

# 공유기 및 RFID를 이용한 옥내 측위 웹 서비스 구현

한창용<sup>†</sup>, 이계영<sup>\*\*</sup>, 임재결<sup>\*\*\*</sup>, 심규박<sup>\*\*\*\*</sup>

## 요 약

위치기반 서비스는 일상생활에서도 널리 이용되는 매우 편리한 서비스임으로 GPS 신호가 잡히지 않는 빌딩, 대형상가, 지하상가와 같은 건물 내부에서도 제공되어야 한다. 이처럼 건물 내부에서 제공되는 위치기반 서비스를 옥내 위치기반 서비스라 하는데, 옥내 위치기반 서비스 개발에 있어서 가장 중요한 기술은 옥내측위이다. 옥내측위 방법 중 가장 범용성이 있는 것은 무선근거리통신망의 공유기 신호를 이용하는 것이다. 한편, 근래에는 웹 서비스가 뛰어난 소프트웨어 재사용 기술로 판명되고 있다. 따라서 옥내측위 웹 서비스로 프로그램 개발자에게 제공된다면 옥내 위치기반 서비스의 실용화를 크게 촉진할 것이다. 본 논문은 공유기 신호를 이용한 삼각측량 및 K-NN 옥내측위 서비스와 RFID를 이용한 옥내측위 서비스를 제공하는 웹 서비스 구현 사례를 소개한다.

## Implementation of AP-Based and RFID-Based Indoor Positioning Web Services

Changyong Han<sup>†</sup>, Gyeyoung Lee<sup>\*\*</sup>, Jaegeol Yim<sup>\*\*\*</sup>, Kyubark Shim<sup>\*\*\*\*</sup>

## ABSTRACT

LBS (Location Based Service) services are very useful to our daily life and it should be available inside a building: a huge building, a shopping mall, a large scale underground shopping center, and so on where GPS (Global Positioning System) signal is not available. An LBS which is provided inside a building is called an ILBS (Indoor Location Based Service). One of the most important techniques for ILBS development is indoor positioning. Among the indoor positioning techniques, APs (access points) of WLAN based ones are most economical because WLAN is available almost everywhere. Meanwhile, the web service has been proved to be an excellent practice of software reuse. Therefore, if indoor positioning is provided in the form of web service to programmers then development of ILBS would be greatly accelerated. This paper introduces the AP based trilateration and K-NN indoor positioning and RFID based indoor positioning web services we have developed.

**Key words:** Web Services(웹 서비스), Indoor positioning(옥내 측위), LBS(위치기반서비스), Trilateration(삼각측량법), K-NN(K-최근이웃), RFID(라디오 주파 인식)

※ 교신저자(Corresponding Author): 심규박, 주소: 경북 경주시 석장동 707 동국대학교(780-714), 전화: 054)770-2245, FAX : 054)770-2520, E-mail : shim@dongguk.ac.kr  
접수일: 2011년 5월 11일, 수정일: 2011년 7월 5일  
완료일: 2011년 9월 9일

<sup>†</sup> 정회원, 동국대학교 경영관광대학 경상학부 교수  
(E-mail: cyhan@dongguk.ac.kr)

<sup>\*\*</sup> 정회원, 동국대학교 과학기술대학 컴퓨터공학부 교수  
(E-mail: lky@dongguk.ac.kr)

<sup>\*\*\*</sup> 종신회원, 동국대학교 과학기술대학 컴퓨터공학부 교수  
(E-mail: yim@dongguk.ac.kr)

<sup>\*\*\*\*</sup> 정회원, 동국대학교 과학기술대학 정보통계학과 교수  
※ 이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(2011-0006942)

## 1. 서 론

전 세계에 산재한 다양한 플랫폼에서 다양한 개발 도구로 이미 개발된 프로그램들을 새로운 응용시스템 개발에 재사용한다면, 시스템 개발의 효율성이 괄목하게 개선될 것이다. 이와 같이 다른 기관에서 고유의 방법으로 개발한 프로그램을 재사용하는 기술로는 Service-Oriented Architecture(SOA), RMI, CORBA, DCOM 등 여러 가지가 이미 널리 사용되고 있으며, 근래에는 웹 서비스[1-3]가 널리 연구되고 있다.

그러나 전 세계에 산재해 있는 모든 프로그램을 웹 서비스 표준에 맞추어 출판하는 것은 쉬운 일이 아니다. 따라서 산업분야마다 그 분야에 특화된 웹 서비스 제공자들이 있는데 여행업계에는[4-6] 등이 있고, 상업분야에는 아마존 웹 서비스[7] 등이 있다. 또한 웹서비스 구현 연구도 분야별로 이루어져, 제조업 분야에는 [8-10]이 있고, 건강관리를 위한 웹 서비스 [11], 토목공학을 위한 웹 서비스 [12] 등이 있다.

위치기반 서비스(Location Based Service: LBS)는 교통 및 항법 서비스, 안전 및 구조 서비스, 추적 서비스, 위치기반 상거래 서비스, 주변정보제공 서비스 등 다양한 분야에 적용되고 있다[13]. 또한 LBS는 단말기 제조산업, 콘텐츠산업, 통신산업 등의 성장에 커다란 영향을 미치기 때문에 중요한 연구 분야이다 [14]. 이러한 LBS는 사용자가 실내에 있든 실외에 있든 어디에서나 제공될 수 있어야 한다. 그러나 기존의 LBS는 일반적으로 옥외에서만 제공되는 서비스를 지칭하는데, 기존 LBS의 대부분이 GPS(Global Positioning System) 기반이며, GPS 신호는 실내나 건물 밀집지역, 삼림지역 등에서는 잘 잡히지가 않기 때문이다.

