

主 題

휴대전화 위치추적을 위한 PDE(Position Determination Entity) 개발

삼성전자 통신연구소 선임연구원 이 영 식, 금 동 준

차 례

1. Introduction
2. LBS 법률 및 사업자 동향
3. Position Determination Technology
4. PDE 시스템 구성
5. PDE 성능 분석
6. 결론

1. Introduction

위치 기반 서비스(LBS : Location Based Service)는 이동통신 단말기의 위치를 기반으로 하여 이동통신 사용자에게 다양한 정보와 어플리케이션을 제공하는 포괄적인 서비스의 의미를 가지고 있다. 이러한 위치 기반 서비스는 최근 이동통신 단말기의 이동성과 더불어 무선 인터넷의 급속한 보급과 발전으로 인해 새로운 킬러 어플리케이션으로서 급부상하고 있다. 과거에 이루어진 위치추적 서비스는 기지국의 위치를 기반으로 기지국 위치나 셀 정보를 이용하는 수준이었다. 그러나 이러한 기지국 정보만을 이용하는 방식은 위치 정확도가 수백m에서 수Km로 매우 크기 때문에 다양한 서비스를 제공하기에는 한계가 있다. 그러나 최근 들어 기지국 신호를 이용하는 방법과 GPS 신호를 이용하는 위치추적 기술이 구현됨에 따라 위치정확도가 최대 10m 이

내까지 향상되었다. 이를 바탕으로 긴급구조 서비스, 친구찾기, 미아찾기, 네비게이션 서비스, 교통정보 서비스, 물류관리 등의 다양한 형태의 위치추적 서비스가 활성화 될 것으로 기대된다.

본 논문에서는 LBS의 개발 배경 및 개발 현황에 대해 알아보고, 이동통신 단말기의 위치를 계산하기 위한 무선측위 알고리즘에 대해 알아본다. 또한 PDE를 개발하여 네트워크 망과 연동하기 위한 네트워크 구성 및 메시지 송수신 절차를 정의하고, CDMA망에서 개발된 PDE의 성능을 실험을 통해 알아 보고자 한다.

2. LBS 법률 및 사업자 동향

미국의 FCC는 1996년 7월 12일에 발표된 보고서에서 미국 내에서 셀룰라 시스템, PCS 등을 포함하는 모든 무선망 서비스를 제공하는 사업자들에게 911 전화를 건 사람의 위치 정보를 911센

터에 알려주도록 하는 진보된 E911(Enhanced 911) 서비스를 제공하도록 요구하고 있다. 먼저 1 단계로 1998년 4월부터 무선망 서비스 사업자들은 긴급 호(call)를 수신한 셀의 위치와 전화번호를 911센터에 알려주도록 하는 시스템의 구현을 요구받고 있다. 2단계로 2001년 10월부터는 무선망 서비스 사업자들은 모든 긴급 호(call)의 약 67%에 대해 handset based solution의 경우 50m, network based solution의 경우 100m의 정확도를 제공해야 하며, 95%에 대해 handset based solution의 경우 150m, network based solution의 경우 300m의 정확도로 가입자의 위치를 911센터에 제공하도록 규정하였다. 이러한 기능을 제공하는 신규 이동통신 단말기를 단계적으로 증가시켜 2003년부터는 모든 신규 단말기에 적용토록 규정하고 있다.

또한 EU(European Union)에서도 European 112 서비스를 통해 이러한 긴급 서비스 기능을 시행하려 하고 있다. CGALIES(Co-ordination Group on Access to Location Information by Emergency Services)와 LOCUS(Location of Cellular Users for emergency Services) 등에서 위치 정보 제공을 위한 시스템 구조, 데이터베이스, PSAP 등에 대한 요구 사항 및 요구 정확도 등에 대한 표준을 마련하여 2003년에 입법, 2005년에 시행할 예정이다.

또한 국내에서도 정보통신부 주도로 2001년 5월에 발족한 무선인터넷포럼의 LBS분과 위원회와 산업자원부, 건설교통부 주도로 2002년 2월에 발족한 LBS 포럼 등에서 LBS 서비스를 위한 표준화 작업 등을 진행하고 있으며, 2003년 중에 법제화를 추진할 예정이다.

