

## GPS-CDMA 모뎀 일체 단말기 및 LBS 기반 자전거 관제 시스템 개발

이 형 봉\*, 조 승 희\*\*

### Development of a LBS-based Bicycle Monitoring System using GPS-CDMA Modem Combined Terminals

Hyung-Bong Lee \*, Seung-Hee Cho \*\*

#### 요 약

우리나라를 비롯한 선진국 국가의 대부분은 기존의 탄소 자동차 대응으로 전기 자동차, 메탄올 자동차, 수소 자동차 등 저탄소 자동차 개발에 막대한 투자를 계속하고 있다. 그러나, 궁극적이고 현실적인 무공해 교통수단은 자전거가 유일하기 때문에 각국의 중앙 정부 및 지방 정부들은 자전거 전용 도로를 개설하고 공공 임대 서비스 시스템 구축을 서두르고 있다. 현재 운영되고 있는 거의 모든 자전거 관제 시스템들은 자전거 보관소에서의 대여 및 반납 과정의 자동화를 이루고 있으나, 보관소를 떠난 자전거의 이동 경로 및 소재를 모니터링하지는 않는다. 이 연구에서는 자전거 공공 임대 서비스를 위해 CDMA 모뎀과 결합된 GPS 단말기 및 이를 사용하는 위치기반 자전거 관제 시스템을 개발한다. 이 관제 시스템은 이동통신을 통하여 자전거에 부착된 GPS 관제 단말기로부터 위치 정보를 수신하고, 그 이동 경로를 GIS 연동 맵에 표시함으로써 자전거의 회수 및 재분배를 용이하게 하고, 도난 및 고의 파손을 최소화 시키며, 이용자들에게는 가까운 곳에 위치한 자전거 보관소를 추천해 줄 수 있다.

▶ Keywords : 공공 자전거 임대, 자전거 관제 시스템, LBS, GPS, 자전거 회수 및 재분배, 자전거 도난 및 고의 파손

#### Abstract

Most of the developed countries and Korea have continued to invest much money in developing low-carbon vehicles such as electric car, methanol car and hydrogen car to replace the conventional fossil fuel vehicles. Government and local governments of each country, however, grope to construct roads for bicycle and public bicycle rental systems because bicycle is the only ultimate

• 제1저자 : 이형봉 • 교신저자 : 조승희

• 투고일 : 2012. 4. 10, 심사일 : 2012. 6. 1, 게재확정일 : 2012. 7. 11.

\* 강릉원주대학교 컴퓨터공학과(Dept. of Computer Science & Engineering, Gangneung-Wonju National University)

\*\* (주)미르코퍼레이션(MIR Corporation Co, Ltd.)

※본 연구는 중소기업청에서 지원하는 2011년도 산학연공동기술개발사업(No. 00047114)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

and feasible non-pollution transportation. Most of the current bicycle monitoring systems have achieved automation of rental process in bicycle stations, but they can not monitor bicycles in use. This paper develops GPS-CDMA modem combined terminals and implements a LBS-based bicycle monitoring system using them for public bicycle rental system. The monitoring system collects location information from GPS-CDMA modem combined terminals attached on bicycles and presents the moving tracks of bicycles on a GIS map for easy return and redistribution of bicycles. Also, the system helps to prevent from theft and vandalism of bicycles and to recommend the nearest bicycle station.

▶ Keywords : Bikesharing, Bicycle Monitoring System, LBS, GPS, Bicycle Return & Redistribution, Bicycle Theft & Vandalism

## I. 서 론

세계 각국에서는 자동차로 야기된 피해를 극복하고자, 자동차를 대체할만한 새로운 교통수단을 찾고 있으며, 전기자동차, 메탈을 자동차, 수소연료 자동차 등 오염물질 배출이 적은 자동차의 개발을 위하여 투자를 지속하고 있다. 그러나 저공해 자동차 개발은 주차난, 자원낭비, 신체기능 퇴화 등의 문제를 여전히 해소하지 못한다. 따라서, 저공해 자동차 개발과 더불어, 자가용 자동차의 수요를 대중교통수단으로 흡수하기 위한 버스, 지하철, 전차, 모노레일 등 기존 대중교통수단의 확충과 서비스개발에도 주력하고 있는데, 이 또한 자가용 자동차의 높은 접근성을 따를 수 없다는 한계를 가지고 있다.

위와 같은 교통문제 해결 정책은 '교통수요관리', '대중교통', '녹색교통' 등 세 가지 키워드를 중심으로 자동차 이용 줄이기와 대중교통 확충에 이어 녹색교통 살리기로 이어지고 있다. 녹색교통 또는 녹색교통수단(green modes)이란 자동차와 같이 동력을 갖춘 적색교통수단(red modes)이 아닌 무공해 교통수단을 일컫는 말로, 주로 보행과 자전거를 지칭하며 유모차, 휠체어, 손수레와 같은 바퀴를 이용하는 이동수단도 넓은 의미의 녹색교통에 포함될 수 있다[1].

