

무선측위 및 Assisted GPS 기술 동향

지 규 인

건국대학교 정보통신대학 전자공학과

1. 서론

이동통신 기술은 최근 비약적인 발전을 이루어 왔으며, 가입자 증가에 따른 시장규모의 확대에 따라 계속해서 새로운 기능과 서비스를 제공하고 있다. 이동통신 단말기 사용하여 정보를 송수신하는 사용자에게 보다 다양한 서비스를 효과적으로 제공하기 위하여 사용자의 위치에 관한 정보가 필요하게 되었고, 위치기반서비스(Location Based Service)가 새로운 형태의 통신서비스로 나타나고 있다.

1996년 10월, 미연방 통신위원회는 미국 내 모든 무선 통신 사업자들에게 위치 정보 서비스를 주요 내용으로 하는 새로운 E-911(Enhanced-911) 긴급 구조 서비스를 제공하도록 하는 권고안을 마련하였다. 여기서 제시한 관련규정에 따르면 1단계로 이동전화, PCS 및 SMR을 포함한 모든 무선망 사업자는 1998년 3월까지 셀 또는 섹터 정보를 이용하여 현재 통화중인 911호출을 적절한 PSAP (Public Safety Answering Point)로 중계해야 한다. 2단계에서는 망 기반 무선 측위 시스템의 경우, 모든 911 호출의 67%에 대해서 100m 이내의 위치 정확도를 만족해야 하고, 단말기 기반 무선 측위 시스템의 경우, 67%에 대하여 50m를 만족하여야 한다. 추가적인 권고사항으로는 앞으로 각각의 무선망 사업자는 이동전화 위치 측정의 신뢰성 및 가용성을 높이기 위한 시스템의 성능 개선 방법을 제공하는 것이다.

이 서비스는 무선통신 사용자의 안전성을 확보한다는 측면에서 매우 중요하며 전자 상거래, 지능형 교통 정보 시스템, 이동통신망 최적화, 범죄 수사 등과 통화자의 위치 정보가 도움이 되는 다양한 분야에서 적용 가능하므로 그 활용범위가 넓다고 할 수 있다. 우리나라도 현재 이와 관련된 서비스의 도입이 활발히 진행 중에 있으며 응급구조 서비스를 위한 사용자 위치확인 기능제공이 법제화될 예정이다.

1999년 10월에는 이동통신망 내에서의 측위 관련 정보 교환을 위한 표준 포맷이 TIA (Telecommunications Industry Association)에 의해 제정되었다. 이것이 IS-801 규약이며, 여기에는 GPS 항법정보와 의사거리정보가 포함되며, 기지국(Base Station)과 이동국(Mobile Station)에서의 측위를 위한 상호 교환 가능한 정보들을 종류별로 표준화된 포맷으로 정의하고 있다. 즉, 이 규약에는 이동통신 업체들이 관여하고 있는 각종 측위방식을 모두 수용

할 수 있는 형태를 지니고 있으며, 차세대 이동통신의 추가 규약으로 발전하고 있다.

이동통신망을 이용한 측위는 기본적으로 전파 항법 기술을 이용한다. 전파 항법 기술은 크게 전파의 도래각을 이용하는 방법과 시각 기반의 전파의 전달 시간을 이용하는 방법으로 분류할 수 있다. 특히, CDMA 시스템은 PN (PseudoRandom Noise)코드를 사용하므로, PN 코드의 직교성을 이용하여 전파전달시간을 추정할 수 있으며, 이러한 TOA (Time of Arrival) 및 TDOA (Time Difference of Arrival) 측정값이 일반적으로 도래각(AOA)에 비하여 정확한 것으로 알려져 있다. 또한, AOA를 측정하기 위해서는 별도의 배열안테나가 필요한데 반하여, TDOA의 경우 기존의 통신 기반 시설을 그대로 사용할 수 있다는 장점이 있다. 그러나, 이동통신망을 이용한 측위에는 많은 오차요인이 존재하고, 더 나아가 측위가 가능한 조건도 좋지 않다. 특히, CDMA 시스템은 가청성, 원근문제, 비가시선 전송(Non-Line-of-Sight Propagation), 다중경로 등의 오차요인을 가지고 있다. 따라서 전파환경이 좋지 않은 도심지역에서는 CDMA망을 이용한 측위에 많은 어려움이 따른다.

현재 항법시스템으로 널리 쓰이고 있는 GPS는 도심의 광지역에서는 그 정확도가 10m에 이를 정도로 성능이 매우 좋으나, 건물 밀집지역이나 도심, 그리고, 실내에서는 단독으로 위치를 측정하는 것이 어렵다. 또한, 시스템을 켜 후에 위치를 처음 결정하는 데 걸리는 시간, 즉, TTFF(Time-To-First-Fix)가 위성궤도정보와 보정정보 등의 수신으로 인하여 매우 길기 때문에 이를 줄일 필요가 있다.