초기의 옥내측위 관련 연구는 참고문헌[15-17]에서 찾아 볼 수 있다. [15]는 고정 지점에 위치한 세계의 기지 스테이션 (base station: 탁상용 컴퓨터를 사용)에 이동물체가 UDP 패킷을 송신하면, 기지 스테이션이 패킷의 신호세기를 바탕으로 이동물체의 위치를 판독한다. 이때, 판독을 위하여 사용되는 기술은 K-NN(K nearest neighbor)이라는 일종의 지문(fingerprint) 방식이다.

[16]은 이동물체들에 적외선을 발사하는 송신기를 부착하고, 방마다 여러 개의 수신기를 고정지점에 설

치한다. 적외선은 벽을 통과하지 못하기 때문에 이동물체가 어떤 방으로 들어오면, 그 방에 설치된 고정 수신기들만 그 이동물체의 적외선을 감지할 수 있다. 이때, 수신기는 중앙 컴퓨터에 연결되어 있어서 수신기에 감지된 적외선을 바탕으로 이동물체가 어느 방안에 있다는 것을 판정한다.

[17]에서는 고정 지점에 부착된 비컨(beacon)들이 고주파 신호와 초음파 신호들을 동시에 송신하면 이동물체에 부착된 수신기가 이 신호들을 수신하고, 신호들의 도착시각의 차이를 바탕으로 거리들을 구하여 비컨들의 좌표와 거리를 바탕으로 자신의 좌표를 구하게 된다.

이상에서 살펴본 옥내측위 방법들은 측위를 위한 특수 장비와 환경을 갖추어야 한다. 특수 장비를 갖추려면 상응하는 비용을 투자해야 할 뿐만 아니라 범용성이 없다는 단점이 있다. 따라서 측위를 위한 특수 장비를 전혀 사용하지 않고, 기존에 설치되어 있는 무선근거리 통신망(WLAN: Wireless Local Area Network) 장비를 이용하는 방식에 대한 연구가 활발히 수행되고 있다[18-25].

무선근거리 통신망 기반의 옥내측위에 사용되는 기술 중에는 지문 방식의 정확도가 가장 높다. 지문 방식은 준비단계와 실시간 측위단계로 구성되는데, 준비단계와는 달리, 실시간 측위단계는 실행시간이 매우 중요한 요소가 된다. 이 이유는 실시간 측위단계의 실행시간이 너무 길게 되면, 실행 도중에 사용자가 너무 많이 이동하게 되어 정확한 측위가 불가능하게 되기 때문이다. [18]은 무선근거리 통신망 기반의 지문 방식을 위한 의사결정트리 방법을 제안하였다.

무선근거리 통신망 기반의 옥내측위 방법으로 사용되는 지문 방식은 정확도가 높기는 하지만 준비단계에 투입되는 비용이 너무 크다. 준비단계가 필요 없는 방법으로는 거리와 신호세기의 관계식을 이용하는 삼각측량방법이 있는데, 이 방법은 신호세기에 잡음이 크기 때문에 결과의 편차가 매우 크다는 단점이 있다. 칼만 필터는 잡음환경에서 얻어진 측정치로부터 동적 시스템의 상태를 추정하는 필터로, 오류의 자승 평균을 최소화시켜 준다. 사용자의 위치도 역시 상태로 표현될 수 있는데, [19]에서는 삼각측량법의 편차의 자승평균을 최소화하는 방법으로, 무선근거리 통신망 환경의 칼만 필터 측위 방법을 제안하고 있다.

[20]은 옥내측위 모듈과 GPS 수신기를 이용한 옥외용 측위 모듈을 통합한 대학 캠퍼스용 측위 시스템을 소개하였다. 대학 캠퍼스는 응용 영역의 공간이 비교적 좁기 때문에 몇 개의 기준점을 설정하여, 이 지점에서 수신한 GPS 데이터와 현재 위치에서 수신한 GPS 데이터를 비교함으로써 현재 위치를 더욱 정확하게 측정할 수 있다. 이와 같이 현재 위치에서 수신한 GPS 데이터의 기준점들에서 수신한 GPS 데이터들에 대한 상대적인 차이로 거리를 구하여, 현재 위치를 판정하는 상대적 방법을 옥외측위 방법으로 제안하고, 이 방법과 [18]에서 제안한 의사결정트리를 이용한 옥내측위 방법을 통합한 대학 캠퍼스용 옥내외의 겸용 측위방법이 [20]에 소개되었다.

다음으로 [21]은 공유기(AP: Access Point)의 신호세기를 판독하는 모듈을 C#으로 구현한 사례를 소개하였고, [22]는 지도 정보를 이용하여 측위의 정확도를 제고하는 방법을 소개하였다. [23]은 측위를 위한 확장 칼만 필터 방법, [24]는 이동객체의 궤적을 구하는 확장 칼만 필터 방법, [25]는 [24]의 방법으로 구한 궤적이 신뢰성이 있는지를 통계적으로 검증한 결과를 소개하였다. 그리고 [26]은 [24]의 방법에 대해 도면정보를 이용하여 개선하는 방법을 소개하였다.

그러나 국내외적으로 옥내 위치기반 서비스 관련 웹 서비스에 관한 연구는 전무하다. 즉, 옥내위치 기반 서비스 구축에 반드시 필요한 요소 기능을 웹 서비스로 제공하거나, 이러한 웹 서비스를 편성하여 용도에 맞는 옥내 위치기반 서비스를 제작하는 방법에 대한 연구 사례가 전혀 없다. 옥내 위치기반 서비스의 요소 기능인 도면 작성 및 출력, 옥내측위, 옥내 이동객체 DB 등은 웹 서비스로 만들기가 쉽지 않다.

