

■ 論 文 ■

## 차량위치파악을 위한 위성항법/개인이동통신/인터넷의 통합시스템 구현 및 분석

Implementation and Analysis on the Automated Vehicle Location System(AVLS)  
using Global Positioning System(GPS) / Personal Communication System(PCS) / Internet

**박 영 주**

(광주과학기술원 기전공학과 대학원)

**장 석 철**

(광주과학기술원 기전공학과 대학원)

**김 호 중**

(광주과학기술원 기전공학과 대학원)

**안 병 하**

(광주과학기술원 기전공학과 교수)

### 목 차

- I. 서론
  - II. 이론적 고찰
    - 1. 위성항법시스템
    - 2. 개인이동통신 시스템을 이용 무선정보 전송
    - 3. JAVA Applet을 이용한 웹에서의 정보제공
  - III. 시스템 설계 및 구현
    - 1. 차량위치파악
    - 2. PCS를 이용한 GPS위치정보 전송 및 수신
    - 3. 정보제공 모듈
  - IV. 실험결과 및 분석
    - 1. 실험결과
    - 2. 실험분석
    - 3. 기존 유사 시스템과의 비교
  - V. 결론
    - 1. 요약
    - 2. 본 논문의 의의와 적용분야
    - 3. 필요한 추가 연구사항
- 참고문헌

### 요 약

차량의 정확한 위치를 자동적으로 파악하여, 차량위치정보를 필요로 하는 사용자에게 한눈에 파악할 수 있도록 지도정보와 합성하여 제공하는 차량위치파악 시스템에 관한 연구가 다양한 방법으로 발전되어져 왔다. 인터넷과 무선통신의 급속한 기술발전과 편리한 사용성, 경제성을 고려해 볼 때, 인터넷과 무선통신을 연결시킨 차량위치파악 시스템의 발전가능성 및 확장성이 클 것으로 생각된다. 이에 따라 실질적으로 기반 구축이 되어있는 현재 수준의 인터넷과 무선통신을 위성항법과 연결하여 차량위치파악 시스템을 실제로 구축해보고, 현재 제기되는 문제점들과 실시간 차량위치파악시스템을 위해 앞으로 더 개발/발전되어져야 할 기술들을 제시한다.

## I. 서론

최근 선진국들을 필두로 날로 심각해지는 교통문제의 해결을 위해 지능형 교통 시스템(ITS: Intelligent Transportation System)에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히 차량이나 도로에 대한 정적인 정보를 제공하던 교통관리 시스템은 보다 지능적인 통제 및 관리를 위해 수시로 변하는 차량 위치 정보에 대한 필요성을 느끼게 되었으며, 이에 따라 이동하는 차의 위치를 지능적으로 파악하여 필요로 하는 사용자 및 관리자에게 보다 효율적으로 정보를 제공할 수 있는 시스템이 요구되었다. 이러한 요구에 따라 차량의 정확한 위치를 자동적으로 파악하여, 차량위치정보를 필요로 하는 사용자에게 한눈에 파악할 수 있도록 지도정보와 합성하여 제공하는 차량위치파악 시스템에 관한 연구가 다양한 방법으로 발전되어져 왔다.

위성항법의 기본기술을 기반으로 하는 차량위치파악 시스템을 도로환경에서 이동하는 다수의 차량이 이용할 수 있게 할 경우에는 무선통신의 사용이 필수적이며, 도로환경에서 실시간으로 발생하는 교통정보의 공유·제공 및 확산을 위해 인터넷을 이용한 정보제공시스템을 제시한다. 현재 인터넷과 무선통신의 급속한 기술발전, 시장성, 경제성을 고려해 볼 때, 인터넷과 무선통신, 그리고 위성항법을 통합한 차량위치파악 시스템의 시장성과 경제성, 그리고 확장성을 기대해 볼 수 있다. 본 논문에서는 위성항법시스템(GPS)을 이용한 차량위치파악기술, 개인이동통신(PCS)을 이용한 무선통신기술, 인터넷을 사용한 정보제공기술이 통합된 시스템을 구축하여 분석함으로써 PCS와 인터넷을 이용한 실시간 차량위치파악 시스템의 구현 가능성을 살펴보는 것을 목적으로 한다.

## II. 이론적 고찰

### 1. 위성항법시스템

#### 1) Global Positioning System

##### (1) GPS 위치측정의 기본원리

위성신호가 수신기까지 전달되는 시간을 계산함으로써 각 위성까지의 거리를 측정한다. 시간오차( $t_u$ )와 수신기의 위치좌표( $x_u, y_u, z_u$ )를 미지수로 하

여 의사거리( $\rho$ )를 구하는 식(1)을 이용하여 수신기의 위치좌표와 시간오차를 구한다. 식(1)에서  $s_j$ 는  $j$ 번 위성의 위치좌표이며, 위치좌표와 시간오차를 구하기 위해 적어도 4개의 위성이 필요하다.<sup>2,3,4)</sup>

$$\rho_j = \|s_j - u\| + ct_u \quad (1)$$

순환최소자승법과 같은 수치계산법이나 Kalman Filter를 이용하여 수신기의 위치좌표를 계산한다.

##### (2) GPS 오차요인

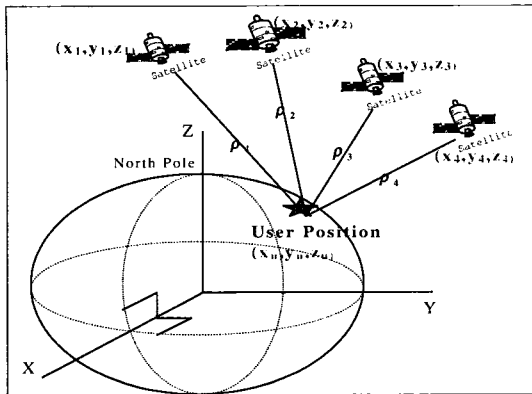
위성시계 및 궤도 오차, 수신기 관련 오차, 전리층과 대기권에 의한 오차, 다중경로에 의한 오차, S/A(Selective Availability: 미국방성 의도에 따른 인위적 오차) 등이 있다.<sup>5,6,7,8)</sup>

### 2) Differential GPS (DGPS)

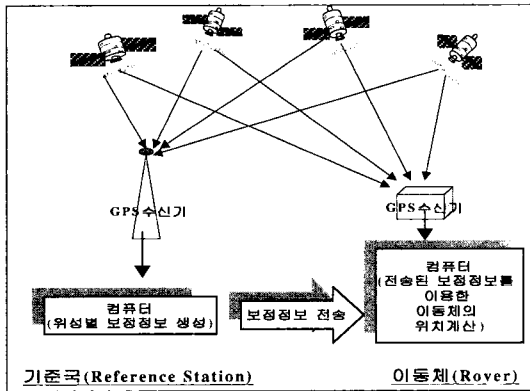
GPS는 현재까지 개발된 전파에 기반을 둔 항법 체계 중 가장 정확한 정보를 제공하기는 하지만 현재 100m 정도의 정확도를 가지고 있는 일반적인 GPS 방법으로는 차량관제에 필요한 정도의 위치정확도(10~20m)를 얻을 수 없다. 따라서 좀더 향상된 정확도를 가지는 Differential GPS 라는 방법이 고안되었다. 이 방법은 정확히 위치가 측정된 기준국에서 사용자에게 오차항을 전송하여 오차를 제거함으로써 사용자의 위치 정확도를 향상시키는 방법이다. GPS의 오차를 줄이는 방법 중 가장 손쉽게 구현이 가능한 방법으로, 움직이는 물체에서는 수m, 정지한 대상에 대해서는 1m 이내의 위치 측정을 가능하게 만들어준다.

