

위치 인식 기반 버스 안내 시스템의 설계 및 구현[☆]

Design and Implementation of Location-Aware Smart Bus Guide System

최 주 연*
Joo-Yen Choi

정 자 현**
Ja-Hyun Jung

박 성 미***
Sungmi Park

창 병 모****
Byeong-Mo Chang

요 약

본 연구의 목적은 상황 인식 기반의 개인 맞춤형 안내 시스템을 설계하고 구현하는 것이다. 이를 위해 본 연구에서는 위치 인식 기반의 서울시 버스 안내 시스템을 PDA와 GPS를 기반으로 개발하였다. 이 시스템은 GPS를 이용하여 사용자의 현재 위치를 파악하고 현재 위치를 기준으로 주변 버스 정류장 및 선택한 버스 정류장의 노선 정보 등을 안내한다.

Abstract

The goal of our research is to develop a smart context-aware guide system that provides a smart and personalized guide services based on implicit awareness of context. As a context-aware guide application, we have developed a location-aware smart bus guide system for Seoul based on PDA and GPS. It guides users to the nearby bus stops and provides users with information about the bus lines at the bus stops.

☞ keyword : 위치 인식, 버스 안내, GPS

1. 서 론

현재의 서울시 버스는 2004년 개편으로 큰 틀이 확정되었으며 노선별 버스 위치, 정류장별 버스 정보를 인터넷과 자동 응답 전화로 서비스하고 있다. 그러나 이러한 서비스는 사용자의 현재 위치 등 상황 인식이 이루어지지 않은 상태에서의 일반적인 정보 제공 형태로 이루어지고 있다.

본 연구의 목적은 상황 인식 기반의 개인 맞춤형 안내 시스템을 구현하는 것이다. 이를 위해 본 연구에서는 상황 인식 기반의 응용 프로그램으로,

위치 기반의 서울시 버스 안내 시스템을 개발하였다. 이 시스템은 사용자의 현재 위치를 파악하여 사용자에게 가까운 버스 정류장들을 안내하고, 해당 정류장에서의 버스 노선 등의 정보를 제공한다.

본 논문에서는 버스 이용 안내 시스템의 여러 특징들 중에서도, 위치 인식 부분의 설계 과정과 구현에 관해 자세히 기술한다. 본 안내 시스템에서는 HP Pocket PC와 GPS수신기를 사용하여 구현되었다.

위치 인식 기술을 이용한 안내 시스템의 사례가 있지만 [1,2,8,9], 본 연구에서는 위치 인식을 기반으로 한 실용적인 서비스로 서울시 버스 안내 시스템에 초점을 맞추었다. 이 시스템의 주요 특징은 다음과 같이 요약될 수 있다.

- 1) PDA와 GPS를 이용한 위치 인식 기반의 버스 안내 시스템.
- 2) 사용자 중심의 편리한 인터페이스.
- 3) 사용자의 현재 위치와 주변 버스 정류장안내
- 4) 선택한 정류장에서의 버스노선 정보안내

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 시스

* 준 회 원 : 숙명여자대학교 컴퓨터과학과
jyc-hehe@hanmail.net

** 준 회 원 : 숙명여자대학교 컴퓨터과학과
jahyun.jung@gmail.com

*** 준 회 원 : 숙명여자대학교 컴퓨터과학과
sungmi0224@naver.com

**** 정 회 원 : 숙명여자대학교 컴퓨터과학과 교수
교신저자, chang@sookmyung.ac.kr

[2008/07/31 투고 - 2008/08/20 심사 - 2008/11/25 심사완료]

☆ 본 연구는 숙명여자대학교 2008학년도 교내연구비지원에 의해 수행되었음

템의 개요에 대해 소개하고 3장에서는 설계 및 주요 기능에 대해서 기술한다. 4장에서는 구현에 대해서 기술하고 5장에서는 관련연구를 소개하고 비교한다. 6장에서 결론을 맺는다.

