

# 일 반 투 고

## A-GPS 기술 및 동향 연구<sup>1)</sup>

김 우 식, 심 기 학, 이 주 문, 이 명 성

세종대학교 정보통신공학과, SKTelecom

### I. 서 론

GPS(Global Positioning System)란 지구 상에 어디에 있던지 위성을 이용하여 자신의 PVT 즉 Position, Velocity, 및 Time을 구하는 시스템이다. 70-80년대 미국의 DoD로부터 GPS가 시작된 이후에 미소 냉전 체제가 무너지면서 GPS는 민간인에게도 Open을 하게 되어, 급속히 상용화되고 보급되어 가고 있으며, 그 후 기술적으로 많은 발전을 하게 되었다. 그리하여 사용자가 적절한 장치를 갖추고 있으면, 자신의 위치를 알 수 있고, 특히 정보화 시대가 되면서 정확한 지리정보에 연계된 자동 항법이 보급되어 open space에서 사용자가 자신의 정확한 위치를 찾는 데에는 큰 무리가 없어 왔으며, 관련 상품이 개발 판매되고 있다. 1996년 미국의 FCC가 무선 사업자에게 위급한 상황에 처한 통화자의 정확한 위치를 수초 내에 수십 meter의 정확도를 갖고 알려 주도록 하는 E911법이 효력을 발하고, NASA의 A-GPS 시스템의 특허가 효력을 상실하게 됨으로, GPS 분야는 또 한번의 기술적인 춘추전국 시대를 맞고 있다. 미국의 SnapTrack, Global Locate, Enuvis와 같은 몇몇 벤처에서는 열악한 환경에서도 정확한 위치 정보를 얻을 수 있도록 독자적인 A-GPS 기술 개발을 하고 있으며, 러시아의 GLONASS와 유럽의 Galileo 등 세계 각국은 미국의 GPS에 의존하

지 않는 독자적인 지리정보 시스템을 구축하려고 하고 있다.

이 논문에서는 현재 GPS 분야의 화두가 되고 있는 A-GPS 기술에 대하여 알아보고, 현재 이 분야를 주도하고 있는 몇몇 회사 및 기술에 대하여 알아보도록 한다. 이 논문은 다음과 같은 구조로 되어 있다. II장에서는 일반적인 GPS에 관하여 알아본다. III장에서는 A-GPS 알고리즘을 개괄적으로 알아본 다음, IV장에서는 현재 개발되고 있는 대표적인 A-GPS 기술에 대하여 알아본다.

### II. A-GPS 기술 개요

이 장에서는 GPS 기술의 개요를 간략히 알아본다.

#### 1. GPS 기술의 연혁 및 전망

GPS는 오랜 기간 미 국방성에서 비밀리에 진행되어 사용된 매우 오래된 시스템으로 미소 냉전체제가 무너지면서 일반인에게 공개된 기술이다. <표 1>에 GPS 시스템의 대표적인 역사에 대하여 나타내었다. 특히 미국에 이어 유럽에서도 독자적인 유사 GPS 시스템을 개발하고 있으며, 또한 미국에서도 현재의 GPS 시스템을 새로운 주파수 및 위성을 할당하여 upgrade하려고 하고 있는 등, GPS는 현재에도 매우 활발히 연구 개발이 진행되고 있는 분야이다.

1) 이 연구는 SK Telecom과 ABRC(Advanced Biometric Research Center)의 지원으로 수행되었습니다.

〈표 1〉 GPS 시스템 개발의 역사

년 도	내 용
1970-80	US DoD에서 GPS 프로그램 시작
1984	NASA Assisted GPS 시스템 개발
1991년	미국, GPS-SPS의 민간인에게 공개 선언
1996	FCC 무선 사업자에게 E911에 GPS 기능을 갖도록 하는 법안 통과
2000년 5월	Selective Availability deactivate 됨.
2001	유럽 연합 Galileo 시스템 개발 발표, 2008년 operation 예정
2003년	Block IIF delivery 시작 예정
Near Future	주파수 L3, L4인 GPS 시스템 개발 시작

## 2. Wireless E-911

Wireless E911은 최근 GPS의 기술적인 발전을 하는데 큰 영향을 미친 사건이다. 유선 전화 사용자가 전화를 거는 사람의 위치가 전화 통화 가 이루어짐과 동시에 정확히 알 수 있음에 비하여, 무선 전화 사용자의 위치를 정확히 알기는 매우 어렵다. E911 또는 Wireless E911이란 기존의 유선 전화망에서 성공적으로 이용되던 미국의 911 서비스를 무선 전화 사용자에게 확장하여, 응급 전화를 거는 무선 전화 사용자의 위치를 사용자가 사전 지식을 갖지 않아도 알 수 있도록 하기 위한 FCC(Federal Communications Commission)의 지시이다. 즉, FCC의 E911(또는 무선 911)은 무선 911 서비스의 신뢰성을 향상시키고 무선 911 통화자 위치를 찾고, 도움을 빠르게 주기 위하여 긴급 서비스 요원에게 위치 정보를 제공하기 위하여 제정되었으며, 이러한 목적을 이루기 위하여 FCC는 무선 사업자들이 특정 조건과 스케줄에 따라 E911 서비스를 갖추도록 하였다. 무선 911 규칙은 모든 셀룰라 망, 광대역 PCS, 및 TRS(Specialized Mobile Radio: SMR)에게 적용된다.

기본적으로 무선 911은 무선 사업자가 가입자나 비가입자에 상관없이 모든 Public Safety

Answering Point(PSAP)에게 911호를 전달하여, 응급 상황에서 도움을 받을 수 있어야 한다. 이 무선 911은 Phase I과 Phase II의 2단계에 걸쳐서 진행되고 있다.

### 1) E911 PHASE I

기본적으로 E911 Phase I에서는 ANI(Automatic Number Identification)을 제공한다. 즉 사업자는 PSAP에게 911호를 거는 통화자의 호에 대한 전반적인 위치 정보를 제공하기 위하여 셀(cell-site)이나 기지국의 위치를 제공하며, 응급 호를 받는 사람들이 통화가 끊어진 경우에 송화자에게 연결을 할 수 있도록 전화번호를 제공하여 적시에 응급 처치를 제공하는 것을 도와준다. 하지만 이 경우에 정확한 위치는 통화자의 설명에 의지할 수 밖에 없다.

### 2) E911 PHASE II

E911 Phase II에서는 무선 사업자들은 2001년 10월 1일부터 시작하여 자동 위치 확인 기능(Automatic Location Identification: ALI)을 제공한다. 기술적으로 기존의 GPS만으로는 만족할 만한 서비스를 제공할 수 없기 때문에 어떤 형태로든 무선망과의 협력이 필요하게 된다. 원래 FCC에서는 망기반 기술(Network-based Technology)을 보급하려고 했지만, 과거 몇 년 동안 단말기의 성능이 향상되면서 단말기 안에서 위치를 계산하는 기술에 큰 진전이 있어, 1999년 9월에 단말 기반 위치 확인 기술(Handset-based Technology)을 사용하는 것이 좋겠다고 결정하였다. FCC는 망기반 기술과 단말 기반 기술 각각에 대하여 정밀도 요구사항과 보급 계획을 확립하였다. E911 Phase II 요구 사항은 다음과 같다.

#### (1) 자동 위치 확인 기술

단말기 기반의 자동 위치 확인 기술의 경우는 새로운, 변경된, 또는 upgrade된 단말기(예를 들어 GPS-기반 기술)를 필요로 하는 Phase II location 기술을 채택하려는 무선 사업자들은 다

〈표 2〉 Phase II deployment 계획(단말기 기반 기술)

일 자	내 용
2001년 10월 1일	ALI 가능한 단말기 판매 및 작동 1. Phase II E911 서비스를 제공하기 위하여 CMRS 망이나 다른 고정망의 인프라 안에서 하드웨어 및 소프트웨어 설치. 2. Phase II E911 서비스를 PSAP에게 제공 시작
2001년 12월 31일	최소한 25%가 ALI 가능
2002년 6월 30일	최소한 50%가 ALI 가능
2002년 12월 31일	모든 디지털 단말기 ALI-가능
2005년 12월 31일	전체 가입자의 95%에게 ALI-가능한 단말기 보급

음의 요구 조건에 따라 Phase II의 기술을 보급한다.

망기반 위치 확인 기술을 채택하려는 사업자는, 2001년 10월 1일로 PSAP의 요청이 있을 후, 6개월 안에 PSAP가 관할하는 영역이나 인구의 최소한도 50%에게, 또한 18개월 안에, 100%에게 Phase II 정보를 제공해야 한다.

(2) ALI 정밀도 기준

FCC는 Phase II 위치의 정밀도와 신뢰도에 다음의 기준을 채택하였다.