#### (1) Differential GPS 위치측정 기본원리

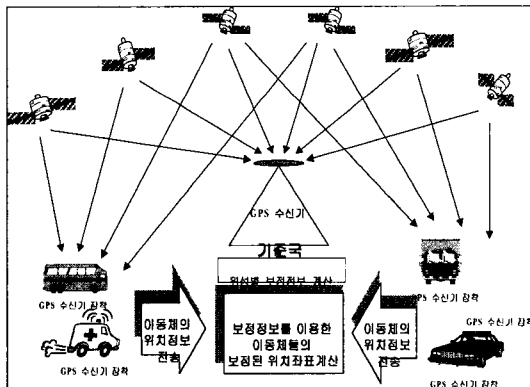
DGPS(Differential GPS)는 두 개의 GPS 수신기를 필요로 한다. 하나의 수신기(Reference Station)는 정지해있고 다른 하나(Rover)는 이동을 하면서 위치측정을 시행한다. 정지된 수신기는 실제 위성을 이용한 측정값과 이미 정밀하게 결정된 실제 값과의 차이를 계산한다. GPS 수신기는 4개 이상의 위성으로부터 시각 정보를 담은 신호를 수신 받아 위치측정에 이용한다. 신호가 위성에서 수신기까지 이르는 동안 거치는 여러 오차 요인으로 인하여 이 신호는 정확도가 떨어지게 되는데 각 위성의 신호가 이런 식으로 오차를 포함하고 있으므로 이들을 이용하여 계산한



〈그림 1〉 GPS 위치 측정 원리



〈그림 2〉 DGPS 시스템의 위치측정



〈그림 3〉 IDGPS 시스템의 위치측정

위치 정보도 오차를 수반한다. 그러나 인공위성은 지표면으로부터 상당히 먼 거리에 위치하므로 지표상에서 우리가 이동하는 거리는 상대적으로 작은 길이므로, 100km 이내에 존재하는 두 수신기의 위성 신호는 거의

같은 경로로 수신기까지 도달하게 되고 결국 두 개의 수신기는 같은 조건에서 동일한 오차를 수반한다. 자신의 정확한 위치를 알고 있는 수신기로 하여금 위성으로부터 계산한 값과 비교하여 오차를 계산하도록 만들고 이것을 움직이고 있는 다른 수신기에 전달하여 신호경로에 수반되는 오차를 제거한다. 이러한 오차 상쇄효과는 신호경로에서 비롯하는 오차뿐만 아니라 미국방성에서 정밀도의 저하를 위해 고의로 실시하는 SA (Selective Availability)까지도 극복한다.<sup>9,10,11)</sup>

(2) 기준국에서의 보정값 계산

여러 차례의 측지를 통하여 위치가 정확히 알려진 지점에 기준 수신기를 배치시킨다. 이 수신기는 움직이는 수신기와 동일한 위성신호를 받지만 일반 수신기와는 다르게, 방정식을 역으로 계산한다. 즉, 위성의 신호로부터 위치를 계산하는 대신에 이미 정확하게 알려진 지점의 위치를 이용하여 신호의 값을 추정하고 이것을 수신받은 신호와 비교하여 보정값을 생성한다. 이러한 보정값을 기준국에서 움직이는 수신기에 전송하며, 이동하는 수신기는 이 보정값을 이용하여 자신의 위치 측정값을 수정한다.

$R_{j,m}$  : 기준국과 j번 위성의 기하학적 거리

$\rho_{j,m}$  : 기준국과 j번 위성의 측정 의사거리

측정의사거리는 기하학적 거리, 위성부분 오차, 관제국 부분 오차, 사용자 부분 오차의 합이다. 그러므로 측정의사거리에서 기하학적 거리를 빼면 오차들의 합, 즉 보정되어야 할 보정치가 계산된다.

$$\Delta \rho_{i,m} = \rho_{i,m} - R_{i,m} \quad (2)$$

식(2)는 기준국에서 측정된 의사거리와 실제 위성과의 거리차 (보정치)이다.

식(2)의 보정 정보는 이동중인 수신기가 이용할 수 있는 위성 중 어느 것을 위치 계산에 사용할 지를 기준국에서는 알 수가 없으므로 기준국 수신기는 가능한 모든 위성 신호를 받아 각 보정값을 계산한다.

다중경로와 수신기 자체 오차를 제외한 대부분의 의사거리 오차는 이동국과 기준국에서 공통적인 것을 볼 수 있다. 이동국에서 보정정보를 이용하여 보정된 j번째 위성과의 의사거리 ( $\rho_{u,cor}^j$ )는 식(3)과 같다.

$$\rho_{u,cor}^i = R_{i,u} + \epsilon'_u + c\delta t_{combined} \quad (3)$$

$\epsilon'_u$  : 보정후 남은 잔류 오차  
 $\delta t_{combined}$  : 기준국과 이동국의 시계오차

이렇게 보정된 i번째 위성과의 의사거리를 이용하여 네 개이상의 위성과의 거리를 알아내어 이동국 사용자 수신기의 위치를 계산한다.

$$\Delta \rho_m^i(t_m) = -[\rho_m^i(t_m) - R_m^i(t_m)] \quad (4)$$

식(4)의 의사거리 보정치는 기준국에서 일정시간에 계산하여 전송하므로, 전송하는 시간동안에 위성 위치 변화로 인해 의사거리 오차가 발생한다. 그러므로 사용자 수신기에서 이러한 위성 위치 변화로 인한 의사거리 오차를 보정하기 위해서 기준국에서는 의사거리 보정치를  $\Delta \rho_m^i(t_m)$ 도 함께 전송한다. 그 다음, 사용자 수신기 측에서의 의사거리 측정 시간 t에 따라 식(5)와 같이 의사거리 보정치를 조정한다.

$$\begin{aligned} \Delta \rho_m^i(t) \text{ {이동체에서의 t시각의 보정치}} \\ = \Delta \rho_m^i(t_m) - \Delta \dot{\rho}_m^i(t_m) \cdot (t - t_m) \end{aligned} \quad (5)$$

따라서 보정된 의사거리는 식(6)과 같다.

$$\rho_{cor}^i(t) = \rho^i(t) + \Delta \rho_m^i(t) \quad (6)$$

### 3) Inverted DGPS

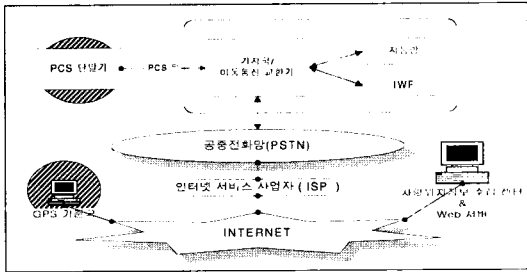
버스회사를 운영하고 있고 매 순간마다 각 버스들이 어디에 위치해 있는지를 비교적 정확하게 알고 싶은 경우 가장 쉬운 방법은 각 버스마다 DGPS 수신기를 장착하고 매순간 자신의 정확한 위치정보를 관제국에 전송하는 것이다. 그러나 DGPS 수신기의 단가가 매우 비싸기 때문에 전 차량에 설치하는데는 많은 비용이 소요된다. 좀더 저렴한 방법으로 이런 체계를 가능하게 하기 위해 고안된 방법이 Inverted DGPS이다. 각 차량에는 일반 GPS 수신기를 장착하되 매 순간 각 차량은 자신의 위치정보를 관제국에 전송한다. 이때 관제국에 DGPS의 기준이 되는 수신기를 설치하여 각 차량에서 전송한 위치자료를 관제국에서 보정할 수 있고 보정된 정확한 각 차량의 위

치정보를 지도에 표현할 수 있다. 이런 체계를 구축하는데는 차량 수만큼의 일반 수신기와 차량에서 관제국까지의 전송 시스템, 1대의 기준 수신기와 보정값을 계산하는데 필요한 컴퓨터가 필요하므로 모든 차량에 DGPS 수신기를 장착하는 것보다는 훨씬 저렴하다.<sup>1)</sup>

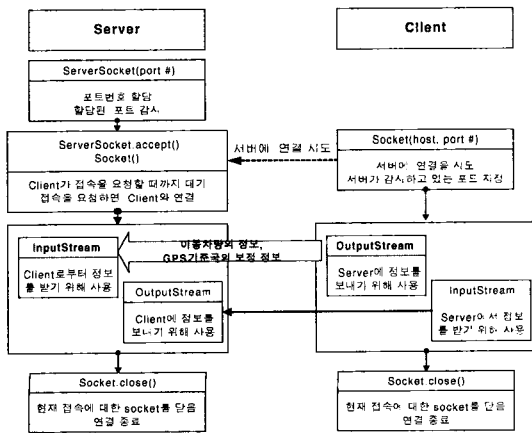
## 2. 개인이동통신 시스템 (PCS: Personal Communication System) 이용 무선정보전송