자전거는 버스와 같은 대중교통수단에 버금가는 수송능력과 자가용 이상의 높은 접근성을 확보할 수 있는 무공해 교통수단이며, 도시민의 체력증진에도 일조할 수 있다. 그러나, 자전거 보급 활성화는 자전거 분실 등 관리상의 문제점으로 인해 일반 자가용 자전거는 물론 공공 자전거 보급 활성화가 미흡한 상태에 머무르고 있다. 특히, 유럽 지역과 달리 언덕이 많은 한국의 지형적 특성을 감안한 전기자전거 보급 시, 고가의 전기자전거 분실 및 자전거 교통사고, 자전거 이용자의 실

종 등의 긴급 문제 발생 가능성이 높다. 이 논문에서는 GPS(Geographic Positioning System)와 CDMA 모뎀이 통합된 단말기 및 LBS(Location Based System) 등의 정보기술을 활용한 자전거 관제 솔루션을 개발하여 자전거 공공 임대 서비스 활성화에 기여하고자 한다. 이 관제 시스템은 이동통신을 통하여 자전거에 부착된 GPS-CDMA 모뎀 일체 관제 단말기로부터 위치 정보를 수신하고, 그 이동 경로를 GIS 연동 맵에 표시함으로써 자전거의 회수 및 재분배를 용이하게 하고, 도난이나 파손을 최소화 시키며, 이용자들에게는 가장 가까운 곳에 위치한 자전거를 추천해 줄 수 있다. 이 논문은 II 장에서 자전거 공공임대 시스템 발전과정과 현황에 대한 관련연구를 살펴보고, III 장에서 GPS-CDMA 모뎀 일체형 자전거 관제용 단말기의 설계와 구현 내용을 다루며, IV 장에서 개발된 단말기의 성능을 평가한다. 그리고 마지막 V 장의 결론으로 맺는다.

## II. 관련 연구

### 1. 자전거 공공 임대 시스템 모델

자전거 공공 임대 서비스는 'bikesharing'이란 용어 하에 도시 밀집도가 비교적 높은 유럽에서 먼저 시작됐고, 오늘날에도 유럽 지역에서 가장 활발하게 운영되고 있다.

#### 1.1 자전거 공공 임대 시스템 발전 과정

자전거 공공 임대 시스템의 발전 과정은 크게 1~3세대 구분할 수 있다[2].

### ■ 1세대 자전거 공공 임대 시스템

이 시스템은 백색 자전거(White Bikes) 혹은 자유 자전거 시스템(Free Bike system)라고 불리는 시스템으로, 임대 자전거임을 표시하기 위해 흰색 등 밝은 색으로 도색한 자전거를 몇 곳의 지정된 위치에 비치해 놓는 것이 전부였다. 사용자들은 아무런 제약 없이 사용 후 제자리에 되돌려 놓으면 된다. 최초의 1세대 시스템은 1968년 네델란드 암스트레담 시에서 시행한 2,000대의 공공 자전거였는데[4], 단 몇 일만에 거의 모든 자전거가 분실되었다. 이와 같은 1세대 시스템은 이후, 1974년 프랑스 로체시, 1993년 영국 캠브리지시 등에서 시도되었는데, 이들 역시 자전거의 분실로 실패하였다[5].

### ■ 2세대 자전거 공공 임대 시스템

2세대 시스템에서는 1세대의 자전거 분실 및 도난을 최소화하기 위해 코인용 잠금장치와 연결되도록 자전거를 특수 제작하여 지정된 몇몇 장소의 거치대에 고정시켜 놓았다. 사용자는 거치대에서 코인을 투입하여 잠겨있는 자전거를 꺼내고, 사용 후에는 자전거를 거치대에 올리고 자물쇠를 잠근 후 코인을 회수할 수 있다. 최초의 2세대 시스템은 1995년 덴마크의 코펜하겐시에서 'Bycyklen'이라 불리는 특수 제작 자전거 1,100여대로 시작되었는데, 시내 중심가 여러 곳에 거치대를 설치하고, US\$3 정도인 20DKK 코인을 사용하였으며, 현재 자전거 수가 2,000여대, 거치장소는 110여 곳까지 확대되어 운영 중인 비교적 성공한 경우에 해당된다. 그 밖에, 1996년 노르웨이 사단시, 2000년 핀란드 헬싱키시, 2005년 덴마크 아루스시 등에서 2세대 시스템을 도입하였다[3].

### ■ 3세대 자전거 공공 임대 시스템

2세대까지는 사용자의 신분확인이 없었기 때문에 공공 자전거시스템의 성패는 오로지 성숙한 시민의식부에 의존할 수밖에 없었다. 이를 극복하기 위해 3세대 시스템에서는 사용자의 id를 기반으로 하는 회원제 시스템이 등장하였다. 3세대 시스템에서는 코인 대신 사용자 id가 기록된 스마트 카드 혹은 마그네틱 카드 등과, 인터넷을 이용한 중앙관제 시스템을 사용함으로써 자전거 사용자에게 대한 트래킹이 가능하다. 이를테면 예정된 시간 내에 자전거 반납이 이루어지지 않으면 대응되는 비용을 청구할 수 있고, 자전거 분실이나 고의 파손이 획기적으로 감소했다. 최초의 3세대 시스템은 1998년 프랑스 르네스시에서 옥외 광고 회사인 Clear Channel이 시작한 SartBike 시스템인데, 현재 900대의 자전거와 81개의 보관소로 운영되고 있다[6]. 현재 운영되고 있는 가장 널리 알려

진 3세대 시스템으로 파리의 벨리브(Velib')를 들 수 있는데, 이 시스템은 자전거 20,000대 이상, 보관소 1,400개 이상, 보관소간 평균 거리 300m 이내로 설계되어 365일 24시간 개방되고, 최초 30분은 무료로 사용할 수 있으며, 1일 사용권 등 다양한 임대 옵션을 제공한다[3, 7].