2. 관련연구

우선 상황인식 컴퓨팅과 모바일 컴퓨팅에서 수행되었던 대표적인 연구들을 살펴보면 다음과 같다. 상황인식 컴퓨팅은 동작하는 동안 사용자의 상황 변화에 따라 변화하는 특징을 갖는 프로그램을 말한다[5,6]. 그 상황은 사용자의 위치, 사용자가 상호작용하고 있는 사람, 시각, 사용자가 하고 있는 작업 등을 포함한다. 사용자가 특정한 상황에서의 그 상황에 맞는 도움을 제공하는 것이 그 예이다. 상황 인식 애플리케이션의 빠른 프로토타입을 지지해주는 프레임워크와 툴킷은 [3]에서 연구되었다.

휴대폰과 휴대용 컴퓨터, 모바일 컴퓨팅의 출현은 개인 정보 공간의 표준이 되어가고 있으며, 무선 네트워크를 통해 통신하는 휴대용 컴퓨팅 장치의 사용은 Fagrell 등에 의해 상호작용을 용이하게 하도록 연구되고 있다 [4,7].

GPS를 이용한 위치 인식 기반의 관광 안내 프로그램에 대한 여러 연구들이 있어 왔으며, 이 중 몇 개의 시스템을 소개한다. 본 연구에서 개발한 시스템은 서울시의 버스 안내를 목적으로 실생활에서 사용가능한 실용적인 위치인식 기반의 안내 시스템이라는 데에 그 의의가 있다. 위치 기반의 관광 안내 시스템에 대한 연구로, South Australia의 대학에서 Simcock 외 2인은 야외 환경에서 사용하는 위치 인식 기반 관광 안내 프로그램을 개발하였다. 이 프로젝트는 위치 인식 기반 애플리케이션을 위한 소프트웨어 지원에 초점을 맞추었다 [8]. [2]에서는 Lancaster 도시를 위한 전자 여행 가이드를 만들고 여러 버전들을 테스트하였다. 그들은 상당히 큰 단말기를 사용했으며 이것은 사용자들에게 더 풍부한 정보를 제공하여 전통적인

웹 브라우저 스타일 인터페이스에 맞추기 위한 것이었다. 또한 ‘Cyberguide’는 상황에 맞는 정보를 사용자들에게 제공해주는 포켓용 전자 여행 가이드 시스템이다 [1]. 초기에 ‘Cyberguide’는 GVU 내에서 실내 여행을 위해 개발되었고, 그 후 GPS를 이용하여 야외에서 동작하도록 확장되었다. [9]에서는 위치인식 기반 안내 시스템으로 서울의 덕수궁 관광을 위해 개발되었다.

3. 시스템 개요

본 연구에서 개발한 버스 안내 시스템의 특징을 살펴보면 다음과 같다.

1) 위치정보를 이용한 주변 버스정류장 안내

GPS 모듈로부터 받은 위성 좌표를 이용하여 사용자의 현재 위치 및 주변 정류장들의 위치를 화면의 지도상에 표시하여 안내한다.

2) 버스노선 및 정류장 정보 검색

정류장 이름, 정류장 고유 아이디, 버스 노선번호의 검색을 통해 서울시의 버스 이용에 관한 정보를 제공받을 수 있다. 사용자는 버스 노선의 기·종점 정보, 첫·막차 시각, 배차간격과 경유 정류장의 정보와, 각 정류장을 경유하는 노선 등 자세한 정보를 얻을 수 있다.

3) 사용자 중심의 편리한 인터페이스

PDA기반의 서비스로 사용자에게 사용하기 쉽고 간편한 인터페이스를 제공한다. 사용자의 움직임에 따라 지도가 업데이트 되며, 사용자는 지도를 직접 드래그 하여 사용자의 현재 위치뿐만 아니라 다른 곳의 지도도 볼 수 있도록 한다.

4) 정류장별로 지도 정보 제공

검색한 정류장 부근의 지도를 보여줌으로써 사

용자가 정류장의 위치를 쉽게 파악할 수 있도록 한다.

