

개인 휴대용 네비게이션을 위한 라디오 비컨 기반 실내외 연속측위 시스템

Radio Beacon-based Seamless Indoor and Outdoor Positioning for Personal Navigation Systems

남 상 균* 장 윤 호** 배 상 준*** 곽 경 섭****
(Sang-Kyoon Kim) (Yoon-Ho Jang) (Sang-Jun Bae) (Kyung-Sup Kwak)

요 약

본 논문에서는 Wi-Fi, 블루투스, CDMA 등 라디오 비컨의 수신 신호세기와 GPS 위성 신호를 결합하여 개체의 위치를 측정하는 Place Lab 기반 실내외 연속측위 시스템을 제안한다. 기존의 Place Lab은 복수의 측위매체를 이용하여 다양한 실내 환경에서 위치인식이 가능하였다. 하지만 각 측위매체를 통합하는 방법 및 실내외 환경을 연동하는 방법이 고려되지 않아 동작 효율이 낮고, 그 사용 범위가 제한되는 단점이 있다. 따라서 본 논문에서는 실내외 측위매체들을 유기적으로 연계하는 멀티센서 데이터 융합 모델을 정의하고, 각 계층에 적합하게 Place Lab을 재구성하여 이러한 단점을 해결하고자 한다. 제안된 시스템은 라디오 비컨 신호와 GPS 위성 신호를 결합하여 실내외 연속측위를 수행하며, OSGi 번들로 구현되어 다양한 모바일 디바이스에서 단절없는 PNS 서비스를 제공할 수 있다. 구현된 시스템은 윈도우 모바일 기반의 삼성 T*OMNIA SCH-M490 스마트폰에서 그 성능을 평가하였으며, 그 결과 제안된 연속측위 시스템을 통해 PNS 서비스를 성공적으로 지원할 수 있음을 보였다.

Abstract

In this paper, using the received signal strength of radio beacon such as Wi-Fi, Bluetooth, CDMA and GPS signal from the satellite, we propose the system of positioning which considered indoor and outdoor based on the Place Lab. Conventional Place Lab utilize the various positioning parameters to estimate the indoor location. However, this conventional system has limitations with respect to the range and efficiency of usage. Therefore, we defined the converged model of multisensor data and re-organized the Place Lab to overcome the limitation of a conventional system. Proposed system uses the radio beacon signal and GPS signal together to estimate the location. Furthermore, it provides the seamless PNS service with many mobile devices because this system realized by the OSGi bundle. This proposed system has evaluated the performance with SAMSUNG T*OMNIA SCH-M490 smart phone and the result shows the system is able to support the PNS service.

Key words: LBS, PNS, Radio beacon, GPS, seamless indoor/outdoor positioning

† 본 연구는 대학 IT연구센터 지원사업 ((IITA-2009-C1090-0902-0019) INHA UWB-ITRC)의 지원으로 수행되었습니다.

* 주저자 : 인하대학교 정보공학과 석사과정

** 공저자 : 인하대학교 정보공학과 석사과정

*** 공저자 : 인하대학교 정보통신대학원 석사과정

**** 공저자 : 인하대학교 정보통신대학원 교수, 인하대학교 초광대역무선통신연구센터 센터장

† 논문접수일 : 2009년 6월 4일

† 논문심사일 : 2009년 6월 25일

† 게재확정일 : 2009년 6월 26일

I. 서론

유비쿼터스 컴퓨팅 환경을 실현하기 위하여 사람, 사물 등 개체의 위치를 파악하고 활용하는 위치기반 서비스(LBS: Location-based Service)가 중요한 요소로 대두되고 있다. 특히 개인 휴대용 네비게이션(PNS: Personal Navigation System)은 생활 및 산업 각 분야에 폭넓게 적용되어 다양한 개인화 서비스를 제공함으로써 대표적인 LBS 응용서비스로 빠르게 확산되고 있다 [1, 2]. 이를 구성하는 측위기술은 핵심 및 기반기술로 오늘날 GPS(Global Positioning System)가 그 중심을 차지하고 있지만 위치인식 요청의 70~80%가 건물 내부와 같이 GPS 위성 신호가 도달하지 않는 음영지역이나 중계기 신호를 사용하는 실내 환경에서 발생하여 기존의 기술만으로 서비스를 처리하는데 어려움이 있다 [3]. 따라서 PNS 시스템이 제시하는 다양한 서비스를 제공하기 위하여 사람의 주생활 공간인 실내 환경에 적합한 다른 측위매체와의 결합을 고려할 필요가 있다.