〈표 3〉 Phase II 자동 위치 확인 기술의 정밀도 및 신뢰도

	67 percent of calls	95 percent of calls
단말기 기반 기술	50 meters	150 meters
망기반 기술	100 meters	300 meters

3. 기존의 위치 확인 방법

1) Conventional GPS

(1) 동작 원리

일반적인 GPS 방법은 3차원의 공간에서 위치

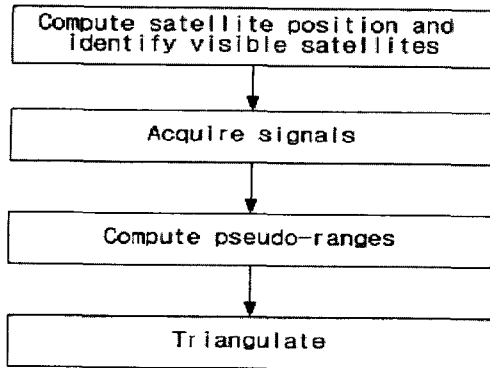
좌표를 알고 있는 GPS 위성까지의 거리를 계산하여, 수신기의 좌표를 구하는 방법이다. 수신기의 좌표(x, y, z)인 미지수 3개 외에 위성과의 시간 차이를 고려하여 최소한도 4개 이상의 위성이 필요하며, 이 위성으로부터의 신호를 받아 RF 전송 시간과 도플러 주파수 천이를 측정하고, 의사거리(Pseudo-range)로 변환하여 3차원 공간에서의 위치, 속도, 시스템 시간을 구한다. 의사거리(Pseudo-noise)는 다음과 같은 식으로 나타내진다.

$$P_r = \sqrt{(x-x_u)^2 + (y-y_u)^2 + (z-z_u)^2} + C\Delta T_u$$

여기에서  $P_r$ 는 의사거리를,  $C$ 는 빛의 속도,  $\Delta T_u$ 는 사용자 수신기 시계오차,  $(x, y, z)$ 는 공간상에서 GPS 위성의 위치를,  $(x_u, y_u, z_u)$ 는 사용자의 위치를 나타낸다.

일반적인 GPS 수신기는 다음과 같은 절차로 사용자의 위치를 구한다. 먼저 위성으로부터 전파되는 RF 신호를 수신하고, 최근의 almanac과 사용자의 대략적인 위치 정보를 이용하여 시야에 보이는 위성을 결정한다. 이렇게 위성의 ID가 결정되면 이 위성이 사용하는 C/A 코드의 구조를 알 수 있고, Acquisition 모드로 들어간다. Acquisition 모드에서는 이 C/A코드와 수신된 신호의 correlation을 계산하고, peak를 찾아 정확한 timing을 구한다. 다음에는 Tracking 모드로 들어가서 신호를 놓치지 않도록 하며, 다른 한편으로 신호로부터의 전파 시간과 Doppler shift를 측정하고, 위성의 위치, 속도와 시간에 대한 파라미터를 측정하여 사용자의 위치, 속도와 시간을 결정한다. 〈그림 1〉은 일반적인 수신기에서 수행되는 알고리즘을 나타낸 그림이다.

일반적으로 GPS는 Code Tracking과 Carrier Phase 측정의 2가지의 측정을 한다. Code Tracking에서는 위성으로부터의 순간 pseudorange 값을 추정하고, Carrier Phase Measurement에서는 수신된 신호의 위상과 수신기의 clock과의 위상차를 구하여 보다 정확한 위성과 사용자 간의 pseudorange와 Doppler 주파수를 구하게 해준다.<sup>[1]</sup>



〈그림 1〉 일반적인 GPS 수신 알고리즘의 Block Diagram

### (2) DGPS(Differential GPS)

기존의 GPS는 민간이 사용하는 표준 측위 시스템(SPS: Standard Positioning System)과 군에서 사용하는 정밀측위 시스템(PPS: Precise Positioning System)의 2가지가 있으며, SPS의 경우 미국 정부에서 의도적으로 정확도를 떨어뜨리기 위하여 오차를 넣었다. 이를 Selective Availability라고 하며, 현재 이 SA는 deactivate된 상태다. 이 오차를 무선망을 이용하여 방송(Broadcast)하고, 수신기에서는 이 오차를 받아 보정을 하면 정확한 위치좌표를 얻

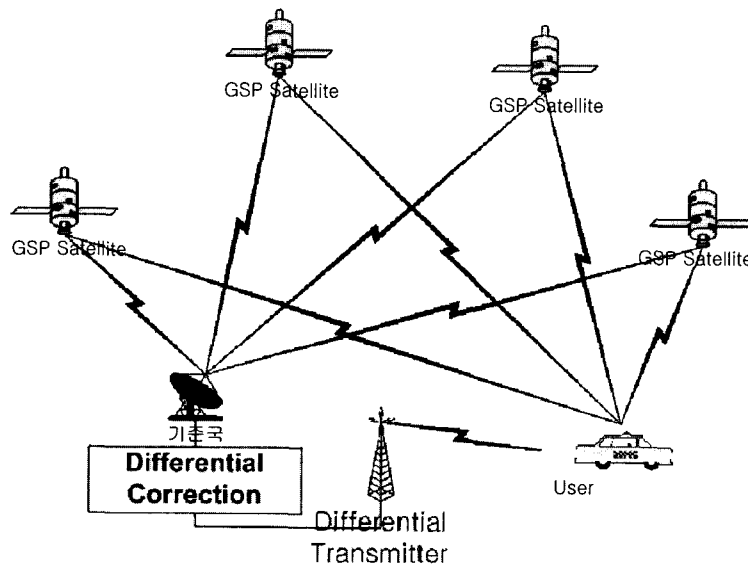
을 수 있으며, 이를 DGPS라고 한다. 다음 〈그림 2〉에 DGPS의 시스템 구성에 대하여 나타내었다.

### (3) Conventional GPS의 단점

기존의 GPS는 open 공간에서 4개 이상의 위성과 LOS(Line of sight)가 만족되면 동작을 잘한다. 하지만 도심지 또는 실내 환경과 같이 LOS(Line of Sight)가 보장되는 위성의 수가 충분하지 않거나, 위성 신호가 회절 또는 반사되어 들어오는 multipath 환경에서는 만족할 만한 결과가 나오지 않는다. 이러한 문제로 기존의 GPS는 무선 911의 시스템에는 사용되기 어려우며, 새로운 차원의 기술이 있어야 한다.

### (4) GPS 시스템 성능 측정을 위한 Parameter

일반적으로 기존의 GPS 시스템은 매우 열악한 환경에서 동작하며, 사용자는 이런 상황에서도 빠른 시간 안에 정확한 정보를 원한다. 하지만 GPS 시스템의 성능은 기기에 따라 많은 차이를 보일 수 있으며, 이런 GPS 시스템의 성능을 비교 및 평가하기 위한 지표가 필요하다. 다음은 GPS 시스템을 평가하는데 사용되는 일반적인 지표이다.



〈그림 2〉 DGPS의 구조

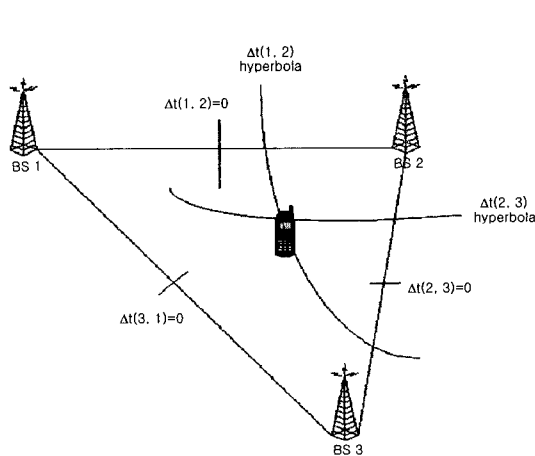
- Sensitivity : 알고리즘이 신호를 얻을 수 있는 가장 최소의 C/No
- Time-To-Fix : cold start 상태에서 위치를 계산하기 위하여 필요한 시간.
- Accuracy : false alarm이 아닌 계산된 위치의 mean-square-error
- Robustness : 실질적으로 구축된 상황에서 특히 수신기가 이동중이고 RF 간섭이 있는 경우에 시스템이 동작하는 능력.

2) 무선망 기반 방식

무선망 기반 방식은 무선 통신 서비스를 위한 infra를 이용하여 통화자의 위치를 확인하는 방법으로 기본적으로 여러개의 기지국을 필요로 하며, TDOA(Time Difference of Arrival) 방법과 AOA(Angle of Arrival) 방법의 2가지가 있다.

(1) TDOA(Time Difference of Arrival) 방법

TDOA 방법은 단말기에서 전송되는 신호가 기지국에 도달되는 시간 차이를 이용하는 방법으로, 최소한도 2개 이상의 기지국이 필요하며, 2개의 기지국사이에서 동일한 시간 차이를 갖는 곡선을 그려 교차점을 찾아서 단말의 위치를 결정한다. 하지만 이 방법은 신호의 구조가 같아야 하며, 기지국간에도 정확하게 동기가 맞아야 한다.