무선측위를 위한 기술, 특히 Assisted GPS 기술을 소개하고 앞으로의 기술발전 방향에 대해 설명한다.

2. 무선측위 기술

이동통신망에서의 위치를 결정하기 위한 기술은 전파의 패턴 매칭법, TDOA 방법, 그리고 GPS를 사용하는 방법으로 분류할 수 있다.

(a) Location Pattern Matching

위치에 따른 전파의 패턴 매칭법은 U. S. Wireless에 의해 개발되었으며, 특정 셀 내에서 사용자의 위치에 따라 기지국에 도달하는 전파의 RF의 서로 다른 특성과 다중경로의 패턴을 관측함에 의해서 사용자의 위치를 결정하는 방법이다. U. S. Wireless의 Radio Camera™ 기술은 신호의 RF 특성을 중앙 서버에 저장되어 있는 DB와 비교함에 의해서 사용자의 위치를 결정하게 된다. 이 방법은 기존의 이동통신망에 바로 적용할 수 있으며, 기지국이나 단말기의 변경을 필요로 하지 않고 기지국에 추가설비만을 갖추면 된다. 또한, 도심과 같이 위성신호가 부족하여 GPS가 동작하지 않는 곳에서도 측위를 할 수 있다. 그러나 방대한 서비스 지역의 모든 전파환경을 조사하여 DB화하여야 한다는 문제와 수시로 변화하는 전파환경에 빠르게 대처해야 한다는 구현 및 운영상의 문제점이 있다.

(b) TDOA

Cell-Loc과 True Position 사 등에 의해 채택되어진 TDOA를 이용한 위치 결정 기술은 넓은 지역에 있는 많은 기지국들을 이용하여 수신기의 위치를 결정하게 된다. 전파가 이동국에서 기지국으로 송신될 때, 1μ초당 300m를 이동하게 된다. 따라서, 신호를 보낸 시각과 신호를 받은 시각을 정확히 관찰함에 의해서 기지국과 이동국사이의 전파의 지연시간과 거리를 알 수 있다. 여러 개의 기지국에서 이러한 신호를 관찰하고 삼각측량법을 적용함으로써 사용자의 위치를 결정하게 된다. 두 개의 기지국에서 이동국의 전파를 측정하였을 때, 이러한 전파지연시간의 차에 해당하는 쌍곡선의 교차점이 사용자의 위치가 된다.

특히, Cell-Loc에 의한 Super Resolution 기술은 TDOA 추정기술을 이용하여 위치 정확도를 크게 향상시킨 기술이다. 사용자가 전화중인 경우에도 위치결정을 가능하게 하며, 다중경로 오차를 줄여 위치 정확도를 높이며, 건물이나, 도심의 빌딩숲에서도 사용자의 위치를 결정하는 망 기반의 위치 결정기술이다. 이 기술의 경우, TDOA 추정치의 정확도에 의해 통화자의 위치 결정의 성능이 결정된다.

그러나 TDOA 기반한 측위의 문제점 중에 하나는 비가시성분에 따른 오차이다. 특히 한국의 경우 도심지역에 많이 존재하는 중계기가 TDOA 측정치에 커다란 오차를 야기할 수 있기 때문에 TDOA를 이용한 측위는 아직 해결해야 할 문제점이 많이 있다.

(c) Wireless-Assisted GPS

Qualcomm과 Snaptrack에서 운용되는 GPS 방식의 무선측위 시스템은 위성정보를 결합하여 사용자의 위치를 지상의 어느 곳에서나 구할 수 있도록 한다. GPS의 고의적 오차인 SA가 2000년5월에 일반 사용자를 위하여 제거되어졌기 때문에 GPS의 위치 정확도는 더욱 향상되어

그 실용가능성이 높아졌다. 실외에서 얻을 수 있는 사용자의 위치 정확도는 대략 20m 내외이다.

양사에 의하여 GPS의 단점인 긴 TTFF 시간을 줄이고 위치 정확도를 향상시키기 위하여, 더욱 효율적이고, 비용이 덜 드는 WAG(Wireless Assisted GPS) 방식이 개발되었다. 현재 이 방식을 이용한 휴대폰 위치제공서비스가 미국, 일본, 그리고 국내에서도 상용화되어있다. Qualcomm 시스템의 채택은 기술적인 우월성보다는 시장의 원리에 의해 더욱 가속화되고 있다. WAG 기술에 대해 다음 절에서 상세히 소개한다.