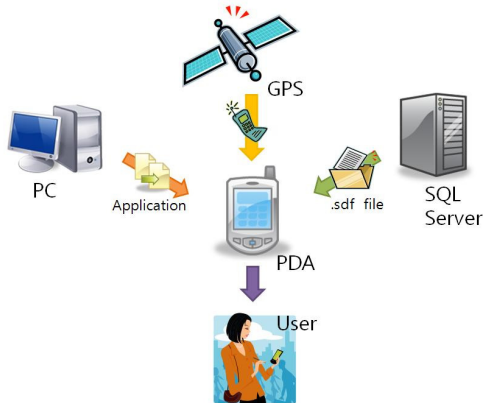
5) 자주 찾는 정보의 스크랩

자주 찾는 정류장, 버스 노선의 정보를 스크랩 하여, 사용자가 필요할 때마다 쉽고 빠르게 해당 정보를 얻을 수 있다.

4. 설계 및 주요기능

4.1 시스템 구조

그림1에서와 같이, 먼저 PC에서 프로그램을 PDA에 다운로드 받아 실행시킨다. 툴바에서 데이터베이스 동기화 버튼을 클릭하여 서버로부터 서울시 버스 노선 및 정류장 정보를 PDA에 다운받는다. 서버에는 첫차와 막차 시간, 배차 간격, 기점과 종점, 버스노선이 지나가는 정류장들 등 버스노선에 대한 정보와, 정류장들의 위치 정보, 정류장을 경유하는 버스노선 등의 정류장에 대한 정보를 저장하고 있다. 데이터베이스를 PDA에 다운로드 받은 후에 이 프로그램을 사용할 수 있다.

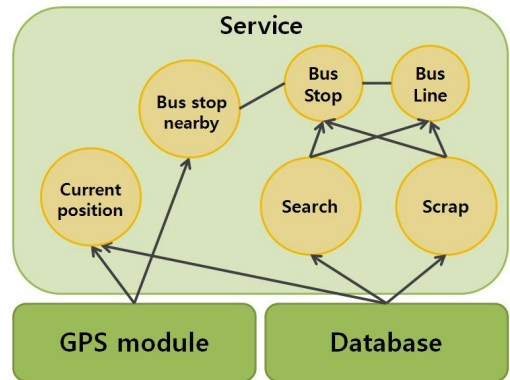


(그림 1) 시스템 구조

4.2 프로그램 구조

그림2에서 알 수 있듯이, GPS 모듈은 GPS 수신 기로부터 위도, 경도 좌표 값을 받아, 이 정보를

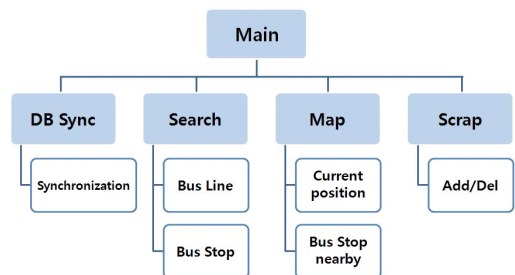
이용하여 사용자의 현재 위치를 결정한다. 이 프로그램은 즉, GPS 위치 정보와 데이터베이스의 서울시 버스노선 및 정류장에 대한 정보를 사용하여 위치 인식 서비스를 제공한다. ‘내 위치’ 페이지에서는 GPS 모듈을 통해 얻은 사용자의 현재 위치와, 데이터베이스에 저장되어 있는 정류장의 위치 정보를 비교하여, 사용자에게 가장 가까운 버스 정류장들을 찾아 지도에 나타내준다. 그밖에 ‘검색’이나 ‘스크랩’에 관련된 페이지에서는 데이터베이스의 정보를 이용하여 사용자가 원하는 버스노선 및 정류장 정보를 제공하고, 스크랩도 할 수 있도록 한다.



(그림 2) 프로그램 구조

4.3 시스템의 주요 기능

이 시스템의 기능은 아래 그림과 같이 요약될 수 있다.



(그림 3) 기능다이어그램

1) 데이터베이스 동기화

툴바의 DBSync 버튼을 누르면 지정되어 있는 서버로부터 서울시 버스의 노선과 정류장에 대한 데이터베이스를 PDA로 다운받게 된다. 데이터베이스는 .sdf파일 형태로 PDA에 저장된다. 사용자는 “DBSync” 버튼을 누름으로써 PDA의 데이터베이스를 업데이트 할 수 있다.

