

LBS 측위기술

- 양 철 관 / 중앙대학교 정보통신연구원 연구전담교수
- 심 덕 선 / 중앙대학교 전자전기공학부 교수

서 론

이동통신네트워크에서 위치기반서비스(LBS : Location Based Service)의 중요성이 증대되고 있다. 이러한 LBS는 모바일 사용자의 위치를 추정하고 추정 한 위치와 관련된 다양한 정보 서비스를 제공하기 위 한 기술로서 휴대 단말의 위치를 파악하는 위치측위기 술, LBS 서버기술 그리고 다양한 LBS 응용기술 등으로 구분될 수 있다. 위치측위기술은 위치정보의 정확도에 따라서 제공되는 서비스의 종류와 질이 달라지므로 보 다 정밀한 위치정보의 추적이 가능한 고정밀 측위 기 술은 개인화 서비스를 위한 필수조건이다.

본 고에서는 LBS의 핵심 기반 기술이라 할 수 있는 측위기술 (LDT: Location Detection Technology)들에 대해서 간략히 살펴보고 또한 이러한 측위기술들에 대 해서 여러 요소들을 비교해 봄으로써 각각의 측위기술 들의 특징들을 살펴본다.

측위기술(LDT)

오늘날 대부분의 위치측위기술은 이동통신망 또는 GPS를 이용해서 MS(Mobile Station)의 위치를 측위하 고 있다. 그러나 실내에서는 이러한 측위기술들로 위 치 측위가 어렵기 때문에 WLAN, Bluetooth등과 같은 다른 통신 기법들과 결합하여 위치를 측위 하는 방법 들이 연구되고 있다. LBS의 위치측위기술을 크게 분류

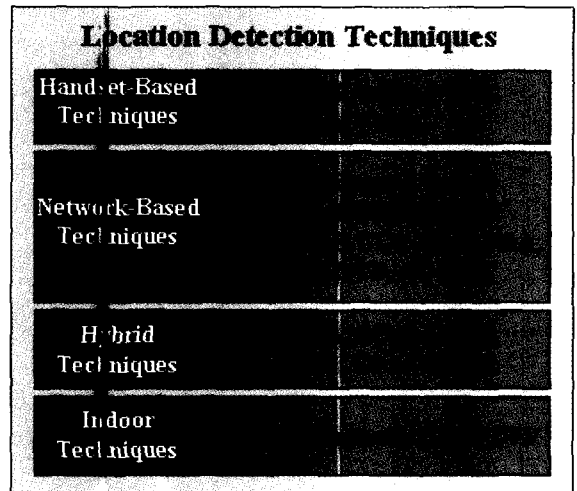


그림 1 LTD 분류

해보면 네트워크기반 측위기술과 핸드셋기반 측위기 술, 그리고 이 둘을 결합한 Hybrid 측위기술로 나누어 볼 수 있다. 네트워크기반 측위기술은 핸드셋의 하드 웨어 및 소프트웨어의 변경이 필요 없는 반면에 핸드 셋기반 측위기술은 하드웨어 및 소프트웨어의 변경이 필요한 기술이다. 그림1은 세 가지 부류의 기술들을 나 타낸 것이다.

Cell-ID(Cell Identity)

Cell-ID 기술은 가장 간단한 측위기술로서 COO(Cell Of Origin) 혹은 CGI(Cell Global Identity)로 알려져 있