<그림 3> TDOA(Time Difference of Arrival) 방법

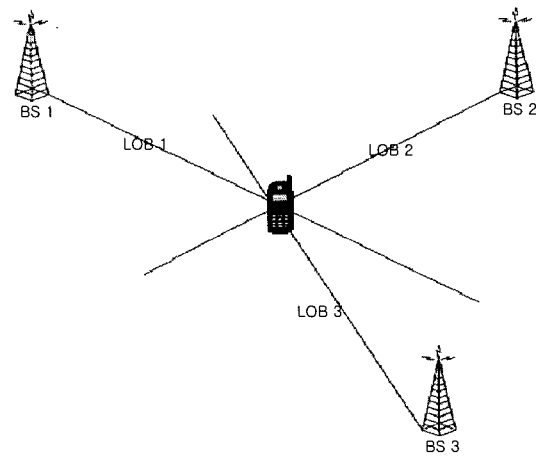
또한 단말기가 기지국간의 중심점 근방에 있지 않으면 정확하지 않아, 단말기의 위치에 따라 정확도가 달라진다는 단점이 있다.

(2) AOA(Arrival of Angle) 방법

AOA 방법은 각각의 기지국은 단말기에서 전송되는 신호를 받으며, 이를 토대로 신호의 방향을 예측한 다음에 이들 방향선들의 교차점을 찾아 단말기의 위치를 결정한다. 이 방법은 기지국이 보유하고 있는 방향 탐지 안테나(Direction Finding Antenna)의 해상도와 밀접한 관련이 있으며, 정확도를 높이기 위해서는 기지국이 복잡해지고 비용이 많이 들어가게 된다. 또한 단말기의 위치가 정확도에 영향을 미치며, 특히 단말기와 기지국을 연결하는 선(LOB: Line of Bearing)이 서로 직각일 경우에 가장 정확하다.

(3) 무선망 기반 방식의 단점

무선망 기반 방법은 기존의 무선 통신용으로 갖추어진 인프라를 이용할 수 있어 경제적이라는 장점이 있지만 또한 단점도 존재한다. 첫째로 일반적인 무선 통신은 multipath 환경이며, 이 경우에 큰 에러가 발생할 수 있다. 둘째로, 기본적으로 3개 또는 그 이상의 기지국으로부터 동시에 신호를 받을 수 있어야 하지만, 이런 가정은 셀간의 간격을 되도록이면 크게 하려는 무선망의



<그림 4> AOA(Angle of Arrival) 방법

설계 원칙과는 위배된다. 셋째로 위치의 정확성을 높이기 위하여 단말의 전력을 높일 필요가 있으며, 이 경우 특히 CDMA에서는 다른 단말기에 간섭을 유발할 수 있다. 다음으로 시간이 부정확할 경우, 오차가 발생된다. 예를 들어  $\pm 3 \mu\text{sec}$ 의 경우 대략 900미터 정도의 오차가 발생된다. 또한 AOA의 경우, 정확도를 높이기 위해서는 기지국이 복잡해지고 비용이 많이 든다. 또한 단말기의 지리적인 위치에 따라 정확도가 변하는 등 여러 가지의 단점이 존재한다. 무선망 기반의 방법은 평균적으로 수십미터의 오차가 존재한다.

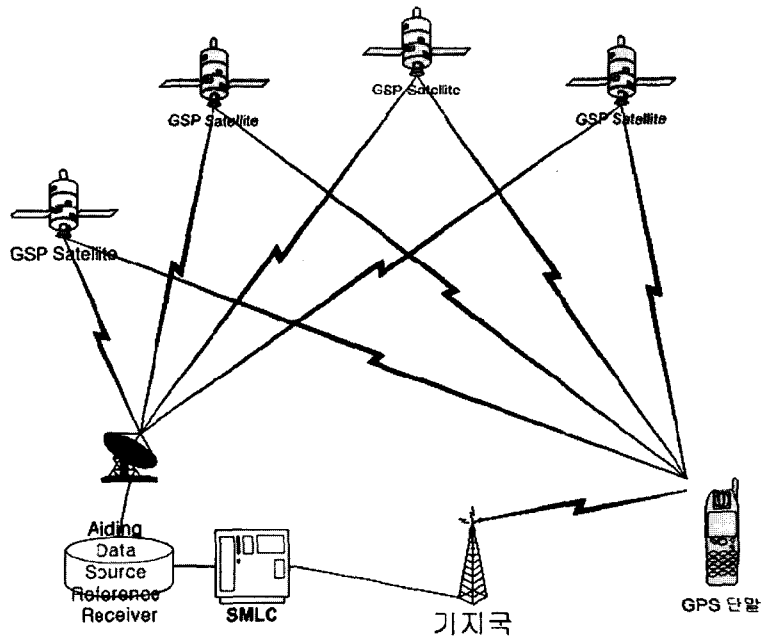
#### 4. A-GPS (Assisted GPS)

이 장에서는 A-GPS 시스템의 구조, Assistant data, 성능 목표 등 일반적인 A-GPS의 시스템에 대하여 알아본다.

1) 일반적인 A-GPS 시스템의 구조 및 환경  
A-GPS는 NASA에서 제안한 방식으로 신호 처리 계산을 하는데 유용하도록 무선망의 기지국

에서 GPS 수신기로 일부 정보를 전송하여 Time-To-Fix 및 Sensitivity를 좋게 하는 방법이다. 즉 A-GPS는 수신된 GPS 신호와 assistant data에 근거하여 수신기의 정확한 예측 값을 만들어 낸다. 따라서 A-GPS에서는 기존의 GPS 시스템 외에 Assistant data 및 Differential Correction을 제공하기 위한 무선 기지국이 필요하게 된다. 다음 <그림 5>는 일반적인 A-GPS 시스템의 구조이다.

그림에서 볼 수 있듯이, A-GPS의 망구조는 사용자 단말(UE: User Equipment), 기준 수신기(Reference Receiver), 무선망 등으로 구성되어 있다. A-GPS에서는 단말의 위치를 알기 위하여 기존의 GPS 위성뿐만 아니라 무선망을 통하여 위치 결정에 도움이 되는 정보를 얻기도 하고, 아니면 망의 위치 서버에서 단말기의 정확한 위치를 직접 계산하기도 한다. A-GPS 기술은 위치 정보를 어디에서 계산하느냐에 따라 크게 망기반 기술과 단말 기반 기술로 나눌 수 있으며, 각각의 방법이 모두 장단점을 갖고 있다.



SMLC: Serving Mobile Location Center

<그림 5> 일반적인 A-GPS 구조 (Enuvis)

〈표 4〉 무선망의 환경 분류

Scenario 이름	설 명	이동 속도	Cell Size
Clear Sky/ Indoor easy	Urban이나 Rural에서 Standing 또는 Walking 상태	<8km/h	<17km
Urban Medium	Urban 환경에서 정지 또는 보행중인 상태. Building 근처외부 또는 Urban 환경에서 운전 중	<70km/h	<17km
Urban Difficult	Indoor나 도심에서 서있는 경우. 위치는 건물의 내부.	<8km/h	<6km
In Vehicle	차, Bus, 기차 등으로 이동 중	<280km/h	<17km
No. Fix	하나 이상의 Design Parameter를 초과할 경우 (Velocity, Cell size, Attenuation 등)	>280km/h	>17km

〈표 5〉 각종 파라미터 값의 Limit

Item	조 건
Time Stamp from network	<66 microseconds
Handset Oscillator Stability	0.25 PPM
Maximum Cell Radius	17 km
Maximum User Velocity	280 km/h

〈표 6〉 A-GPS에서의 일반적인 정확도 (Enuvis)

Scenario	Accuracy (Meters)
Open Sky	5 meters
Urban Medium	15 meters
Urban Difficult	50 meters
Vehicle	15 meters
No Fix	N/A

망기반 기술에서는, GPS 데이터에 대한 요청이 들어왔을 때, 핵심적인 알고리즘의 수행은 위치 서버 (Location Server)에서 진행되며, 이를 위하여 필요한 정보는 단말기와 기준 수신기에서 받는다. 단말 기반 기술은 실질적인 위치의 계산을 단말기에서 하는 단말 관련 기술을 사용하고 있다. 기준 수신기는 Differential GPS 정보와 같은 단말기에 Assistance Data로 제공되는 Side Information을 생성하는 역할을 한다. 무선망에는 Assistance Data를 전송하기 위한 기지국과 함께 서버를 보유하고 있으며, 여기에서 사용자의 대략적인 위치 정보를 계산한다.