현재 실내측위를 위한 대표적인 기술로서 초음파(Ultra-sonic)를 이용한 Cricket[4], 적외선(Infrared)을 이용한 Active Badge[5], RF(Radio Frequency)를 이용한 RADAR[6], 초광대역(UWB: Ultra Wideband)을 이용한 Ubisense[7] 등이 있다. 이러한 시스템들은 모두 강력한 위치인식 능력을 가졌지만, 시스템을 위한 기반 시설을 새로 설치해야만 한다는 공통적인 문제점들이 있다. 본 논문에서는 그러한 문제점을 보완하기 위해, 이미 많은 수의 기반시설(AP: Access Point)을 가지고 있는 Wi-Fi(Wireless Fidelity), 블루투스(Bluetooth), CDMA(Code Division Multiple Access) 등 라디오 비컨(Radio Beacon)의 수신 신호세기(RSSI: Received Signal Strength Indicator)를 이용하여 개체의 위치를 측정하는 Place Lab[8, 9] 기반 실내의 연속측위 시스템을 제안한다.

제안된 시스템은 GPS 위성 신호를 이용하는 실외 측위와 Wi-Fi, 블루투스, CDMA 등 라디오 비컨 신호를 이용하는 실내측위를 연동하여 위치인식을 수행하며, 다양한 모바일 디바이스에서 이를 지원할 수 있도록 OSGi(Open Service Gateway initiative) 프레임워크[10] 상의 번들 형태로 구현된다. 특히 단절없는(Seamless) 서비스를 제공하기 위하여 각 측위매체를 유기적으로 연계하는 멀티센서 데이터 융합 모델을 정의하고, 각 계층에 적합하게 Place Lab을 재구성한다. 구현된 시스템은 윈도우 모바일 기반의 삼성 T*OMNIA SCH-M490 스마트폰에서 그 성능을 평가하였으며, 그 결과 제안된 실내의 연속측위 시스템을 통해 PNS 서비스를 성공적으로 지원할 수 있음을 보였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 우선 I 장에 이어 II 장에서는 RSSI 신호세기를 이용하는 실내 측위기술에 관한 기존 연구 사례들을 살펴본다. 이후 III 장에서는 본 논문에서 제안하는 실내의 연속측위 시스템의 구조 및 멀티센서 데이터 융합 모델을 소개하고, 이를 수행하는 각 위치인식 미들웨어의 세부 동작과정을 설명한다. IV 장에서는 실제 모바일 디바이스에서 제안된 시스템의 서비스 구동 결과를 확인한다. 마지막으로 V 장에서는 지금까지 연구결과를 정리하고 향후 연구방향을 논의하며 결론을 맺는다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 우선 I 장에 이어 II 장에서는 RSSI 신호세기를 이용하는 실내 측위기술에 관한 기존 연구 사례들을 살펴본다. 이후 III 장에서는 본 논문에서 제안하는 실내의 연속측위 시스템의 구조 및 멀티센서 데이터 융합 모델을 소개하고, 이를 수행하는 각 위치인식 미들웨어의 세부 동작과정을 설명한다. IV 장에서는 실제 모바일 디바이스에서 제안된 시스템의 서비스 구동 결과를 확인한다. 마지막으로 V 장에서는 지금까지 연구결과를 정리하고 향후 연구방향을 논의하며 결론을 맺는다.

II. 관련 연구

이 장에서는 라디오 비컨의 RSSI 신호세기를 이용하는 실내 측위기술에 관한 기존 연구 사례들을 살펴본다. 특히 이러한 기술의 모태가 된 마이크로소프트 연구소의 RADAR와 현재 Wi-Fi 위치인식 분야를 주도하는 인텔 연구소의 Place Lab을 중심으로 본 논문에서 제안하는 라디오 비컨 기반 실내의 연속측위 시스템의 가능성을 조사한다.

1. RADAR

RADAR은 RF 디바이스를 사용하여 개체의 위치를 측정하는 시스템[6]으로 RSSI 신호세기 기반 실내 측위기술의 모체라 할 수 있다. 이 기술의 핵심은 RF 디바이스가 수집한 라디오 비컨 신호를 통해 신호전파 모델(Radio Propagation Model)을 수립하는 것으로서, 일단 모델을 수립하는 절차가 끝나면 현재 위치의 신호를 신호전파 모델에 대입하여 위치인식

이 가능하다. 일반적인 RF 디바이스에 수집된 라디오 비컨 신호는 아래와 같은 형식으로 저장된다.

$$[x, y, d, ss_i, snr_i] \quad (1)$$

여기서, x, y : 개체의 위치좌표

d : 개체의 수신 방향

ss_i : i 번째 비컨의 수신 신호세기

snr_i : i 번째 비컨의 신호 대 잡음 비

RADAR에서 측정신호의 변화량은 라디오 비컨과 신호측정 위치간의 거리에 반비례한다. 이를 바탕으로 RADAR은 RSSI 신호세기와 위치의 연관맵을 구성하고, 현재 위치의 라디오 비컨 신호에 대해 NNSS(Nearest Neighbor in Signal Space) 알고리즘을 사용하여 위치인식을 수행한다.