다. 이 기술은 각 기지국(BS:Base Station)마다 위치가 지정된 ID를 부여하고 해당 기지국에 해당 이동국(MS:Mobile Station)이 등록되면 이를 Cell ID로 매칭하여 해당 기지국의 위치를 통해 단말기의 위치를 구하는 기술이며 단말기(Handset)와 통신망(Network)의 하드웨어 및 소프트웨어에 대한 특별한 수정없이 거의 모든 이동통신망에서 구현이 용이하다는 장점이 있다. 하지만, 위치정확도가 Cell의 반경과 같기 때문에 도심 지역과 외각 지역에 따라 위치 오차가 수백m ~ 수십 km에 달한다. 이러한 큰 오차를 줄이기 위한 방법으로 하나의 Cell을 3개의 sector(120°)로 나누는 방법(Cell Sector)과 BS에서 time offset 정보를 추가적으로 MS에 보내서 BS로 되돌아오는 시간(trip time) 값과 Cell-ID 방법을 결합하는 방법(Cell-ID+TA/RTT (Timing Advance, Round Trip Time)), 그리고 이 세 가지 방법을 결합한 방법(Cell-ID + Sector + TA/RTT)등이 있으나 이러한 방법 또한 오차가 수백 m에 이른다.

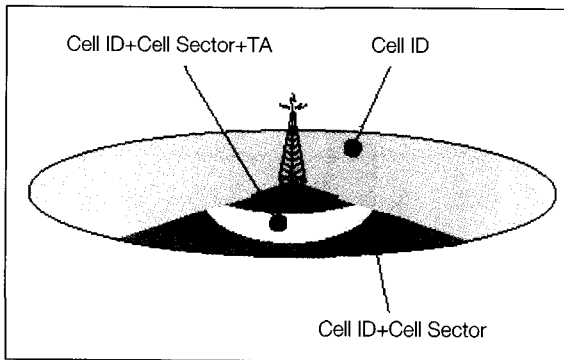


그림 2 Cell-ID 측위기술(출처:SnapTrack)

그림2의 세 가지 방법 외에도 E-CGI (Enhanced Cell Global Identity)라는 방법이 있다. 이 방법은 주 기지국(main BS)에 인접한 최소 두 개 이상의 기지국들로부터 신호의 세기(Signal Strength)를 측정하여 위치를 결정하는 기법으로 도심지에서 위치 오차를 수십 m로 줄일 수도 있지만 교외 지역에서는 오차가 수 km에 달한다. 그리고 이러한 위의 네 가지 방법들은 모두 2차원 위치 정보만을 제공하기 때문에 MS의 속도 정보와 방향 정보등을 구하는 데는 이용할 수 없다는 단점이 있다.

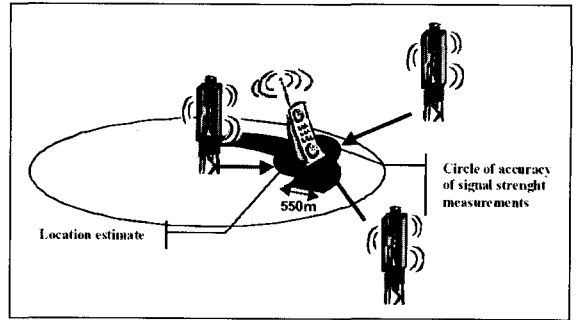


그림 3 E-CGI 측위기술(출처:information society technologies(ist))

AOA(Angle Of Arrival)측위기술

그림4에서 보는 바와 같이 MS로부터 보내온 신호를 방향성 안테나(array antenna)를 갖는 BS에서 신호의 도래각(AOA : Angle of Arrival)을 측정하여 신호원을 기준으로 수신기로부터 오는 신호의 방향을 찾아내어 삼각측량법(triangulation)을 이용하여 위치를 결정하는 측위 방식이다. 이 방식은 더 많은 BS를 이용할수록 위치 정확도가 정확해진다. 그러나 이 방식은 LOS(Line of Sight)를 가정하고 위치를 구하는 방식으로 건물 등에 의한 다중경로(multipath)가 발생할 경우 상당히 큰 오차가 나타날 수 있으며 MS와 BS의 거리가 멀어지면 정확도가 떨어진다는 단점이 있다. 또한 BS에서는 정확도가 매우 높은 복잡한 array antenna가 필