### 1.2 4세대 자전거 공공 임대 시스템

유럽, 미주, 그리고 아시아에서의 자전거 공공 임대 서비스 현황을 조사한 논문 [3]은 1~3세대 자전거 공공 임대 시스템을 거치면서 습득된 교훈들을 다음과 같이 요약하면서 4세대 시스템의 개념 및 필요성을 강조하고 있다.

- ① 자전거 분실 및 파손 : 3세대 시스템에서 크게 개선되었으나 여전히 분실 및 파손 빈도가 높다. 파리시 벨리브 시스템의 경우 자전거 20,000 대와 보관소 1,250 곳으로 2007년 시행 이후 2009년 2 월까지 7,800대의 분실 및 11,600대의 파손 건을 기록하고 있다[8].
- ② 자거 재분배 : 자전거의 사용율이 높아져 이용자들의 시간대별 사용 패턴이 나타나고, 이에 따라 자전거들이 몇몇 보관소로 몰리는 현상이 발생하므로 자전거의 재분배가 필요하다.
- ③ 실시간 현황 정보 : 3세대 시스템에서는 인터넷 및 GIS 연동으로 보관소 위주의 실시간 정보를 제공하지만, 이동 중인 개별 자전거에 대한 실시간 정보 제공은 미흡하다.

[3]에서 정의된 4세대는 “즉답형 다형 시스템(Demand-Responsive, Multimodal Systems)”이라는 명명 하에 아래의 4가지 개선 방향을 제시하였다.

- 보관소의 유연성 및 청정성 제고
- 자전거 재분배 방법의 혁신
- 자전거와 카풀 등 대중교통과의 연계
- GPS를 포함한 터치 스크린 키오스크, 전기 자전거 등의 신기술 적용

## 2. LBS 기반 자전거 관제 시스템

LBS(Location Based System)는 RFID/USN, GPS 등 첨단 정보기술을 이용하여 이동체의 위치를 식별하는 시스템으로 그 활용 범위가 매우 넓다. 차량이나 등·교길 이동을 위한 위치 추적 시스템은 이미 널리 알려져 있는 LBS 기반 정보 시스템들이다. 최근에는 지방 정부가 위치 관제 시스템을 구축하고, 필요한 시민들에게 단말기를 임대하여 위치 정보를 활용할 수 있도록 하는 공공 위치 정보 서비스 사례가 나타나고 있다[9]. 4세대 자전거 공공 임대 시스템은 바로 위와 같은 LBS 기반 위치 추적 시스템의 적용을 필요로 한다.

즉, 개별 자전거에 위치 추적 장치를 부착하여 자전거의 이동 현황을 실시간으로 모니터링 함으로써 자전거의 도난이나 재분배 문제를 크게 해소 할 수 있는 것이다.

자전거의 위치를 추적하는 방안으로 자전거와 노변 기지국 간의 무선 통신을 활용하는 센서네트워크(USN) 기반 관제 시스템이 제안되었는데[10], 이는 자전거의 이동 영역이 광범위 할 경우 적용이 어렵다. 창원시의 누비자 자전거 임대 시스템[11]은 현재 자전거 2,072대, 보관소 224곳으로 운영 되는 국내 가장 모범적인 시범 사례이지만, 아직은 LBS를 본격적으로 도입하지 못한 3세대에 머무르고 있다.

이 연구에서는 GPS와 이동통신용 CDMA 모뎀이 결합된 일체형 자전거 전용 GPS 단말기를 개발하고, 이를 통해 전송된 실시간 위치 정보를 GIS 맵과 연동하는 관제 소프트웨어의 주요 아키텍처를 모색한다.

### III. GPS-CDMA 모뎀 일체형 자전거 전용 GPS 단말기 및 관제 소프트웨어 설계 · 구조

#### 1. LBS 기반 자전거 관제 시스템 구조

개발된 LBS 기반 자전거 관제시스템의 전체적인 개념도를 그림 1에 보였고, 모듈별 주요 기능 및 처리 과정은 아래와 같다.