본 논문은 Microsoft의 C#을 이용하여 옥내 위치기반 서비스의 기본 요소 기능 중 하나인 옥내 위치 측정(측위) 기능을 웹 서비스로 구현한다. 옥내 측위 방법에는 위에서 언급한 바와 같이 여러 가지 방법이 있다. 무선근거리 통신망 기반의 삼각측량법은 구축에 필요한 기반 시설과 설비비용이 없다는 장점이 있으나, 신호세기로 구한 거리에 오차가 너무 크다는 단점이 있다.

무선근거리 통신망 기반의 K-NN 방법은 삼각측량 방법보다는 오차가 작지만 준비단계에 많은 노력이 필요하다는 단점이 있다. 한편 RFID 방법은 태그가 있는 곳에 이동단말기가 위치하면 정확히 그 위치

를 파악할 수 있어서 매우 정확하다는 장점이 있으나, 태그가 없는 곳에 위치할 때는 위치를 파악할 수가 없고, 그렇다고 태그를 너무 촘촘히 배치하면 위치 판정이 복잡해진다는 단점이 있다. 본 논문에서는 삼각측량법, K-NN 방법 그리고 RFID 옥내측위 방법을 웹 서비스로 구현한 사례를 소개한다.

## 2. 관련 연구

본 논문은 이미 개발된 삼각측량법, K-NN 방법 그리고 RFID 옥내측위 기능을 웹 서비스로 제공하기 위한 것이므로, 본 절에서는 기존에 개발된 이러한 기술들을 소개한다. 우선 무선근거리 통신망 환경의 삼각측량 옥내측위 방법을 설명하면 다음과 같다. 삼각측량법을 적용하려면 그림 1에 보이는 바와 같이 최소 3 개의 알려진 지점 각각에 대한 이동객체까지의 거리를 알아야 한다. 그림에서  $N_0, N_1, N_2$ 는 각각 위치가 이미 알려진 공유기를 의미하고,  $D_0, D_1, D_2$ 는 각각 이동객체로부터  $N_0, N_1, N_2$ 까지의 거리이다. 공유기를 중심으로, 이들 공유기와 사용자 간의 거리를 반지름으로 하는 원 또는 구를 형성할 때 생성되는 교차점이 바로 이동객체(M)의 위치가 된다.

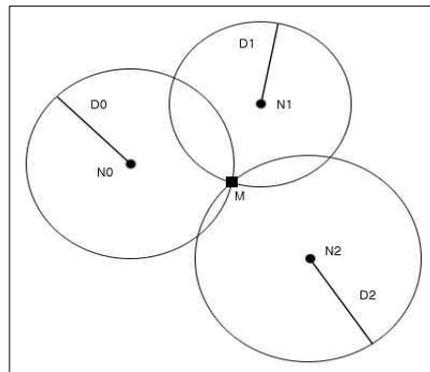


그림 1. 삼각측량법을 나타내는 도형

일반적으로 M의 위치를  $(x, y, z)$  좌표로, 고정노드  $N_i$ 의 위치를  $(X_i, Y_i, Z_i)$  좌표로, 그리고 M과 고정노드  $N_i$  간의 거리를  $D_i$ 로 나타내면, 좌표와 거리에 대한 관계는 다음 식으로 나타난다.

$$(x - X_i)^2 + (y - Y_i)^2 + (z - Z_i)^2 = D_i^2$$

$$(i = 0, 1, 2, \dots, m-1)$$

3차원의 경우는 최소한 4개의 고정 노드가 필요하다

다. 따라서 위 식에서 제곱 항을 소거하면, 3개의 변수를 갖는 선형방정식이 된다. 이를 Matrix형태로 나타내면 다음 식과 같다.

$$\vec{Ax} = \vec{b}$$

여기에서

$$A = \begin{bmatrix} 2(X_1 - X_0) & 2(Y_1 - Y_0) & 2(Z_1 - Z_0) \\ 2(X_2 - X_0) & 2(Y_2 - Y_0) & 2(Z_2 - Z_0) \\ 2(X_3 - X_0) & 2(Y_3 - Y_0) & 2(Z_3 - Z_0) \\ \dots & \dots & \dots \\ 2(X_{m-1} - X_0) & 2(Y_{m-1} - Y_0) & 2(Z_{m-1} - Z_0) \end{bmatrix},$$

$$\vec{b} = \begin{bmatrix} (X_1^2 - X_0^2) + (Y_1^2 - Y_0^2) + (Z_1^2 - Z_0^2) - (D_1^2 - D_0^2) \\ (X_2^2 - X_0^2) + (Y_2^2 - Y_0^2) + (Z_2^2 - Z_0^2) - (D_2^2 - D_0^2) \\ (X_3^2 - X_0^2) + (Y_3^2 - Y_0^2) + (Z_3^2 - Z_0^2) - (D_3^2 - D_0^2) \\ \vdots \\ (X_{m-1}^2 - X_0^2) + (Y_{m-1}^2 - Y_0^2) + (Z_{m-1}^2 - Z_0^2) - (D_{m-1}^2 - D_0^2) \end{bmatrix}$$

이고,

$$\vec{x} = \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} \text{ 이다.}$$

위의 식을 풀기 위해서는 다음의 식에서  $\delta$ 를 최소로 하는  $(x', y', z')$ 를 구하여야 한다.

$$\delta = (\vec{Ax} - \vec{b})^T (\vec{Ax} - \vec{b}), \quad \vec{x}' = \begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{bmatrix}$$

이를 만족하는 좌표  $\vec{x}$ 는 MMSE(Minimum Mean Square Error)방식에 의한 Matrix 해답으로 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\vec{x} = (A^T A)^{-1} A^T \vec{b} \tag{1}$$

다음으로 K-NN 옥내측위 방법을 사용한 RADAR [18] 시스템에서는 이동물체가 고정지점에 위치한 세 개의 기지 스테이션(base station)에 UDP 패킷을 송신하면, 기지 스테이션이 패킷의 신호세기를 바탕으로 이동물체의 위치를 판독한다. 판독을 위하여 사용되는 기술은 K-NN(K nearest neighbor)이라는 일종의 지문(fingerprint) 방식으로, 지문방식은 준비단계(Off-line phase)와 실시간 측정단계(On-line phase)로 구성된다.