### 2) A-GPS 환경

A-GPS는 기존의 GPS와는 다른 환경에서 동작한다. 기존의 GPS의 경우에는 LOS (Line Of Sight)를 만족하지 못하는 경우에는 성능을 기대하지 못하지만 A-GPS는 이런 경우에도 위치를 어느 오차 범위 안에서 정확히 제공하여야 한다. 일반적으로 A-GPS에서 고려하고 있는 환경은 다음 〈표 4〉와 같이 5개로 구분할 수 있으며, 이에 따라 각각 다른 User Scenario를 고려한다.

A-GPS에서 요구하는 일반적인 Accuracy는 다음과 같다<sup>13,14</sup>. 다음의 데이터는 Multipath 환경까지를 고려한 값이다.

### 3) Assistant Data

GPS 위성으로부터 전송되는 모든 데이터의량은 1500bit로 구성된 frame이 50개가 필요하며, 속도는 50bits per second로 일반적인 GPS 수신기가 모든 위성의 모든 정보를 얻기 위하여 걸리는 시간은 대략 12.5분이 된다. 기존의 GPS 수신기는 Navigation 데이터를 수신하여 얻는 데이터는 다음과 같다.

1. Signal Transmission time  
(수신된 신호의 전송 시간)
2. Ephemeris 정보
3. 위성 clock correction
4. Ionospheric Delay Correction

한편 무선 전화기로 전송되는 데이터의 속도는 수 kbps-수 Mbps 정도로 이런 정보들을 무선

〈표 7〉 A-GPS에서 사용되는 Assistant Data

데이터 종류	설 명
Time Stamp	GPS 신호의 capture가 시작되는 시간의 예측값. 무선망을 통하여 제공될 수 있음. (CDMA 망 : 100 $\mu$ sec or better, GSM : 1-2초)
Approximate Location	보통 단말이 있는 기지국의 위치 정보. 수신기의 초기값으로 사용됨. (도심 : 수 km 이내, Rural : 수십 km)
Ephemeris	망을 통하여 얻어지며, 위성의 위치, 속도, acceleration을 계산하는데 이용
Satellite Clock Corrections	상대성 효과에 의하여 위성 clock은 꺼져 있음. Clock 에러 estimate는 망을 통하여 얻어질 수 있음.
Differential Correction	기존의 DGPS 시스템에서와 같이, reference 수신기로부터 망을 통하여 전달됨. 시스템의 정확도를 증가시킴.
Navigation Data	location fix에 필요하지는 않음. coherent integration에 필요. 적절한 알고리즘을 사용하면, 수신기의 sensitivity를 크게 향상시킴.

망을 통하여 전송한다면 매우 짧은 시간에 전송할 수 있다. A-GPS는 기본적으로 이런 데이터를 무선망에서 제공받는다. A-GPS에서는 2-4 번까지의 데이터는 assistant data로 주어진다. 마지막의 데이터는 differential correction으로 주어진다. 기존의 GPS 시스템에서 처음의 signal transmission은 pseudo-range를 계산하는데 매우 중요한 역할을 한다. 하지만 A-GPS에서는 망으로부터 time stamp와 approximate location 정보를 받으므로, navigation 데이터를 해석하지 않아도 pseudo-range를 계산할 수 있다. 따라서 기존의 GPS 수신기가 location fix를 하기 전에 navigation 데이터를 수집하여 해석하는데 20초 또는 그 이상의 시간이 소모되는데 비하여, A-GPS는 Navigation 데이터를 해석할 필요가 없어 TTF(Time To First Fix) 시간을 많이 줄인다. GPS도 현재의 다른 서비스에 맞추어 새로운 형태의 수신기가 필요하게 된다.

다음 〈표 7〉에는 A-GPS에서 Digitize된 GPS 신호 외에 GPS 알고리즘을 수행하기 위해서 필요로 하는 Assistant data를 나타내었다.

이러한 Assistant Data는 IS 801.1에서 정하고 있는데, 여기서는 Differential GPS Correction은 포함하지 않고 있다. 하지만 핵심 기능을 단말에서 수행할 경우, 성능 향상을 위하여

되도록이면 많은 정보를 필요로 하며, 이 경우 정확도를 높이기 위하여 DGPS Correction을 사용하기도 한다.

### III. 대표적인 A-GPS 기술

#### 1. SnapTrack

SnapTrack은 Qualcomm의 자회사로 1995년에 설립되었으며, Wireless Assisted GPS의 분야에서 가장 앞서 나가는 회사이며, 무선 Assisted GPS에 기본적인 위치 시스템의 운영과 cost-effective deployment에 대한 기본적인 특허를 다수 소유하고 있다. 이 회사의 무선 assisted GPS 상품에는 SnapSmart location server software system, SnapCore Multimode GPS(SMGPS) solution, 및 SnapWARN GPS reference service 등이 있으며, GPS 위성파 무선망에서의 정보를 이용하여 deployment 비용과 복잡한 망의 수정 없이 저렴하게 위치정보를 제공해주는 서비스 기술을 갖고 있는 것으로 알려져 있다. SnapTrack은 산업계에 무선 모듈 칩을 공급하는 주요 칩 공급자와 commercial agreement를 맺고 있다. 이 장에서는 SnapTrack의 A-GPS 기술에 대하여 알아본다.



1) SnapTrack 기술

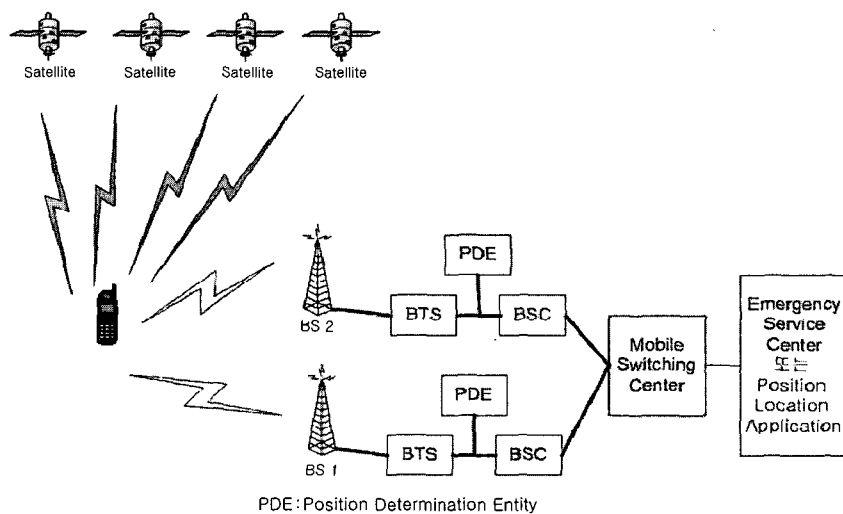
SnapTrack의 A-GPS 시스템인 gpsOne™은 SnapTrack의 Wireless Assisted GPS™와 Hybrid Wireless Assisted GPS™를 통합한 것으로 SnapCore multimode GPS, SnapSmart location server software 등을 포함한다. SnapTrack의 WAG 시스템은 location server software와 client DSP, ASIC 기반의 제품은 쉽고 저렴하게 deploy할 수 있는 시스템이며, cellular/PCS, satellite, paging ; 800/900 MHz 또는 1800/1900 MHz대의 PDC, CDMA, GSM 등 어떤 형태의 무선 통신 시스템에서도 사용할 수 있다. SnapTrack의 Personal Location Technology™는 thin-client Wireless Assisted GPS™ 시스템에 기반을 두고 있으며 무선통신, pager, PDA와 다른 무선 통신 장치에 사용될 수 있다. SnapTrack system은 단말기 자체의 DSP chip에서 Software로 동작하거나 또는 baseband chip level에서 GPS 기능을 integrate하여 사용할 수 있다. SnapTrack's unique Location on Demand™는 화자인 사용자에게 위치 정보를 제공해준다. 전통적인 GPS 수신기가 location fix에 수분이 소요되는데 반하여 SnapTrack system은 일반

적으로 수초가 소요된다. SnapTrack's GPS Indoors™ 기능은 실내나 이동하는 차안, 폭우 및 도심 빌딩속과 같은 정상적인 GPS가 동작을 하지 않는 광범위한 무선 환경에서 단말기의 위치를 5-20meter 범위에서 찾아낸다.

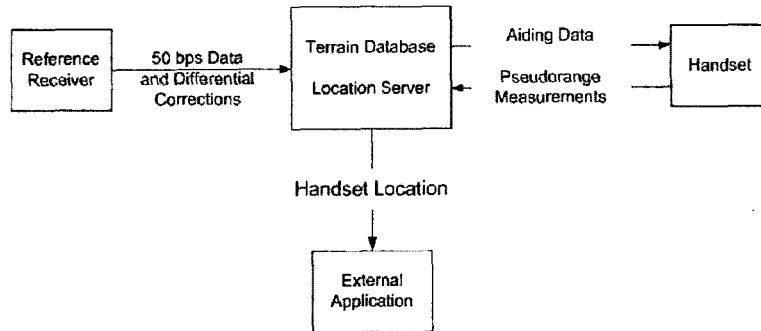
2) 시스템 구성 및 동작 원리

SnapTrack의 시스템은 Wireless Assisted GPS 제품, SnapSmart location server, SnapCore multi solution, SnapWARN GPS reference system 등으로 구성된다.