2. Place Lab

Place Lab은 RSSI 신호세기를 이용하는 고전적인 실내 측위기술을 이어받음과 동시에 Wi-Fi, 블루투스, GSM(Global System for Mobile Communications) 등 최신 네트워크 인프라를 모두 수용하여 성능을 극대화한 시스템[8, 9]이다.

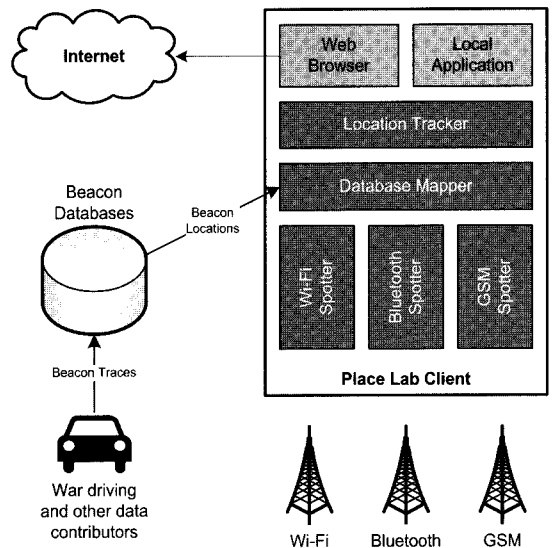
Place Lab의 가장 큰 특징은 라디오 비컨 신호를 GPS 좌표로 매핑하는 GPS 스템블링(Stumbling)이라는 기능이다. 차를 타고 돌아다니면서 라디오 비컨 신호를 수집하는 워 드라이빙(War Driving)을 통해서 서비스 지역에서 발생하는 Wi-Fi 비컨 신호를 수신 하면서 동시에 GPS 위성 신호로 실제 위도와 경도 좌표를 읽고 두 요소의 연관맵을 구성한다. 각 지역의 스템블러(Stumbler)들은 측정신호와 지리좌표를 "PlaceLab.org" 서버의 비컨 데이터베이스에 업로드 하고 서버는 이것들을 조합해서 전 지역에 걸친 연관맵을 유지하며, 다른 사용자에게 제공한다. GPS 스템블링은 블루투스, GSM 등 다른 라디오 비컨에도 동일하게 적용하여 데이터베이스를 구성한다. <표 1>은 수집된 비컨 데이터베이스의 테이블 형태를 나타낸다.

<표 1> 비컨 데이터베이스 테이블 형태
<Table 1> Beacon databases table structure

Type	ID	Name	Coordinates
Wi-Fi	MAC Address	SSID	Latitude/Longitude
Bluetooth	MAC Address	SSID	Latitude/Longitude
GSM	Cell ID	None	Latitude/Longitude
...

```
TYPE=WIFI | ID=02:04:23:c7:92:6e | NAME=SAMPLE |
LAT=47.63916624245825 | LON=-122.14151493649952 |
VCNT=0 | ACNT=0 | ANCHORED=1 | RAD=75.0 | GCNT=1
```

<그림 1>은 Place Lab의 전체적인 구조를 보인다. Place Lab Client에서 비컨 수집기(Beacon Spotter)와 데이터베이스 매핑기(Database Mapper)는 라디오 비컨의 RSSI 신호세기, 데이터베이스 데이터를 비교하여 비컨 리스트를 구성하고, 위치 추적기(Location Tracker)는 리스트를 바탕으로 Centroid, Intersection 및 Fingerprint 알고리즘을 사용하여 위치인식을 수행한다.



<그림 1> Place lab 구조
<Fig. 1> Place lab architecture

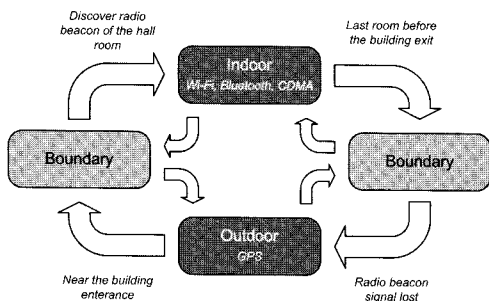
III. 실내외 연속측위 시스템 설계

이 장에서는 본 논문에서 제안하는 실내외 연속측위 시스템의 구조 및 멀티센서 데이터 융합 모델을 소개하고, 이를 수행하는 각 위치인식 미들웨어의 세부 동작과정을 설명한다.