준비단계에서는 측위 소프트웨어가 적용되는 범위내의 각 지점(후보지점)에서 특징 값(RADAR에서는 UDP 패킷의 신호세기)을 측정하여, 측정치들의 평균으로 찾아보기 표를 작성한다. 실시간 측정단

계에서는 사용자의 현재 위치에서 측정된 특징 값과 찾아보기 표의 내용과 비교하여 사용자의 위치를 판정한다. 이때 K개의 가장 가까운 지점을 찾아, 이들의 평균을 사용자의 현재 위치로 판정하는 방법을 K-NN이라 한다.

RFID(Radio Frequency Identification)는 상품이나 동물과 같은 개체를 인식하기 위해 전자파장 통신을 이용하여 RFID 판독기와 RFID 태그 간에 정보를 교환하는 기술이다. 예를 들어, RFID 태그를 포도주 병에 부착하여 놓으면 판독기가 해당 태그 ID를 읽어서, 그를 포도주 병이라고 인식하는 것이다. 태그에는 전파를 변조 및 복조하고, 정보를 처리 및 저장하는 집적회로와 신호를 송신 및 수신하는 안테나가 기본적으로 내장된다. RFID 판독기는 RFID 태그에 정보를 기록하고 기록된 정보를 읽어 처리한다.

RFID 태그는 수동, 능동, 전지보조 수동의 세 가지로 분류되는데, 수동 RFID 태그는 동력자원을 가지고 있지 않으며 외부 전자장에 의하여 신호 전송이 시작된다. 이에 반하여 능동 RFID 태그는 건전지를 내장하고 있어서 외부 호출신호가 성공적으로 감지되면 자체 정보를 전송하기 시작한다.

전지보조 수동 RFID 태그는 외부 자원이 있어야 작동을 시작하지만 훨씬 강한 전달 능력이 있어서 멀리까지 신호를 보낼 수 있다. 어떤 태그의 경우는 판독기 사이에 장애물이 있더라도 수 미터 거리에서 판독이 가능하다. 이러한 RFID 태그들을 미리 응용영역 내의 여러 곳에 부착하여두고, 이동객체에 RFID 판독기를 설치하면 이동객체가 읽은 태그 ID로 이동객체의 현재 위치를 추정할 수 있다.

이때 RFID 태그 자체에 이 태그가 부착된 지점의 위치 정보를 기록하여 놓으면 판독기가 이 위치정보를 읽어서 이동객체의 위치를 추정한다. 다른 방법으로는 준비단계 즉, RFID 태그를 응용영역의 어떤 지점에 부착할 당시에 태그 ID와 그 태그가 부착된 지점의 위치정보를 이동객체의 데이터베이스에 미리 수록하여 둔 뒤, 실시간 측위단계에서 이동객체가 현재 시점에서 판독한 태그 ID를 데이터베이스에서 검색하여 현재 위치를 추정하는 방법이 있다.

### 3. 설계 및 구현

본 연구에서 구축한 삼각측량 옥내측위 웹 서비스

와 K-NN 옥내측위 웹 서비스 및 RFID 옥내측위 웹 서비스에 대해서 소개한다. 이러한 웹 서비스는 표 1에 보인 사양의 Windows Server 2003 Enterprise Edition에 구현하였으며, 개발언어는 C#이며, 개발도구로는 Microsoft Visual Studio 2005를 사용하였다.

개발된 웹 서비스들이 제 기능을 발휘하는지 확인하기 위해서, 이 서비스들을 활용하는 웹 페이지를 개발하여 웹 브라우저 상에서 실행하는 실험을 하였다. 웹 페이지를 제공하는 사이트는 표 2에 보이는 컴퓨터를 사용한다.

표 1. Web Service Server 사양

| H/W      | 내 용   |                         |
|----------|-------|-------------------------|
| 데스크<br>탑 | 제품명   | 삼성 Smart Server ZSS-122 |
|          | CPU   | Intel® Xeon(TM) 2.80GHz |
|          | 메모리   | 2GB                     |
|          | 내장디스크 | 70GB                    |

표 2. Web Page Server

| H/W      | 내 용                          |                             |
|----------|------------------------------|-----------------------------|
| 데스크<br>탑 | 제품명                          | Dell Dimension 5150         |
|          | CPU                          | Intel® Pentium(R) 4 3.00GHz |
|          | 메모리                          | 1GB                         |
|          | 내장디스크                        | 150GB                       |
| S/W      | 내 용                          |                             |
| OS       | Windows XP Professional      |                             |
| 도구       | Microsoft Visual Studio 2005 |                             |
| 언어       | ASP, C#                      |                             |

### 3.1 웹 서비스 구축 방법

C#에서 웹 서비스를 구현하는 과정은 다음과 같다. 우선 인터넷 정보 서비스(IIS)를 설치한다. IIS 설치에는 Windows XP CD를 넣고 추가 작업 행을 선택한 다음, 선택적 Windows 구성요소 설치에서 IIS를 선택하는 과정을 거친다. 설치가 완료되면, 제어판의 관리도구에서 인터넷 정보 서비스가 생성된 것을 확인할 수 있다.