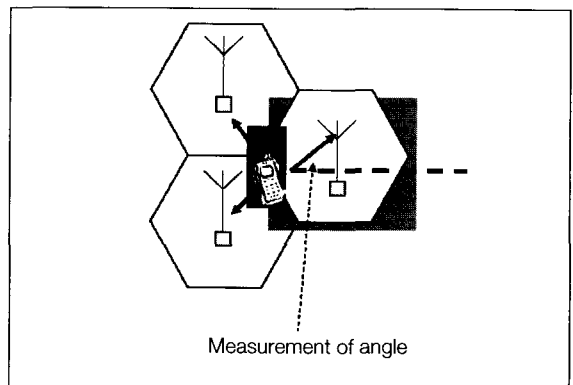


그림 4 AOA 측위기술(출처:K.Raja)

요하며 BS의 기하학적 배치에 따라서 정확도가 큰 영향을 받는 단점이 있다.

TOA(Time Of Arrival) 측위기술

TOA 측위 기법은 up-link 방식으로서 “access bursts”라고 하는 이미 알고 있는 신호를 MS로부터 3개 이상의 측정 장치들로 보내어 신호의 도착 시간(TOA)를 측정 후 삼각측량법을 이용하여 거리를 계산하는 방법이다. 이러한 방법은 각각의 BS에 LMU(Location Measurement Unit)라는 측정 장치가 있어야 하며 또한 MS와 LMU들은 서로 동기가 되어 있어야 하므로 이를 위해서 GPS 수신기를 이용한다. 이러한 방법은 다중경로에 의한 영향을 많이 받으며 많은 LMU를 이용할수록 계산된 위치의 정확도가 향상되는 특징이 있다. 또한 TOA 기법은 MS의 위치뿐만 아니라 속도와 방향도 계산할 수 있다. 하지만 다중경로에 의한 영향을 크게 받으므로 도심지역에서는 큰 오차가 발생하는 단점이 있다.

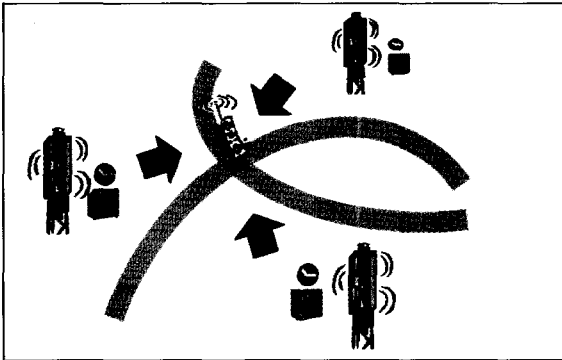


그림 5 TOA 측위기술(출처:information society technologies(ist))

TDOA(Time Difference Of Arrival) 측위기술

TDOA 측위기술은 그림 6과 같이 TOA와 거의 유사한 기술이지만 TOA와는 달리 MS로부터 보내어진 신호가 각각의 BS들에 도달한 상대적인 시간차를 이용한다.

즉, BS들 간의 도달 시간차 정보를 이용하여 삼각측량법에 의해서 위치를 구한다. 따라서 도달 시간차는 쌍곡선을 이루게 되고 쌍곡선의 교점이 MS의 위치가 되므로 3개의 BS가 있어야 2차원 위치를 구할 수 있다. TDOA의 가장 큰 특징은 TOA와는 달리 MS와 BS가 동기화가 필요 없다는 것으로 구현이 용이하다는 것이다.

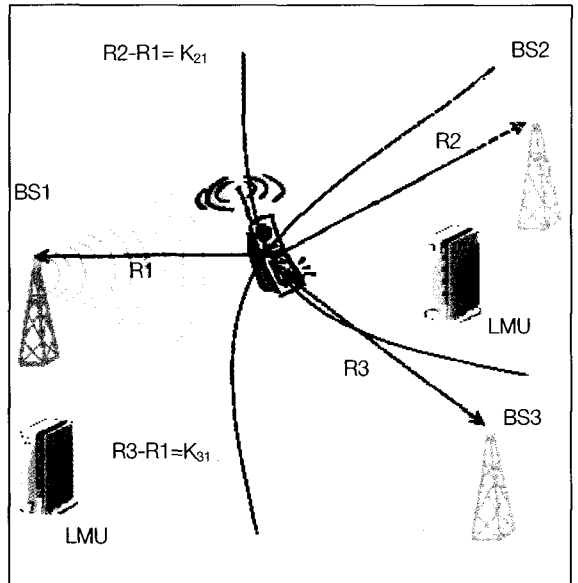


그림 6 TDOA 측위기술(출처:Mobile Location Workshop 02)

