비스를 찾아주는 디렉터리 서비스, 둘째, 사용자의 위치를 찾아주는 게이트웨이 서비스, 셋째, 주어진 장소의 이름, 거리와 번지, 혹은 우편번호에 대한 지리적 위치를 결정하여 주는 지오코더(geocoder)와 반대로 지리적 위치를 입력받아 완벽한 주소를 찾아주는 역 지오코더(reverse geocoder)를 포괄적으로 지칭하는 위치 유틸리티 서비스, 넷째, 모바일 단말기 상에 지리적인 정보를 표현하는 서비스를 일컫는 표현 서비스, 다섯째, 사용자에게 적당한 경로를 제공하는 경로 서비스 등이 있다. 이와 같이 위치기반 서비스는 일반적으로 사용자에게 매우 유용한 정보를 제공하기 때문에 위치기반 서비스를 제공하는 시스템 개발이 활발히 진행되고 있다 [2-5].

위치기반 서비스를 개발하려면 필수적으로 사용자의 위치를 파악해야 한다. 사용자의 위치를 파악하는 측위 방법은 옥외용과 옥내용으로 구분되며, 옥외용은 GPS (Global Positioning System) 방법이 일반적으로 사용되고 있다. 옥내용으로 크리켓[6], 액티브벡지[7] 등 다양한 시스템이 소개된 바 있는데, 기존의 이러한 방법들은 실내의 일정 영역에 적외선 센서를 부착하거나, 천정에 초음파와 RF 신호 발생기를 부착하는 등 특수한 환경을 꾸며주어야 작동한다. 측위 방법 중, RADAR[8]의 경우는 위치가 고정된 세 개의 베이스 스테이션이 사용자의 위치를 측정한다. RADAR가 채용한 위치 측정 방법은 일종의 테이블 찾아보기 (look-up) 방법으로써 오프라인 단계에서 찾아보기 테이블을 생성한다. 즉, 건물 곳곳에서 이동단말기로부터 패킷을 브로드캐스트하면 신호의 세기를 각 베이스 스테이션이 측정하여, 사용자 지도상의 x, y 좌표와 신호의 세기를 함께 테이블에 기록한다. 실제 사용 단계에서는 사용자가 보내는 신호의 세기와 가장 근접한 항을 테이블에서 찾아서 그 항의 지도 좌표를 사용자의 현재 위치로 찾아 준다.

본 논문에서는 대학 캠퍼스에서 사용될 수 있는 옥내의 경용 측위 시스템을 제안한다. 오늘날, 대부분의 대학이 무선 LAN 서비스를 제공함에 따라, 이

동 단말기를 소유한 사용자는 캠퍼스 내, 어디에서든지 액세스 포인트를 통하여 LAN 접근이 가능하다. 따라서 본 논문은 액세스 포인트의 신호 세기를 이용하여 RADAR가 채용한 방식으로 사용자의 위치를 측정하는 옥내측위 방법을 제안한다. 실외에서는 GPS 데이터로 위치를 판단하되 액세스 포인트의 신호 세기를 보조적으로 사용하는 방법을 채택한다. 제안하는 방법을 적용하여 캠퍼스용 옥내의 측위 시스템을 구현하고 실험 결과를 소개한다.

2. 관련 연구

사용자의 지리적 위치를 관측하는 측위 관련 연구는 옥외 측위 관련 연구와 옥내 측위 관련 연구로 대별할 수 있다. 옥외 측위에서는 GPS를 이용하는 방법과 이동통신망 방식 등이 있는데, GPS 방식이 성공적으로 실용되고 있다. GPS는 미국정부가 군사 목적으로 구축한 항법지원 시스템으로 GPS 신호의 일부를 민간인이 사용할 수 있도록 허용하여, 대부분의 위치기반 서비스 시스템이 GPS를 이용하고 있다. GPS 데이터에는 거리오차, 위성의 배치상황에 따른 기하학적인 오차 증가 그리고 미국방성이 실시하는 선택적 이용성에 의한 오차 등이 내재되어 있다.

따라서 GPS 데이터의 정확도를 제고하기 위한 많은 방법이 소개되었는데, DGPS(Differential GPS)는 정확한 위치를 알고 있는 장소에서 측정한 GPS 데이터의 오차를 사용자 측위에 반영하는 방법으로 매우 정확한 결과를 생성한다[9]. 이동통신망 방식과 GPS 방식을 통합하여 GPS 신호가 잡히지 않는 건물 밀집 지역이나 지하에서는 이동통신망 방식을 보조적으로 사용하는 방법이 [10]에 소개되어 있다. 한편, [11]에는 칼만 필터와 간략하기 작업을 반복적으로 적용하여 GPS 데이터의 정확성을 높이는 방법이 소개되어 있다.