Microsoft Visual Studio 2005에서 웹 서비스를 작성하는 방법은 다음과 같다. 메인 메뉴에서 [파일]을 선택하고 차례로 [새로 만들기]와 [웹 사이트]를 선택

하면, 나타나는 창에서 "ASP.NET 웹 서비스" 템플릿을 선택한다. 그러면 웹 서비스를 구현할 수 있는 화면이 생성된다. 화면 중에는 "[WebMethod]"라고 명시된 메소드 템플릿이 보이는데, 여기에 작성된 메소드가 웹 메소드로 등록되어 웹 서비스에서 사용된다.

웹 메소드는 묵시적으로 inetpub/wwwroot에 위치하는데, 본 논문에서 제공하는 웹 서비스들은 wwwroot가 아닌 다른 디렉토리에 모아두기 위하여 가상 디렉토리를 지정한다. 가상 디렉토리를 만들기 위해서는 임의의 새 폴더를 만들고 관리도구의 IIS 관리에서 가상 디렉토리를 선택하여, 위에서 만든 새로운 폴더의 이름을 지정한다. 이때 별칭을 지정하여 웹 서비스를 사용하는 프로그램이 이 이름으로 접근할 수 있게 한다.

Microsoft Visual Studio 2005로 웹 프로그램을 작성할 때, 위에서 작성한 가상 디렉토리에 있는 웹 서비스를 사용하려면, 웹 참조를 추가한 후, 추가되는 웹 참조의 URL이 이 가상 디렉토리라는 것을 명시하면 된다. 본 논문에서는 "http://203.247.239.92/mhKnn" 등이 가상 디렉토리의 주소이다.

### 3.2 도면 출력 웹 서비스

본 연구는 옥내측위 기능을 제공하는 웹 서비스를 구현한다. 옥내측위 결과는 이동객체 즉, 사용자의 현재 위치이므로, 이를 도면상에 시각적으로 표시해 줄 필요가 있다. 따라서 도면 출력기능을 제공하는 웹 서비스가 필수적으로 필요하다. 본 연구에서는 오토캐드로 작성한 DXF 형식의 도면 파일을 사용자 인터페이스에 그려주는 기능을 제공한다. 즉, 사용자 응용 영역의 도면 파일에서 도면 출력에 필요한 정보만 추출하는 Map\_Load()라는 웹 메소드를 그림 2와 같이 구현한다. path는 도면 파일의 절대 경로이고 Map\_data는 DXF 파일에서 도면 그리기에 필요한 정보만 추출하여 저장한 변수이다.

도면 출력은 사용자측 이동단말기에서 실행되어야 한다. 따라서 도면 파일의 좌표를 사용자 인터페이스의 좌표로 변환하는 함수, 도면을 그리는 함수, 도면을 확대, 축소, 이동하는 함수, 옥내측위 결과를 도면에 나타내는 함수 등은 이동객체 단말기로 다운로드되어 실행된다.

```
[WebMethod]
public ArrayList Map_Load (string name)
{
    string path = @"C:\Inetpub\MapService\Map\";
    FileStream file = new FileStream
(path+name+".dxf", FileMode.Open, FileAccess,
Read);
    StreamReader reader = new StreamReader (file);
    ArrayList Map_data = new ArrayLis( );
    string line1 = "", line2="";
    while(reader.EndOfStream != true)
    {
        ...
    }
    reader.Close();
    file.Close();
    return Map_data;
}
```

그림 2. 도면 파일을 읽는 웹 메소드, Map\_Load()

3.3 삼각측량 옥내측위 웹 서비스 구현

삼각측량법은 위치를 알고 있는 베이스 노드와 이동객체간의 거리를 바탕으로 이동객체의 위치를 계산한다. 본 연구에서는 베이스 노드로 무선근거리 통신망용 공유기를 사용하므로, 공유기 신호를 판독하고 공유기의 MAC 주소와 신호세기(RSSI: Received Signal Strength Indicator)를 추출하는 함수가 필요하다. 그리고 이 함수는 반드시 이동단말기에서 실행되어야 한다. 본 연구에서는 [24]에 소개된 dll을 사용한다. 무선 랜 카드가 장착된 단말기로 공유기의 신호를 판독하면 실험에 사용된 공유기 외에도 기존에 설치된 많은 공유기의 신호가 잡힌다.

따라서 실험에 사용된, 즉 설치 위치를 알고 있는 공유기의 신호만 걸러내는 함수가 필요한데, 이러한 기능을 제공하는 find\_AP()라는 웹 메소드를 구현하였다. 그리고 신호세기를 판독한 후에는 이를 거리로 환산해야 하는데, 이를 위하여 공유기로부터 1미터 단위의 거리, 즉 1미터, 2미터, ... 거리 각각에 대해서 신호세기의 측정치를 구하고 회귀분석 과정을 거쳐 다음과 같은 거리와 신호세기 간의 관계식을 구하였다.

$$RSSI = -11.61 * \ln(\text{거리}) - 35.333 \quad (2)$$

신호세기 판독함수로 얻은 RSSI에 (식 2)를 적용하여 거리를 구하는 distanceOperation()이라는 웹 메소드를 구현하였으며, 이 메소드에 사용된 거리환

산 C# 명령어는 다음과 같다.

```
double distance = Math.Pow(Math.E, ((RSSI +
35.333) / -11.61));
```

그리고 (식 1)의 삼각측량법을 적용하여 이동객체의 위치를 판정하는 Trilateration\_positioning이라는 웹 메소드도 구현되었다.

3.4 K-NN 옥내측위 웹 서비스 구현

K-NN 방법은 2절에서 소개한 바와 같이 준비단계와 실측단계로 구성된다. 찾아보기 테이블(Lookuptable)을 임의로 지정한 파일에 작성하는 기능을 제공하는 웹 메소드로 CreateFileOfAPLocation()을 구현하였다. 이 메소드의 인수는 찾아보기 테이블이 저장될 파일 이름(string \_DataPath)과 찾아보기 테이블의 하나의 항목, 즉 후보지점의 위치와 이 지점에서 측정된 실험에 사용된 공유기들의 RSSI 값들(string[] \_Data)이다. CreateFileOfAPLocation()은 \_Data의 내용을 \_DataPath 파일에 차례로 추가한다. 따라서 본 웹 서비스 사용자는 준비단계에서 찾아보기 테이블을 작성하기 위하여 후보지점 각각에서 CreateFile OfAPLocation()을 한 번씩 사용해야 한다. 본 연구의 경우는 그림 3에 검은 점으로 보이는 바와 같이 후보지점이 155개이다.