Down-link OTD

TDOA 방법은 도달 시간 차 정보를 이용하여 BS에서 위치를 계산한 반면에 down-link OTD 방법은 MS에서 도달 시간차를 측정한다는 점에서 TDOA 방법과 약간 다르다. 이러한 방법이 GSM 과 GPRS 네트워크에서 구현된 기술을 E-OTD(Enhanced Observed Time Difference)라 부르며 UMTS 네트워크에서 구현된 기술을 OTDOA(Observed Time Difference Of Arrival)라 부른다.

E-OTD 측위기술

TDOA 방법에 비해서 E-OTD 방법의 장점은 적은 수의 LMU가 필요하다는 것과 LMU의 내부 클럭이 동기화가 될 필요가 없다는 것이다. 하지만 TDOA 방법은 기존의 handset들을 그대로 사용할 수 있었던 반면에 E-OTD 방법은 새로운 handset을 구매해야 하는 단점이 있다. 이러한 도달 시간 정보를 이용하는 방법(TDOA, E-OTD)들은 다른 기법들에 비해서 정확도가 높으나 최소한 3개의 BS가 있어야 하므로 도심지에서 사용하기는 어렵다는 문제점이 있다.

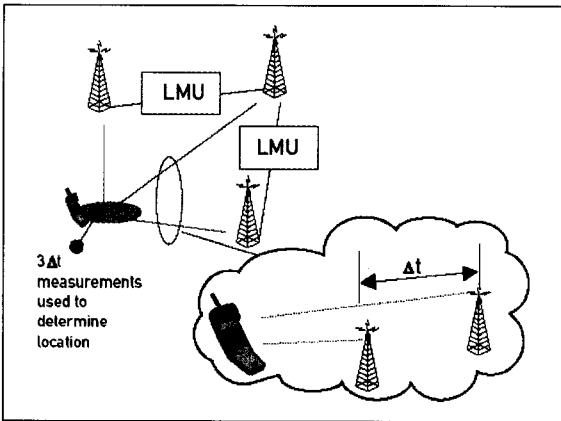


그림 7 E-OTD 측위기술(출처:SnapTrack)

OTDOA 측위기술

E-OTD 방법과 마찬가지로, OTDOA 방법 또한 적어도 3개 이상의 BS가 있어야 2차원 위치를 계산할 수 있다. 이 방법은 UMTS 네트워크에서 구현되기 때문에 가청성(hearability) 문제가 발생할 수 있다. 가청성 문제란 충분히 많은 pilot 신호들을 MS에서 이용하지 못할 경우에 MS가 serving BS에 근접해 있으면 같은 주파수 대에 있는 다른 BS신호를 측정할 수 없다는 것이다. 이를 극복하고자 나온 방법이 IPDL(Idle Period Down-link) 방법으로 serving BS에서는 짧은 시간 동안 신호 전송을 중단하고 이 동안에 MS에서 다른 BS 신호를 받는 방식이다. 이러한 방식을 OTDOA-IPDL이라 한다.