개발 및 서비스 현황을 살펴보면, 미국의 AT&T Wireless와 Cingular Wireless 무선망 사업자는 TDMA/AMPS의 경우 network based so-

lution을, GSM의 경우 EOTD 방식으로 서비스를 진행 중이며, Nextel은 Global Locate의 PDE와 모토로라 단말기로 Assisted GPS 방식의 서비스를 진행하고 있다. Sprint PCS의 경우는 SnapTrack PDE와 삼성의 SPH-N300 단말기를 이용하여 최초로 E911의 2단계 서비스를 2001년 12월부터 시행하고 있다. 또한 Verizon Wireless도 퀄컴사의 MSM 칩이 내장된 단말기와 SnapTrack PDE를 이용하여 AGPS 서비스를 시행하고 있다. 그러나 현재의 서비스는 FCC의 규정을 완벽하게 수용하기에는 상당부분 어려움이 있어 무선망 사업자의 요청에 의해 1~2년 정도 지연이 발생되고 있는 상황이다.

국내에서는 SKT가 2002년 9월에 SnapTrack PDE와 삼성의 SCH-X650 단말기를 이용하여 nateGPS 서비스를 시작하였고, KTF에서도 SnapTrack PDE와 이소텔레콤의 YP-102K 단말기를 사용하여 미아찾기 서비스를 진행중이다. 또한 LGT에서도 2003년 중에 이러한 위치 관련 서비스를 도입할 계획에 있다.

3. Position Determination Technology

위치 기반 서비스가 가능하기 위해서는 이동통신 단말기의 위치를 정확히 계산하는 것이 필수 조건이다. 이동통신 단말기의 위치를 결정하는 다양한 방법들이 있는데, 이러한 무선 측위 기술은 다음과 같이 단말기에 기반을 둔 방식(handset based technology)과 네트워크에 기반을 둔 방식(network based technology)으로 분리된다. 각각의 무선 측위 기술에 대한 상세한 설명은 다음과 같다.

3.1. Handset based technology

3.1.1. Assisted GPS

GPS는 사용하기 쉽고 실외에서 계산한 사용자의 위치가 매우 정확하기 때문에 단말기의 위치 결정에 사용하기 적합하지만 conventional GPS를 사용하는 경우 전력 소모가 매우 클 뿐만 아니라 단말기의 위치를 계산하는데 소용되는 시간(TTFF : Time to First Fix)이 길며, 다중 경로에 의한 간섭 및 가시위성의 부족으로 인해 도심 및 실내에서 위치 결정에 사용하기에는 많은 제한을 받는 등의 단점이 있다. 이러한 단점을 극복하기 위해 PDE로부터 assistance 정보를 제공받아 TTFF와 전력소모를 줄이고, 수신신호의 민감도를 높이는 Assisted GPS 방식이 사용되고 있다. PDE로부터 단말이 수신 가능한 위성의 리스트와 위성 신호를 획득하는데 필요한 assistance 데이터를 제공받고, 단말기는 이러한 assistance 정보를 이용하여 위치 계산에 필요한 의사거리를 짧은 시간 안에 측정하게 된다. 이러한 AGPS 방법은 SiRF, Global Locate, CellGuide, Parthus, Traxsis, eRide, FastLocation 등에서 도입하고 있다.

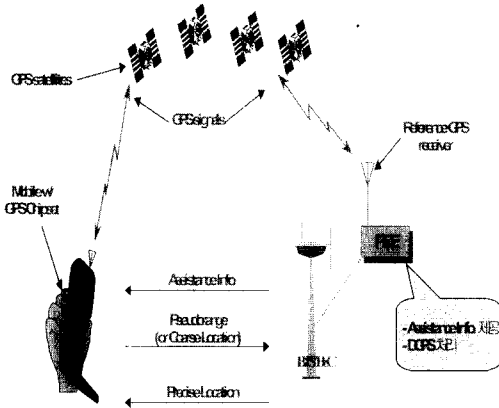


그림1. Assisted GPS를 이용한 위치 결정 개념

3.1.2. Downlink TDOA

서빙 기지국 파일럿의 PN 시퀀스를 기준으로 인접 기지국 파일럿의 지연(Delay)을 측정할 것

이 TDOA가 된다. 아래 그림과 같이 기지국이 3개일 경우에 기지국을 초점으로 하는 2개의 TDOA 쌍곡선이 생성되며 두 쌍곡선의 교점이 단말기의 위치가 된다. 이러한 TDOA를 이용한 위치 결정 방법은 기지국에 별도의 장비를 필요로 하지 않고, 기존의 단말기로 기능을 구현할 수 있는 장점이 있지만, 최소 3개 이상의 기지국으로부터 신호를 획득해야 하며 hearability, 중계기 문제, 신뢰성 및 정확도면에서 상용 수준으로는 미흡하다. 이러한 TDOA 방법은 Cambridge Positioning System 등에서 연구되고 있다.