본 연구와 직접적으로 관련이 많은 옥내 측위 방법으로는 서론에서 언급한 크리켓, 액티브벡지, 그리고 RADAR가 대표적이다. 근래에 발표된 방법으로는 센서 네트워크에서 블루투스 센서로부터 신호의 세기를 읽어 거리를 계산하고 삼각측량법을 적용하여 위치를 판단하는 방법이 [12,13]에 소개되고 있으며, 적외선의 입사각으로부터 사용자의 위치를 판단하는 방법을 옥내 측위에 적용한 사례가 [14]에 소개

되어 있다. 라디오 주파와 초음파를 발사하고 감지할 수 있는 무선센서, 혹은 RFID(Radio Frequency Identification)를 실내 곳곳에 설치하여 사용자의 위치를 판독하는 방법이 [15, 16] 등에 소개되고, RFID 자체를 설계하는 방법도 [17] 등 여러 곳에 소개되어 있다.

국내 논문지에 발표된 위치 측정 관련 연구 결과를 검색한 결과, 다음과 같은 세 논문이 검색되었다. [18]에 3차 스플라인 보간법을 이용한 선형위치 추정 함수의 오차를 감소시키는 방법과 [19]에 GPS와 GLONASS(The Russian Global Navigation Satellite System)를 통합하여 위치를 측정하는 방법이 옥외용으로 소개되었다. [20]에는 UWB(Ultra Wideband)를 이용한 옥내 측위 방법의 정확도를 시뮬레이션 방법으로 보이는 연구 결과가 소개되어 있다. 본 논문이 제안하는 방법은 옥내외 겸용이며, 기존의 무선 LAN(Local Area Network)을 위한 액세스 포인트를 사용한다는 특징이 있다.

3. 시스템 설계

본 논문에서 제안하는 옥내외 겸용 측위 시스템은 호출되면 즉시 무선 LAN 카드로 하여금 주위의 액세스 포인트를 스캔하도록 하고, 수신한 신호들의 세기(RSS: Received Signal Strength)를 읽어 온다. 신호 세기가 모두 기준치(본 실험에서는 -60dB)보다 작으면 현재 위치는 옥외라고 간주한다. 옥외라고 간주하는 경우에는 GPS 데이터를 판독하여 유효한 데이터인지 판단한다. 유효한 데이터인 경우에는 GPS 데이터로부터 위도와 경도를 읽어와 사용자의 위치를 지도위에 표시하여 준다. GPS 데이터가 유효하지 않은 경우에는 옥외이더라도 옥내 측위와 동일한 방법으로 신호세기를 바탕으로 사용자의 위치를 판단한다. 무선LAN이 제공되는 지역에서는 옥외에서도 액세스 포인트의 신호가 잡힘으로 옥외에서도 액세스 포인트의 신호세기를 바탕으로 위치를 판단하는 옥내측위 방법이 적용 가능한 것이다. 한편, 기준치를 넘는 신호세기가 있는 경우에는 옥내임으로 옥내측위 방식으로 사용자의 위치를 판단한다. 이러한 측위 과정을 의사코드로 나타내면 <그림 1>과 같다. 본 절에서는 GPS를 이용한 옥외 측위 모듈과 본 논문이 사용하는 옥내 측위 방식을 소개한다.

```

옥내외 겸용 측위 알고리즘

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

```

그림 1. 옥내외 겸용 측위 알고리즘

3.1 GPS를 이용한 옥외 측위 모듈

GPS 수신기를 이용한 성공적인 옥외 측위 장치가 이미 상용중이다. 본 논문에서 사용하는 'SiRF Star II chipset'은 GPS 데이터를 시리얼 통신 방식으로 <그림 2>에 보이는 바와 같이 Tx 핀을 통하여 전송하고 제어신호를 Rx 핀을 통하여 수신한다. 따라서 Rx, Tx 핀은 각각 컴퓨터의 시리얼 포트의 2번과 3번 핀에 연결되어야 한다. 'SiRF Star II chipset'에는 자체 전력 공급원이 없으므로 <그림 2>와 같이 컴퓨터의 USB 포트로부터 전력을 공급받도록 한다. 또한 'SiRF Star II chipset'에 흐르는 전압과 컴퓨터에 흐르는 전압이 다르므로 중간에 변압장치를 설치한다.