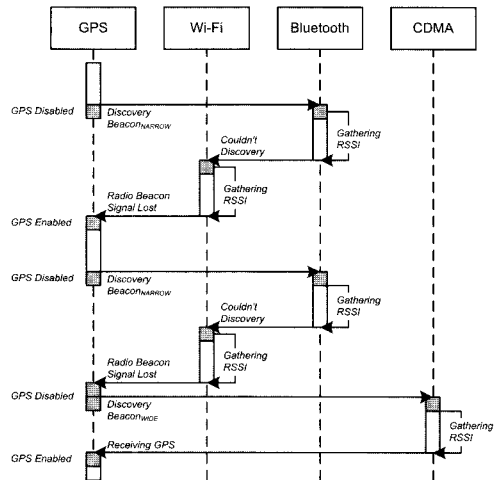
1. 실내외 연속측위 시스템 개요

기존의 Place Lab은 복수의 측위매체를 이용하여 다양한 실내 환경에서 위치인식이 가능하였다. 하지만 각 측위매체를 통합하는 방법 및 실내외 환경을 연동하는 방법이 고려되지 않아 동작 효율이 낮고, 그 사용 범위가 제한되는 단점이 있다. 따라서 본 논문에서는 실내외 측위매체들을 유기적으로 연계하는 멀티센서 데이터 융합 모델을 정의하고, 각 계층에 적합하게 Place Lab을 재구성하여 이러한 단점을 해결하고자 한다. 제안된 시스템은 라디오 비컨 신호와 GPS 위성 신호를 결합하여 실내외 연속측위를 수행하며, OSGi 번들로 구현되어 다양한 모바일 디바이스에서 단절없는 PNS 서비스를 제공할 수 있다.

<그림 2>는 제안된 시스템의 실내외 측위모드 전환 과정을 표현한 것이다. 실내 환경은 Wi-Fi, 블루투스, CDMA 등 라디오 비컨에서 방송된 신호를 수집하고 실외 환경은 GPS 위성에서 송출된 신호를 수집하여, 신호수신의 유무에 따라 실내외 측위모드를 전환한다.



<그림 2> 실내외 측위모드 전환 과정
<Fig. 2> Indoor and outdoor mode switching



<그림 3> 실내외 측위매체 동작 과정
<Fig. 3> Indoor and outdoor operation scenario

<그림 3>은 측위모드 전환에 따른 실내외 측위매체의 동작 과정을 나타낸 것이다. 라디오 비컨은 각 측위매체에 따라 서로 다른 송신반경을 가지고 있으며 최근 CDMA는 수백 m에서 수 km, Wi-Fi는 100m에서 200m, 그리고 블루투스는 10m에서 100m 정도를 수용할 수 있다. 제안된 시스템은 실내 환경에서 제일 먼저 블루투스 비컨 신호를 수집하고, 수집된 신호가 없다면 Wi-Fi 비컨 신호를, 마찬가지로 CDMA 비컨 신호로 점차 확장해 가며 좁은 영역부터 순차적으로 위치를 측정한다. 이를 통해 다른 측위매체가 동시에 함께 수집되는 것을 최소화 할 수 있으며, 위치인식을 처리하는 과정을 단순화하는 등 동작 효율을 높일 수 있다.

이러한 개념은 GPS에도 적용되어 라디오 비컨 신호가 모두 손실(Lost)되었을 때, GPS 위성 신호를 통해 위치를 파악한다. 단, 이때 PAN(Personal Area Network), LAN(Local Area Network) 등 건물 크기보다 송신반경이 좁은(Narrow) 측위매체만 우선적으로 작동되고, MAN(Metropolis Area Network), WAN(Wide Area Network), RAN(Regional Area Network) 등 건물 크기보다 송신반경이 넓은(Wide) 측위매체는 추후에 작동되어, CDMA 비컨 신호는 GPS 위성 신호와 Wi-Fi, 블루투스 등 라디오 비컨 신호가 수신되지 않는 음영지역 및 실내 환경에서만 수집된다.

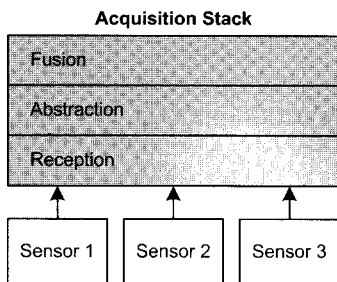
이를 바탕으로 GPS 실외 측위를 수용하고, GPS와 라디오 비컨의 실내의 측위전환을 지원하는 등 사용 범위를 확장 할 수 있다.

2. 멀티센서 데이터 융합 모델

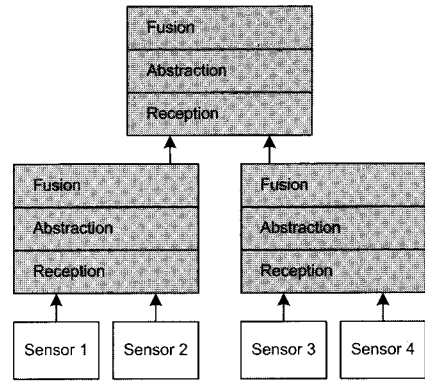
본 논문에서 제안하는 연속측위 시스템은 실내의 측위매체들을 유기적으로 연계하기 위해 멀티센서 데이터 융합 모델[11]을 정의한다. 정의된 융합 모델은 크게 수용(Reception), 추상(Abstraction), 융합(Fusion) 계층으로 구분되며 복수의 측위매체를 대입하여 측위전환 및 측위동작을 처리한다.