개인이동통신 시스템은 무선환경 내에서 즉각적인 사용자 접속과 이동성을 필요로 하는 상황에서 데이터를 편리하고 값싸게 전송할 수 있으며 신뢰할 수 있는 장비와 저렴한 서비스 가격으로 셀룰러 방식보다 훨씬 긴 메시지를 전송할 수 있고 현재 망 구축이 가장 빨리 확산된 방식이다. 셀룰러 서비스는 운행 중 접속할 수 있는 능력을 소수의 사람에게 제공했지만, 대중의 요구 부합 능력이 부족하고, 무선전화(코드리스)는 적절히 개량되어 대중의 요구를 얻었지만, 이동성에 제한이 있어 한계를 드러냈다. 셀룰러 시스템과 마찬가지로 무선전화도 일종의 셀을 만드는 기지국을 사용하나 송신기 전력이 현저히 감소하기 때문에 무선 셀의 크기가 대단히 작고, 사용자가 전송 범위를 벗어났을 경우 다른 기지국으로의 핸드오프(hand-off)가 되지 않아 이동성이 제한된다. 이러한 셀룰러 이동전화와 무선전화 기술의 결점을 상호 보완하기 위한 해결책으로 PCS의 개념이 대두되었고, 본 논문에서는 이 무선망을 이용하여 시스템을 구현했다. PCS는 무선자원관리, 이동성관리, 호관리 그리고 데이터관리 등의 4가지 기능이 있으며, 무선자원관리 기능은 PCS망의 무선부분에 가장 근접한 기능으로 무선자원(주파수, 타임슬롯, 코드 등) 할당 관리, 채널 특성 모니터링, 신호전송(전송전력 등) 결정 등을 수행한다. 이동성관리 기능은 글로벌 로밍과 고품질 서비스와 관련된 망의 지능계층과 전송계층에서 수행되며, 위치 기록과 업데이트, 페이징 및 핸드오프 등으로 이루어진다. 호관리 기능은 호설정, 해제, 모니터링 및 루팅(경로 설정)등을 수행한다. 데이터관리 기능은 망자원의 사용, 서비스 프로파일, 과금 등과 관련된 다양한 정보를 저장, 검색, 업데이트 및 유지하는 기능을 수행한다. 이러한 기능들을 기초로 접속방법에 관한 접속계층(access layer), 가입자 정보

와 신호를 전송 및 교환하는 전송계층(transport layer) 그리고 망관리와 서비스 제어를 행하는 지능 계층(intelligent layer) 등 3가지 논리적인 계층으로 나눌 수 있다.<sup>15)</sup> PCS의 운영 및 관리는 다중접속 프로토콜·동적 채널할당방식 등이 포함되는 자원 관리, 위치 업데이트·페이징·핸드오프·호 루팅 등과 관련된 가입자 이동관리, 신호방식·보안서비스·전화번호부여방식 등이 포함되는 시스템관리 등 크게 3가지로 분류된다. 본 실험에서는 무선환경에서 인터넷에 접속하기 위해 PCS를 이용하여 PCS 망과 공중전화망(PSTN)을 경유하여 TCP/IP를 지원하는 PPP(Point to Point Protocol) 방식으로 인터넷에 연결한다. <그림 4>는 무선환경에서 PCS로 공중전화망과 인터넷을 이용한 정보전송 구조를 보여주고 있다. 무선환경에서의 정보 전송 및 수신을 위해 TCP/IP 프로토콜을 이용하여 일반적인 Client/Server 구조를 사용한다. <그림 5>는 본 실험에서 사용한 Client /Server 구조의 정보전송 프로그램 흐름도이다.



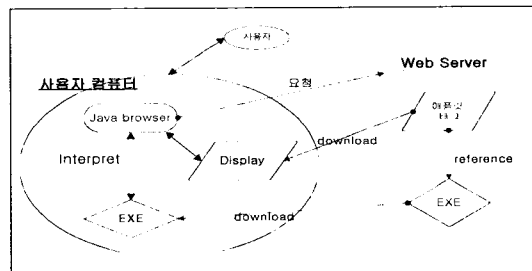
<그림 4> 공중전화망과 인터넷을 이용한 정보 전송 구조



<그림 5> Server/Client 구조의 정보 전송

### 3. JAVA Applet을 이용한 웹에서의 정보제공

자바는 네트워크에서 실행 가능한 내용을 전달할 수 있도록 고안된 프로그래밍 언어로서, 웹에 풍부한 상호작용과 정보를 제공한다. <그림 6>은 웹에서 자바의 상호작용 과정을 보여주고 있다. 단순히 정보내용에만 머물지 않고 자바를 해석할 수 있는 환경이 설치된 어느 컴퓨터에서든지 다운로드 받을 수 있고 실행할 수 있는 소프트웨어 형태로 상호작용 내용을 지원한다. 이러한 환경에서 프로그래머는 네트워크를 통해 분산처리할 수 있는 소프트웨어를 생성하여 행위의 위치를 웹서버로부터 웹 클라이언트로 이동시키게 된다. 즉, 웹을 소프트웨어 전달 시스템으로 변형시켜 무엇인가 할 수 있는 곳으로 만든다. 애니메이션, 계산, 분산 처리되는 애플리케이션, 새로운 형태의 통신이 가능하고, 프로토콜과 내용 핸들러를 통해 웹에서 새로운 포맷과 새로운 프로토콜을 사용할 수 있는 잠재력을 가지고 있다. 그리고 성능높은 다중 쓰레드를 지원하는 동적 언어로서 이식 가능하다. 자바의 가장 주된 용도 중의 하나는 최소한의 응용프로그램인 애플릿을 만드는 것이 있다. 애플릿은 작고, 빠르고, 네트워크 자원을 통해 쉽게 전송할 수 있도록 디자인된다. 모든 것을 포함하는 큰 응용프로그램보다는 범위상 특정한 부분에 초점을 맞춘 작은 프로그램으로서 매우 견고한 프로그램이 될 수 있지만 모든 특징을 다 갖춘 응용프로그램은 아니다. 애플릿은 브라우저의 기능을 사용해야 하며 파일접근과 네트워크 접근의 한계가 있다. 그리고 특정단계(init, start, stop, destroy)의 수명을 갖고, 각 단계에서 특별한 작업을 수행할 수 있도록 애플릿 프로그래머에 의해 오버라이딩 된다.



<그림 6> 자바의 상호작용

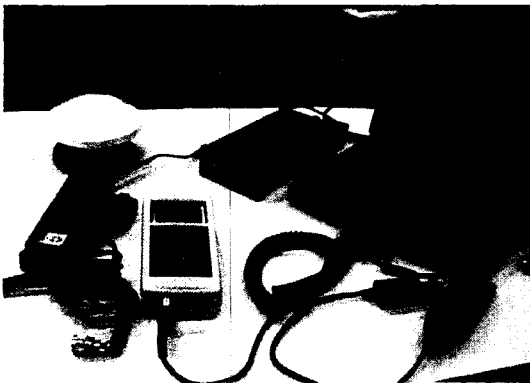
### III. 시스템 설계 및 구현

GPS 수신기를 이용해서 이동차량의 위치를 파악하고, PCS를 이용하여 정보수집센터로 차량위치정보를 온라인으로 전송한다. 수집센터에서는 수신받은 위치정보를 가공하여 인터넷의 웹 환경에서 지도와 통합된 상대적인 차량 위치를 실시간으로 제공한다. 또한 GPS 기준국에서 획득한 보정 정보를 이용하여 차량의 위치를 보다 정확하게 파악한다.