실험을 위하여 작성되는 시리얼 통신 프로그램과 GPS 데이터 수신 프로그램의 개발 도구로는 .net을 사용한다. 시리얼 통신 클래스는 시리얼 포트를 여는 메소드, 닫는 메소드, 지정된 수만큼의 바이트를 보내는 메소드와 받는 메소드 등 통신에 필요한 다양한 메소드를 제공한다. 'SiRF Star II chipset'은 GPS 데

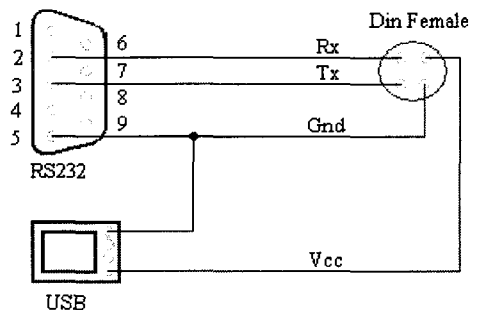


그림 2. GPS 모듈과 노트북 컴퓨터 결선도

이터를 'GGA', 'GLL', 'RMC' 등의 형식으로 연속적으로 전송하는데, 본 논문의 GPS 클래스는 이 중에서 'RMC' 형식의 데이터만 추출하여 함수 값으로 리턴한다. 'RMC' 형식은 'Message ID', 'UTC Time', 'Status', 'Latitude', 'N/S Indicator', 'Longitude', 'E/W Indicator', 'Speed Over Ground', 등의 항목으로 구성되는데, 'RMC' 형식은 'Message ID'가 '\$GPRMC'이다.

즉, 'SiRF StarII chipset'으로부터 들어오는 데이터를 차례로 검사하여 '\$GPRMC'라는 문자열을 만나면 입력 데이터를 위의 항목으로 입력받고 그렇지 않으면 그냥 흘려보낸다. RMC 형식의 각 항목 중, 'Status'는 현재 데이터가 타당한지 아닌지를 나타낸다. 이 항목의 값이 'A'이면 타당한 데이터이고 그렇지 않으면 타당한 값이 아니다. RMC 형식을 구성하는 여러 항목 중 우리가 원하는 항목은 'Latitude'와 'Longitude' 뿐임으로 클래스 GPS는 'Status' 값이 'A'일 때, 'Latitude'와 'Longitude' 값을 리턴한다. 본 실험을 위하여 메인 함수에서 GPS 함수를 호출하여 위도와 경도 값을 받아오게 되는데, 메인 함수가 GPS 데이터를 받기 위하여 오랫동안 아무 일도 못하고 기다리는 것을 방지하기 위하여 멀티스레드를 사용하여 메인함수가 실행되는 스레드와 GPS 데이터를 받는 스레드가 동시에 실행되도록 실험 환경을 구현하였다.

메인 함수에서 GPS 함수를 위한 스레드를 생성하면, GPS 함수는 데이터를 획득하여 공용변수에 데이터를 기록하고 플래그(flag)를 세팅한다. 이때 메인 함수는 플래그를 체크하여 1로 세팅되었으면 데이터를 사용하고, 이어서 플래그를 reset한다. 한편, 플래그가 세팅되어 있지 않으면 자신을 sleep 함으로써 자원을 release한다. 마찬가지로 방법으로 GPS 함수는 플래그를 체크하여 세팅되어 있으면 자신을 100ms 동안 sleep한 다음 다시 reset되었는지 체크한다.

3.2 옥내 측위 방법

제안하는 옥내 측위 방법은 RADAR에서 채용한 방법을 그대로 원용하지만, RADAR의 경우 FreeBSD(Berkeley Software Distribution 혹은 Design)가 설치된 베이스 스테이션에서 신호의 세기를 측정 한 반면, 제안하는 방법은 액세스 포인트로부터 수신된 신호의 세기를 이동단말기가 무선 LAN 카드로부터 읽어온다는 것이 다르다.

따라서 본 방법은 이동단말기 자체에서 자신의 위치를 파악한다는 점과 무선 랜이 이미 깔린 곳에서는 특별한 장치를 추가적으로 설치할 필요가 없다는 점이 RADAR와 크게 다르다.

제안하는 방법도 RADAR와 같이 준비 단계와 사용 단계로 구성된다. 준비 단계에서는 찾아보기 테이블을 작성하며, 사용 영역 내의 여러 지점 각각에서 액세스 포인트, A_1, A_2, \dots, A_n 각각으로부터 오는 신호의 세기, s_1, s_2, \dots, s_n 를 측정하여, 그 지점의 x, y 좌표와 신호의 세기를 찾아보기 테이블에 기입하여 작성한다. 이때 신호의 세기를 여러 번 측정하여 측정치의 평균을 기입하는데 측정 횟수는 측위 결과의 오차 크기와 관계가 있다. 즉, 측정 횟수가 많으면 오차가 작아진다.