<그림 4>는 정의된 융합 모델의 단일 위치측정 스택을 도식화 한 것이다. 위치측정 스택을 적용하여 라디오 비컨의 RSSI 신호세기는 센서 값으로 수용 계층에 전달되고, 추상 계층에서 수신 거리를 통해 위치좌표로 계산된다. GPS 또한 위성 신호를 센서 값으로 수용 계층에 전달하고, 추상 계층에서 수신 각도를 바탕으로 위치좌표를 계산한다. 융합 계층은 측정된 위치좌표를 연결하여 서비스에 위치정보를 지원한다.

<그림 5>는 정의된 융합 모델의 위치측정 스택 트리를 도식화 한 것이다. 각 측위매체는 위치측정 스택으로 위치인식을 수행하며, 그 결과는 다시 상위 스택의 센서 값으로 지정될 수 있다. 위치측정 스택 트리를 적용하여, 라디오 비컨과 GPS는 개별 스택을 구성하고, 이를 결합하여 위치를 파악한다. 결합된 트리로 실내의 측위매체는 연동되고, 지속적인 위치 정보를 서비스에 제공한다.



<그림 4> 단일 위치측정 스택
<Fig. 4> Simple acquisition stack

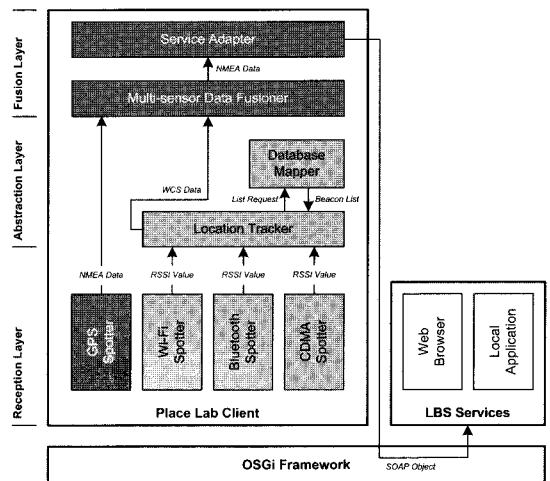


<그림 5> 위치측정 스택 트리
<Fig. 5> Tree of acquisition stacks

3. OSGi 상의 위치인식 미들웨어

본 논문에서 제안하는 위치인식 미들웨어는 각종 임베디드 디바이스에서 범용적인 서비스 환경을 제공하는 OSGi 프레임워크[10] 상의 번들 형태로 구현된다. 이를 통해 다양한 모바일 디바이스에서 연속측위 시스템을 지원할 수 있다.

<그림 6>은 제안된 Place Lab 기반 연속측위 시스템의 전체적인 구조를 보인다. Place Lab Client에서 위치인식 미들웨어는 비컨 수집기, 데이터베이스 매핑기, 위치 추적기, 멀티센서 데이터 융합기(Multi-sensor



<그림 6> Place Lab 기반 실내의 연속측위 구조
<Fig. 6> Rebuilt Place Lab architecture

Data Fusioner), 그리고 서비스 어댑터(Service Adapter)로 구분되며, 멀티센서 데이터 융합 모델을 바탕으로 계층화 및 통합되어 실내의 연속측위를 수행한다. 각 위치인식 미들웨어의 세부적인 동작은 다음과 같다.

1) 비컨 수집기

비컨 수집기는 라디오 비컨의 RSSI 신호세기와 GPS 위성 신호 등 실내의 측위매체들을 주기적으로 수집하는 기능을 지원한다. 특히 라디오 비컨 신호는 OSI 7 계층(Layer) 중 네트워크 계층을 통해, 수신 환경에 있는 각 측위매체의 비컨 신호를 검색하는 단계와 RSSI 신호세기를 측정하는 단계로 나뉘어 측정된다. 이에 수신신호의 유무에 따라 측위모드를 전환하고 송신반경을 점차 확장하여 연속측위를 동작한다.

2) 데이터베이스 매핑기

데이터베이스 매핑기는 비컨 수집기에서 측정된 라디오 비컨의 RSSI 신호세기와 데이터베이스 데이터를 비교하여 비컨 리스트를 구성한다. 리스트를 구성하는데 사용되는 비컨 데이터베이스는 GPS 스템블링, 직접측량 등 Place Lab과 동일한 방법으로 Place Lab Client에 저장된다.

3) 위치 추적기

위치 추적기는 비컨 리스트를 바탕으로 Centroid와 Intersection 알고리즘을 사용하여 위치인식을 수행한다. 좁은 반경을 가지는 Wi-Fi, 블루투스 등 라디오 비컨은 Centroid 알고리즘을 통해 각각 5m, 3m 오차의 위치좌표를 계산하며, 넓은 반경을 가지는 CDMA 라디오 비컨은 Intersection 알고리즘을 이용하여 100m 오차의 위치영역을 파악한다.