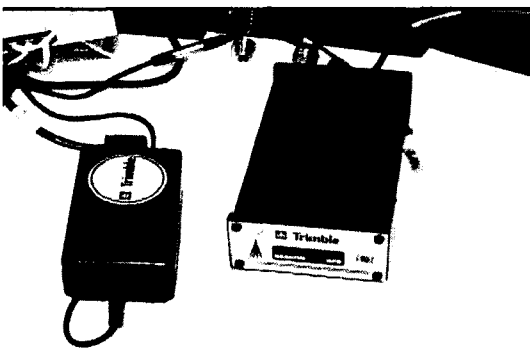
#### 1. 차량위치파악

##### 1) 하드웨어 설치

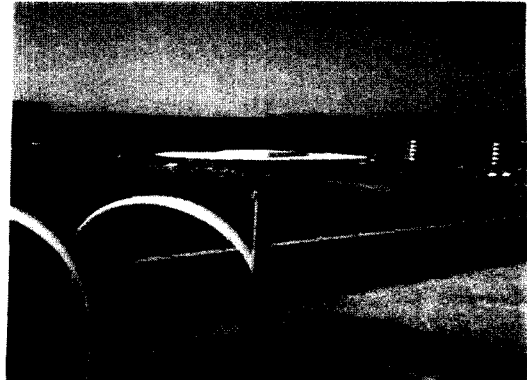
이동하는 차량에 안테나, 배터리, TDC1, GPS 수신기(Trimble Pro XR), 노트북, PCS 단말기를 장착한다(〈그림 7〉). 기준국에서는 Power Supply와 연결된 GPS 수신기(Trimble Pro XR)를 사용하고(〈그림 8〉), 높은 장소에 안테나를 설치한다(〈그림 9〉).



〈그림 7〉 이동차량의 탑재 장비



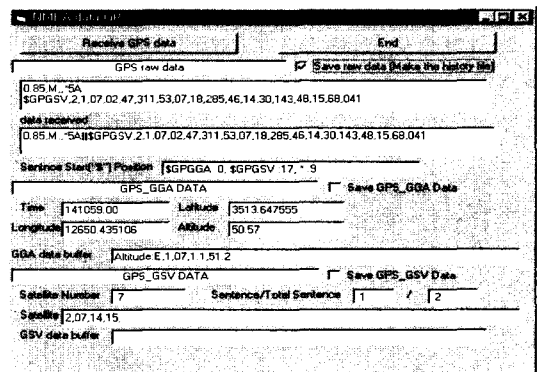
〈그림 8〉 기준국의 설치 장비



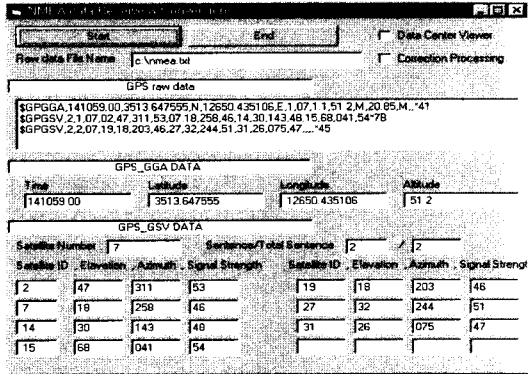
〈그림 9〉 기준점의 GPS안테나

##### 2) 위치정보 수신

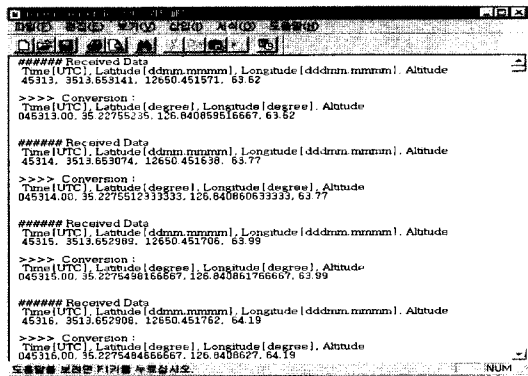
이동하는 차량에서는 Trimble사의 GPS Pro XR 수신기의 NMEA-0183 출력 데이터에서 차량의 위치정보를 포함하고 있는 GGA sentence와 참조하고 있는 위성 정보를 내포하고 있는 GSV sentence를 수신 받는다<sup>12)</sup>(〈그림 10〉). 기지국에서는 차량의 위치정보를 보정하기 위해 Base Station S/W를 사용하여 RTCM 보정정보를 수신받아 \*.ssf' 파일로 저장하고<sup>13)</sup>, 이동체(차량)에서 전송된 위치정보 및 위성 정보를 전송받아 인식한다(〈그림 11〉). NMEA-0183 형식의 GGA(시각, 위도, 경도, 고도 정보) sentence를 지도상에 표현하기 위해서 좌표변환을 행한다. 좌표변환은 수신받은 GPS의 GGA sentence는 위도를 "ddmm.mmmm" 형식 (d:degree, m:minutes)으로, 경도를 "dddmm.mmmm"형식으로 수신 받는데 비해, 웹에서 표현되는 지도는 위도, 경도를 모두 degree만으로 표현하기 때문에 필요한 작업이다<sup>14)</sup>(〈그림 12〉).



〈그림 10〉 GPS 수신기의 GGA, GSV 정보 수신 및 추출



〈그림 11〉 정보수집센터의 차량위치정보 인식



〈그림 12〉 GPS에서 수신 받은 위치정보 좌표변환파일

3) 차량 위치 보정

식(7)과 같은 방법으로 수신받은 차량위치를 보정한다.

$$X_{보정} = X_{측정치} + \Delta X \tag{7}$$

- $X_{보정}$  : 기지국에서 보정된 차량위치
- $X_{측정치}$  : 수신받은(측정된) 차량 위치
- $\Delta X$  : 기지국에서 측정된 위치 보정치

기지국에서 '\*.ssf'로 저장한 RTCM Format 정보에서 시각  $t_0$ 에서의 위성별 의사거리 보정치(PRC: Pseudorange Correction)와 의사거리 보정률(RRC: Range-Rate Correction)을 추출하고, 추출된 정보를 식(5)에 대입하여 수신기(차량)의  $t$  시각에서의 의사거리 보정치(PRC)를 구한다(식(8)).

$$PRC(t) = PRC(t_0) + RRC \cdot [t - t_0] \tag{8}$$

식 (7)의  $\Delta X$ 는 식(9)와 같이 구한다.

$$\Delta X = H^{-1} \Delta P \tag{9}$$

$$\Delta X = \begin{bmatrix} \Delta x \\ \Delta y \\ \Delta z \\ -c \Delta t_u \end{bmatrix}$$

H 행렬은 위성궤도 정보와 차량이 보내준 위치정보로부터 계산하고<sup>16)</sup>,  $\Delta P$ 는 식(8)에서 구한 위성별 의사거리 보정치이다.

기지국에서 식(9)의 위치보정치가 구해지면, 차량으로부터 전송받은(차량에서 측정된) 차량의 위치정보를 더해서 보정된 차량위치를 구한다(식(7)).

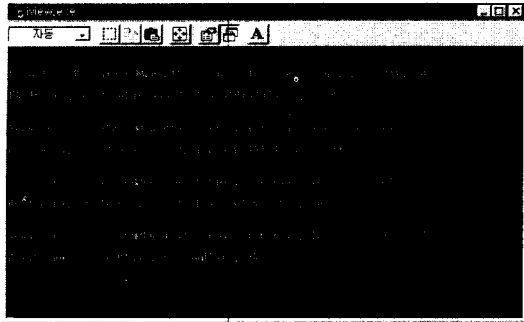
2. PCS 이용한 GPS 위치정보 전송 및 수신

1) PCS망과 공중전화망 이용

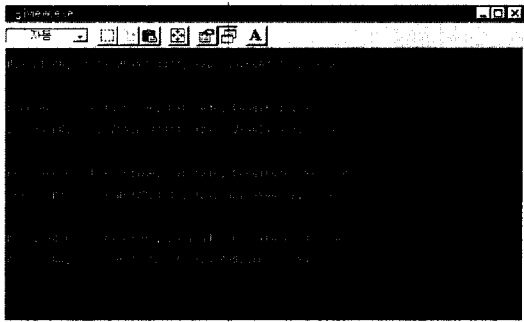
이동 차량에서 획득된 위치정보를 PCS 망을 사용하여 차량위치정보 수집센터에 전송한다. 인터넷 전용선이 없는 환경에서 인터넷 연결을 위해 공중전화망을 이용하였다. 이때 PCS 망을 이용하여 공중전화망에 접속한 뒤, HTTP 프로토콜을 이용하여 위치정보 파일을 센터에 전송한다(〈그림 4〉). 본 실험에서는 전화선 사용자가 인터넷에 연결할 수 있도록 하는 ISP(Internet Service Provider)로 광주과학기술원의 PPP서비스(도메인:kjist.ac.kr, DNS 서버 주소: 203.237.32.100, 전화번호:062-970-2600)를 사용하였고, 019 PCS 단말기를 사용하였다.