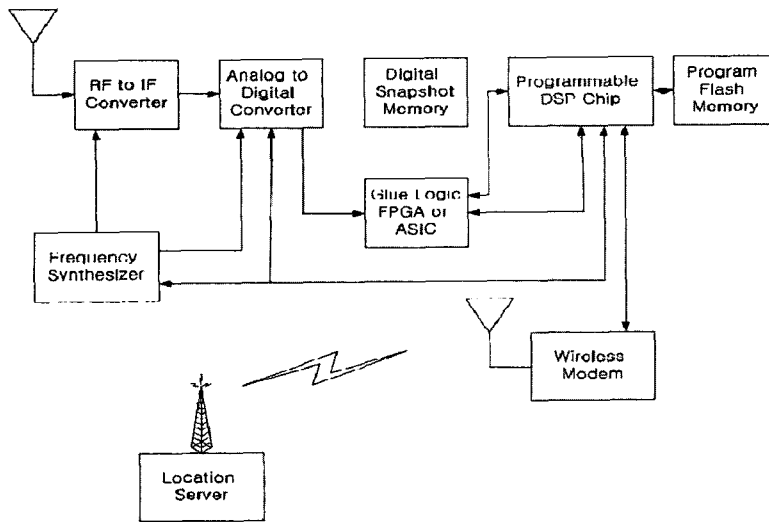
기본적으로 SnapTrack의 시스템은 단말 (Handset), 위치 서버, 기준 수신기(Reference receiver)의 3가지로 구성된다. 이 시스템에서 GPS 기준 수신기는 시야에 들어오는 모든 위성에 대하여 Navigation message와 differential correction data를 모은다. 위치 서버는 GPS 기준 수신기로부터 또는 망으로부터의 데이터를 수신하여 저장하고, Aiding data를 단말기에 제공하는 역할을 한다. 또한 단말기에서 보내오는 Pseudo-range 값을 수신하여 정확한 위치 정보를 계산한다. 서버는 Sequential Measurement Optimization(SMO) 방법을 이용하여 multi-path effect와 reflected signal의 영향을 제거



<그림 6> SnapTrack의 gpsOne 시스템 구성



〈그림 7〉 SnapTrack GPS 시스템의 구성

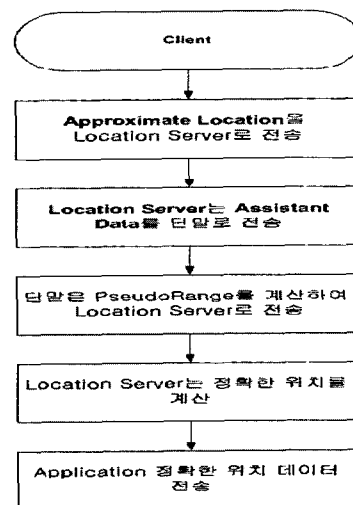


〈그림 8〉 SnapTrack의 단말기의 구조

한다. 단말기는 기존의 GPS 단말기의 구조에서 tracking loop이 메모리와 fast convolution processing으로 대체된 구조를 갖는다.

3) A-GPS의 수행 절차

Snaptrack의 A-GPS의 동작 절차는 다음 〈그림 9〉와 같다. 먼저 외부의 요청이나 단말기의 주인의 요청이 들어오면 서버는 단말기의 대략의 위치에서 시야에 들어오는 위성에 관련된 정보, 예를 들어 Doppler prediction과 같은 정보를 전송한다. GPS 위성의 데이터가 단말기의 메모리에 저장된 다음에 단말기의 DSP 부분에서는 Pseudo-range를 계산하여 서버로, 다른 데이터와 함께, 보내준다. 이 방법은 단말기가 송



〈그림 9〉 SnapTrack A-GPS의 동작 절차

〈표 8〉 SnapTrack에서 제시하는 성능

Environment	Conditions	Yield	68.3% Horiz. Err.
실외	Open 공간	100%	4 meters
도심의 도로 (도교)	2-10 층 건물, 좁은 도로	100%	15 meters
승용차 안	나무나 2층 높이의 건물로 둘러 쌓여있는 주차장	100%	17 meters
2층짜리 가정집	지하의 중앙	100%	20 meters
2층짜리 사무실 건물	1층, 내부 사무실안	94%	22 meters
도심 한복판	20-30 층 빌딩, 넓은 도로, 높이 정보는 사용.	98%	29 meters
50층 건물 (텐버)	유리/철제 건물, 21층, 외부 벽면으로부터 14ft 떨어진 곳	89%	84 meters

신을 하지 않고 있을 때에 GPS를 수집할 수 있도록 하여 self-interference를 제거할 수 있으며, 또한 각 메시지의 크기가 50-100byte 정도 밖에 되지 않기 때문에 통신에 필요한 대역폭 (Bandwidth)을 크게 줄일 수 있다.

4) SnapTrack의 시스템 성능

SnapTrack에서 제시하는 시스템의 성능은 다음 〈표 8〉에 나타나 있다.

2. Enuvis GPS 기술 : UrbanGPS™

ENUVIS사가 urban environment에 적합하도록 개발한 A-GPS 방식은 Urban GPS™이다. Enuvis사는 몇 가지의 새로운 기술을 개발하여 도심 환경이나, 실내 환경과 같은 열악한 환경에서도 비교적 정확한 위치를 구할 수 있는 기술을 개발하였다고 말한다. 이 장에서는 Enuvis사의 GPS 기술의 특징을 개괄적으로 알아본다.

1) Urban GPS 개요

기본적으로 Enuvis의 GPS 기술인 Urban GPS는 기존의 GPS에 비하여 몇 가지의 key innovation을 가지며, 정확도와 coverage 모두에 있어서 상당한 향상을 시켰다. 다음 〈표 9〉는 Enuvis에서 기술적인 innovation을 이루었다고 말하는 알고리즘 목록이다.

〈표 9〉 Enuvis의 Urban GPS 기술의 Key Algorithm

1. Fast coherent processing
2. Geometric searching algorithm
3. Anti-multipath triangulation algorithm
4. Motion and oscillator robustness
5. Dynamic resource allocation
6. Algorithmic loss recovery

2) Enuvis A-GPS 망구조

Enuvis의 Urban GPS의 구조는 기본적으로 다음 〈그림 10〉과 같다.

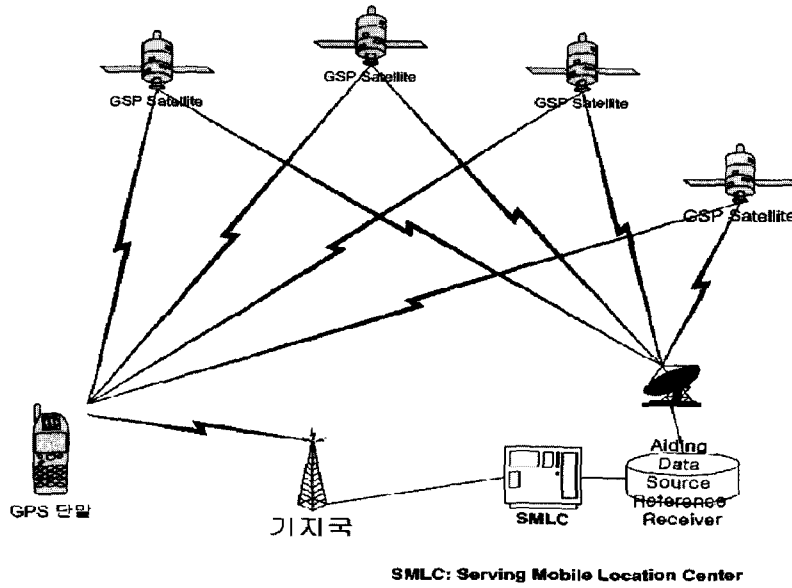
사용자나 서버가 정확한 위치를 결정하기 위하여 필요한 정보는 다음과 같다.

1. User Equipment에서의 사용자에게 specific한 정보 :

〈표 10〉 User Specific information

1. Digitized GPS Signal, Time stamp, IF, Bandwidth of Bandpass Filter, Sampling Rate, # of Samples
2. Approximate Location

Time Stamp는 대략적인 시간을 말하며, Approximation Location 정보는 사용자가 정확한 위치를 추정하기 위한 initial guess를 제공해 준다. 보통 사용자가 위치한 기지국의 안테나의 위치가 되며, 이 정보는 특정한 셀에서 처음으



〈그림 10〉 Enuvis Urban GPS A-GPS 시스템 구조

로 location fix 가 수행 될 때, 망에 의하여 제공 받으면, 단말기의 메모리에 저장된다. 이중 Digitized GPS Signal은 사용자의 단말에서 측정된다.