2) 내 위치 페이지

툴바에서 ‘내 위치’ 버튼을 누르면 GPS수신기로부터 현재 위치의 경도, 위도 좌표를 받아온다. 이 위치 정보를 이용하여 지도에 현재 위치를 표시한다. 이와 함께 데이터베이스에 저장되어 있는 정류장들의 위치 정보를 비교하여 현재 위치에서 가까운 버스 정류장들을 리스트로 보여준다. 그 중 사용자가 원하는 정류장을 클릭하여 ‘GO’버튼을 누르면 해당 정류장에 대한 자세한 정보를 볼 수 있다. 또한 사용자는 지도를 확대(축척 1:5000) 및 축소(축척 1:10000)할 수 있고, 드래그로 이동시켜 현재 위치뿐만 아니라 지도의 이동에 따른 다른 지역도 볼 수 있다.

3) 버스노선 및 정류장 정보 검색

사용자가 버스노선이나 정류장 이름, 또는 정류장 ARS-ID로 검색하면 해당 정보를 데이터베이스에서 가져와 ‘노선 정보’ 페이지 또는 ‘정류장 정보’ 페이지에 나타내준다. 그림4에서와 같이, ‘노선 정보’ 페이지에서는 해당 버스노선이 지나가는 정류장들, 배차 간격, 첫차와 막차 시간 등의 자세한 정보를 보여준다. 해당 노선이 경유하는 정류장들 중에 사용자가 원하는 정류장을 선택, 클릭하면, ‘정류장 정보’ 페이지로 이동하여 해당 정류장에 대한 구체적인 정보를 제공한다. ‘정류장 정보’ 페이지에서는 해당 정류장의 주변 지도 보기 기능을 제공하며, 해당 정류장을 경유하는 버스노선들을 리스트로 나타내준다. 그 중 사용자가 원하는 노선을 선택, 클릭하면 ‘노선 정보’ 페

이지로 이동하여 해당 노선에 대한 구체적인 정보를 얻을 수 있다. 사용자는 ‘노선 정보’ 페이지나 ‘정류장 정보’ 페이지에서 필요에 따라 노선이나 정류장을 스크랩할 수 있다.

4) 내 목록 페이지

툴바의 ‘내 목록’ 버튼을 누르면 ‘내 목록’ 페이지에서 사용자의 스크랩 내역을 알 수 있다. 이 페이지에서는 사용자가 스크랩해 놓은 버스 노선 및 정류장들을 리스트로 보여준다. 사용자가 스크랩된 버스 노선이나 정류장을 선택하면 ‘노선 정보’ 페이지 또는 ‘정류장 정보’ 페이지로 이동하여 해당 버스노선이나 정류장에 대한 상세한 정보를 얻을 수 있다. ‘삭제’버튼을 누르면 스크랩 리스트에서 지워진다.

5. 구현

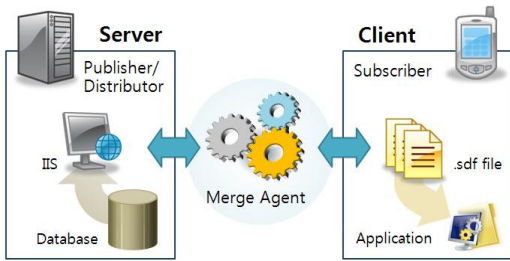
본 시스템의 구성요소로는 서버, GPS 수신기, PDA 어플리케이션이 존재한다. 서버로는 Microsoft Windows XP를 기반으로 Microsoft SQL Server 2005, IIS 5.0의 웹 서버를 사용하고, PDA상에서 동작하는 프로그램은 .Net Framework 환경에서 Visual C#으로 제작하여 Microsoft Pocket PC을 사용하여 구현하였다.