2) 정보 전송 및 수신 프로그램

이동하는 차량에서는 GPS 수신기에서 들어오는 위치정보를 실시간으로 전송하는 클라이언트 프로그램(〈그림 13〉)을, 차량위치정보 수집센터에서는 들어오는 정보를 실시간으로 받아서 저장하는 서버 프로그램(〈그림 14〉)를 만든다. 〈그림 13〉의 클라이언트 프로그램에서는 실행되고 있는 컴퓨터 내의 위치정보 전송파일을 열어서 스트링으로 저장한 뒤, 서버의 IP 주소 ("203.237.43.92", "moon.kjist.ac.kr")와 포트 번호(5432)를 할당함으로써 소켓을 만든다. 소켓을 열어 서버와의 연결을 시도하고, 연결이 되면 스트링을 전송한다. 전송되는 정보를 화면에 출력한다.



〈그림 13〉 정보전송 - Client 프로그램



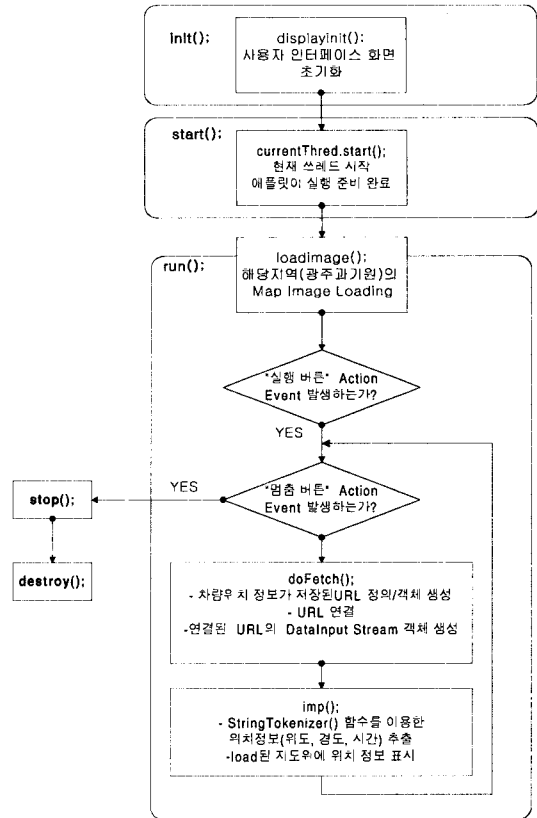
〈그림 14〉 정보전송 - 서버 프로그램

〈그림 14〉의 서버 프로그램에서는 서버로 들어오는 스트링을 받아서 파일("http://moon.kjist.ac.kr/~yjpark/data/position.txt")로 저장한다. 저장되는 정보를 화면에 출력한다.

클라이언트와 서버 프로그램은 모두 자바를 사용하여 개발하였으므로, 시스템 환경에 독립적이다. 유닉스와 윈도우 95 환경에서 모두 잘 실행되었다.

### 3. 정보제공 모듈

이동하고 있는 차량의 위치를 웹의 지도 위에 시각적으로 표현함으로써, 차량위치정보를 한눈에 인식할 수 있게 하는 웹 기반 차량 위치정보제공 시스템을 구축하였다. 이동차량의 위치를 파악하는 서비스를 제공하기 위해서 이동하고 있는 차량의 위치 데이터를 계속적으로 읽어서 웹에서 로드한 지도 위에 표현해주었다. 웹 기반의 실시간 차량 위치의 변화를 묘사하기 위해 Java Applet을 사용하였고, 정확한 전자지도는 광주시청에서 구입하였다. 〈그림 15〉는 웹에서 실시간 차량위치를 표현하기 위한 Java Applet 프로그램 흐름도이다.



〈그림 15〉 JAVA Applet을 이용한 정보제공 흐름도

## IV. 실험결과 및 분석

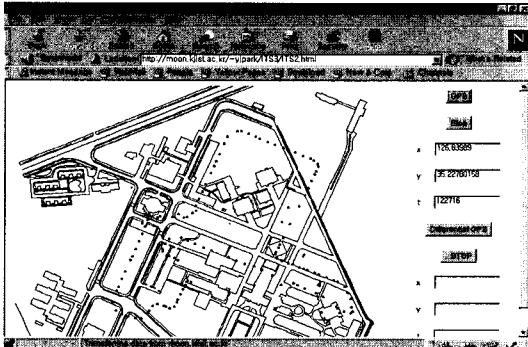
### 1. 실험 결과

"GPS" 버튼을 누르면 현재 저장되어 있는 차량의 위치정보 파일로부터 위치정보를 추출하여 웹의 지도 상에 보여주게 된다. 따라서 실시간으로 위치정보 파일을 갱신시키면 보여주는 위치도 동시에 갱신된다. 이러한 방법으로 실시간 환경을 반영한다.

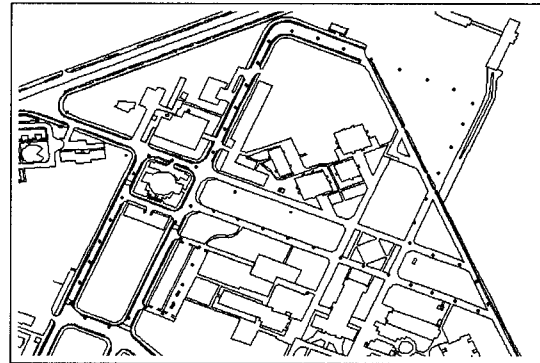
#### 1) 보정전 웹 기반의 실시간 차량위치파악

〈그림 16〉은 이동체에서 GPS 수신기를 이용하여 1초 간격으로 위치 정보를 수신 받은 경우의 실시간 차량 위치 궤적을 보이고 있고, 〈그림 18〉은 5초 간격으로 위치 정보를 수신 받은 경우의 실시간 차량 위치 궤적이다. 1초 간격으로 수신 받은 경우는 5초 간격으로 수신 받은 경우보다 더 많은 위치 정보를 획득하였고, 두 실험 모두 GPS의 100m 이내 오차를 내포하고 있다.