2. Reference Receiver에서는 다음 〈표 11〉에 서와 같은 정보

〈표 11〉 Reference Receiver로부터의 Assistant Data

- |  |
|--|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ephemeris information</li> <li>2. Satellite clock corrections</li> <li>3. Differential GPS Data</li> <li>4. Navigational bits in the GPS signal</li> </ol> |
|--|

등을 계산하여 무선망을 통하여 사용자에게 전송해준다. Ephemeris는 위성의 궤도와 속도에 관한 정보이며, 2가지의 다른 데이터 특징을 갖는다. Coarse Ephemeris는 어떤 위성이 보이는가 (Visible)를 결정하는데 사용되고, 위성을 찾기 위한 대략의 code phase range를 제공한다. 대략 2일간 사용할 수 있다. 반면에 Fine Ephemeris는 triangulation에서 사용하기 위하여 매우 정확한 위성의 위치의 예측치를 제공해주며, 대략 4시간 정도까지 사용할 수 있다. Navigation Message는 위성의 PRN sequence에 실리는 Bit pattern을 말한다. coherent processing에서만 필요로 한다. DGPS 정보는

〈표 12〉 Aiding data의 종류와 시간에 따른 Usability

Data	Size (Bytes)	Shelf Life	CDMA Support	비 고
Coarse ephemeris	2070	2 days	Y	
Fine ephemeris	2070	4 hours	Y	triangulation only
Approximate Location	30	0	Y	
Navigation Message	150	0	Y	
Time Stamp	-	-	Y	
DGPS	82	30 minutes	N	triangulation only

atmospheric irregularity를 보정하고 triangulation의 정확도를 향상시키기 위하여 사용한다. CDMA 801 standard에서는 지원하지 않는다. 이런 정보들은 종류에 따라 life cycle이 긴 것도 있고, 짧은 것도 있다. 다음 <표 12>에는 각 데이터들의 크기와 life cycle을 나타내었다.

3) Enuvis GPS의 성능

Enuvis에서 요구하는 GPS의 성능은 다음과 같다. Coherent 방법을 사용하는 Enuvis의 Urban GPS의 경우가 Non-coherent 방식을 사용하는 일반적인 GPS에 비하여 같은 시간에 수십 dB가 낮은 신호를 찾아낼 수 있으며, 따라서 성능이 매우 좋은 것을 알 수 있다. 이러한 효과는 시스템이 동작하는 영역 즉 coverage를 높여 주며, 특히 일반적으로 Indoor와 같은 환경에서는 Open Sky에 비하여 30dB 정도 신호가 약하다는 점을 감안하면 충분히 Indoor에서 동작할 수 있다는 것을 말해준다. 일반적으로 Coherent processing을 하는 다른 A-GPS 시스템에 비하여 Enuvis의 알고리즘의 Computational Requirement는 1/100 정도가 되는 것을 말한다. 이런 효과는 다른 사에 비하여 GPS 기능이 단말기에 쉽게 Implement될 수 있고, 또한 단말기의 크기가 작아지고, Power가 적어지는 등의 좋은 효과를 기대할 수 있다. 기본적으로 Enuvis

는 Time To Fix를 쉬운 환경에서는 2초 이내, 어려운 환경에서는 최대 10초 정도로 가정하고 있으며, 이를 위하여 아울러 Computational Burden이나 망에 필요한 Traffic 등도 아울러 Minimize하는 것을 고려하고 있다. Enuvis의 UrbanGPS는 서버 기반과 단말기 기반의 시스템을 모두 지원한다. <표 4>에서 제공한 Design Scenario에 관하여 Enuvis의 기술이 가질 수 있는 전체적인 시스템 Performance는 Server-based 경우와 Handset-Based 각각의 경우에 다음과 같이 주어진다. Server Based의 경우, Triangulation이 Server에서 진행이 되며, Assistance 데이터의 양은 줄어들지만, 각 location Fix 다음에 Pseudo-range의 값을 server로 전송되어야 하며, Handset이 GPS 위치 결과를 원하는 경우, 서버에서 계산된 결과를 다시 단말에 전송해야 한다.<표 13>

단말기 기반의 경우에는 Triangulation이 단말기에서 수행되며, 이 경우에 모든 Aiding Information이 기지국을 통하여 단말에 전송되어야 하기 때문에 전체적인 Network의 traffic은 커진다. 아래의 값에 대하여 Enuvis의 주장은 Worst case의 경우를 말하며, 대부분의 경우 2초를 넘지 않는다고 말하고 있다. 다음 표는 Handset based 시스템에서 Scenario에 따른 TTF의 성능을 나타내는 <표 14>이다.

<표 13> Server-Based 시스템의 Performance

Scenario	Motion km/h	Cell size km	Signal Power (dBm)		Aiding data size (bytes)		
					Time since last fix		Time to fix seconds
			1st	Subsequent	<2 days	>2 days	
Clear Sky	8	17	>-137	>-137	0	2070	2
Urban Medium	70	17	<-150	>-150	0	2070	7
Urban Difficult	8	6	>-150	>-160	150	2220	9
Vehicle	280	17	>-148	>-148	0	2070	3
No Fix	>280	>17	<-150	<-160	0	2070	7

〈표 14〉 단말기 기반 시스템의 TTF 성능 (Enuvis)

Scenario	Motion km/h	Cell size km	Signal Power (dBm)		Aiding data size (bytes)			
					Time since last fix			Time to fix seconds
			1st	Subsequent	<30 Min	30 min to 4 hrs	>4 hours	
Clear Sky	8	17	>-137	>-137	0	82	2152	2
Urban Medium	70	17	<-150	>-150	0	82	2152	8
Urban Difficult	8	6	>-150	>-160	150	232	2302	10
Vehicle	280	17	>-148	>-148	0	82	2152	4
No Fix	>280	>17	<-150	<-160	0	82	2152	7

〈표 15〉 Enuvis에서 제공하는 Urban GPS의 성능

Location	Coverage	Accuracy (단위 : 미터r)		
		<10	<50	<100
Inside a moving car	100%	92%	100%	
Underground Cafe, Tokyo, Japan	100%	45%	100%	
Urban Canyon, Seoul, Korea	100%	19%	95%	100%
4층 주차 건물의 1층	100%	14%	95%	100%

이 경우 정확한 위치 결정을 위하여 DGPS Correction(<30 minutes old)이 필요하며, fine ephemeris(<4 hours old)가 또한 필요하다. 이 경우 또한 Clear Sky를 제외한 다른 모든 환경에서는 anti-multipath triangulation을 수행해야 한다. 이 경우 대략 1초의 계산 시간이 초과된다. Sensitivity에는 영향은 없다. IS-801에서는 DGPS 데이터를 제공하는 것을 지원하지 않기 때문에 이 방법을 이용하려면 관련된 Protocol을 수정하거나 새로 만들 필요가 있으며, DGPS Correction을 사용하지 않을 경우는 대략 15 meter 정도 정확도가 떨어진다고 말하고 있다. 이상의 결과를 정리해서 표로 만든 것이 다음 〈표 15〉<sup>7)</sup>이다.

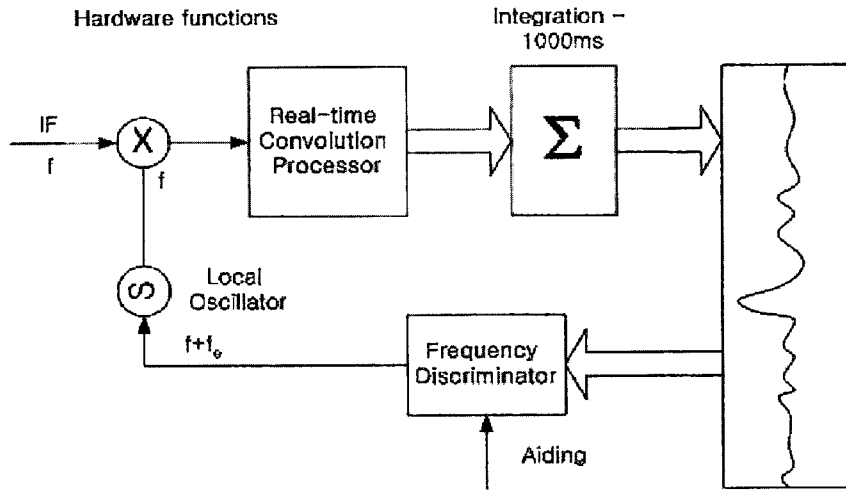
### 3. Global Locate

A-GPS의 대표 주자 중의 하나가 Global Locate사의 Indoor GPS 시스템이다. Indoor-GPS 시스템을 한마디로 표현하면 DSP-based