A-GPS(Assisted-GPS) 측위기술

GPS(Global Positioning System)는 미 국방성에서 개발한 위성기점 전파 항법 장치로 1995년에 완성되었으며 지구상의 어느 곳에서나 가시 위성이 4개 이상이 되므로 지구상의 어느 곳에서나 시각과 기상 관계없이 3차원의 위치, 속도 그리고 시간 정보를 얻을 수 있다. 측위기술은 위성으로부터 GPS 수신기까지의 전파 도달 시간을 측정하여 위성과 수신기까지의 의사거리를 계산한 후 삼각측량법을 이용하여 위치를 계산한다. 이 때 수신기의 시계 오차가 주요한 오차 요소이므로 이를 고려하여 3차원의 위치 정보를 구하기 위해서는 최소한 4개의 위성을 이용할 수 있어야한다. 이러한 GPS 측위기술에서는 처음 위치를 계산하는데 걸리는 시간(TIFF: The Time to First Fix)이 크고 여러 오차 요소들(다중경로오차, 전리층오차, 대류층오차, 기타 오차)에 의해서 위치 오차가 커지게 된다. 따라서 이러한 오차 요소들을 보상하기 위한 여러 방법들이 제안되었는데 이 중에서 DGPS(Differential GPS) 방법이 가장 널리 이용되고 있다. DGPS 측위기술은 기준국에서 이러한 오차 요소들 값을 추정하여 GPS 수신기로 전송한 후 GPS 수신기에서 계산된 의사거리 값에서 오차 요소들을 보상하는 방법이다.

A-GPS 방법은 측위를 GPS를 사용하기 때문에 순수한 cell 방식의 측위 기술은 아니다. 사실 A-GPS 방법은 DGPS 방법과 거의 유사한 방법으로서 GPS 위성으

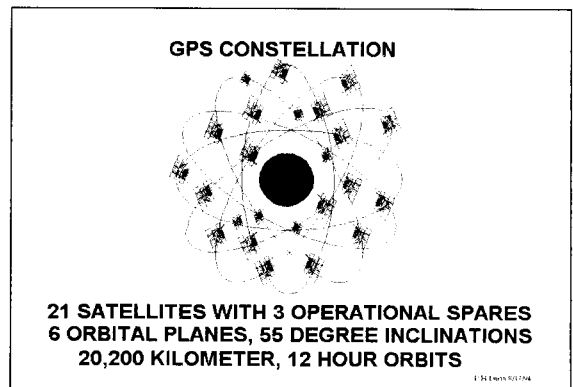


그림 8 GPS 위성 배치

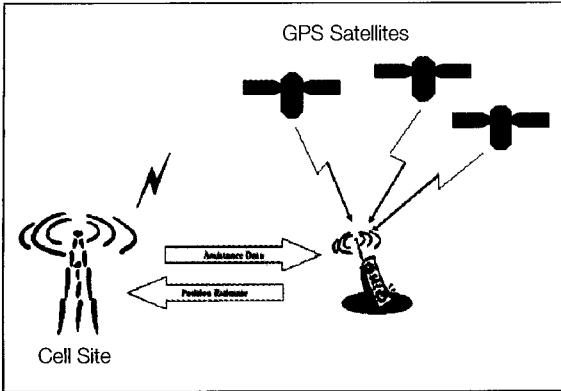


그림 9 A-GPS 측위기술(출처 : K.Raja)

로부터 측정된 의사거리(pseudorange)를 보정하기 위한 보정 값들을 cell 네트워크에서 전송을 한다는 점이 DGPS와 다른 점이다. 이 방법은 3차원 위치 정보뿐만 아니라 속도와 방향 정보도 계산할 수 있다. 이 방법의 단점으로는 가시 위성의 개수에 따라 성능에 큰 차이를 보이므로 실내 환경에서는 이용할 수 없다는 것이다. 향후 대부분의 MS에 GPS 기능이 추가 될 전망으로 GPS를 이용하는 방식의 측위기술들이 많이 이용될 것으로 기대된다.