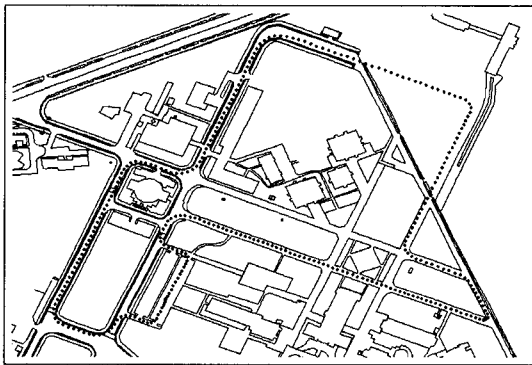




〈그림 16〉 웹환경 실시간 이동차량계적 (1초간격 수신)

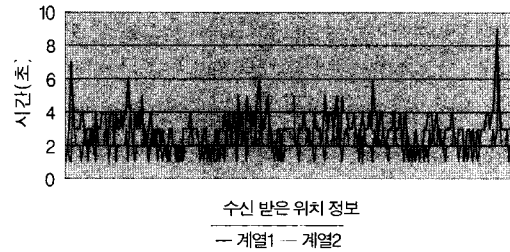


〈그림 19〉 보정한 차량이동계적 (5초간격 수신)

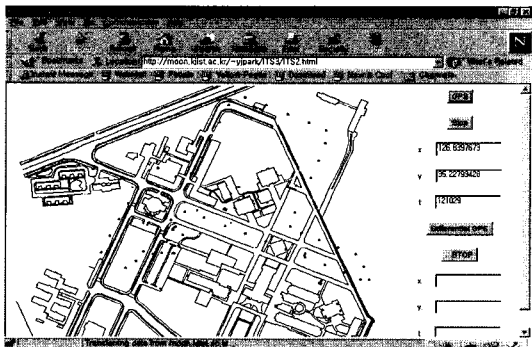


〈그림 17〉 보정한 차량이동계적 (1초간격 수신)

1초 간격의 수신 정보 샘플링 시간 및 정보 전송 소요 시간

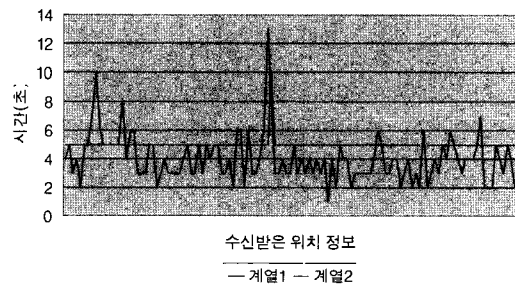


〈그림 20〉 수신정보 샘플링 시간 / 전송소요 시간 (1초간격 수신)



〈그림 18〉 웹환경의 실시간 이동차량계적 (5초간격 수신)

5초 간격의 수신 정보 샘플링 시간 및 정보 전송 소요시간



〈그림 21〉 수신정보 샘플링시간 / 전송소요시간 (5초간격 수신)

## 2) 보정후 차량위치 궤적

〈그림 17〉은 이동체에서 1초 간격으로 위치정보를 수신 받았을 때, 보정한 위치궤적을 지도와 매칭시킨 그림이다. 〈그림 16〉과 비교하여 보면, 정확도 향상을 눈으로 확인할 수 있고, 실시간 정보 제공 시스템에서 정보가 대략 어느 정도 상실되었

는지 확인할 수 있다. 〈그림 19〉는 5초 간격으로 위치정보를 수았을 때의 보정한 차량위치 이동궤적이다. 〈그림 18〉과 비교하여 보면, 정확도 향상을 눈으로 확인할 수 있다. 5초 간격으로 위치 정보를 수신 받았을 때는 크게 정보의 상실이 없음을 볼 수 있다.

## 2. 실험 분석

### 1) 정보 샘플링 시간 및 전송 소요시간 분석

〈그림 20〉과 〈그림 21〉은 GPS 수신기로부터 각각 1초, 5초 간격으로 위치정보를 수신 받았을 때, 정보전송을 위한 위치정보 샘플링 시간 간격과 전송 소요 시간을 나타낸 그림이다.

(계열 1) 정보 전송 소요시간 =  $T_2 - T_1$

$T_1$  : GPS 수신기에서 위치정보를 수신 받았을 때의 시간

$T_2$  : 서버에서 전송된 정보를 수신받을 때의 시간  $t_2$

(계열 2) 정보 샘플링 시간 : 클라이언트 프로그램이 GPS로부터 수신받은 정보를 샘플링하는 시간 간격

1초 간격으로 GPS 위치 정보를 수신할 때, 클라이언트 프로그램은 약 평균 2초 간격으로 정보를 샘플링하여 서버로 전송하게 된다(〈그림 20 : 계열 2〉). 이때 전송 소요 시간은 약 평균 3초가 걸린다(〈그림 20 : 계열 1〉). 〈그림 20〉을 보면 정보를 샘플링하는 시간 간격의 계열 2와 정보 전송 소요시간을 나타내는 계열 1의 패턴이 비슷하게 나타나고 있는 것을 볼 수 있으며, 정보 전송 소요 시간이 샘플링 시간에 직접적으로 영향을 미치게 되는 것을 볼 수 있다. 즉, 정보를 전송하는 클라이언트 프로그램은 서버에 접속을 하여 정보를 전송한 후, 다음에 전송되어야 할 정보를 찾기 때문에, 전송하는데 걸리는 시간 동안에 1초 간격으로 계속 전송되는 위치 데이터를 끝장 처리할 수 없기 때문에 생기는 현상이다. 이때 처리하지 못하는 정보는 상실하게 된다.

5초 간격으로 GPS 위치 정보를 수신할 때, 클라이언트 프로그램은 약 평균 5초 간격으로 정보를 샘플링하여 서버로 전송하게 된다(〈그림 21 : 계열 2〉). 이때 전송 소요 시간은 약 평균 4초가 걸린다(〈그림 21 : 계열 1〉). 〈그림 21〉을 보면 정보를 샘플링하는 시간 간격의 계열 2는 대체적으로 정보 전송 소요 시간을 나타내는 계열 1의 패턴과 무관하게 나타나고 있고, 전송 소요 시간이 너무 길어질 경우(12초 이상)에만 영향을 미치고 있음을 볼 수 있다. 이 경우는 정보를 수신 받는 시간 간격이 정보 전송 시간보다

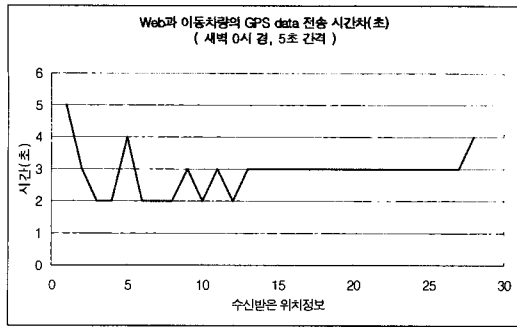
다 길기 때문에 정보를 상실하지 않고 거의 대부분의 정보를 전송할 수 있다. 〈그림 20〉과 〈그림 21〉의 결과에 따라, 수신 받는 위치 정보를 상실하지 않고 실시간으로 정보를 전송하여 웹에 보여주기 위해서는 정보 전송 소요 시간을 고려하여 GPS 위치 정보를 수신 받아야 한다. 즉, 아무리 GPS를 이용한 위치정보를 실시간으로 수신 받을지라도 통합되어지는 무선 정보 전송 성능의 향상 없이는 정보의 유실이 발생함과 동시에 실시간 시스템의 흐름이 빨라질 수 없다.

GPS 수신기와 무선 정보 전송 기능을 통합한 시스템에서는 무선의 정보 전송 기능이 시스템의 속도와 정보 유실 문제에 영향을 미친다.

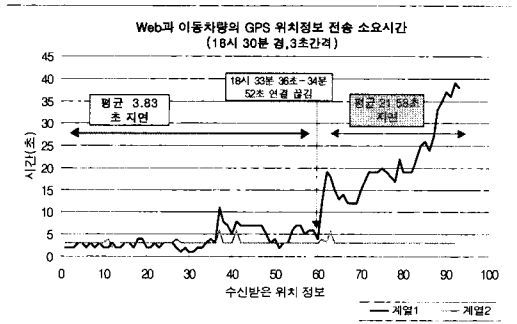
### 2) 웹과 이동차량의 GPS 위치정보 전송 소요시간 분석

본 연구는 실험한 웹 경로의 DNS 서버 주소와 ISP의 DNS 서버 주소가 같기 때문에 보다 나은 실험 환경 하에서 실험했다. 즉 DNS 주소가 서로 다른 일반적인 경우보다 좋은 실험 결과를 얻었다고 볼 수 있다. 따라서 본 실험결과에 비추어 일반적인 경우를 생각해 볼 수 있다.