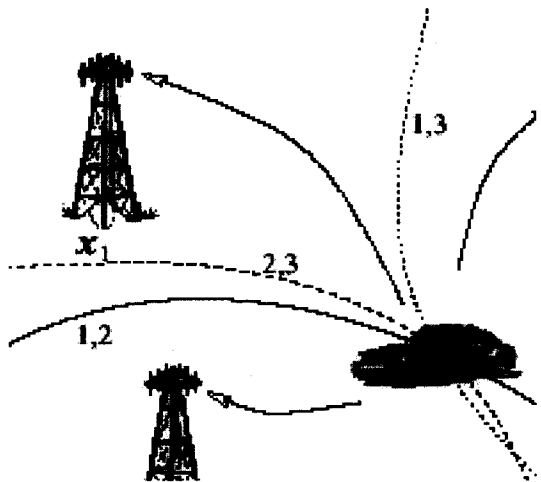


그림2. TDOA를 이용한 위치 결정

3.1.3. Hybrid Solution

이 방법은 GPS 신호와 CDMA 신호로부터 측정된 TDOA를 융합하여 위치를 결정하는 방법이다. 또한 RTD(Round Trip Delay)를 측정할 수 있는 경우에는 GPS + RTD + TDOA를 혼합하여 위치를 계산할 수 있다. GPS와 CDMA를 혼합함으로써 GPS의 단점인 실내에서와 같이 GPS 신호를 수신할 수 없는 경우에 대해 측위 가능성의 문제를 어느 정도 해결할 수 있다는 장점이 있다. 이러한 방법은 가장 진보된 무선 측위 기술이라고 할 수 있으며 향후 대부분의 단말

기에서 이용될 것으로 전망된다. 하지만 GPS 신호를 수신할 수 없는 경우에 TDOA를 이용하는 방법에서의 문제들이 여전히 상존한다는 문제가 있다. 이러한 Hybrid 방법은 SnapTrack, 삼성전자 등에서 도입하고 있다.

3.2. Network based technology

3.2.1. Cell/Sector ID

이 방법은 기지국에서 지원하는 Cell ID 정보를 이용하여 이동통신 단말기가 속해 있는 cell만 파악하는 방식이다. Cell ID에 의한 단말기의 위치는 네트워크 시스템이나 단말기의 변경을 필요로 하지 않기 때문에 업그레이드에 따른 추가 비용이 들지 않는다. 그러나 Cell ID만을 제공하기 때문에 단말기가 항상 가장 가까운 Cell 반경 내에 존재한다는 보장을 할 수 없기 때문에, 위치 측정이 부정확하며 다양한 서비스에 이용하는 데 한계가 있다.

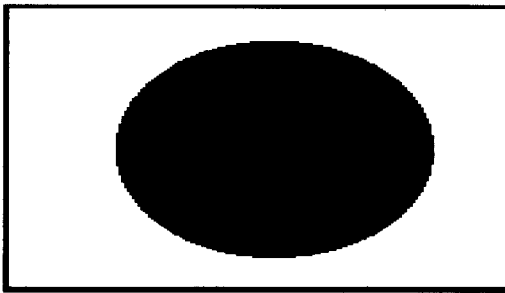


그림3. Cell/Sector ID를 이용한 위치 결정

3.2.2. Cell/Sector ID + timing measurement

이 방법은 Cell/Sector ID를 이용하는 방법에서 timing measurement를 추가로 더 이용하는 방법이다. CDMA 망의 경우 timing measurement를 RTT(Round Trip Time)를 통해 알 수 있으므로 Cell ID와 RTT의 결합을 통해 위치 정확도를 어느 정도 향상시킬 수 있지만 큰 향상을 기대하기는 어렵다.