실측 단계의 웹 서비스는 2절에서 소개한 바와 같이 이동객체의 현재 위치를 결정하여주는 단계이다. 이동객체가 현재 위치에서 수집한 RSSI들 중에서 실험에 사용된 공유기의 RSSI들만으로 구성된 벡터를 인수로 하여 실측단계 웹 메소드인 Location (string [] \_AP)을 호출하면, Location() 웹 메소드는 준비단

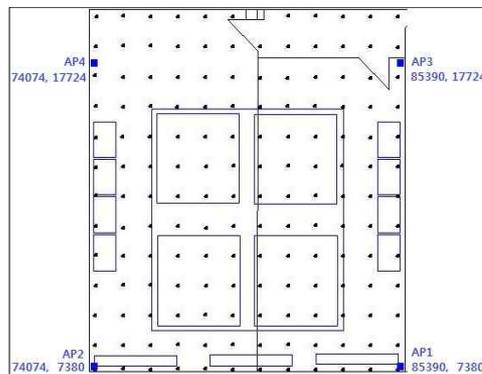


그림 3. 실험에 사용된 후보지점들

계에서 생성된 Lookuptable을 검색하여 인수로 받은 벡터와 가장 근접한 행을 찾아 해당하는 후보지점의 좌표 값을 반환한다.

### 3.5 RFID 옥내측위 웹 서비스 구현

RFID 옥내측위를 위하여 RFID 태그들을 응용영역 내의 유명 지형지물이나 통로들의 교차점과 같은 적당한 위치에 부착하여 두고, 각 태그의 위치를 데이터베이스에 저장하여 둔다. 실측단계에서는 현재 위치에서 읽은 RFID 태그의 ID를 데이터베이스에 저장된 태그 ID와 비교하여 현재 위치를 찾는다. 본 논문에서는 태그의 위치 데이터베이스를 미리 구축하여 RFID 옥내측위 웹 메소드인 RealLocation이 이를 사용한다. 이동객체가 자신이 읽은 RFID 태그의 ID를 인수로 RealLocation을 호출하면 Real Location은 데이터베이스를 검색하여 해당 위치를 반환한다.

이러한 웹 메소드를 사용한 옥내측위 과정을 그림 4에 보였다. 이 그림의 좌측은 이동객체에서 실행되는 클라이언트 부분이고 우측은 서버 부분이다. 이동객체는 SerialPort를 이용하여 RFID 리더기에 접속하여 리더기를 wake up 시키고, 리더기에 000001이라는 명령어를 write하여 태그 ID를 읽게 하며, 이것을 SerialPort.ReadLine으로 읽어온다. 만약 읽어오지 못하는 경우에는 ID를 읽을 때 까지 10번까지 재측정하게 한다. 태그 ID를 읽으면 RealLocation을 호출하여 현재 위치를 파악하고 이를 도면상에 표시한다. RFID 판독을 10회 이상 실패하면 KNN 방법으로 현재 위치를 판정한다.

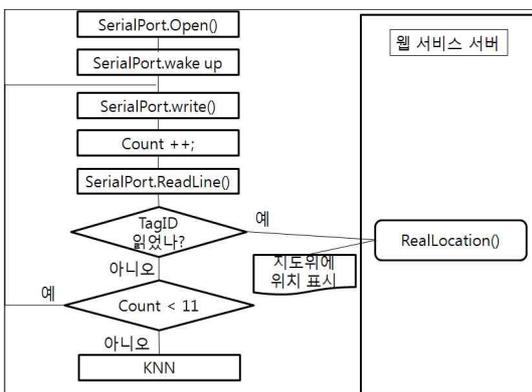


그림 4. RFID 옥내측위 과정 흐름도

### 4. 실 험

본 연구에서는 203.247.239.92를 웹 서버로 사용하여, 도면출력 관련, 삼각측량 옥내측위 관련, RFID 옥내측위 관련, 그리고 K-NN 옥내측위 관련 메소드들을 각각 별도의 디렉토리에 구현하였다. 그림 5는 여기에 구현된 여러 가지 웹 메소드 중 일부를 보인다.

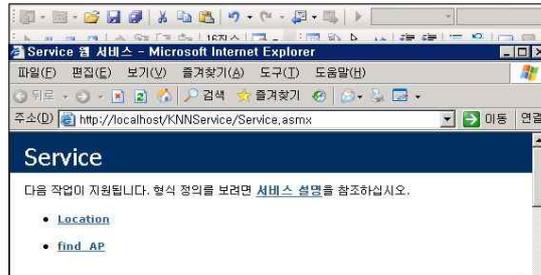


그림 5. 구현된 웹 메소드를 보이는 화면

본 논문에서 구현한 옥내측위 웹 서비스의 성능을 실험으로 보이기 위하여 이들을 이용한 웹 프로그램을 작성한 후, 그림 6에 보이는 테스트베드에서 측위 실험을 실시하였다. 그림에 보인 바와 같이 테스트베드의 4개 코너에 총 4개의 공유기가 위치한다. 그리고 그림의 사각형 점은 태그가 부착된 위치를 나타낸 것이다.