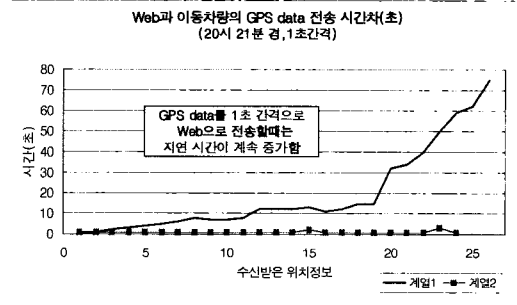
이동차량의 GPS 수신기에서 위치 정보를 받을 때의 시간과 인터넷의 웹상에 위치 정보를 제공할 때의 시간을 비교함으로써 어느 정도의 시간이 소요되는지를 분석한다. 포함되는 소요시간에는 무선을 이용한 전송 시간과 웹에서의 지연시간이 포함되게 된다. 〈그림 22〉는 5초 간격으로 GPS 수신기에서 위치 정보를 받았을 때, 그리고 웹의 로드가 적은 새벽시간에 실험했을 때의 결과이다. 평균 약 3초 정도의 정보 지연 시간이 걸린다. 이 지연시간은 주로 무선을 이용한 정보 전송 소요 시간으로 인한 시간이다. 웹의 사용자가 적은 시간대에서는 웹 기반 실시간 차량 위치 파악 시스템은 주로 무선의 정보 전송 소요시간에 따라 시스템의 속도가 좌우된다. 〈그림 23〉은 3초 간격으로 GPS 수신기에서 위치 정보를 받았을 때, 웹의 로드가 많은 저녁시간에 실험한 결과이다. 계열 1은 GPS 수신기에서 위성으로부터 정보를 수신받았을 때와 수신받은 정보를 웹에서 보여줄 때까지의 정보 전송 소요 시간을 나타내고 있는 것이고, 계열 2는 수신받은 정보를 전송하기 위해 샘플링하는 시간 간격이다. 처음에는 위치정보가 평균 3.8초의 전송 소요 시간이 소모되다가 짧은 시간 동안의 전송 단절 현상이 나타났다. 단시간의 단절 이후부터는 정보를 제공하기까지 지연시간이 계속 증가하는 현상을



〈그림 22〉 웹과 GPS 위치정보 전송소요시간 (새벽, 5초 간격)



〈그림 23〉 웹과 GPS 위치정보 전송소요시간 (저녁, 3초 간격)



〈그림 24〉 웹과 GPS 위치정보 전송소요시간 (저녁, 1초 간격)

보인다. 정보를 샘플링하는 시간간격이 거의 3초 간격이므로, 유실되는 정보가 없는 것으로 보아 무선에 이용한 정보 전송에는 별 무리가 없는 것을 알 수 있다. 때문에 정보 단절의 원인은 웹에서의 로드로 인한 지연 시간으로 분류될 수 있고, 계속적으로 지연 시간이 증가하는 이유도 웹의 로드로 인한 결과이다. 실험한 시간이 웹의 로드가 많이 발생하는 저녁시간 대이므로 이와 같은 현상을 가져온다. 때문에 웹 자체 로드로 인한

지체 시간 개선 등의 문제점이 지적되어지며, 웹의 속도 개선을 위한 유선망 및 프로토콜 등이 계속적으로 연구·개발되어야 한다. 〈그림 24〉는 1초 간격으로 GPS 수신기에서 위치 정보를 받았을 때, 웹의 로드가 많은 저녁시간에 실험한 결과이다. 계열 1은 GPS 수신기에서 위성으로부터 정보를 수신받았을 때와 수신받은 정보를 웹에서 보여줄 때까지의 정보 전송 소요 시간을 나타내고 있는 것이고, 계열 2는 수신받은 정보를 전송하기 위해 샘플링하는 시간 간격이다. 수신받은 정보를 전송하기 위해 샘플링하는 시간은 거의 1초 간격으로 정보의 유실이 거의 없는 것으로 보아 무선으로 정보를 전송하는데 걸린 시간은 1초 미만이었음을 알 수 있다. 그러나, 수신 받았을 때의 시간과 정보를 웹에서 제공하는 시간 차이가 계속적으로 증가함을 볼 때 웹에서의 지체로 인한 정보 지연 시간으로 인한 결과임을 알 수 있다. 때문에 정보를 전송하는데 있어서 많은 로드를 지니고 있는 웹에서의 지체 시간에 대한 문제점은 실시간 시스템의 속도를 단순히 지체시키는 문제가 아니라, 정보의 계속적인 누적 현상으로 인한 시스템 구현의 가능성을 저하시키는 문제점을 낳게 된다. 그러므로 웹에서의 실시간 시스템을 구현하기 위해서는 웹 서비스 사용의 지체 시간에 대한 연구와 빠른 개선이 시급하다.

### 3. 기존 유사 시스템과의 비교

#### 1) 타무선망을 이용한 위치추적시스템과의 비교

한국통신 TRS는 자사 TRS(Trunk Radio system)망과 LG교통정보의 도로교통시스템을 결합한 차량위치추적 서비스 개발하여 수도권 일대 2만여군데에 발신장치 설치하였고, 에어미디어는 무선데이터망을 이용해, 양방향 문자휴대통신 단말기를 장착한 차량의 위치를 추적할 수 있는 위치추적 시스템을 개발하였다. 이 서비스는 에어미디어 전용 단말기의 초기화면에서 위치정보 아이콘을 클릭하면 단말기 위치에서 가장 가까운 기지국 이름이 화면에 나타나게 된다. 이처럼 TRS나 무선데이터 통신을 이용한 시스템은 서비스지역이 일부 대도시에 국한되어 전국(특히 도로) 서비스를 제공하지 못하고 이에 따라 위치추적서비스도 서비스 가능지역이 제한된다. TRS의 경우엔 최근에 허용되었지만 일반전화 접속이 불가능했고 무선데이

터망은 음성통신이 불가능하며, TRS 또는 무선데이터통신을 위치추적에 이용할 경우 추후 음성통화를 이용한 위치추적시스템 개발을 위해서는 음성통화를 위한 별도의 이동통신단말기를 요구하게 된다. 따라서 이동전화비용과 함께 TRS 및 무선데이터통신비 월 2-3만원이 추가로 발생한다. TRS나 무선데이터망 장비 및 단말기의 국내 시장규모가 작는데 반해 PCS는 전국에 걸친 서비스영역 확대와 부담없는 가입비, 저렴한 통신료 등의 장점과 함께 타 망에 비해 지능적인 데이터통신서비스를 제공함으로써, 단기간에 국내 시장을 장악하고 있다.

## 2) PCS망을 이용한 시스템과의 비교

한국통신프리텔은 자사 PCS 망을 이용하여 "차량메시지 서비스" 시스템을 개발하여, 자사 코드분할다중접속(CDMA)망을 이용한 위치추적 및 부가정보서비스를 실시하고, 인포뱅크는 한솔 PCS, LG 텔레콤의 PCS망을 이용해 위치정보서비스를 시범적으로 실시하고 있다. GPS 위성을 이용하지 않고 가입자 단말기와 기지국간의 끊임없는 전파 송수신 데이터를 이용하여, PCS 기지국으로부터 반경 3-5km 이내의 위치를 행정구역단위나 셀 기지국 단위로 파악해 인터넷에 제공하기도 하고, PCS 단말기로 위치정보 및 단문 메시지 서비스를 제공한다. 관제센터를 별도로 구축할 필요없이 인포뱅크 홈페이지 내의 "www.mobilevan.net"를 통해 서비스에 가입하면 월 3천원 정도의 요금으로 서비스를 이용할 수 있다. 그러나 30m 이상의 오차가 발생하므로 보다 정확한 오차범위를 위해서는 GPS 수신기가 별도로 필요하다. 위와 같은 기존 시스템과 본 논문에서 구현한 시스템은 다음과 같은 위치추적오차와 웹을 이용한 정보제공방식(위치관제방식)의 두가지부분에서 차이를 보이고 있다.