사용 단계에서는 사용자가 현재 본인의 단말기가 측정하는 각 액세스 포인트의 신호의 세기들을 찾아보기 테이블에서 찾아서 그에 해당하는 지점을 현재 사용자의 지점으로 판정하여 준다. 그러나 사용자의 현재 위치가 찾아보기 테이블에 존재하지 않을 수도 있고(현재 위치가 후보지점들 사이인 경우), 간섭 현상으로 인해 신호의 세기가 찾아보기 테이블에 있는 값과 상이할 수도 있다. 따라서 측정치와 가장 가까운 튜플을 찾아보기 테이블에서 찾아 해당 지점을 현재 지점으로 삼게 된다. 가장 가까운 튜플이란 현재 위치에서의 측정치와 차이가 가장 적은 튜플로서, 측정치가 ss_1, ss_2, \dots, ss_n 이라면, $(ss_1 - s_{i1})^2 + (ss_2 - s_{i2})^2 + \dots + (ss_n - s_{in})^2$ 가 가장 적은 튜플이 된다. 여기에서 $s_{i1}, s_{i2}, \dots, s_{in}$ 은 찾아보기 테이블의 i 번째 줄에 기입된 신호의 세기 값이다.

옥내 측위 모듈의 이벤트 흐름도는 <그림 3>과 같다. 옥내 측위 모듈이 호출되면 도메인의 지도가 PictureBox에 출력되고, 지도를 클릭하면 GetRSSI를 호출하여 신호의 세기를 지정된 횟수만큼 읽어서 평균값을 구하고, 평균값과 클릭한 곳의 x, y 좌표를 RSSI Table 함수에 보낸 다음, 이를 찾아보기 테이블에 삽입한다. 사용자의 위치를 찾아 달라는 요구가 들어오면 현재 위치에서 RSSI를 읽은 후, 찾아보기 테이블의 각 항목과 유사도를 계산하여 가장 유사한 항의 x, y 좌표를 현재 위치라 한다.

4. 실험

옥외 측위는 주로 GPS를 이용하였으며, GPS 신

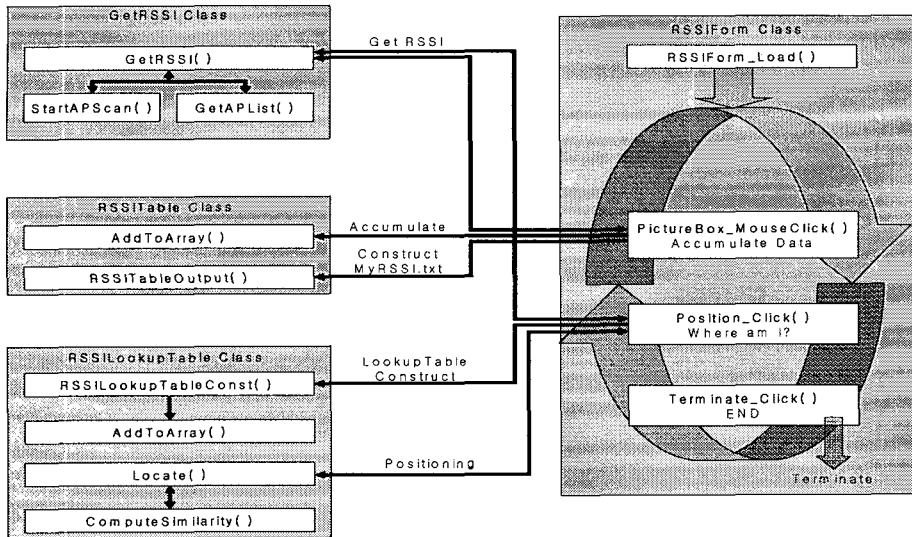


그림 3. 옥내 측위 모듈의 이벤트 흐름도

호가 잡히지 않는 건물 주변에서만 옥내 측위 방법으로 채용된 RSSI를 이용한 찾아보기 테이블 방법을 사용하였다. GPS를 이용하여 사용자의 위치를 지도상의 좌표로 나타내기 위하여 보간법을 사용하였다. 캠퍼스 상의 두 곳 A와 B의 x, y 좌표를 각각 (x1, y1), (x2, y2)라 하고, A와 B에서 읽은 GPS 데이터를 각각 (LO1, LA1), (LO2, LA2)라 하자. 사용자의 지도상의 좌표를 판단하기 위하여 측정된 GPS 값이 (LO3, LA3)이라면 사용자의 x 좌표인 x3는 다음과 같이 구한다.

$$x3 = x1 + (x2 - x1) \frac{LO3 - LO1}{LO2 - LO1}$$

비슷한 방법으로 y 좌표도 구할 수 있다. 교내 곳곳에서 실험한 결과 오차의 평균은 3.5 m였다.