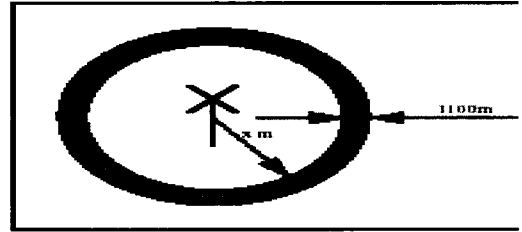


그림4. Cell/Sector ID + timing measurement를 이용한 위치 결정

3.2.3. Uplink TDOA + AOA

이 방법은 그림 5에서와 같이 BS1과 BS2의 TDOA를 기지국이 측정하고, 각 기지국에서 방향각(LOB : Line of Bearing)을 측정하여 이들의 교점을 계산하여 단말기의 위치로 결정하는 방법이다. AOA(Angle of Arrival) 측정값은 기본적으로 가시선(LOS : Line of Sight) 신호라는 가정하에 위치를 구하게 되지만 도심지역에서는 건물에 의해 LOS 신호 성분을 수신하기 어렵고, LOS 신호 성분이 없을 때, 반사되어 들어온 신호에 의해 상당히 큰 위치 오차를 나타내게 된다. 또한 AOA 측정치를 사용하게 되면 단말기의 위치가 기지국에서 멀어질수록 위치 오차가 증가하는 등의 단점이 있다. 이러한 방법은 Grayson Wireless, TruePosition 등에서 도입하고 있다.

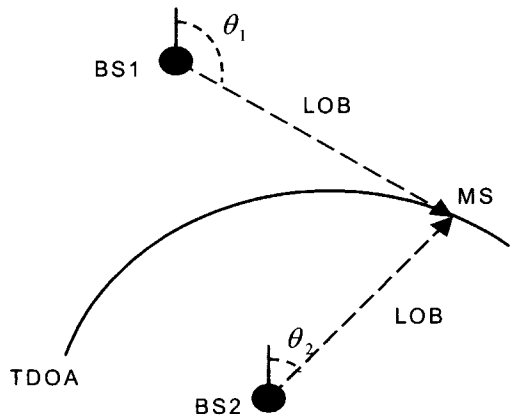


그림5. Uplink TDOA + AOA를 이용한 위치 결정

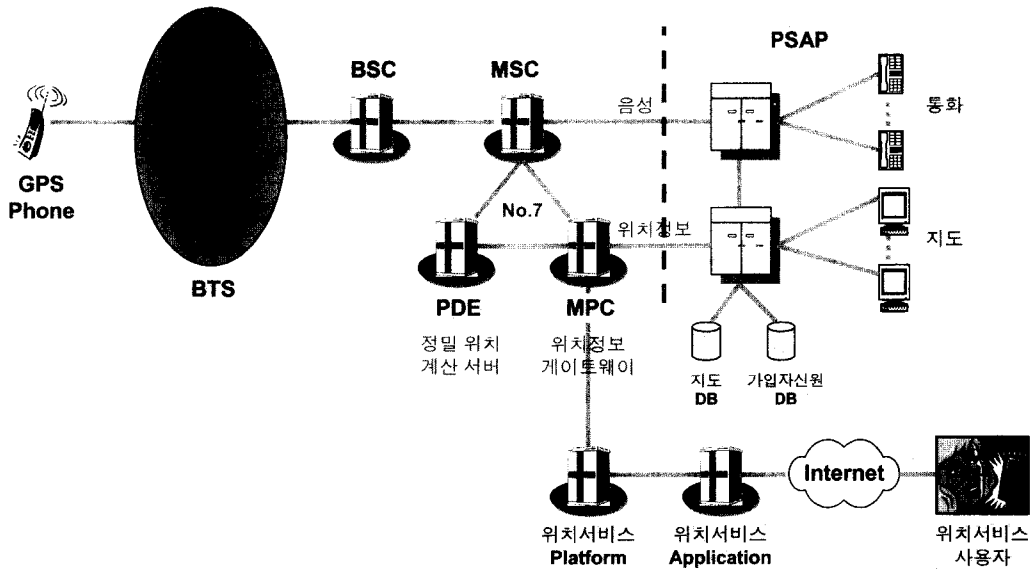


그림6. LBS service network

3.2.4. RF fingerprint

단말기에서 수신된 신호의 고유 특성을 추출하여 데이터베이스에 저장된 신호 특성과 수신된 신호의 신호 특성을 비교, 분석하여 단말기의 위치를 측정하는 방식이다. 이 방식은 지리적 환경과 날씨 등에 따라 정확도가 가변적이라는 단점을 가지고 있으며, 기지국 변경 등의 환경 변화시마다 데이터베이스를 업그레이드 해야 하는 단점이 있다. RF fingerprint 방법은 US Wireless에서 도입하고 있다.

이밖에 signal strength(Digital Earth Systems)를 이용하거나, UWB(AEther Wire & Location), WLAN & Bluetooth(BlueSoft, Ekahau, Newbury Networks), Digital TV(Rosum)를 이용하는 방법 등의 다양한 방법들이 고려되고 있다.