라디오 비컨 신호를 알고리즘에 적용하기 위하여 RSSI 신호 세기를 추정거리로 전환하는 과정이 필요하다. 이들 관계를 정의한 [12]를 통해 RSSI 신호 세기는 수신전력 레벨로 변환되고, 수신전력 레벨은 다시 추정거리로 계산된다.

$$P(d) = P(d_0) - n * 10 * \log(d/d_0) \quad (2)$$

$$d = 10^{((P(d_0) - P(d)) / (10 * n))} \quad (3)$$

여기서, $P(d)$: 거리 d 일 때 수신전력 레벨

d : 수신거리 d_0 : 참조거리

n : 수신전력 레벨과 거리 간의 상관계수

이와 같이, 각 측위매체는 개별 상관계수 n 과 참조거리 $d_0 = 1m$ 로 추정거리를 측정한다.

4) 멀티센서 데이터 융합기

멀티센서 데이터 융합기는 각 측위매체로 측정된 실내의 위치좌표를 연결하는 기능을 제공한다. 라디오 비컨과 GPS의 절대적인 위치를 참조하여 NMEA (National Marine Electronics Association) 좌표계에서 시간, 위도, 경도 등 위치정보가 지속적으로 표현된다.

5) 서비스 연동기

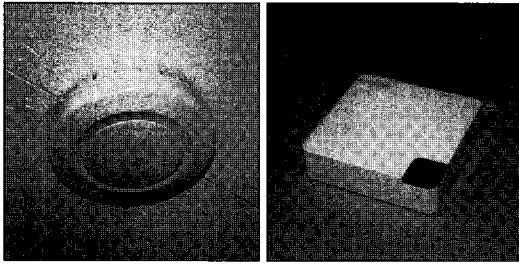
서비스 어댑터는 웹 서비스나 로컬 애플리케이션에서 위치정보를 손쉽게 이용할 수 있도록 공통된 인터페이스를 정의한다. 정의된 SOAP/XML 메시지를 통해 단절없는 위치좌표를 전달한다.

IV. 구현 및 결과

이 장에서는 실제 모바일 디바이스에서 제안된 시스템의 서비스 구동 결과를 확인한다.

1. 시스템 환경

본 논문은 윈도우 모바일 환경에서 OSGi 프레임워크인 IBM Lotus Expeditor 6.1.1을 사용하여 제안된 라디오 비컨 기반 실내의 연속측위 시스템을 구현하였다. OSGi 상에 연속측위 시스템을 설치 및 운용함으로써, 모바일 디바이스에서 단절없는 서비스를 제공할 수 있는지를 검증하였다.



<그림 7> Wi-Fi 공유기(좌)와 블루투스 동글(우)
 <Fig. 7> Wi-Fi and bluetooth access point

<표 2> 삼성 T*OMNIA 스마트폰 스펙
 <Table 2> Samsung T*OMNIA smarphone specifications

CPU	Marvall Monahans PXA312 624MHz LV (Auto Mode: 206MHz~806Hz Auto Overclocking)
Network	HSDPA 7.2Mbps (850/900/1800/1900 GSM/GPRS, 2100 WCDMA) Bluetooth v2.0+EDR, Wireless LAN 802.11b/g
GPS	S-GPS (Assisted GPS Enabled with T-map Navigation)
OS	Microsoft Windows Mobile 6.1 Professional

<그림 7>은 실험을 위해 건물에 설치된 Wi-Fi 공유기와 블루투스 동글을 보인다. 인하대학교 하이테크센터 내의 실험실과 복도에 32개의 Wi-Fi 공유기(IEEE 802.11b/g)를 설치하였으며, 특히 4개의 블루투스 동글(IEEE 802.15.1 Class 2)을 하나의 실험실에 별도로 장착하여 실내측위를 위한 라디오 비컨을 구성하였다.

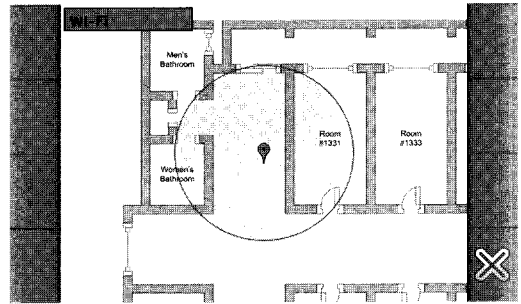
<표 2>는 실험에 사용된 스마트폰의 스펙을 나타낸다. 구현된 시스템은 Wi-Fi, 블루투스, CDMA 등 라디오 비컨 신호와 GPS 위성 신호를 모두 수신하는 삼성 T*OMNIA 스마트폰에서 그 성능을 평가하였다. 스마트폰에 IBM Lotus Expeditor 6.1.1을 설치하고 IBM J9 컴파일러를 이용하여 시스템을 포팅하였으며, JNI(Java Native Interface)로 구현된 윈도우즈 Wi-Fi 프로토콜과 BlueZ 블루투스 프로토콜을 통해 RSSI 신호세기를 측정하였다.