옥내 측위 실험은 <그림 4>와 같은 건물의 4층에서 실시하였다. 신호 세기가 얼마나 신뢰성이 있는 데이터인지 알아보기 위하여 <그림 4>에 보이는 4층 곳곳에서 RSSI를 읽어 표준편차를 구하는 실험 결과 <표 1>을 얻었다. <표 1>로부터 RSSI가 상당히 신뢰할 만한 측정치라는 결론을 얻었다.

<그림 4>의 4119호 실험실에서 본 논문에서 채용하는 옥내 측위 방법의 정확성을 테스트하는 실험을 실시하였다. 준비단계에서는 <그림 5>에 보이는 바와 같이 실험실을 1m 단위로 나누어 각 후보지점의 x, y 좌표와 그 지점에서 측정된 신호세기로 찾아보기 테이블의 항을 작성하였다. 신호세기를 여러 번 측정하여 그 평균치를 신호세기로 하였는데, 이때 평균치를 내기 위하여 신호세기를 측정할 횟수는 측위 방법의 정확도와 관계가 있다.

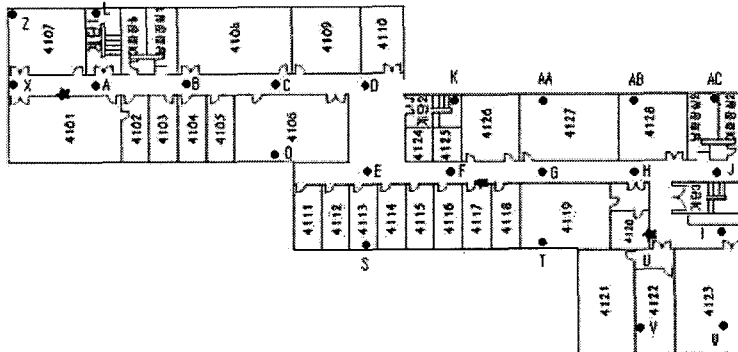


그림 4. 옥내 측위 실험을 실시한 건물 4층의 배치도

표 1. RSSI의 표준편차를 구하는 실험 결과

AP's MAC Address	27/Jan. 16:00	01/Feb. 16:00	...	26/Jan. 19:00	01/Feb. 19:00	Standard Deviation
0013.C39B.F6C0	-48	-48	...	-48	-49	1.566699
0013.C39B.FB50	-71	-68	...	-69	-67	2.088932
0013.5F57.BA40	-76	-77	...	-75	-76	1.1645
0013.C39B.F6B0	-83	-84	...	-80	-86	1.564279

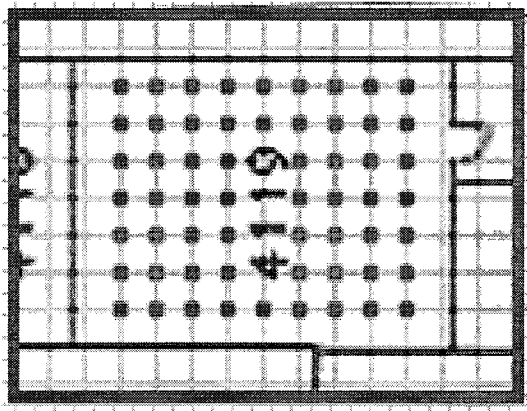


그림 5. 후보 지점간의 거리는 1m임.

또한, 사용 단계에서 신호의 세기를 측정하는 횟수도 정확도에 영향을 주는데 이 실험에서는 10회로 고정하였다. 그리고 찾아보기 테이블에서 유사한 항을 찾을 때에는 여러 유사항을 찾아 평균값을 현재 위치로 판정할 수가 있는데 이때 몇 개 유사항의 평균값을 사용하느냐가 또한 정확도와 관련이 있다. 이 실험에서는 가장 유사한 점 하나만 선택하였다.

실험 결과는 <그림 6>에 보인다. 찾아보기 테이블의 한 항을 작성하기 위하여 한 후보 지점에서 RSSI를 읽는 횟수가 30회일 때 오차가 급격히 감소하고, 그 이후에는 오차가 서서히 감소하여 100회 평균을 사용할 경우에 평균 오차가 약 2.4m임을 알 수 있다. 측위 방법의 정확도는 사용단계에서 측정치를 구하기 위하여 RSSI를 읽는 횟수와도 관계가 있다. 이미 100회 평균을 사용한 찾아보기 테이블이 있으므로 이것을 이용하여 사용단계에서 측정치를 구하기 위하여 RSSI를 읽는 횟수를 변화하며 오차를 측정한 결과, <그림 7>과 같은 결과를 얻었다. 단 한번 읽은 RSSI 값을 측정치로 할 경우 평균 약 3.3m의 오차를

낀다. 10회의 경우에는 약 2.4m이지만 RSSI를 한번 읽는데 걸리는 시간이 약 6초임을 감안 할 때 본 옥내 측위 방법의 실용상의 오차는 약 3.3m라고 할 수 있다.