- 관리자 설정 및 모니터링 : 웹을 통하여 자전거들에 대한 위치 알람 범위를 설정(반경 1km 이상)하거나, 수집된 위치 정보를 이용하여 자전거의 이동 경로를 추적



그림 1. LBS 기반 자전거 관제 시스템 구조  
Fig. 1. Architecture of the LBS-based Bicycle Monitoring System

- 미들웨어 처리 : 관리자가 요청한 설정 값을 DB에 저장한 후 프로토콜에 따라 프레임을 작성하여 SMS를 이용하여 GPS 단말기로 전송하거나, GPS 단말기로부터 수신된 위치 정보를 DB에 저장
- 이동통신 모뎀 : 서버로부터 설정 값을 수신할 때 관리자에게 알람을 보낼 때에는 SMS를 지원하고, 서버에게 위치 정보를 송신할 때에는 이동통신망 인터넷(TCP/IP over CDMA) 통신 경로 지원
- GPS 위치 센싱 : GPS로부터 위치 정보를 취득하며, 만약 현재 위치가 설정된 범위를 벗어났다면 관리자에게 이동통신 모뎀을 통하여 관리자에게 알람 발생

#### 2. 자전거용 GPS-CDMA 모뎀 일체형 단말기

##### 2.1 하드웨어 설계 및 개발

개발된 자전거 전용 GPS 단말기의 블록 다이어그램, 회로도 일부, 그리고 완성된 이미지를 그림 2'4에 차례로 보였다. GPS 단말기 설계의 최대 목표는 GPS 단말기의 응용 기능(Application)을 처리할 별도의 MCU를 사용하지 않고 CDMA 통신 프로토콜을 수행하는 MCU가 응용 소프트웨어 처리까지

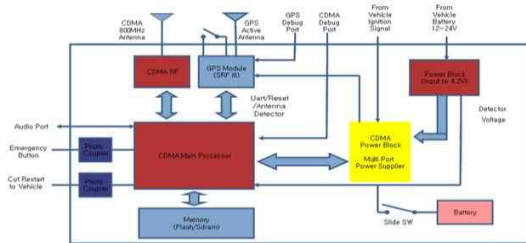


그림 2 자전거 관제 전용 GPS 단말기 블록 다이어그램  
Fig. 2. Block Diagram of the GPS Terminal for Monitoring Bicycles

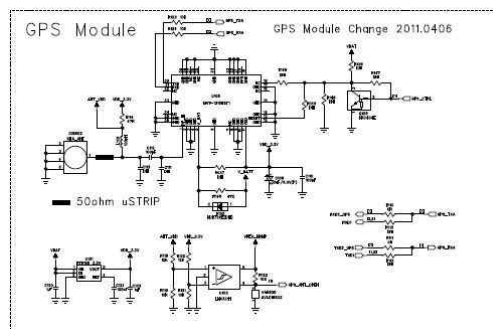


그림 3. GPS 단말기 회로도 일부  
Fig. 3. A Part of the Circuit Diagram of the GPS Terminal



그림 4. 개발된 GPS 단말기 실물 모습전·후면  
Fig. 4. Photos of the Developed GPS Terminal

검하도록 하고, CDMA 모듈과 GPS 모듈을 콤팩트하게 일체형으로 배치하는 데 두었다. 표 1에는 GPS 단말기에 사용된 주요 부품의 사양을 요약하였다.

표 1. GPS 단말기 주요 사양  
Table 1. Main Specifications of the GPS Terminal

Module	Items	Specifications(Model)	
CDMA modem	Chipset	MSM6025(Qualcomm)	
	Transceiver	RFR6122/RFT6122	
	Frequency	824~849MHz	
	Channel spacing	30KHz	
	Bandwidth	1.25MHz	
	Modulation	OQPSK	
	Max Datarate	153.6Kbps	
	Power	3.6V	
GPS	Current Consumption	Max.	600mA
		Min(idle).	1/130mA
	Sensitivity	Tracking	-161dBm
		Re-acquition	-157dBm
	Accuracy	Cold start	-148dBm
		Position	2.5m CEP
		Velocity	01m/s
		Timing(PPS)	61msRMS
	Protocol	NMEA-0183 V3.01	
	Power	3.6V	
MCU	Current Consumption	Tracking	30mA
		Acquition	80mA
	Back-up	60uA	
MCU	Chipset	MSM6025(Qualcomm)	
	Core	ARM7TDMI	
	Clock speed	19.2MHz	

Flash	4M words(NOR)
RAM	2M words
Power	3.6V

## 2.2 소프트웨어 설계 및 개발

### 2.2.1 이동 통신 인터페이스

본 연구에서는 이동 통신 인터페이스를 위해 표 2의 규격 혹은 툴들을 적용하였다.

표 2. GPS 단말기의 이동 통신 인터페이스 규격 및 툴  
Table 2. Standards or Tools for Mobile Communication Interface of the GPS Terminal

Items	Standard(Tool)
CDMA	1x RTT
Data Service	IS-707A IS-707A-1
SMS	IS-637(MO & MT)
NAM	NAM1
DM(Diagnostic Monitor)	Qualcomm CAIT

### 2.2.2 응용 서비스 인터페이스

GPS 단말기는 관리자나 서버로부터 SMS를 통하여 하향 명령을 받고, 이에 따른 응답이나 이벤트, 주기적인 수집 데이터 등 상향 데이터는 TCP/IP over CDMA를 통해서 전송한다.