2. PNS 서비스 개발

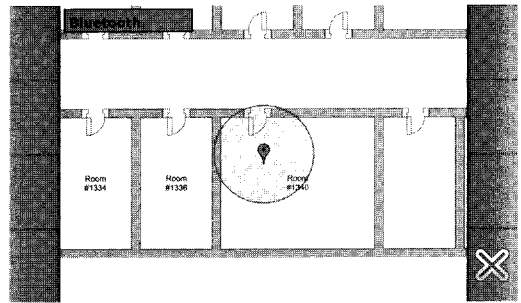
본 논문은 실내외 연속측위 시스템을 평가하기 위

하여 현재 위치를 지도에 표시하는 간단한 PNS 서비스를 개발하였다. 구현된 PNS 서비스는 실외 환경에서 매시업으로 Google Static Map API를 이용하고, 실내 환경에서 건물 내부에 대한 평면도를 사용하여 스마트폰에서 전자지도를 구성하였다. <그림 8>, <그림 9>, <그림 10>은 각 측위매체에 따른 PNS 서비스의 구동 화면을 보인다.

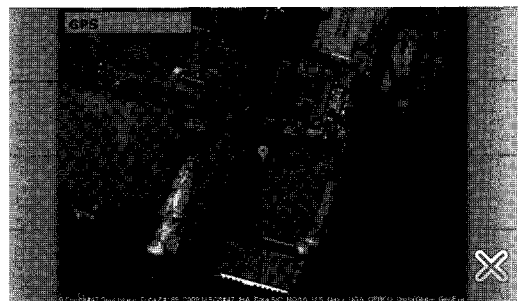
본 논문에서 제안된 라디오 비컨 기반 실내외 연



<그림 8> Wi-Fi 실내측위 화면
 <Fig. 8> Wi-Fi indoor positioning screenshot



<그림 9> 블루투스 실내측위 화면
 <Fig. 9> Bluetooth indoor positioning screenshot



<그림 10> GPS 실외측위 화면
 <Fig. 10> GPS outdoor positioning screenshot

속측위 시스템은 신호의 유무에 따라 측위모드를 전환하고, 송신반경을 점차 확장하여 측위매체를 동작하는 등 멀티센서 데이터 융합 모델을 적용하여 실내외 연속측위를 지속적으로 수행하였다. 이때 Wi-Fi는 매 1초마다 신호를 유무에 따라 측위모드를 전여 5~10m짜 정도의 오차를 보였으며 블루투스는 매 4초마다 유무에 따라 측위모드를 전여 3~5m짜 정도의 오차를 보였다. 제안된 시스템은 각 측위매체의 무선 네트워크 환경에 의존적으로 동작하여 개별 측위 시간이 일 전지 않지만 사람의 평균 보행속도인 1.2m/s를 고려할 때 PNS 서비스에서 무리없이 사용 가능함을 확인하였다.

V. 결 론

지금까지 라디오 비컨의 RSSI 신호세기와 GPS 위성 신호를 결합하여 개체의 위치를 측정하는 라디오 비컨 기반 실내외 연속측위 시스템에 대하여 살펴보았다. 유비쿼터스 컴퓨팅 공간에서 단절없는 PNS 서비스를 지원하기 위하여 실내외 환경의 위치정보를 지속적으로 제공하는 방법이 필요하다. 기존의 Place Lab은 복수의 측위매체를 이용하여 다양한 실내 환경에서 위치인식이 가능하지만, 각 측위매체를 통합하는 방법 및 실내외 환경을 연동하는 방법이 고려되지 않아 동작 효율이 낮고, 그 사용 범위가 제한되는 단점이 있었다. 이에 본 논문에서는 실내외 측위매체들을 유기적으로 연계하는 멀티센서 데이터 융합 모델을 정의하고, 각 계층에 적합하게 Place Lab을 재구성하여 이러한 단점을 해결하였다. 제안된 시스템으로 다른 측위매체가 동시에 함께 수집되는 것을 최소화 할 수 있으며, 위치인식을 처리하는 과정을 단순화하는 등 동작 효율을 높일 수 있었다. 또한 GPS 실외 측위를 수용하고, 라디오 비컨과 GPS의 실내외 측위전환을 지원하는 등 그 사용 범위를 확장 할 수 있었다.