4. PDE시스템 구성

4.1. Network 구성

그림 6은 이동 통신망에서 위치기반 서비스 시스템의 일반적인 구조와 구성요소를 나타낸 것이다. 이러한 구성요소는 크게 GPS 칩셋이 내장된 GPS 단말기, 기지국 및 교환기 시스템, LBS 플랫폼, 공공 안전센터(PSAP : Public Safety Answering Point) 등의 LBS 클라이언트 등으로 구성된다. PDE는 IWF 또는 MSC와 연결된다. 2G의 경우 IWF는 PDE가 TCP/IP 접속을 통해 단말기와 IS-801의 위치 관련 메시지 전송을 위한 IP를 할당한다. 할당된 IP를 통해 정해진 메시지 교환 절차를 거쳐 단말기의 위치를 계산하게 된다.

4.2. 메시지 교환 절차

IS-801 표준에 정의된 파라미터들은 PDDM (Positioning Determination Data Message) 형태로 전송된다. PDDM은 메시지 교환과 전송을 위한 헤더부분과 데이터 부분으로 구성된다. IS-801 표준에는 단말기의 위치 결정을 위해 필

요한 다양한 형태의 PDDM을 정의해 놓고 있다. 이러한 PDDM을 이용하여 다양한 형태의 위치 결정 시나리오를 구성할 수 있다. 본 논문에서는 그림 7과 같은 메시지 교환 절차를 따르는 PDE를 구성하였다.

먼저 단말기는 단말기에 대한 정보를 포함한 "Provide MS information"과 이때 측정된 파일럿 신호 측정치를 "Provide pilot phase measurement" 메시지를 통해 PDE에 전송하고, GPS 신호를 획득하기 위해 필요한 acquisition assistance와 sensitivity assistance 데이터를 PDE에 요청한다. PDE는 단말기가 GPS 신호를 수신할 적절한 시간을 예측하고 그 시점에 필요한 acquisition assistance 데이터와 sensitivity assistance 데이터를 단말기에 제공한다. 단말기는 assistance 데이터를 이용하여 수초 이내에 GPS 의사거리를 측정하고, TDOA 측정치와 함께 PDE에 제공한다. PDE는 이러한 GPS 의사거리 정보와 TDOA 정보를 이용하여 이동 통신 단말기의 위치를 계산하게 된다.

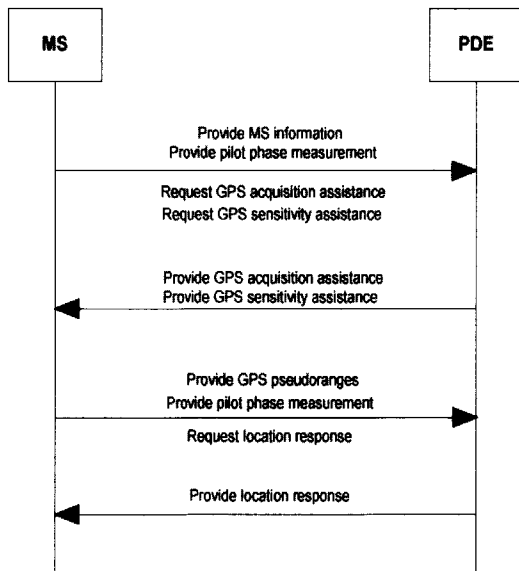


그림7. 메시지 교환 절차

5. PDE 성능 분석

개발된 PDE는 이동통신 단말기로부터 제공된 GPS 의사거리 정보와 파일럿 신호를 이용하여 최적화된 단말기의 위치를 계산한다. 단말기가 측정하여 PDE로 전송한 측정치에는 다중경로에 의한 오차나 NLOS(Non-Line Of Sight)로 인한 오차 등등 다양한 측정 오차가 포함되어 있다. 따라서 PDE에서는 정확한 단말기의 위치를 추정하기 위해 단말기의 측정치에 포함된 다중경로 오차를 완화하고, NLOS에 의한 오차를 제거하는 알고리즘을 포함하고 있다. GPS 의사거리 측정치와 파일럿 신호에 포함되는 오차를 통계적 분석을 통해 모델링하고, FDI(Fault Detection and Isolation)를 통해 측정치의 신뢰성 테스트를 수행한다. 이러한 통계적 접근과 신뢰성 테스트를 통해 위치 정확도를 향상하고자 하였다.