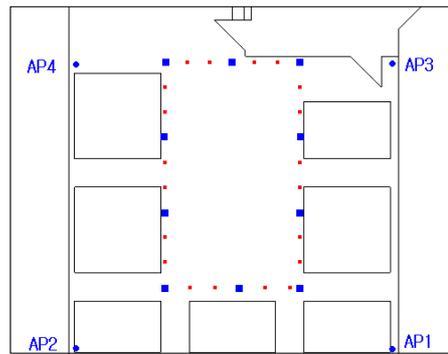


그림 6. 테스트베드

전형적인 실험 실행 화면은 그림 7과 같다. 그림에 보이는 바와 같이 본 프로그램은 랩탑 컴퓨터의 웹 브라우저에서 실행되며, 접속한 웹 사이트는 203.247.239.130이다. 이 사이트에서 C#의 웹 참조를 통하여 203.247.239.92에 구현된 웹 메소드들을 이용

하여 웹 페이지를 작성하였다. 이 그림은 K-NN 방법의 실행 화면이지만 삼각측량법 실행 화면이나 RFID 실행 화면도 비슷하다.

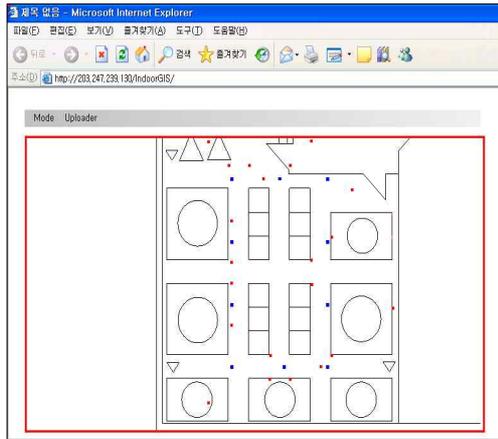


그림 7. 전형적인 실험 실행 화면

옥내측위 웹 서비스를 이용한 옥내측위 실험 결과를 요약하면 다음과 같다. 첫째, 삼각측량법은 오차가 약 10미터를 초과하여 실험을 중단하였다. 둘째, K-NN의 실험 결과는 평균 오차가 약 6.4미터로 나타났다. 셋째, RFID 실험에서는 RFID 태그가 있는데 읽기에 실패한 빈도가 약 4% 발생했다. 그러나 태그를 3미터 간격으로 배치하였는데, 측정은 약 0.5미터 간격으로 시도하였기 때문에 대부분의 측정 시도가 실패로 나타났다.

따라서 본 연구에서는 RFID와 K-NN을 혼합한 방법을 구현하였다. 이 방법은 RFID를 우선 시도하되 RFID가 실패하였을 때, K-NN 방법을 시도하는 것이다. 이 방법은 평균 오차가 약 4.1미터였다. 표 3은 K-NN 방법과 혼합 방법의 실험 결과를 보인다.

표 3. KNN과 RFID&KNN의 오차평균 (단위:mm)

|      | KNN         | RFID & KNN |
|------|-------------|------------|
| 실험1  | 6240.030438 | 3947.878   |
| 실험2  | 6684.639921 | 4161.702   |
| 실험3  | 6037.006494 | 4064.756   |
| 실험4  | 6725.225263 | 4368.089   |
| 평균   | 6421.725529 | 4135.606   |
| 표준편차 | 337.7661457 | 177.9425   |

## 5. 결 론

위치기반 서비스가 실생활에 널리 이용된다. 가까운 미래에 옥내에서도 위치기반 서비스가 실용화될 전망이다. 위치기반 서비스가 실용화되려면 옥내측위의 문제가 선결되어야한다. 한편, 응용시스템을 효율적으로 개발하는 방법으로 웹 서비스 방법이 근래에 널리 사용되고 있다. 이에 따라 본 논문에서는 삼각측량, K-NN, RFID 그리고 RFID와 K-NN을 혼합한 옥내측위 웹서비스를 구현 및 출판하였다. 더불어도면출력 웹서비스도 출판하였다. 따라서 옥내 위치기반 서비스를 개발하는 프로그램 개발자는 옥내측위 프로그램을 스스로 개발할 필요 없이, 본 연구가 제공하는 옥내측위 웹 서비스를 사용하여 옥내측위 문제를 해결할 수 있다.

구현한 옥내측위 웹 서비스의 성능을 검증하기 위하여 이들을 이용한 옥내측위 실험을 수행하였다. 삼각측량법은 오차가 10미터를 넘었다. 이렇게 큰 오차는 RSSI를 거리로 환산하는 계산식이 RSSI와 거리 간의 관계를 정확히 나타내지 못하는데 기인한다. 본 연구에서는 기존의 삼각측량 옥내측위 방법을 웹 서비스로 구현하는데 목적이 있기 때문에, RSSI를 거리로 환산하는 계산식의 정확성에 대한 깊이 있는 연구가 결여되었지만, 추후에는 계산식의 정확도를 제고하는 연구가 필요하다. 향후 연구로는 옥내위치기반 서비스에 필요한 도면 출력, 이동객체 데이터베이스 등의 요소 기능들에 대한 웹 서비스의 구현과 이러한 웹 서비스를 이용하는 실용적인 응용소프트웨어가 구현 등이 있다.

## 참 고 문 헌

[ 1 ] G. Alonso, F. Casati, H. Kuno, and V. Machiraju, *Web Services: Concepts, Architectures and Applications Springer*, 2004.

[ 2 ] M. Stal, "Web Services: Beyond Component-Based Computing," *Comm. ACM*, Vol.55, No. 10, pp. 71-76, 2002.

[ 3 ] W. Vogels, "Web Services Are Not Distributed Objects," *IEEE Internet Computing*, Vol.7, No.6, pp.59-66, 2003.