찾아보기 테이블을 이용한 측위 방식은 정확도가 높기는 하지만 찾아보기 테이블을 작성하는 준비단계에서 많은 시간을 소비한다. 이를 피하기 위하여 RSSI와 거리와의 관계식을 작성하여 사용한다. RSSI와 거리와의 관계식이 있으면 사용자 위치에서 읽은 RSSI를 관계식에 대입하여 각 액세스 포인트까지의 거리를 산출할 수 있으며, 액세스 포인트들의 좌표를 이미 알고 있으므로 삼각측량법으로 사용자의 위치를 산출할 수 있다. RSSI와 거리와의 관계식을 구하기 위하여 액세스 포인트에서 1m 단위로 RSSI를 실측한

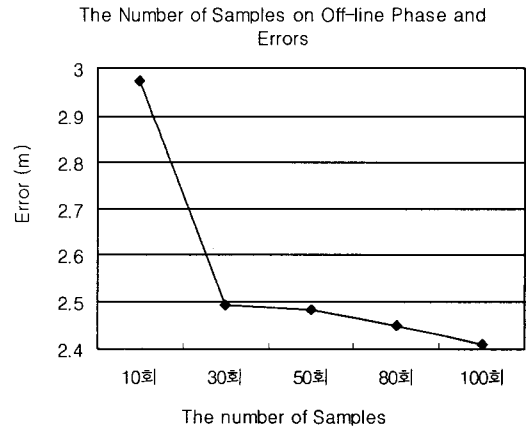


그림 6. 찾아보기 테이블의 각 항을 작성하기 위하여 RSSI를 읽은 횟수와 오차의 관계

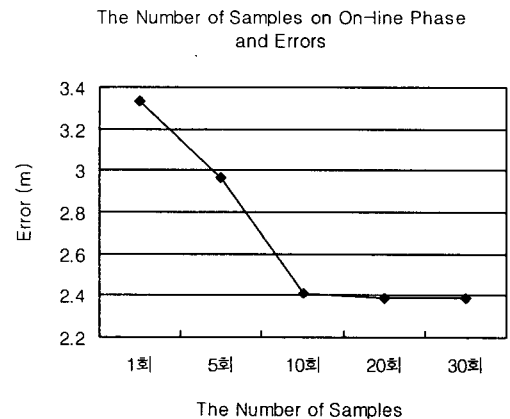


그림 7. 사용단계에서 측정치를 구하기 위하여 RSSI를 읽는 횟수와 오차의 관계

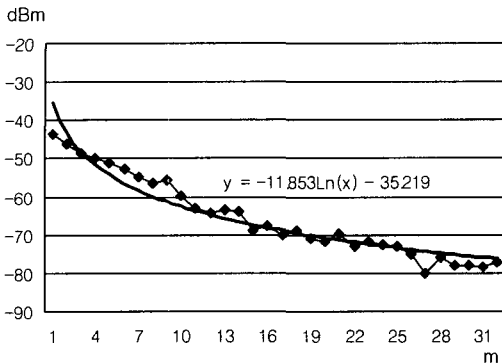


그림 8. 액세스 포인트에서 1m 단위로 RSSI를 실측한 결과와 추세선

결과가 <그림 8>에 보인다. 실측 데이터를 회귀분석한 결과 다음과 같은 관계식을 구하였다.

$$RSSI = -11.853Ln(Distance) - 35.219 \quad (\text{식 1})$$

(식 1)을 이용한 삼각측량법으로 사용자의 위치를 판단하는 방법의 실험 결과 평균 오차는 7.15m이었다.

5. 결 론

사용자 위치를 판독하는 기술 없이는 위치기반 서비스를 제공할 수 없다 따라서, 사용자 측위 기술은 위치기반 서비스의 핵심이다. 보편적으로 사용되는 사용자 측위 기술로는 GPS를 들 수 있다. GPS의 단점은 오차가 크다는 것과 옥내나 건물 밀집 지역에서 GPS 신호를 읽을 수 없다는 것이다. 본 논문에서는 GPS 데이터에 보간법을 적용하여 측위한 결과 오차 평균이 약 3.5 m라는 실험 결과를 얻었다.