#### ■ 패킷 포맷

하향 패킷은 시작 문자(길이 1), 패킷 id(길이 3), 데이터(가변), 종료문자(길이 1)로 구성되고 각 필드 사이에 필드 구분자가 위치한다. 상향 패킷은 시작 문자(길이 1), 패킷 id(길이 3), 단말기 id(길이 13), 데이터(가변), 종료 문자(길이 1)로 구성되고 필드 구분자는 사용하지 않는다. 상·하향 패킷의 모

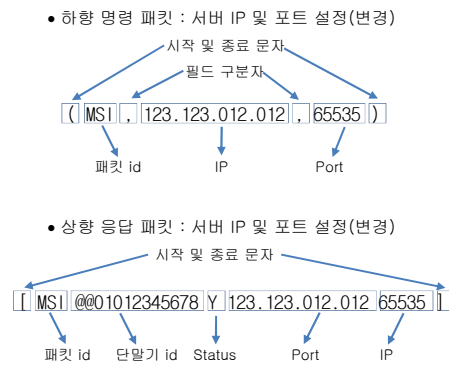


그림 5. 상·하향 패킷 포맷 예  
Fig. 5. Examples for Downward·Upward Packet Format

든 구성 요소는 ASCII 코드를 사용한다.

하향 패킷의 시작 문자로는 ‘(’를, 종료 문자로는 ‘)’를 사용하고, 상향 패킷에서는 ‘[’와 ‘]’를 각각 사용하였다. 그림 5에 하향 명령 패킷과 상향 응답 패킷의 예를 보였다.

■ GPS 단말기 응용 서비스 프로토콜

이 연구에서는 GPS 단말기에 대하여 표 3의 하향 명령어들을 정의하고, 각 명령어에 대하여 상향 응답 패킷을 보내도록 하였다.

표 3. GPS 단말기의 응용 서비스 인터페이스  
Table 3. Application Service Interface of the GPS Terminal

명령 타입	명령 내용
서버주소설정	위치정보를 받을 서버 설정(IP, Port)
보고주기설정	1회 측위하여 보고할 주기 설정(60초 이상)
누적보고주기 설정	보고주기와, 보고주기 기간 중 측위할 횟수 설정(누적 데이터를 한번에 보고)
즉시보고	현재 위치를 측위하여 즉시 보고
거리보고주기 설정	이동거리에 따른 보고주기 설정(1Km 이상)
속도보고주기	이상속도 탐지를 위한 상한속도 설정
존(zone) 설정	자전거의 존별 진입 및 이탈 보고를 위한 존 설정(최대 10개)
설정현황보고	서버주소 등 현재 설정된 내용 보고
시스템 리셋	시스템을 초기화

3. 위치기반 관제 소프트웨어

서버 시스템에서 운영되는 위치기반 자전거 관제 소프트웨어는 회원관리, 자전거 위치 추적, 열람 전송 등 크게 세 가지 기능을 제공하도록 개발되었다. 이중 자전거 위치 추적 기능은 개발된 단말기에 위치 정보 수집 정책을 설정하고, 이에 대한 응답으로 축적된 위치 정보 로그 바탕으로 자전거의 이동 경로를 GIS와 연동된 웹 페이지 맵으로 표시한다. 웹 페이지를 출력하는 CGI 프로그램의 전체적인 아키텍처는 그림 6과 같다. 구글 맵에 연동할 경우는 부록에 보인 자바 스크립트를 활용할 수 있으나, 이 연구에서는 KT 맵을 사용하였다.

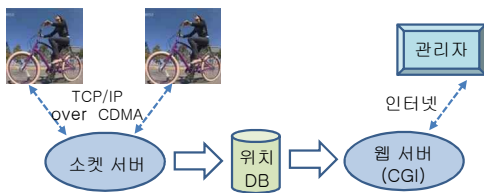


그림 6. 관제 소프트웨어 구조  
Fig. 6. Architecture of the Monitoring Software

IV. 자전거 관제 시스템 시험 및 평가

1. GPS-CDMA 모뎀 일체 단말기

1.1 시험 방법

개발된 GPS 단말기의 기능 시험을 위하여, 현재 인증을 받아 시판되고 있는 GPS 데이터 로거와 개발된 GPS 단말기를 국내 시판 중인 전기 자전거에 함께 거치하여 실제 도로 위를 주행하며 얻어진 위치 정보를 비교하는 방법을 적용하였다. 비교 기준 대상으로 구입한 GPS 데이터 로거는 GPS850[12] 모델로서, 주행을 마친 후 이동 중 수집된 데이터를 PC에 업로드하면 맵에 표시된 이동 경로 및 GPS 좌표를 확인할 수 있다.

1.2 단말기의 자전거 장착

시험에 사용된 자전거는 하이런(HiRun)의 아줄(AZUL) 모델[14]로 출력 38.4V, 용량 9.0Ah의 리튬 배터리를 탑재하고 있는데, 이 자전거에 단말기를 거치하기 위한 150(W)×150(D)×3(H) 규격의 블랙박스과 배터리로부터 단말기 입력 전원 9V를 얻기 위한 DC-DC 컨버터를 제작하였다. 그림 7에 블랙박스과 컨버터를 장착하는 과정을 보였다.