[ 4 ] Sabre, <http://www.sabre.com>

- [ 5 ] Datalex, <http://www.datalex.com>
- [ 6 ] Galileo Launches Global Web Services Platform, [http://xml.coverpages.org/Galileo Global WS.html](http://xml.coverpages.org/Galileo%20Global%20WS.html).
- [ 7 ] Amazon Web Services, <http://aws.amazon.com/>
- [ 8 ] B. Kulvatunyou and N. Ivezic, "Semantic Web for Manufacturing Web Services," *Proceedings of the 5th Biannual World Automation Congress*, pp. 597-606, 2002.
- [ 9 ] W. Shen, Y. Li, Q. Hao, and S. Wang, "Implementing Collaborative Manufacturing with Intelligent Web Services," *Fifth International Conference on Computer and Information Technology*, pp. 1063-1069, 2005.
- [10] Y. Park, T. Kirkham, P. Phaithoonbuathong, and R. Harrison, "Implementing Agile and Collaborative Automation Using Web Service Orchestration," *IEEE International Symposium on Industrial Electronics*, pp. 86-91, 2009.
- [11] S. Aftab, Y. Mehmood, F. Ahmad, Y. Javed, M. Hussain, and M. Afzal, "Mapping Integrating the Healthcare Environment (IHE) to Business Process Execution Language for People (BPEL 4PPL)," *IEEE 13th International Multitopic Conference*, pp. 1-6, 2009.
- [12] T. Vacharasintopchai, W. Barry, V. Wu-wongse, and W. Kanok-Nukulchai, "Semantic Web Services Framework for Computational Mechanics," *J. of Computing in Civil Engineering*, Vol.21, Issue2, pp. 65-77, 2007.
- [13] 김태성, 전효정, 남광우, "위치기반 서비스의 비즈니스 모델," *한국통신학회논문지*, 제31권, 제 9B호, pp. 848-856, 2006.
- [14] 박종현, 김문구, 백종현, "위치기반서비스(LBS)의 산업구조 분석 및 시장개발전략 방향," *한국통신학회지(정보통신)*, 제20권, 제4호, pp. 478-488, 2003.
- [15] Bahl, P. and V. Padmanabhan, "RADAR: An In-Building RF-Based User Location and Tracking System," *INFOCOM 2000*, pp. 775-784, 2000.
- [16] Harter, A. and A. Hopper, "A New Location Technique for the Active Office," *IEEE Personal Communications*, Vol.4, No.5, pp. 43-47, 1997.
- [17] Priyanthat, N., A. Chakraborty, and H. Balakrishnan, "The Cricket Location-Support System," *Proc. of 6th ACM International Conference on Mobile Computing and Networking*, pp. 32-43, 2000.
- [18] Yim, J., "Introducing a Decision Tree-Based Indoor Positioning Technique," *Expert Systems with Applications*, Vol.34, Issue2, pp. 1296-1302, 2008.
- [19] Yim, J., Park, C., Joo, J., and Jeong, S., "Extended Kalman Filter for Wireless LAN Based Indoor Positioning," *Decision Support Systems* Vol.45, pp. 960-971, 2008.
- [20] Jaegool Yim, Ilseok Ko, Jaesu Do, Jaehun Joo, and Seunghwan Jeong, "Implementation of a Prototype Positioning System for LBS on U-campus," *Journal of Universal Computer Science*, Vol.14, No.14, pp. 2381-2399, 2008.
- [21] 임재걸, 심규박, 정승환, "RSSI 판독 라이브러리 함수 및 옥내 측위 모듈 구현," *멀티미디어학회논문지* 제10권 제11호, pp. 1483-1495, 2007.
- [22] 임재걸, 주재훈, 정승환, "위치기반서비스를 위한 지도정보가 반영된 옥내측위 통합 시스템," *한국정보시스템학회논문집*, 제17권, 제1호, pp. 131-154, 2008.
- [23] 임재걸, 박찬식, 주재훈, 정승환, "Wi-Fi 기반 옥내측위를 위한 확장칼만필터 방법," *Journal of Information Technology Applications and Management*, Vol.15, No.2, pp. 51-65, 2008.
- [24] 임재걸, 주재훈, 정승환, "위치기반서비스를 위한 무선 근거리통신망 기반의 사용자 추적방법 및 실험," *한국전자거래(CALS/EC)학회 논문지*, 제13권, 제4호, pp. 1-16, 2008.
- [25] 임재걸, 심규박, 정승환, "옥내 이동 물체 궤적의 통계적 검정," *멀티미디어학회논문지*, 제12권, 제1호, pp. 97-106, 2009.

[26] J. Yim, S. Jeong, K. Gwon, and J. Joo, "Improvement of Kalman Filters for WLAN Based Indoor Tracking," *Expert Systems With Applications*, Vol.37, No.1, pp. 426-433, 2010.



**한 창 용**

1995년 동국대학교 경제학과 졸업  
2006년 동국대학교 대학원 경제학과 석사  
2010년~현재 동국대학교 경상학부 연구교수  
관심분야: 멀티미디어 이론, 경영정보, 계량경영.



**이 계 영**

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

1985년~현재 동국대학교 과학기술대학 컴퓨터공학부 교수  
관심분야: 운영체제이론, 멀티미디어 이론, IPTV 이론.



**임 재 길**

1981년 동국대학교 전자계산학과 졸업  
1987년 일리노이대학교 시카고 캠퍼스 컴퓨터과학 석사  
1990년 일리노이대학교 시카고 캠퍼스 컴퓨터과학 박사

1992년~현재 동국대학교 과학기술대학 컴퓨터공학부 교수

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



**심 규 박**

1986년 동국대학교 대학원 통계학과 이학석사  
1993년 동국대학교 대학원 통계학과 이학박사  
1994년~현재 동국대학교 과학기술대학 정보통계학과 교수

관심분야: 전산통계, 신뢰도검정, 통계자료분석