Hybrid 측위기술

Hybrid 측위기술은 위의 몇 가지 측위기술들을 결합하는 방식으로 정확성을 높이고, 신뢰성 및 서비스 구역(실내, 실외, 도심지역, 교외지역)등의 문제들을 해결하기 위한 방법이다. 이러한 방법은 아직까지 표준화가 되어 있지 않으며 다양한 결합 방법들이 연구되어져 오고 있다. 이러한 hybrid 기술의 단점으로는 MS와 BS에 HW/SW의 수정이 많이 이루어져야 하므로 비용이 많이 들고 연산 처리량이 많아 전력 소모량이 많다는 점이다.

AOA+RTT 방법

이 방법은 단지 한 개의 BS만 이용하는 경우에도 적용 가능한 방법으로 가청성(hearability) 문제를 해결할 수 있다. 이 방법 또한 AOA 방법과 마찬가지로 BS와 MS사이의 거리가 커짐에 따라 오차도 커지는 문제점이 있다.

OTDOA+AOA 방법

이 방법은 LOS가 매우 좋지 않을 경우나 단지 두 개의 BS 만을 이용할 수 있을 경우에도 MS의 위치 측위가 가능한 방법으로 BS들과 MS 사이의 GDOP(Geometric Dilution of Precision)이 클 경우에도 적용할 수 있다.

GPS+CDMA(Pilot Phase) 방법

이 방법은 GPS 신호와 CDMA 신호를 융합하여 위치를 측위 하는 방법으로 위치의 정확도가 매우 높지만 MS에 GPS 신호 수신 기능이 추가되어야 하고 위성파 MS, BS와 MS간의 NLOS(Non Line of Sight)의 영향을 크게 받는 단점이 있다.

DCM (Database Correlation Method)

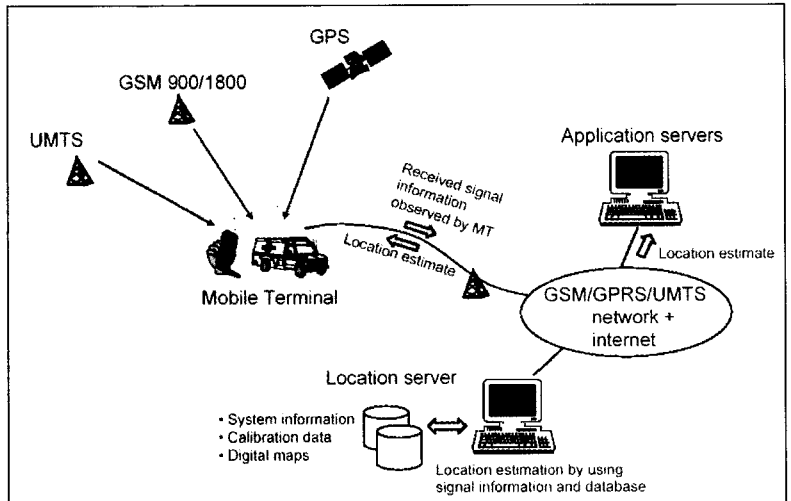


그림 10 DCM에 기반을 둔 측위 시스템(출처:Cello)



이 방법은 어떤 특정 장소에 종속적인 측정 데이터 ("fingerprint")들에 대해서 DB를 구축한 후 측정된 fingerprint 데이터와 DB 데이터들을 비교하여 위치를 추정하는 기법이다. 그러나 이 방법은 도심지역에서는 성능이 좋지만 BS의 밀도가 작은 교외지역에서는 성능이 좋지 않으며 또한 주변 환경이 바뀔 경우 DB를 갱신해주어야 하면 DB 구축에 많은 시간과 비용이 드는 단점이 있다.

실내 측위기술

앞에서 소개했던 측위기술들은 무선 통신망과 GPS에 기반을 두고 있으며 주로 실외 환경에서 측위가 가능한 방법들로서 실내 환경에서는 다른 기술들을 이용해야 한다. 실내 환경에서 측위가 가능한 기술들로는 WLAN, Bluetooth, UWB, DTV등을 이용하는 방법들이 있다.