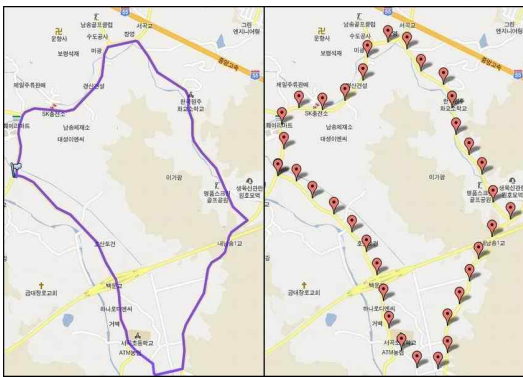


그림 7. 블랙박스과 DC-DC 컨버터 모습  
Fig 7. Photos of the Black Box and DC-DC Converter

1.3 시험 결과 및 분석

1.3.1 육안 경로 비교

이 시험에 사용된 자전거 주행 코스는 한적한 지방의 약 7Km에 이르는 폐쇄 경로인데, 이 코스를 따라 GPS850과 개발된 GPS-CDMA 일체 단말기에 의해 생성된 구글 맵 경로(부록의 구글 맵 연동 자바 스크립트 참조)를 그림 8에 보였다. 이 때, 개발된 단말기는 60초 주기로 CDMA 모뎀을 통하여 소켓서버에게 측정된 좌표를 전송하도록 하였다. 이 그림으로부터, 두 시스템이 생성한 경로들이 관제의 주요 수단인 육안으로 일치함을 확인할 수 있고, 이로부터 GPS의 1차적인 성능 및 CDMA 모뎀의 기능을 검증할 수 있다.



(a) GPS850에 의한 이동 경로 (b) 개발된 GPS 단말기에 의한 경로  
 그림 8. GPS850과 개발된 GPS 단말기가 생성한 이동경로의 육안 비교  
 Fig. 8. Visual Comparison of the Tracks generated by GPS850 and the Developed GPS Terminal

1.3.2 GPS 좌표 오차 분석

그림 8의 (b)에 보인 마커(Marker)들은 개략 200m 간격으로 설정된 지점들이고, 이들 지점에서 두 시스템에 의해 측정된 GPS 좌표 값들을 표 4에 보였다. 이 표에서 두 시스템이 측정된 좌표 사이의 거리를 오차거리라고 정의하였다. 오차거리는 아래에 보인 일반적인 GPS 좌표에 의한 거리 계산식을 적용하여 얻어진 값이다.

$$dx(\text{위도거리}) = R * \cos \phi * d\theta.$$

$$dy(\text{경도거리}) = R * d\phi.$$

$$do(\text{오차거리}) = \text{sqrt}(dx^2 + dy^2).$$

단, R은 지구의 반지름(6,370Km),  $\phi$ 는 위도,  $d\theta$ 와  $d\phi$ 는 각각 radian 단위의 위도 및 경도차.

표 4에서 평균 오차거리는 5m, 오차거리 표준 편차는 3m, 최대 오차거리는 13m임을 볼 수 있다. 군사용 GPS의 오차가 3m이고 민간용 GPS의 오차가 15m[13]임을 감안할 때, 개발된 CDMA 모뎀 일체형 GPS 단말기는 요구되는 정확도를 만족하는 것으로 판단할 수 있다.

표 4. GPS 단말기의 성능 데이터(단위: °)  
 Table 4. Performance Data of the GPS Terminal(unit: °)

지점 (Km)	GS850		개발 GPS		오차거리 (Km)		
	위도	경도	위도	경도			
0.0	.30860	.92788	.30864	.92791	0.00507		
0.2	.31032	.92837	.31039	.92840	0.00841		
0.4	.31208	.92823	.31201	.92823	0.00756		
0.6	.31310	.92968	.31312	.92971	0.00361		
0.8	.31298	.93167	.31297	.93172	0.00609		
1.0	.31355	.93363	.31358	.93366	0.00428		
1.2	.31490	.93513	.31491	.93517	0.00420		
1.4	.31645	.93552	.31647	.93556	0.00524		
1.6	.31742	.93728	.31746	.93734	0.00773		
1.8	.31700	.93902	.31699	.93898	0.00421		
2.0	.31552	.94015	.31552	.94018	0.00335		
2.2	.31465	.94210	.31464	.94210	0.00103		
2.4	.31312	.94283	.31312	.94282	0.00152		
2.6	.31130	.94315	.31133	.94318	0.00455		
2.8	.30998	.94428	.31000	.94428	0.00175		
3.0	.30872	.94538	.30869	.94541	0.00404		
3.2	.30687	.94635	.30688	.94634	0.00176		
3.4	.30573	.94785	.30574	.94785	0.00068		
3.6	.30453	.94623	.30457	.94627	0.00555		
3.8	.30300	.94507	.30310	.94511	0.01133		
4.0	.30158	.94432	.30164	.94431	0.00586		
4.2	.30010	.94347	.30015	.94349	0.00574		
4.4	.29867	.94240	.29870	.94246	0.00749		
4.6	.29687	.94243	.29688	.94244	0.00155		
4.8	.29580	.94162	.29584	.94164	0.00484		
5.0	.29588	.93982	.29590	.93983	0.00226		
5.2	.29705	.93843	.29706	.93848	0.00529		
5.4	.29848	.93738	.29853	.93742	0.00628		
5.6	.30028	.93692	.30035	.93695	0.00777		
5.8	.30205	.93630	.30206	.93638	0.00895		
6.0	.30355	.93538	.30357	.93547	0.00985		
6.2	.30490	.93423	.30489	.93426	0.00314		
6.4	.30612	.93265	.30608	.93272	0.00865		
6.6	.30713	.93075	.30714	.93087	0.01336		
6.8	.30825	.92940	.30827	.92948	0.00913		
7.0	.30858	.92783	.30859	.92788	0.00523		
오차평균		0.005	오차표준편차		0.003	최대오차	0.013