5.1 데이터베이스 동기화 구현

다수의 스마트 디바이스 사용을 위해서는 병합 복제를 통해 서버에 있는 게시 데이터베이스와 스마트 디바이스의 구독 데이터베이스간의 동기화를 해야 한다. 이를 위해 닷 넷 프레임워크 (.NET Framework)에서 제공하는 SqlCeReplication 오브젝트를 이용한다. 먼저 SqlCeReplication 객체를 생성하고, 필요한 속성들의 값을 지정해준다. 서버의 컴퓨터 이름(Publisher)과, 배포할 서버의 주소(InternetUrl), PDA에 생성될 데이터베이스 경로 (Subscriber Connection String) 등의 값을 정해

준다. PDA 내의 지정된 경로에 데이터베이스가 없으면 해당 경로에 데이터베이스를 생성하고, 이미 존재하면 Synchronize() 함수만 실행시켜서 데이터베이스를 동기화시킨다.

내부적으로는 실행되는 프로세스를 보면 다음과 같다. 구독자에서 병합 에이전트가 시작되고, 이 에이전트는 구독 데이터베이스에 대해 SQL 연결을 설정하고, 데이터베이스에서 변경 내용을 추출한 후, IIS를 실행하는 컴퓨터에 HTTPS 요청을 보내어 데이터 변경 내용을 XML 메시지로 업로드하게 된다. 한편, IIS를 실행하는 컴퓨터에 호스팅되는 SQL Server 복제 수신기 및 병합 복제 조정자는 HTTPS 요청에 응답하고, 게시 데이터베이스에 대해 SQL 연결을 설정한다. 업로드한 변경 내용을 게시 데이터베이스에 적용하고 다운로드한 구독자 변경 내용을 추출한다. 그 후, 병합 에이전트에 HTTPS 응답을 보내면 구독자의 병합 에이전트가 이 HTTPS 응답을 수락하고 다운로드한 변경 내용을 구독 데이터베이스에 적용하게 된다.



(그림 4) 데이터베이스 병합복제 과정 개요

5.2 GPS 좌표와 지도 이미지 맵핑 구현

본 연구에서는 GPS 수신기로부터 받아온 좌표와 지도 이미지상의 각 지점을 맵핑하기 위해 geoReference라는 오픈 소스코드를 사용하였다. 이 소스코드에서는 크게 세 점을 기준으로 맵핑하게 된다. 지도 이미지의 좌측 최상단의 점, 정가운데의 점, 그리고 우측 최하단의 점을 이용하는데, 각 세 점의 x, y 픽셀 값과 그 지점의 실제

GPS 경도, 위도 좌표 값을 사용한다. 이 좌표들을 기준점으로 삼고, GPS 수신기로부터 받아온 현재 위치의 경도, 위도 좌표 값을 지도 이미지에서의 픽셀 값으로 변환하여 기준점과의 차이를 계산하여 지도에 표시해 준다.

지도 이미지에서는 x축의 양의 방향(+)으로 가면 x픽셀 값은 함께 증가하고 y축의 양의 방향(+)으로 가면 y픽셀 값은 감소한다. 반면, 북반구에서의 GPS 좌표는 각각 x축, y축 방향으로 값이 증가할수록 경도와 위도의 값은 모두 증가한다. 즉, 그림 5에서와 같이 지도 이미지에서 x픽셀 값이 증가하면 경도 값도 증가하고, y픽셀 값이 증가하면 위도 값은 감소한다.

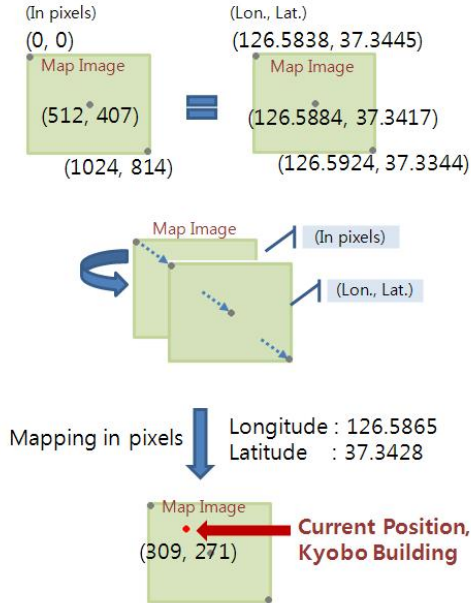


(그림 5) 픽셀 값과 경도, 위도 값의 관계

이와 같은 원리를 이용하여, x축 방향에서의 픽셀 당 경도의 값과 y축 방향에서의 픽셀 당 위도 값을 계산한다. 이를 이용하여 GPS 수신기로부터 받아온 현재 위치에서의 경도, 위도 좌표 값을 지도 이미지에서의 픽셀 값으로 매치시켜서 현재 위치를 지도에 표시한다.