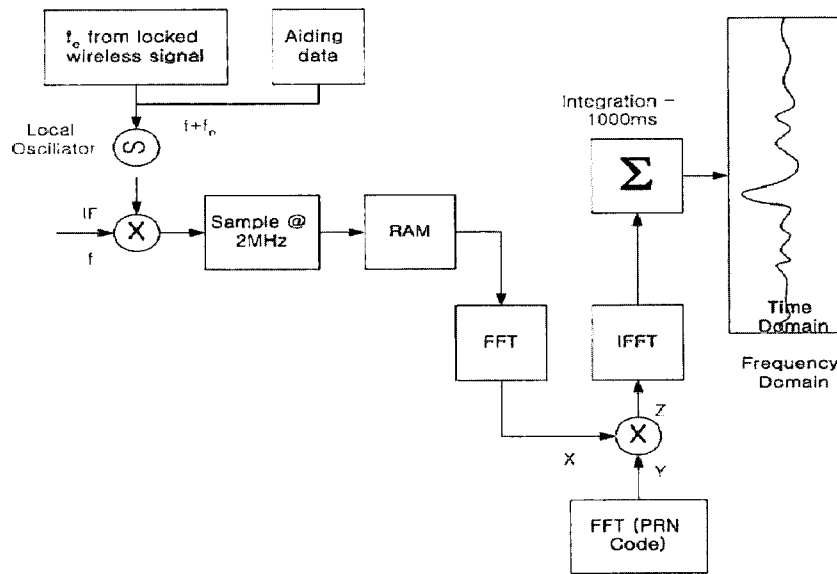
high sensitivity GPS 시스템이라고 할 수 있다. GPS를 이용하여 정확한 위치를 알려면 GPS 신호의 delay와 Doppler 주파수를 정확히 알아야 한다. Global Locate의 Indoor GPS 시스템은 Frequency-Time Domain에서 local maximum 값을 찾는 데 real-time convolution으로 implement하는, 개념적으로는 매우 간단한 시스템이다. 이 시스템을 hardware로 개발하는데 Hardware processing 방법과 DSP-based 방법이 있다.

#### 1) Signal integration in hardware

기존의 GPS 시스템에서는 매 초마다 correlation을 계산하려면 많은 계산량이 필요하여 CPU에 큰 부하를 주게 된다. 이 문제를 해결하기 위한 한가지 방법은 전용 하드웨어를 사용하는 방법이다. 단말기에 새로운 chip을 넣을 수도 있고, 단말기 안의 CPU를 이용할 수도 있다.



〈그림 11〉 Global Locate의 Indoor GPS 시스템의 하드웨어 구조



〈그림 12〉 Global Locate사의 DSP-based Indoor GPS 시스템

2) DSP-based High Sensitivity GPS

다른 한 방법은 주파수 영역에서 DSP를 이용하여 Convolution을 수행하는 방법이다. 이 방법은 시간 영역에서 convolution은 주파수 영역에서 곱셈이 된다는 사실을 이용한다. 따라서 FFT와 IFT가 필요하다.

이 방법의 경우는 연산이 주파수 영역에서 행

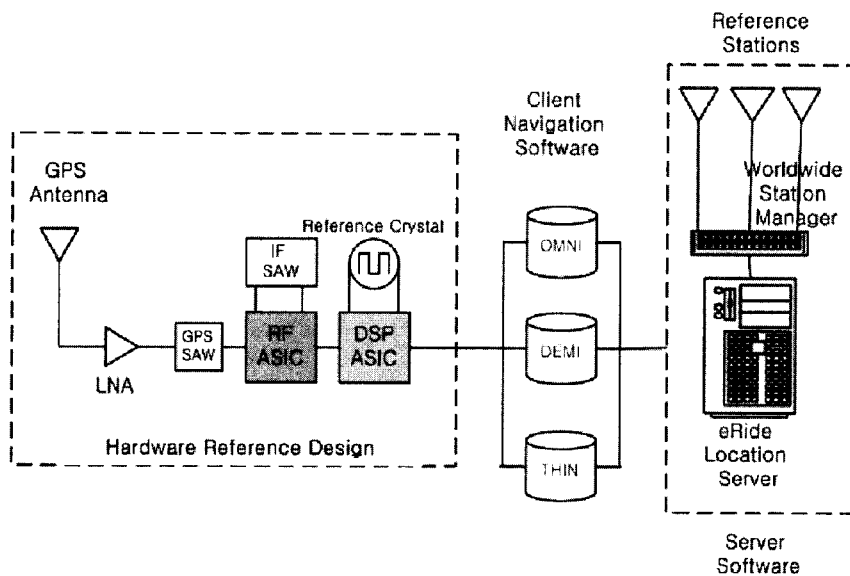
해지기 때문에 delay를 정확히 알지 않아도 된다는 장점이 있다.

3) Indoor GPS 시스템의 성능

Indoor GPS 시스템의 성능은 다음의 〈표 16〉에 정리되어 있다.

〈표 16〉 Global Locate에서 제시하는 성능

Environment	Conditions	발견된 위성 수	Accuracy (미터)
Inside a parking garage	2 floors below the roof	7	20
Urban Canyon	San Francisco district	7	25
Indoor Office	2 story building	11	21 (평균)
Inside a closed metal drawer	10	24 (평균)	



〈그림 13〉 eRide 시스템의 구성

4. eRide

eRide의 기술은 GPS Chipset과 Server software 및 infra 기술로 구성되어 있으며, 빠른 TTFF과 meter 레벨의 정확도를 무선 전화를 사용할 수 있는 어느 곳에서도 위치추적이 가능하고 위치탐색기능이 고감도이어서 phone에 신호가 없을 때도 위치를 탐색할 수 있다.

eRide의 기술은 단말기와 서버 모두 위성으로부터 위치정보를 받으며, Worldwide Reference Station Network를 경유하게 된다. eRide는 현재 구축되어있는 기반시설과 협력하므로 비용을 최소화 할 수 있고, server는 Solaris, Linux 나 Windows 2000과 같은 모든 Java-enable OS에 적합하다.

5. SiRF

SiRF사의 GPS 기술인 SiRFLoc™은 SiRF-star GPS chipsets, 단말기용 Software, 네트워크 서버용 software로 구성되어 4가지 mode로 동작한다.

1. Enhanced sensitivity, standalone positioning mode : 이 모드에서는 단말기에서 위치계산과 디스플레이를 단말기에서 수행하며, 서버나 망으로부터 정보를 지원받지 않는 방법이다. 이 방법은 단말기가 무선망에 접속할 수 없는 경우나 사용자가 원하지 않는 경우의 위치정보를 요구할 때 유용하다.

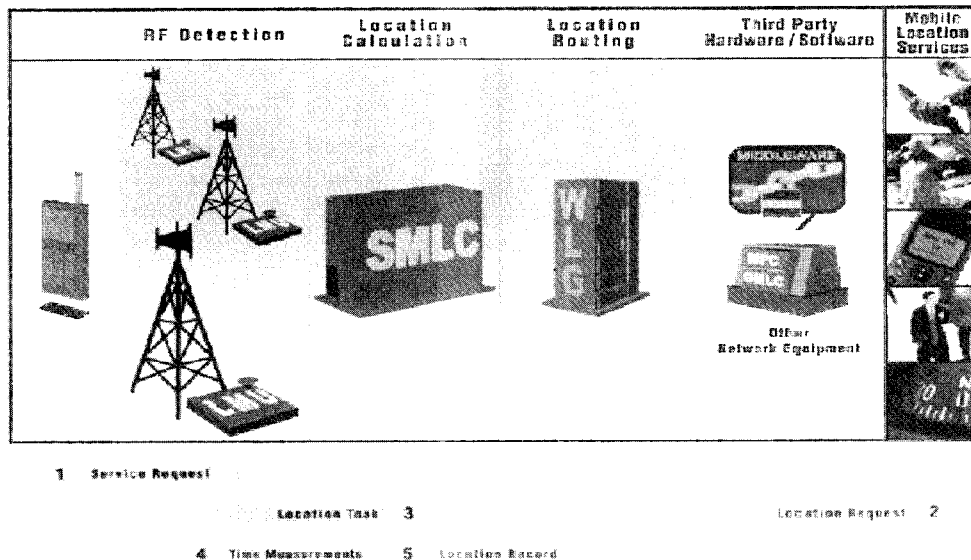


2. Network connected, high sensitivity autonomous positioning mode : 이 모드에서는 위치를 단말기와 서버 모두가 계산하며, 이 모드는 주유소의 위치 또는 지도정보와 같은 서비스와 관련된 콘텐츠들을 제공할 수 있다. 이것은 서버의 지원이 유용하지 않은 휴대장치에게는 매우 융통성 있는 솔루션이다.
  3. Mobile centric, network-aided positioning mode : 이 방식에서 위치계산은 무선망이나 다른 source들로부터 받은 정보를 이용하여 단말기에서 계산한다. TTFF와 수신기의 sensitivity를 향상시키는 이 모드는 high-priority location assistance application을 위한 확실한 솔루션이 된다.
  4. Network-centric, aided positioning mode : 여기서는 무선망이나 다른 source로부터 받은 정보와 단말기에서의 정보를 수집하여 서버에서 위치계산을 한다. 이 방식은 몇몇 E-911 system에 이용된다.
6. TruePosition  
TruePosition의 GPS 기술은 U-TDOA (Uplink Time Difference of Arrival)기술로

handset의 위치를 세 개 이상의 LMUs(Location Measuring Unit)에게 도달된 cellular 신호의 도착시간을 비교하여 측정한다. 시스템 구성을 보면 LMUs, Serving Mobile Location Centers(SMLCs), 그리고 Wireless Location Gateway(WLG)로 구성된다. LMUs는 radio 신호를 모으고 timing 측정값들을 SMLC에게 전송한다. SMLC에는 빠르고 정확하게 위치를 탐지할 수 있는 multipath 알고리즘이 내장되어 있으며, 위치 요청을 받고, 위치계산 그리고 carrier's network를 통한 location records 전송 등과 같은 기능을 갖고 있어 True Position의 핵심 기능을 한다.