%위도와 경도 값에서 정수부분(3과 127)이 생략되었음

## 2. 웹 기반 관제 소프트웨어

웹 기반 관제 소프트웨어의 자전거 위치 로깅, 기간 검색, 검색된 기간 동안의 이동 경로 추적 등의 기능 구현을 검증하기 위해, 단말기가 장착된 자전거를 타고 일정 지역을 운행한 후, 그들 각각의 기능을 웹 페이지에서 시험하였다. 2012년 6월 5일 14:23~14:36 기간의 자전거 위치 정보 로그를 검색하여 그 로그와 함께 이동 경로를 맵에 표시하는 관제 소프트웨어의 기능을 그림 9에 보였다.

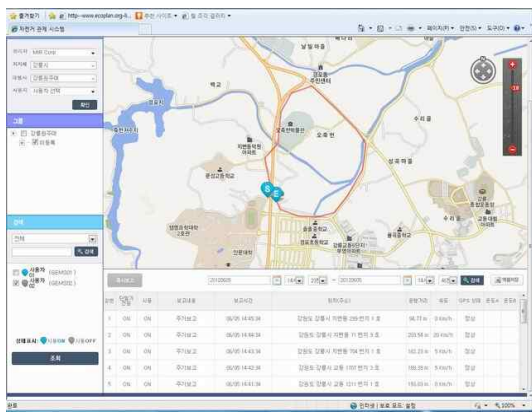


그림 9. 개발된 자전거 관제 소프트웨어의 자전거 검색 및 추적 화면  
Fig. 9. A Screen Shot of the Developed Bicycle Monitoring Software Searching and Tracking a Bicycle

## V. 결론

친환경 교통수단의 일환으로 파리 등 유럽을 중심으로 발전해오던 공공 자전거 임대 서비스가 미국 등 북아메리카를 거쳐 아시아로 급속하게 확산되고 있다. 국내에서는 대표적으로 창원시 누비자 자전거 임대 서비스 시스템이 성공리에 진행되고 있고, 고양시 등 다수의 다른 도시들에서 도입이 추진되고 있다. 자전거 공공 임대 서비스 시스템의 가장 큰 애로 사항 중의 하나는 자전거의 도난이나 분실이다. 이를 해결하기 위한 4세대 시스템의 요건중의 하나가 바로 GPS를 사용하는 LBS 기반 자전거 관제 시스템이다. 이를 위해서는 자전거에 거처되는 GPS 단말기에 관제 센터로부터의 명령어 수신과 위치 정보를 서버에 전송할 수 있는 양방향 통신 기능의 구비가 필수적이다. 이 연구에서는 GPS-CDMA 모뎀 일체형 자전거용 GPS 단말기 및 이를 이용한 관제 소프트웨어 개발하고,

단말기의 위치 추적 성능과 관제시스템의 기능을 시험하였다. 시험 결과, 개발된 GPS 단말기의 획득 위치 정보가 민간 GPS 정확도인 15m 오차 범위를 만족하고 있음이 검증되었고, 관제 시스템과의 통신을 담당하는 CDMA 모뎀의 기능도 아울러 검증되었다. 이 후에는 개발된 GPS 단말기를 자전거 차체에 블랙박스 형태로 안전하게 거처하는 방안에 관한 연구를 계속할 예정이다.

## 참고문헌

- [1] Kim, Wui Myoung, "Service for Bicycle Use Information Based on Low Carbon Green Growth", Journal of Korean Society for Geospatial Information System, Vol. 18, No. 3, pp.75-81, Sep. 2010.
- [2] Paul DeMaio, "Will Smart Bikes Succeed as Public Transportation in the United States?", Journal of Public Transportation, Vol. 7, No. 2, 2004.
- [3] Suan A. Shaheen, Stacey Guzman, and Hua Zhang, "Bikesharing in Europe, the Americas, and Asia", Journal of Transportation Research Board, No. 2143, pp.159-167, 2010.
- [4] Eric Briton, , "World City Bike Implementation Strategies: A New Mobility Advisory Brief", The New Mobility Agenda, Jun. 2008. (<http://www.ecoplan.org/library/prospectus.pdf>, accessed March 12, 2012)
- [5] Midgley P. "Shared Smart Bicycle Schemes in European Cities", Global Transport Knowledge Partnership(gTKP). ([http://www.uncrd.or.jp/env/4th-regional-est-forum/Presentations/28\\_PS4\\_gTKP.pdf](http://www.uncrd.or.jp/env/4th-regional-est-forum/Presentations/28_PS4_gTKP.pdf), accessed March 12, 2012)
- [6] Metropole Rennes Office de Tourisme, "Getting around the Metropolitan district of Rennes", [http://www.tourisme-rennes.com/en/travel/getting\\_around\\_rennes.aspx](http://www.tourisme-rennes.com/en/travel/getting_around_rennes.aspx), accessed March 12, 2012.
- [7] Bicycle Network Victoria, "3 All Public bike schemes Paris bikes had system good", <http://www.bcnv.com.au/general/change-the-world/42222/>, accessed March 12, 2012.
- [8] BBC News, "Thefts Puncture Paris Bike Scheme", <http://news.bbc.co.uk/2/hi/europe/7881079.stm>, February 10. 2009, accessed March 14, 2012.