### (1) 위치추적오차에 따른 비교

앞에서 예시된 시스템들은 모두 GPS 수신기와 같은 별도의 부가장비가 필요하지 않고 PCS 단말기의 소프트웨어 업그레이드만으로 구현할 수 있는 셀 위치추적시스템으로서, 위치를 도심지의 동 단위 정도의 정확도로 추적한다. 별도의 장비가 필요없기 때문에 경제적인 부담은 덜게되지만, 도로 위의 차량을 추적하기 위한 위치 오차범위가 너무 커서 정밀한 위

치오차를 요구하는 시스템에서는 적합하지 못하다. 본 논문에서 구현한 시스템은 30m의 오차범위가 아닌, 보다 정밀한 오차보정(DGPS)을 통해 3m이내의 오차를 보장하는 실험결과를 보여주고 있다

### (2) 정보제공 방법에 따른 비교

인터넷(웹)을 통한 정보제공은 별도의 관제센터 및 망을 구축할 필요가 없어 구축비용 및 통신비용을 절감할 수 있는 경제적인 방법일 뿐만아니라, 고객확보 및 시장형성의 장점을 지니고 있다. 본 논문에서 사용하고 있는 바와 같이 인포뱅크의 경우도 웹을 통해서도 정보를 제공하고 있다. 오차범위는 "동"단위로서 본 논문과는 다소 크기는 하지만 정보제공 방법에서는 같은 맥락이라고 볼 수 있다. 그러나 이전의 실험 분석에서 살펴본 바와 같이 관제해야 될 차량이 많은 경우에는 웹상의 관제 구현은 현실적으로 어려움이 존재한다. 실험분석에서의 문제점(인터넷의 부하문제) 해결이 선행되어야 한다.

## V. 결론

### 1. 요약

차량위치를 파악할 수 있는 GPS 수신기에 PCS 단말기와 컴퓨터를 연결하여, 공중전화망과 인터넷을 이용한 보다 쉽고 경제적인 방법의 실시간 차량 위치파악시스템의 가능성에 대한 실험을 하였다. 그리고 더 정확한 위치 파악을 위해 보정정보를 이용한 보정기법을 추가함으로써 3m 이내의 오차를 갖는 정확한 위치정보를 획득했다. GPS를 사용한 위치정보 수신시간 간격에 따른 정보 전송 샘플링 시간과 전송 소요시간 분석을 통해 무선을 이용한 정보 전송소요 시간이 샘플링 시간 간격과 정보 유실 문제와 직접적인 관련이 있고, 시스템 속도에 영향을 준다는 것을 확인하였으며, 전송소요 시간이 GPS 위치정보 수신시간보다 길면 샘플링 시간간격을 길게 하여 정보의 유실을 가져오고, 시스템의 속도를 느리게 하였다. GPS를 사용한 위치정보 수신 시간과 웹에서 정보를 제공할 때의 시간을 비교해 본 결과, 시간에 따라 많은 차이가 있었다. 즉, 웹의 부하가 적은 시간대에서는 비교적 안정된 시스템을 보였으며, 이때의 시스템 속도는 거의 무선으로 정

보를 전송하는 시간에 좌우되었다. 그러나, 웹의 부하가 크면 정보의 단절 현상이 생길 뿐만 아니라, 정보수신에서 제공까지의 지체시간이 점차적으로 증가하는 현상을 보이고 있다. 이러한 웹 서비스 지체로 인한 문제는 실시간 시스템의 속도를 단순히 느리게 하는 문제에 그치지 않고 계속적인 누적현상으로 인한 시스템 구현의 큰 걸림돌을 낳게 한다. 때문에 인터넷에서의 실시간 시스템을 가능하게 하기 위해서는 우선 인터넷 자체의 정보 흐름 속도의 큰 향상과 안정성이 요구된다. 현재의 기술 환경을 기반으로 인터넷 기반의 실시간 차량위치 파악 시스템을 구축하고자 한다면 제일 먼저 인터넷의 정보 흐름 속도를 빠르게 하고 수용 능력을 확대하여 안정성을 확보하는 것이 필요하고, 그 다음 무선통신에 관한 연구·개발이 요구된다.

## 2. 본 논문의 의의와 적용분야

기존의 PCS망과 인터넷을 이용한 웹 기반 실시간 차량위치 파악 시스템 구현 방법은 초기 비용이 크게 들지 않고, 별도의 통신 장비들을 필요로 하지 않으므로 유지 보수에 대한 부담이 훨씬 줄어들게 되고, 광범위하게 구축되고 있는 PCS 망과 인터넷을 이용하므로 서비스 지역도 훨씬 넓어지게 된다. 또한 보다 쉽게 접근할 수 있는 환경들로 구성되므로 확장 가능성이 매우 크다. 이러한 경제성, 시장성, 확장가능성 등의 장점들로 인해 다양한 분야 즉, 운송·배송 등의 스케줄 할당 또는 모니터링 분야, 버스·고속버스 등의 상용 및 대중 교통 시스템 운영과 정보 제공 분야, 구조·긴급 상황에서의 위치파악 분야 등에 적용 가능하다.

## 3. 필요한 추가 연구사항

본 논문에서 구현한 실시간 차량위치 파악 시스템에 보정 작업 모듈을 추가하여 실시간으로 위치 정확도를 높이는 기능이 추가되어야 한다. 또한 본 연구에서는 하나의 기지국을 이용한 의사거리 보정 방법에 대한 실험을 하였다. 그러나 보다 넓은 지역을 대상으로 효율적인 오차 보정을 하기 위해서는 여러개의 기지국을 인터넷으로 연결하여 네트워크를 통한 보정 모델을 개발하고, 이를 통해 광역의 사용자들 대

상으로 위치정확도를 향상시키는 확장된 연구가 개발·구현되어야 한다. 그리고 웹 기반 디지털 지도를 개발하여 차량위치 정보와 실시간 교통정보를 동시에 제공하는 작업도 필요하다. 차량 위치에 따라 필요한 부분의 지도만 추출하여 보여주는 기능의 다양한 부가 기능(차량 위치 이동에 따른 지도중심 이동, 차량의 방향성에 따른 회전, 확대, 축소 등)이 요구된다. 또한 많은 차량을 통제하거나 감시하고자 할 때는 차량을 식별하는 방법에 대한 연구도 병행되어야 한다.

## 참고문헌

1. 홍진석, 한승재, 지규인, 이영재, 이장규, 오종택, 염병렬, 차량관제시스템을 위한 Inverted DGPS 시스템, Proceeding of ION GPS-96, pp.502~506, 1996.
2. GPS Positioning System, Vol. 1,2,3,4, The Institution of Navigation, 1980.
3. Elliott D. Kaplan, Understanding GPS Principles and Application, ARTECH House, pp.43~47, 1996.
4. Strang Borre, Linear Algebra, Geodesy, and GPS, Wellesley Cambridge, pp.447~514, 1997.
5. J.D Parason, The Radio Propagation Channel, JOHN WILEY and SONS, pp.19~33, 108~113, 1992.
6. E.H.Martin, GPS User Equipment Error Models, NAVIGATION, Vol. 1, pp.109~118, 1973.
7. R.L Easton, The navigation Technology Program, NAVIGATION, Vol.1, pp.15~20, 1980.
8. R.J Milliken and C.J Zoller, NAVASTAR Operation, NAVIGATION, Vol. 1, pp.5~7, 1980.
9. Differential GPS : Explained , Trimble, 1993.
10. E.G.Blackwell, Overview of differential GPS method, Global Positioning System, Vol. 3, pp.89~100.
11. S.P.Teasley, W.M.Hoover and C.R. Johnson, Differential GPS navigation, Proc.IEEE Position Location and Navigation Symp., pp.9~16, 1980.
12. NMEA Standard for Interfacing Marine Elec-

- tronic Devices, National Marine Electronic Association, 1992.
13. RTCM Special Committee No.104, RTCM Recommended Standards for Differential NAVSTAR GPS Service, Version 2.1, 1994.
  14. GPS NAVSTAR, GLOBAL POSITIONING SYSTEM Standard Positioning Service Signal Specification, 2nd Edition, 1995.
  15. Victor O. K. Li, Personal Communication Dydttem, Proceeding of the IEEE, Vol. 83, No.9, September 1995, pp.1210~1243.
  16. 박영주, 인터넷 기반의 실시간 차량위치 파악 시스템 구현, 석사졸업논문, 광주과학기술원, 1998. pp.11~12.