WLAN(Wireless LAN)을 이용한 방법

이 방법은 MS 신호의 세기를 가능한 한 많은 WLAN 중계기(access point)로 측정한 후(적어도 3개 이상) DB의 신호 세기와 비교하여 위치를 추정하는 방법으로서 1-2m의 높은 위치 정확도를 갖는다.

Bluetooth를 이용한 방법

이 방법은 정확한 위치가 알려져 있고 Bluetooth가 가능한 고정된 장치들이 있는 환경에서 MS에 가장 가까운 곳에 있는 장치의 위치를 MS의 위치로 추정하는 방법이다. 이는 Cell-ID 방법과 마찬가지로 장치들의 밀도에 따라서 위치의 정확도가 결정되는 특징이 있다.

UWB(Ultra Wideband)를 이용한 방법

UWB 신호는 대역폭(2GHz)이 매우 큰 디지털신호(pulse)이기 때문에 빌딩과 같이 사무실이 많은 공간에서도 수신이 가능하며 심지어 지하에서도 수신이 가능하다. UWB를 이용한 측위 방법은 앞에서 설명했던 방

법인 TDOA 방법과 RTT(Round Trip Time) 방법이 있다.

DTV(Digital TV)를 이용한 방법

이 방법은 미국의 기업들이 개발한 방법으로서 DTV 신호를 이용하는 방법이다. DTV 신호는 대역폭이 넓으며 전송 전력 또한 높기 때문에 실내 환경에서도 DTV 신호의 수신이 가능하다. 따라서 TOA 방법과 마찬가지로 MS에서 3개 이상의 DTV 타워(위치는 이미 알고 있음)로부터 DTV 신호를 수신하여 전파의 도달 시간을 측정한 후 삼각측량법에 의해서 거리를 계산한다.

측위기술들의 비교

표1은 다양한 측위기술들을 비교한 결과이다.

표 1. 다양한 LDT 기술들의 비교

정확도	대역 수정	광 수정	세 대	방송 시간	환경	이동성 정보 보호	이동 가능한 Network
GPS	○	○	○	○	○	○	○
Cell-ID	○	○	○	○	○	○	○
WLAN	○	○	○	○	○	○	○
Bluetooth	○	○	○	○	○	○	○
UWB	○	○	○	○	○	○	○
DTV	○	○	○	○	○	○	○

결론

현재 미국 및 유럽, 일본 등에서는 막대한 자원을 투입하여 다양한 LBS 측위 기술들에 대한 개발과 성능 분석, 그리고 각 기술들에 대한 표준화 작업을 진행하여 큰 성과를 보이는 반면에 우리나라는 LBS 측위기술과 플랫폼 기술들을 전적으로 외국 기술에 의존하고 있는 실정이다. 그러므로 이들 기술을 빨리 국산화하여 LBS 시장의 외국 종속화를 막고 국내 LBS 업체들을 활성화하여 국내 LBS 시장뿐만 아니라 해외 LBS 시장에서도 경쟁력을 확보해야 한다.

참 고 문 헌

- [1] Location, Australian Communications Authority, January, 2004.
- [2] Location Technologies for GSM, GPRS and UMTS Networks, White Paper of SnapTrack Company, 2003.
- [3] K. Raja, Critical Analysis and Modelling of Location Finding Services, ECFRC(4) document, 2003.
- [4] Domenico Porcino, Positioning Techniques in Radiocommunications Standards, Philips Research Laboratories, May, 2002.
- [5] MOVIES project : Location Service Study Report, information society technologies, 2002.
- [6] Yilin Zhao, Standardization of Mobile Phone Positioning for 3G Systems, IEEE Communications Magazine, July, 2002.
- [7] Overview of Location Technologies, Openwave Company, November, 2002.
- [8] 김진원, Wireless Location 및 Telematics 기술 동향, GNSS Workshop, 2002.
- [9] Cellular network optimization based on mobile location, CELLO Consortium, information society technologies, 2001.
- [10] Mark Birchler, E911 Phase 2 Location Solution Landscape, Motorola Labs, June, 1999.