PDE의 성능을 이동 통신 단말과 망을 이용하여 실험을 통해 분석하였다. 단말기의 위치를 구하기 위한 측정치는 GPS 측정치와 CDMA IS-95의 파일럿 신호를 이용하였으며, 삼성전자 수원 사업장에 인접한 11개 지역에서 데이터를 수집하였다.

데이터 수집을 위해 사용된 이동 통신 단말기는 MSM3300이 내장된 상용 단말기를 사용하였고, 다양한 환경을 반영하기 위해 11포인트를 설정한 후, 각 포인트마다 정지한 위치에서 200회 이상의 측정치를 획득하였다. 테스트 동안 단말기는 수직상태를 유지하였다.

그림 8은 삼성전자 수원사업장에 있는 정보통신연구소를 좌표(0,0)로 정한 후 인접 기지국의 위치와 각 테스트 포인트의 실제 위치(ground truth)를 ENU 좌표계로 표시한 것으로 단위는 미터이다. 측정지역에 있는 각 기지국에는 다수

의 중계기가 존재하며 기지국마다 2~6개의 중계기를 포함하고 있다. 사각형은 기지국 및 기지국 이름이고, 원으로 표현된 것은 테스트 포인트의 실제 위치이다.

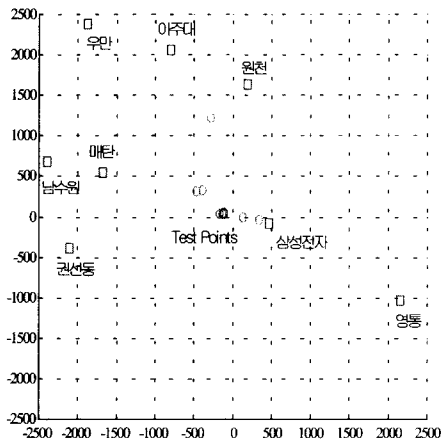


그림8. 측정지역의 기지국 배치 및 테스트 위치

다양한 환경에서 PDE의 성능을 분석해 보기 위해 outdoor, urban, indoor의 세가지 환경 시나리오를 구성하고 각각의 환경에 따라 3~5포인트를 설정하였다.

표1. field 테스트 환경

	순서	테스트환경
Outdoor	S1	Open Sky
	S2	녹지(숲, 나무, 정자)
	S3	자동차 안
Urban	S4	중층건물 외벽
	S5	고층 아파트 단지 안
	S6	고층 건물 사이
Indoor	S7	중층건물 1층 로비 (유리 많은 곳)
	S8	중층건물 마지막층 창가
	S9	중층건물 중간층 창가
	S10	중층건물 중간층 창가 안쪽
	S11	중층건물 내부

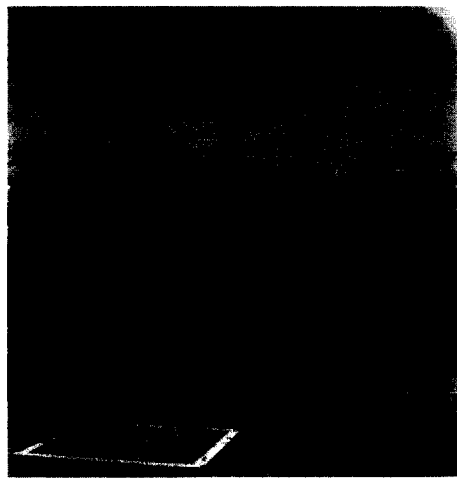
5.1. Outdoor Location Performance

Outdoor 환경은 GPS 신호를 수신하기가 비교적 용이하고, 측정치의 오차가 많이 포함되지 않는 환경을 가정하여, 건물 옥상, 정자 안, 야외주차장 차안의 세 가지 시나리오를 만들었다. 각각의 테스트 포인트에서의 환경과 PDE 성능은 다음과 같다.