- [9] Dong-Min Kim, Jung-Ryun Lee, and Soon-Young Choi, "A Case of u-Service(LBS) Implementation in Incheon Area", KSCI Review, Vol. 18, No. 2, pp.15-27, Dec. 2010.
- [10] SungHak Chung, "A Study on the Improvement Alternatives using USN Technology on Bicycle and Infrastructures", Journal of the Korea Society of Computer and Information, Vol. 15, No. 8, pp.173-180, Aug. 2010.
- [11] Nubija Bike of Changwon City, <http://nubija.changwon.go.kr>, accessed March 15, 2012.
- [12] Ascen Korea Co. Ltd, "ezTour Plus Users Manual Version 1.0", [http://ascenkor.img.or.kr/gps850/ezTour%20Plus\\_manual.pdf](http://ascenkor.img.or.kr/gps850/ezTour%20Plus_manual.pdf), accessed April 8, 2012.
- [13] Hyung-Ja Kim, "The world-wide trends of GPS development", Journal of TTA. Vol. 135, pp.25-27, May. 2011([http://www.tta.or.kr/data/reportDownjsp?news\\_num=2966](http://www.tta.or.kr/data/reportDownjsp?news_num=2966), accessed April 8, 2012).
- [14] [http://www.hirun.co.kr/src/products/products\\_detail.php?product\\_mst\\_id=SHBOP03L](http://www.hirun.co.kr/src/products/products_detail.php?product_mst_id=SHBOP03L), accessed June 6, 2012.

부 록 : 그림 8.의 (b)의 이동경로 표시에 사용된 구글 맵 V 3.3 연동 자바 스크립트

```
<html>
<head>
<meta http-equiv="Refresh"
Content="30:url=http://algo.gwnu.ac.kr/~hblee/
cgi-bin/gpsmap.cgi">
<script type="text/javascript"
src="http://maps.google.com/maps/api/js?v=3.3
&sensor=true&language=ko"></script>
```

```
<style type="text/css">
html { width: 100%; height: 100%; }
body { width: 100%; height: 100%; }
#m_map { width: 1200px; height: 750px; }
</style>
</head>
<body>
```

```
<div id="m_map"></div>
<script type="text/javascript">
var pMap = null
var cntr = new google.maps.LatLng('37.307102',
'127.9379045')
var myOptions = {
zoom: 15,
```

```
center: cntr,
mapTypeId:
google.maps.MapTypeId.ROADMAP,
scaleControl: false
});
pMap = new
google.maps.Map(document.getElementById("m_m
ap"), myOptions)
var cox0 = new google.maps.LatLng('037.30864',
'127.92791')
var mkr0 = new google.maps.Marker({
position: cox0,
map: pMap,
title: "Mkr0"
});
var cox1 = new google.maps.LatLng('037.31039',
'127.92840')
var mkr1 = new google.maps.Marker({
position: cox1,
map: pMap,
title: "Mkr1"
});
.....
.....
.....
var cox35 = new google.maps.LatLng('037.30859',
'127.92788')
var mkr35 = new google.maps.Marker({
position: cox35,
map: pMap,
title: "Mkr35"
});

var infowindow = new
google.maps.InfoWindow({
content: contentString
});
</script>
</body>
</html>
```

## 저 자 소개



### 이 형 봉

1984: 서울대학교  
계산통계학과 이학사.  
1986: 서울대학교  
계산통계학(전산과학)과 이학  
석사.  
2002: 강원대학교  
컴퓨터과학과 이학박사  
1986~1993: LG전자 컴퓨터연구소  
선임연구원  
1998~2000: 전자계산조직응용, 정보  
통신, 정보관리, 전자  
계산기 기술사  
2004~현재: 강원원주대학교 컴퓨터  
공학과 교수  
관심분야: 임베디드시스템, 무선센서네  
트워크, 데이터마이닝 알고  
리즘  
Email : hblee@gwnu.ac.kr



### 조 승 희

2003: 호서대학교 컴퓨터공학과 공학사.  
2003~2004: 월텍 정보통신 연구원  
2004~2006: 큐라이프 전임 연구원  
2006~2007: 이소와이어리스  
선임 연구원  
2008-2011: 지알텔레콤 책임 연구원  
현 재: 미르코퍼레이션 책임 연구원  
관심분야: 컴퓨터공학  
Email : shcho@mircorp.co.kr