그림6의 예를 살펴보자. 사용하고자 하는 지도의 크기가 1024 x 814픽셀이라 하자. 지도 이미지의 좌측 최상단, 정 중앙, 우측 최하단의 점의 픽셀 좌표는 (0, 0), (512, 407), (1024, 814)가 된다. 이 세 지점의 실제 경도와 위도의 좌표인 (126.5838, 37.3445), (126.5884, 37.3417), (126.5924, 37.3344)는 각 픽셀 좌표와 매치된다. 이 때, 교보빌딩 앞에서 GPS 수신기로부터 받은 경도 값은 126.5856, 위도 값은 37.3428이고, 이 좌표 값을

geoReference 내의 함수를 이용해서 지도 이미지 파일에서의 픽셀 값으로 바꾸면 (309, 271)이라는 픽셀 좌표를 구할 수 있다. 이 좌표 값이 지도 이미지 상에서 표시되어지는 현재 사용자의 위치가 된다.



(그림6) GPS 좌표와 이미지 맵핑

5.3 버스노선 및 버스 정류장 검색 구현

사용자가 버스노선 및 정류장 정보를 검색하기 위해서는 먼저 서울시 버스에 대한 정보를 저장하고 있는 데이터베이스를 서버로부터 다운받아야 한다.

‘검색’ 페이지에서 사용자가 버스노선이나 정류장 이름, 또는 정류장 ARS-ID로 검색을 하면 사용자가 입력한 키워드를 가지고 데이터베이스에서 검색을 한다. 버스 노선이나 정류장 이름으로 검색할 경우, 사용자가 입력한 검색어가 포함된 모든 버스노선, 정류장들을 나열해주고, 리스트에서 사용자가 선택하도록 하였다. 단, ARS-ID로 검색할 경우, 연속된 다섯 개의 숫자가 입력될

경우에만 데이터베이스 내의 ARS-ID 필드에서 검색을 하여 그 결과를 보여주고, 그렇지 않을 경우 정류장 이름 필드에서 검색되도록 하였다.

사용자가 특정 버스노선을 선택하면 데이터베이스에서 해당 버스노선에 대한 정보들을 가져와 ‘노선 정보’ 페이지에서 보여준다. 사용자가 버스 정류장을 검색하면, 선택한 정류장의 ARS-ID를 키로 하여 데이터베이스를 검색하여 ‘정류장 정보’ 페이지에서 정류장에 대한 정보를 보여준다. 지도보기를 누르면 데이터베이스에서 해당 정류장의 위치 정보를 가져와 정류장 주변의 지도를 보여준다.

‘노선 정보’ 페이지에서 사용자가 해당 노선이 지나가는 정류장들 중 하나를 선택하면 ‘정류장 정보’ 페이지로 이동하여 해당 정류장에 대한 정보를 보여준다. 이와 마찬가지로, ‘정류장 정보’ 페이지에서 해당 정류장을 경유하는 버스노선들 중 하나를 선택하면 ‘노선 정보’ 페이지로 이동하여 해당 버스노선의 정보를 나타낸다.

5.4 버스노선, 정류장 스크랩 구현

‘노선 정보’ 페이지나 ‘정류장 정보’ 페이지에서 ‘스크랩’ 버튼을 누르면, 데이터베이스에서 해당 버스노선이나 정류장의 스크랩 필드 값이 true가 된다.



(그림 7) 구현된 페이지의 예

내 버스' 페이지에서는 데이터베이스의 스크랩 필드 값이 true인 버스노선이나 정류장들을 보여 주며, 항목을 선택한 후, 삭제 버튼을 누르면 true였던 스크랩 필드 값이 false로 바뀌면서 목록에서 사라진다. '내 버스 페이지'에서 스크랩해 놓은 버스 노선이나 정류장을 선택하면 '노선 정보' 페이지나 '정류장 정보' 페이지로 이동하여 자세한 정보를 얻을 수 있다.