Environment	Yield	CEP67	CEP95
open sky	206/206	14.21	20.19

그림9. S1 Open sky 환경 및 결과



Environment	Yield	CEP67	CEP95

정자 안	207/207	19.92	53.26
------	---------	-------	-------

그림10. S2 정자 안 환경 및 결과



Environment	Yield	CEP67	CEP95
야외 주차장 차안	201/201	26.32	45.65

그림11. S3 야외 주차장 차안 환경 및 결과

중층 건물 옆	210/210	23.32	50.42
---------	---------	-------	-------

그림12. S4 중층 건물 옆 환경 및 결과



Environment	Yield	CEP67	CEP95
고층 아파트 단지안	207/207	46.09	95.91

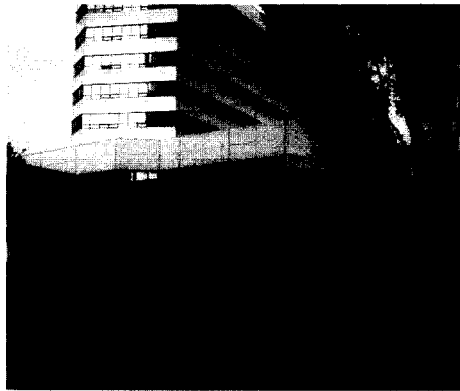
그림13. S5 고층 아파트 단지 환경 및 결과

5.2. Urban Location Performance

Urban 환경은 GPS 신호를 수신하기가 용이하지 않고, 측정치의 오차가 많이 포함되는 환경을 가정하였다. 중층 건물 옆, 고층 아파트 단지안, 고층 건물 사이 등의 시나리오를 구성했고, 환경 및 PDE 성능은 다음과 같다.



Environment	Yield	CEP67	CEP95
고층 건물 사이	203/203	48.72	112.27



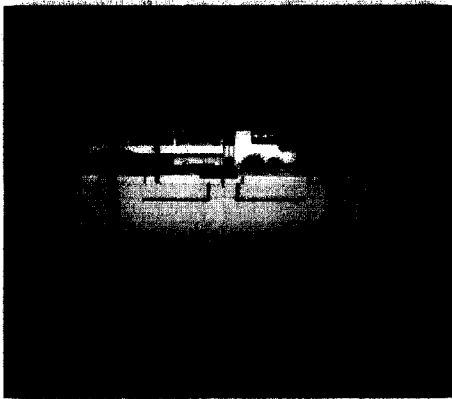
Environment	Yield	CEP67	CEP95
고층 아파트 단지안	207/207	46.09	95.91

그림14. S6 고층 건물 사이 환경 및 결과

5.3. Indoor Location Performance

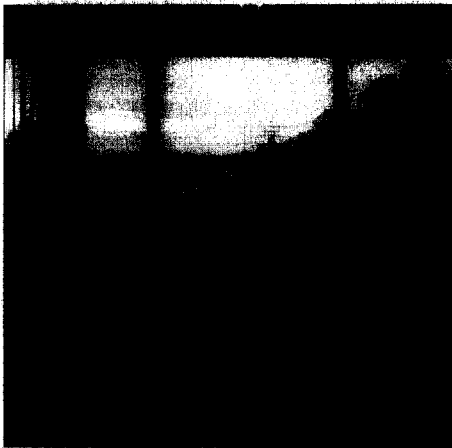
Indoor 환경은 GPS 신호를 수신하기가 어렵거나 불가능하고, 측정치의 오차가 매우 크게 포

함되는 환경을 가정하였다. 또한 GPS 측정치가 부족하거나 없는 경우에는 파일럿 신호를 이용하여 위치를 계산하였다. 테스트 환경은 중층 건물 중간층 창가, 중층 건물 중간층 창가 안쪽, 중층 건물 마지막층 창가, 중층 건물 1층 로비, 중층 건물 내부의 다섯 가지 시나리오를 만들었다. 각각의 테스트 포인트에서의 PDE 성능은 다음과 같다.



Environment	Yield	CEP67	CEP95
중층 건물 1층 로비	312/312	106.42	264.06

그림15. S7 중층 건물 1층 로비 환경 및 결과



Environment	Yield	CEP67	CEP95
중층 건물 중간층 창가 안쪽 1m	206/206	102.8	179.11

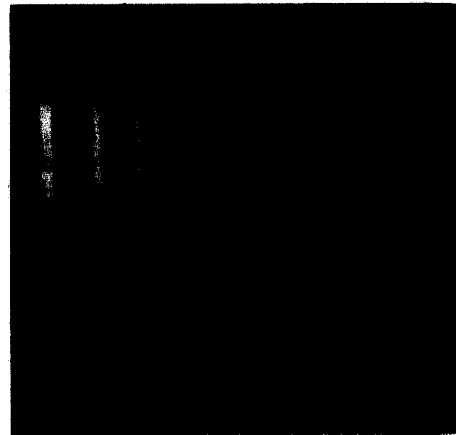
Environment	Yield	CEP67	CEP95
중층 건물 마지막층 창가	233/233	429.59	528.05