향후 연구로는 제안된 연속측위 시스템을 이용하는 PNS 서비스에 대한 다양한 구현을 통해 검증하는 작업이 필요하며, 기존에 연구된 측위기술들과의 비교를 통해 위치인식 정확도를 개선하고 속도를 향

상시키는 작업이 필요하다. 특히 실내외 경계면에서 보다 유연한 측위전환을 위한 알고리즘에 대한 연구가 함께 수행되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 박종현, 김문구, 백종현, “위치기반 서비스의 산업구조분석 및 시장개발전략 방향,” *한국통신학회지*, 제20권, 제2호, pp. 92-102, 2003. 4.
- [2] 이성호, 민경욱, 김재철, 김주완, 박종현, “위치기반서비스 기술 동향,” *전자통신동향분석*, 제20권, 제3호, pp. 33-42, 2005. 6.
- [3] 조영수, 조성윤, 김병두, 이성호, 김재철, 최완식, “실내외 연속측위 기술 동향,” *전자통신동향분석*, 제22권, 제3호, pp. 20-28, 2007. 6.
- [4] N. B. Priyanthar, A. Chakraborty, and H. Balakrishnan, “The Cricket Location-support System,” *Proc. of the 6th ACM Intl. Conf. on Mobile Computing and Networking (MOBICOM 2000)*, Aug. 2000.
- [5] R. Want, A. Hopper, V. Falcao, and J. Gibbons, “The Active Badge Location System,” *ACM Transactions on Information Systems*, vol. 10, no. 1, pp. 91-102, Jan. 1992.
- [6] P. Bahl and V. N. Padmanabhan, “RADAR: An In-building RF-based User Location and Tracking System,” *Proc. of the 19th IEEE Intl. Conf. on Computer Communications (INFOCOM 2000)*, Mar. 2000.
- [7] <http://www.ubisense.org/>
- [8] A. LaMarca, et al., “Place Lab: Device Positioning Using Radio Beacons in the Wild,” *Proc. of the 3rd Intl. Conf. on Pervasive Computing (Pervasive 2005)*, May. 2005.
- [9] T. Sohn, et al., “Experiences with Place Lab: An Open Source Toolkit for Location-Aware Computing,” *Proc. of the 28th Intl. Conf. on Software Engineering (ICSE 2006)*, May. 2006.
- [10] <http://www.osgi.org/>
- [11] U. Leonhardt and J. Magee, “Multi-sensor Loca-

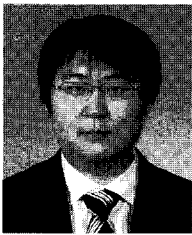
tion Tracking,” Proc. of the 4th Annual ACM Intl. Conf. on Mobile Computing and Networking (Mobicom 1998), Oct. 1998.

- [12] S. Seidel and T. Rapport, “914Mhz Path Loss Prediction Model for Indoor Wireless Communications in Multifloored Buildings,” IEEE Transaction Antennas Propagation, vol. 40, pp. 207-217, Feb.

1992.

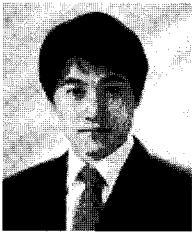
- [13] C. di Flora, M. Ficco, S. Russo, and V. Vecchio, “Indoor and Outdoor Location-based Services for Portable Wireless Devices,” Proc. of the 25th IEEE Intl. Conf. on Distributed Computing Systems Workshops (ICDCS 2005 Workshops), Jun. 2005.

저자소개



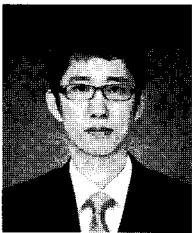
남 상 균 (Nam, Sang-Kyoon)

2007년 3월 ~ 현재 : 인하대학교 정보공학과 공학석사
 2007년 2월 : 인하대학교 컴퓨터공학과 공학사



장 윤 호 (Jang, Yoon-Ho)

2008년 3월 ~ 현재 : 인하대학교 정보공학과 공학석사
 2008년 2월 : 인하대학교 전자공학과 공학사



배 상 준 (Bae, Sang-Jun)

2008년 3월 ~ 현재 : 인하대학교 정보통신대학원 공학석사
 2008년 2월 : 인하대학교 전자공학과 공학사



곽 경 섭 (Kwak, Kyung-Sup)

2009년 1월 ~ 현재 : 한국ITS학회 회장
 2003년 8월 ~ 현재 : 인하대학교 초광대역무선통신연구센터 센터장
 2000년 3월 ~ 현재 : 인하대학교 정보통신대학원 교수
 2006년 1월 ~ 2006년 12월 : 한국통신학회 회장
 2000년 3월 ~ 2002년 2월 : 인하대학교 정보통신대학원 원장
 1989년 2월 ~ 1990년 3월 : 미국 IBM Network Analysis Center 연구원
 1988년 2월 ~ 1989년 2월 : 미국 Hughes Network Systems 연구원
 1988년 2월 : 미국 UCSD 통신이론 및 시스템 공학박사
 1981년 12월 : 미국 USC 전기공학과 공학석사
 1977년 2월 : 인하대학교 전기공학과 공학사