일반적으로 GPS 데이터는 미국 국방부의 선별적인 서비스 때문에 오차가 매우 큰 것으로 알려져 있다. 그러나 본 논문의 실험 결과 GPS 데이터의 편차는 약 2m 내외로 나타났다. 본 논문에서는 GPS를 이용한 사용자 측위 방법으로 보간법을 사용하였는데, 기준점에서 GPS 데이터를 받을 때, 이미 GPS 데이터의 오차가 반영되어 있기 때문에 측위 결과가 비교적 매우 정교한 것으로 나타났다.

GPS 데이터는 옥내에서의 수신에 불가능하다. 따라서, 본 논문에서는 옥내 측위를 위하여 무선 LAN 카드가 읽는 AP 신호의 세기를 이용하는 방법을 사용하였다. RADAR와 같이 준비 단계에서 ‘찾아보기

테이블’을 생성하고, 사용 단계에서는 사용자 위치에서 측정된 RSSI 측정치와 가장 유사한 항을 ‘찾아보기 테이블’에서 찾아서 해당 항의 x, y 좌표를 사용자의 현재 위치로 결정하는 방법을 구현한 결과 평균 오차가 약 3.3m 이었다.

‘찾아보기 테이블’을 이용하는 방법은 준비 단계에서 ‘찾아보기 테이블’을 작성하는데 많은 시간과 노력을 들여야 한다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 본 논문에서는 RSSI와 거리의 관계식을 이용하는 방법을 적용해 보았다. 액세스 포인트에서 1m 단위로 RSSI를 실측한 결과 데이터를 회귀분석하여 RSSI와 거리의 관계식을 작성하고, 이 식을 이용하여 사용자의 위치를 측정된 결과 평균 오차가 약 7.15m 이었다.

따라서 도서관에서 책을 찾는 일과 같은 정교한 사용자 위치가 필요한 위치기반 서비스의 경우에는 ‘찾아보기 테이블’을 이용한 측위 방법을 권장하고, 건물 내에서 어떤 지점을 찾아가는 서비스와 같이 어느 정도 오차가 허용되는 응용에서는 관계식을 이용할 것을 권장한다.

본 논문에서는 GPS를 이용한 옥외 측위 방법과 무선 LAN 카드가 읽는 RSSI를 이용한 옥내 측위 방법을 통합한 옥내의 겸용 측위 방법을 제안하였다. RSSI 측정 결과를 바탕으로 옥내인지 아니면 옥외인지를 판단하고, 옥외인 경우에는 GPS를 주로 이용하여 측위하고, 그렇지 않으면 옥내 측위 방법을 적용한다.

특수 장치를 설비하거나 특수 장비를 이용하는 측위 방법은 정확도가 매우 높는데 반하여 본 논문이 제안하는 방법은 정확도가 비교적 낮다는 단점이 있다. 향후에는 찾아보기 테이블을 작성할 때 작성 시점을 비롯한 작성 환경을 고려하거나, 측위시 사용자의 이전 위치를 참조하는 방법 등을 적용하여 옥내 측위의 정확도를 제고하기 위한 연구를 수행하고자 한다. 또한 제안한 측위 방법을 바탕으로 위치기반 서비스 응용시스템도 개발하고자 한다.

참 고 문 헌

[1] M. Mabrouk, OpenGIS Location Services (OpenLS): Core Services OGC 03-006r <http://www.opengis.org/>.