6. 결 론

본 연구에서는 GPS를 이용하여 PDA 기반의 버스 안내 시스템을 개발하였다. 사용자의 현재 위치를 파악하여 지도에 표시해주고, 사용자에게서 주변 정류장들의 정보를 제공한다. 또한, 사용자가 보다 편리하게 버스를 이용하도록 하기 위해 버스노선 및 정류장에 대한 정보를 검색할 수 있도록 구현하였다.

본 연구는 서울시의 다른 대중 교통시스템과 연계된다면 다른 서비스들과 통합하여 확장 가능하다. 차후 GPS모듈이 탑재된 휴대용 단말기가 보편화된다면 편의성을 보완하여 이용될 수 있다. 앞으로 좀 더 정확하고 편리한 정보를 서비스하기 위해 이 프로그램을 계속해서 개선해 나갈 것이며, 또한 좀 더 이동성을 강조하고 휴대성과 편리성을 극대화시키기 위해서 휴대폰 상에서 작동이 가능하도록 이 시스템을 개선할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] Abowd, G.D., Atkeson, C. G., Hong, J., Long, S., Cooper, R. and Pinkerton, M. Cyberguide: A MobileContext-Aware Tour Guide, ACM Wireless Networks, 3: 421-433, 1997
- [2] Cheverst, K., Davies, N., Mitchell, K. and Friday, A. Developing a Context-aware Electronic Tourist Guide: Some Issues and Experience, In Proc. of the 6th Int. Conf. on Mobile Computing and Networking, ACM, pp. 20-31, 2000.
- [3] Dey, A. K., Salber, D., and Abowd, G. D. A Conceptual framework and a toolkit for supporting the rapid prototyping of context-aware applications. Human-Computer Interaction, 16, 2001.
- [4] Fagrell, H., Forsberg, K. and Sanneblad, J. FieldWise: A Mobile Knowledge Management Architecture, ACM Conf. on Computer Supported Cooperative Work, pp. 211-220, 2000.
- [5] Herstad, J., Thanh, D. and Audestad, J. Human Centered MobileCommunication Using Contextual Information, Int. Workshop on Collaboration and Mobile Computing, Gukushima, Japan, 1999.
- [6] Pascoe, J. Adding Generic Contextual Capabilities to Wearable Computers, IEEE Int. Conf. on Wearable Computers, 1998.
- [7] Siewiorek, D. P., Smailagic, A., Bass, L., Siegel, J and Martin, R. Adtranz: A Mobile Computing System for Maintenance and Collaboration, IEEE Int. Conf. on Wearable Computers, pp. 25-32, 1998.
- [8] Simcock, T., Hillenbrand, S. and Thomas, B. Developing a Location Based Tourist Guide Application, The Australasian Information Security Workshop, 2003.
- [9] Park, D., Hwang, S., Kim, A. and Chang, B. A Context-Aware Smart Tourist Guide Application for an Old Place, ICCIT 2007, 2007, Gyeongju, Korea.

◎ 저 자 소 개 ◎



최 주 연

2008년 숙명여자대학교 컴퓨터과학과 졸업(학사)
관심분야 : 프로그래밍 언어(JAVA), 데이터베이스
E-mail : jyc-hehe@hanmail.net



정 자 현

2008년 숙명여자대학교 컴퓨터과학과 재학(학사)
관심분야 : 유비쿼터스 시스템, 데이터베이스
E-mail : jahyun.jung@gmail.com



박 성 미

2008년 숙명여자대학교 컴퓨터과학과 재학(학사)
관심분야 : 데이터베이스, 프로그래밍언어
E-mail : sungmi0224@naver.com



창 병 모

1988년 서울대학교 컴퓨터공학과 졸업(학사)
1990년 한국과학기술원 전산학과 졸업(석사)
1994년 한국과학기술원 전산학과 졸업(박사)
1995~현재 숙명여자대학교 컴퓨터과학전공 교수
관심분야 : 프로그래밍 언어, 유비쿼터스 소프트웨어
E-mail : chang@sookmyung.ac.kr