TruePosition사의 GPS에서 위치를 구하는 절차는 다음과 같다.

1. 모바일 사용자가 서비스 요청을 한다. 요청은 네트워크를 통하여 location-based application에게 전송된다.
2. location-based application은 위치를 WLG에게 요청하고 적절한 SMLC에게 요청한다.
3. SMLC는 50 LMUs에게 위치 작업을 요청한다.



<그림 14> TruePosition사의 GPS 시스템 구성 및 절차

4. LMUs는 신호의 도착시간을 기록하고 timing 측정치를 SMLC에게 전송한다.
5. SMLC는 여러 개의 LMUs로부터 받은 신호의 도착시간의 차이를 결정하여 handset의 위치를 계산한다. 이 정보는 WLГ로 전송된다.

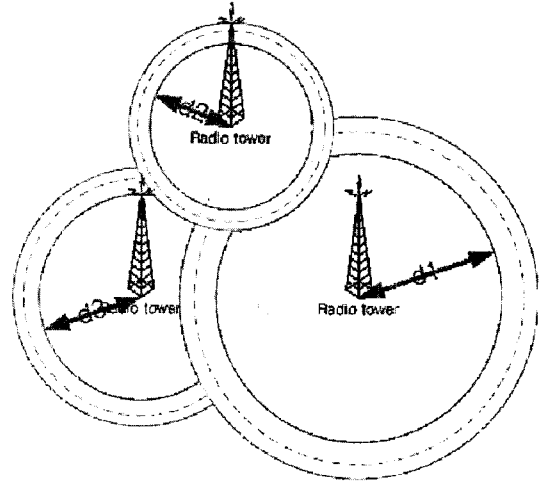
#### 7. Grayson

Grayson사의 A-GPS 기술인 Geometrix Wireless Location System은 라고 불리며, TDOA(Time Difference of Arrival) 방식과 AOA(Angle of Arrival) 방식을 병합하는 하이브리드 방식을 개발하여 다양한 신호 환경에서 높은 정밀도로 서비스한다. Time Difference of Arrival(TDOA)란 3개 이상의 각각의 cell site에서 발생하는 radio 신호가 handset까지 도착하는 시간을 측정하는 방식이며, Angle of Arrival(AOA)는 cell site에서 보내지는 신호가 handset에 도착할 때 그 방향을 결정하는 기술이며, Cell site에 붙어있는 안테나가 신호의 phase difference를 재는 도구가 된다. 두 개 이상의 cell site에서 보내지는 신호위상의 교차점의 정보가 위치를 계산할 수 있게 하는 정보가 된다. 일반적으로 TDOA-only 방식이나 AOA-only 방식에서는 3개의 site를 사용하면 발생하는 증가된 전파손실을 극복해야 하지만, Grayson사의 hybrid 방식에서는 TDOA sensor가 AOA의 적용범위나 정확도를 증가시켜 단지 두 개의 site만으로도 정확한 위치를 계산할 수가 있다.

#### 8. CPS : Cambridge Positioning Systems

CPS사의 Cursor system은 표준 E-OTD (Enhanced Observed Time Difference Circular variant)기술을 사용하여 GPS서비스를 한다. E-OTD-C 기술은 아래의 5가지의 파라미터를 이용한다.

1. MS에서 관찰되는 BTS로부터 전송된 신호의 도착시간. 이 시간은 MS의 내부 클럭에



〈그림 15〉 CPS사의 e-TOD 방식의 원리

의존하여 측정된다.

2. LMU에서 관찰되는 BTS로부터 전송된 신호의 도착시간. 이 시간은 LMU의 내부 클럭에 의존하여 측정된다.
3. MS의 인터널 클럭과 LMU의 인터널 클럭간의 time offset( $\epsilon$ )
4. MS와 BTS간의 기하학적인 거리(DMB)
5. LMU와 BTS간의 기하학적인 거리(DLB)

## IV. 결 론

이 논문에서는 A-GPS에 관하여 기술과 대표적인 회사들을 개괄적으로 알아보았다. A-GPS의 기본적인 개념은 미국의 NASA에서 개발을 하였고, 이 특허는 이미 특허권을 상실하였고, 무선 전화가 보급되면서 기반 Infra가 갖추어져 있으며, 개인의 삶의 질의 향상을 추구하면서 A-GPS는 큰 관심을 끌고 있으며, 관련 기술들이 개발되고 있다. 미국은 기존의 GPS에 A-GPS 기술을 개발하고 있고, 향후에 다른 주파수를 이용하여 새로운 시스템의 위성을 쏘아 올리려는 Block IIF 및 주파수 L3, L4로 새로운 시스템을 구상하는 등, GPS의 중요성을 인식하여 많은

기술 및 시스템 개발과 구현을 계획하고 있다. 또한 유럽 및 일본에서도 미국의 영향권에서 벗어나고자 자체의 위성을 올리는 계획을 하고 있다. 반면에 국내의 경우는 이런 A-GPS의 기술은 몇몇 무선 통신회사를 중심으로, Qualcomm의 자회사이자 서버기반 기술을 기반으로 하는 Snap-track의 기술을 도입하여 일부 서비스를 행하고 있지만 관련된 연구의 기반은 별로 없는 상태로 파악되고 있으며, 이 분야의 적극적인 투자와 연구/개발이 진행되어야 할 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

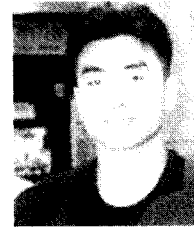
- [1] Enuviz Presentation 자료, "The Enuviz Solution"
- [2] Misra and Enge, "Global Positioning System: Signals, Measurements, and Performance", Ganga Jamuna Press.
- [3] Enuviz Homepage "www.enuviz.com"
- [4] Enuviz White Paper, "UrbanGPS: The Next Generation of GPS".
- [5] Agarwal and et. al, "UrbanGPS Algorithms for GPS Operation Indoors and Downtown"
- [6] SnapTrack, "An Introduction to SnapTrack Server-Aided GPS Technology"
- [7] SnapTrack Homepage, "www.snap-track.com"
- [8] 김영준, "Competitors Benchmarking"
- [9] <http://www.rosun.com/>
- [10] <http://www.eride-inc.com/>
- [11] <http://www.sirf.com/>
- [12] <http://www.trueposition.com/>
- [13] <http://www.grayson.com/>
- [14] <http://www.cursor-system.com/> (Cambridge Positioning Systems)

저 자 소 개



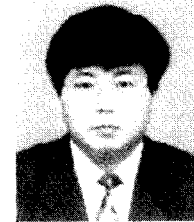
김 우 식

1984년 2월 서울대학교 전자공학과, 1986년 2월 서울대학교 대학원 전자공학과, 1991년 8월 G.I.T., 1993년 12월~1996년 2월: 한국통신 연구개발원 선임연구원, 1996년 3월~1999년 2월: 명지대학교 정보통신공학과 조교수, 1999년 3월~현재: 세종대학교 정보통신공학과 부교수, <주관심 분야: 신호처리, 유무선 통신, GPS, 센서데이터 네트워크, 의공학>



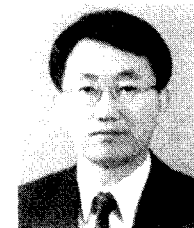
심 기 학

1996년 2월 충북대학교 전자공학과 졸업, 2000년 2월 충북대학교 공학석사, 1996년 2월~2000년 2월: 삼성전자 반도체 총괄, 2000년 4월~현재: SK텔레콤 기술전략실, <주관심 분야: 위치 기반서비스>



이 주 문

경희대학교 전자공학사, 1990년 10월~현재: SKT, <주관심 분야: 차세대 위치기반 서비스>



이 명 성

University of Michigan 박사, AT&T Bell 연구소 연구위원, 한국통신 책임연구원, 세종대학교 정보통신공학과 교수, SKT 정보기술원장. 경영혁신 TFT장, <주관심 분야: 정보통신>