- [2] P.F. Hartigan, "Transport and Processing of Perishable Information: Essential Infrastructure for Location Based Services," *IEE Conference on 3G Mobile Communication Technology*, Vol. 8, No. 10, pp. 345-349, May 2002.
- [3] S. Ko, and C. Rosenberg, "Location-based E-campus Web Services: From Design to Development," *Proceedings of the First IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications*, 2003. pp. 207-215, March 23-26 2003.
- [4] N. Krishnamurthy, "Using SMS to Deliver Location-based Services," *Proceedings of 2002 IEEE International Conference on Personal Wireless Communications (Proceedings of ICPWC'2002)*, pp. 177-181, Dec. 15-17 2002.
- [5] K. Virrantaus, J. Veijalainen, and J. Markkula, "Developing GIS-Supported Location-Based Services," *Proceedings of the Second International Conference on Web Information Systems Engineering*, 2001, Vol. 2, pp. 66-75, Dec. 3-6 2001.
- [6] A. Smith, M.G. HariBalakrishnan, and N. Priyantha, "Tracking Moving Devices with the Cricket Location System," *Proc. of MobisSYS'04*, June 2004.
- [7] R. Want, A. Hopper, V. Falco, and J. Gibbons, "The Active Badge Location System," *ACM Transactions on Information Systems* 10, pp. 91-102, Jan. 1992.
- [8] P. Bahl and V.N. Padmanabhan, "RADAR: An in-building RF-based user location and tracking system," *INFOCOM*, pp. 775-784, Mar. 2000.
- [9] S.K. Gupta, S.J. Foong, and A.L. Khoo, "An intelligent Small Area DGPS," *IEEE Position Location and Navigation Symposium 1996*, pp. 169-173, 22-26 April 1996.
- [10] F. Shaojun and L.L. Choi, "Assisted GPS and its impact on navigation in intelligent transportation systems," *Proceedings. The IEEE 5th International Conference on Intelligent Transportation Systems*, pp. 926-931, 2002.
- [11] X. Mao, M. Wada, and H. Hashimoto, "Nonlinear iterative algorithm for GPS positioning with bias model," *Proceedings of The 7th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems*, pp. 684-689, Oct. 3-6 2004.
- [12] J.G. Castano, M. Svensson, and M. Ekstrom, "Local positioning for wireless sensors based on Bluetooth/spl trade/," *IEEE Conference on Radio and Wireless*, pp. 195-198, 19-22 Sept. 2004.
- [13] F. Lassabe, P. Canalda, P. Chatonnay, and F. Spies, "A Friis-based calibrated model for WiFi terminals positioning," *Sixth IEEE International Symposium on a World of Wireless Mobile and Multimedia Networks*, pp. 382-387, June 13-16 2005.
- [14] C. Lee, Y. Chang, G. Park, J. Ryu, S. Jeong, S. Park, J. Park, H. Lee, K. Hong, and M. Lee, "Indoor positioning system based on incident angles of infrared emitters," *IEEE 30th Annual Conference of Industrial Electronics Society*, Vol. 3, pp. 2218-2222, Nov. 2-6 2004.
- [15] Y. Fukuju, M. Minami, H. Morikawa, and T. Aoyama, "DOLPHIN: an autonomous indoor positioning system in ubiquitous computing environment," *IEEE Workshop on Software Technologies for Future Embedded Systems*, pp. 53-56, 15-16 May 2003.
- [16] T. Yoshihisa, Y. Kishino, T. Terada, M. Tsukamoto, R. Sagara, T. Sukenari, D. Taguchi, and S. Nishio, "A rule-based RFID tag system using ubiquitous chips," *Proceedings of the 2005 International Conference on Active Media Technology (AMT 2005)*, pp. 423-428, 19-21 May 2005.
- [17] R. Glidden, C. Bockorick, S. Cooper, C. Diorio, D. Dressler, V. Gutnik, C. Hagen, D. Hara, T. Hass, T. Humes, J. Hyde, R. Oliver, O. Onen, A. Pesavento, K. Sundstrom, and M. Thomas, "Design of ultra-low-cost UHF RFID tags for

supply chain applications," *IEEE Communications Magazine*, vol. 42, Issue 8, pp. 140 - 151, Aug. 2004.

- [18] 안윤애, 박정석, 류근호, "3차 스플라인 보간법을 이용한 이동 객체의 위치 추정," 한국정보과학회논문지, 제31권 5호, pp. 479-491, 2004.
- [19] 주재순, 염경환, 이상정, "GPS/ GLONASS 통합 수신용 RF 전단부의 설계 및 제작," 정보과학회논문지, 제12권 4호, pp. 1226-2285, 2001.
- [20] 공현민, 성태경, 권영미, "UWB 실내 측위를 위한 TDOA 위치결정기법," 대한전자공학회논문지, 제42권 1호, pp. 9-15, 2005.
- [21] 임재걸, 심규박, "확률적 시간 넷과 최소순회 시간분석," 멀티미디어학회 논문지, 제9권 5호, pp.671-680, 2006.



임 재 걸

1981년 동국대학교 전자계산학과 졸업
 1987년 일리노이대학교 시카고 캠퍼스 컴퓨터과학 석사
 1990년 일리노이대학교 시카고 캠퍼스 컴퓨터과학 박사
 1992년~현재 동국대학교 과학기술대학 컴퓨터멀티미디어 학과 교수

관심분야 : 시스템 설계 및 분석, 인공지능, 페트리 넷 이론 및 응용.



이 계 영

1980년 동국대학교 전자계산학과 졸업
 1983년 동국대학교 대학원 전자계산학과 석사
 1991년 단국대학교 대학원 전자공학(컴퓨터공학 전공) 전자공학 박사

1985년~현재 동국대학교 과학기술대학 컴퓨터멀티미디어 학과 교수

관심분야 : 운영체제이론, 인공지능, 멀티미디어 이론



심 규 박

1984년 동국대학교 통계학과 졸업
 1986년 동국대학교 대학원 통계학과 이학석사
 1993년 동국대학교 대학원 통계학과 이학박사

1994년~현재 동국대학교 과학기술대학 정보통계학과 교수

관심분야 : 전산통계, 신뢰도검정, 통계 자료분석.