그림16. S8 중층 건물 마지막층 환경 및 결과



Environment	Yield	CEP67	CEP95
중층 건물 중간층 창가 안쪽 1m	206/206	102.8	179.11

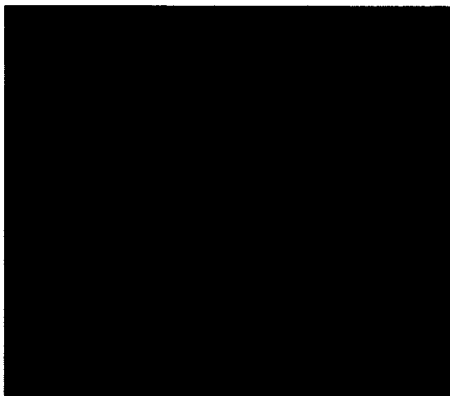
그림17. S9 중층 건물 중간층 창가(1m) 환경 및 결과



Environment	Yield	CEP67	CEP95
중층 건물 중간층 창가	304/304	39.49	58.65

안쪽 6m			
-------	--	--	--

그림18. S10 중층 건물 중간층 창가 환경(6m) 및 결과



Environment	Yield	CEP67	CEP95
중층 건물 내부	310/310	74.89	141.61

그림19. S11 중층 건물 내부 환경 및 결과

케이션으로서 LBS가 부각되고 있으며, 통신 사용자들로부터 다양한 위치기반 서비스에 대한 요구가 크게 증가되고 있는데 이러한 추세는 앞으로 더욱 늘어날 것으로 예측된다.

따라서 이러한 이동통신 사용자의 요구에 부응하고 긴급서비스와 같은 공공 서비스뿐만 아니라 다양한 응용 콘텐츠 개발을 통해 부가가치를 극대화할 수 있으리라 기대된다.

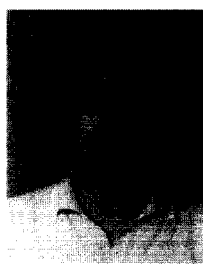
참고문헌

- [1] CGALIES, <http://www.telematica.de/cgalies>
- [2] LOCUS, <http://www.telematica.de/locus>
- [3] ETRI, "LBS 기술 시장 보고서", IT전략 품목 기술/시장 보고서, October 2002
- [4] 이영식, 금동준, "휴대전화 위치추적을 위한 AGPS/AFLT Location Server 개발", 제9차 GNSS Workshop, October 2002
- [5] TR45, "Position Determination Service Standard for Dual Mode Spread Spectrum Systems", TIA/EIA/IS801-1, February 2001

6. 결론

본 논문은 LBS의 개발 배경 및 현황에 대해 알아보고, 무선 측위 알고리즘에 대해 살펴보았다. 또한 개발된 PDE의 성능을 다양한 환경하에서 실험을 통해 분석해 보았다. 실험 결과로부터 개발된 PDE가 outdoor 및 urban 환경인 경우 FCC의 규정을 만족하며 상용으로 사용할 수 있음을 보였다. 하지만 indoor 환경인 경우에는 hearability와 중계기의 문제 등으로 인해 FCC 규정을 만족하지 못하며, 이러한 숙제들을 해결해야 함을 결과를 통해 보였다.

LBS는 공공 서비스의 성격이 강한 긴급서비스의 기능을 담당할 뿐만 아니라 LBS의 기술개발은 관련 산업에 많은 영향을 줄 수 있다. 또한 상업적인 측면에서도 무선 인터넷의 킬러 어플리



이영식

1999.2 : 건국대학교 전자공학과 (학사)
 2001.2 : 건국대학교 전자정보통신공학과 (석사)
 2001.1 ~ 현재 : 삼성전자 통신연구소 선임연구원

<주관심분야>

Global Positioning System
 Wireless Positioning and Location
 GPS 반송파 위상을 이용한 정밀 측위
 GPS 및 응용 기술

김동준

1991.2 : 서울대학교 항공공학과
(학사)

1993.2 : 서울대학교 항공우주공
학과 (석사)

1998.2 : 서울대학교 항공우주공
학과 (박사)

1998.3 ~ 1998.12 : 서울대학교

정밀기계공동연구소 특별연구원

1999.1 ~ 1999.12 : 대우 고등기술연구원 선임연구원

2000.1 ~ 현재 : 삼성전자 통신연구소 책임연구원

<주관심분야>

Global Positioning System

Wireless Positioning and Location

System Engineering, Optimal Design

Flight Dynamic

Guidance and Control