위에서 나열된 세가지 기술 각각은 E-911의 요구조건을 만족하도록 개발되고 있다. 각 방법은 상호 보완적인 면을 지니고 있기 때문에, 예를 들면, GPS와 TDOA 방식의 통합 등이 피하여 지고 있는 상황이다. 두 시스템의 통합을 통하여 위치 정확도의 향상 및 그 가용성이 확대되리라 기대한다.

3. Wireless-Assisted GPS(WAG) 기술

GPS는 24개의 인공위성을 이용하여 위성신호를 해석함으로써 사용자의 3차원 위치를 장소와 시간에 관계없이 얻을 수 있도록 고안된 장치이다. GPS는 사용하기 쉽고 그 정확도가 높기 때문에 이동통신 사용자를 위한 무선측위에 적합하다. 그러나, GPS의 경우, 전력소모량과 처음 위치를 획득하는 데 걸리는 시간(TTFF: Time To First Fix)이 길며, 다중경로와 가시위성 부족으로 인한 도심에서의 위치 결정능력이 제한 받는 등의 단점이 존재하게 된다. 이러한 단점은 최근의 저전력 기술과 이동통신망을 이용한 분산 컴퓨팅 기술에 의해 극복되어 지고 있다. 최근의 기술개발은 소프트웨어 GPS 및 다중상관기를 이용한 다중경로의 완화와 네트워크를 통한 위성 위치, DGPS 보정 정보를 전달받아 응답시간을 신속하게 하고 위치 정확도를 향상시키는 데에 초점이 맞추어져 있다.

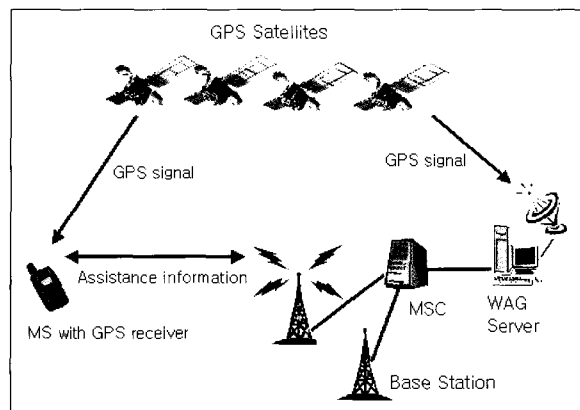


그림 1. Wireless-Assisted GPS의 구성도

현재 GPS를 단말기에 사용하는 방법은 크게 두 가지로 나누어진다. 첫째는 저전력의 GPS 칩셋을 단말기에 내장하거나, PDA(Personal Digital Assistant)에 GPS 모듈을 부착하는 방식에 의해서, 단말기 자체에서 위치를 구하는 방식과 둘째, GPS의 긴 워밍업 시간을 줄이기 위하여, 기지국에서 위성궤도정보 및 오차정보 등을 단말기에 전달하고, GPS 칩셋이 내장된 단말기는 기지국에서 전송된 데이터와 GPS 위성으로부터 측정된 의사거리를 이용하여 단말기의 위치를 짧은 시간 안에 구하는 Wireless Assisted GPS(WAG) 방식이 있다. 이들 두 방식은 위치 계산부 자체의 알고리즘은 거의 동일하다.

그림 1은 WAG의 구성도이다. WAG를 구현하기 위해서는 GPS 수신기를 내장한 이동국(MS)과 WAG 시스템을 운영하기 위한 GPS 수신기를 갖춘 측위 서버, 기지국(BS)과 이동국(MS) 사이에 보조 정보를 전송하기 위한 통신망이 필요하다. GPS 신호를 획득하기 위해서는 아무런 정보가 없는 상태일 경우 모든 위성에 대해 주파수와 코드로 이루어진 검색공간을 순차적으로 검색해야만 한다. 그러나 사용자 위치와 시간정보를 대략적으로 알 수 있다면, 위성의 궤도정보와 결합하여 사용자의 위치에서 보이는 위성의 번호와 도플러 천이 값을 예측할 수 있기 때문에 검색해야 할 위성의 개수를 줄일 수 있다. 또한 사용자의 위치와 현재의 시각정보는 없지만, 현재 동작하고 있는 위성의 번호를 알고 있다면 검색해야 할 위성의 개수를 줄일 수 있다. 그러므로 WAG를 사용할 경우 위성의 궤도정보 및 보정정보 등이 WAG 서버로부터 이동국에 전송되기 때문에 Stand-Alone GPS에 비해 응답시간이 빠르며, GPS의 신호가 약한 도심이나 실내에서 GPS 신호 검출에 큰 도움을 준다.

GPS 수신기의 응용분야에 따라 연속적인 항법해 보다 한 순간의 항법해를 요구하는 경우가 있다. 특히 무선측위의 중요한 사용 분야인 E-911시스템에 적용할 경우 사용자의 긴급호출이 있을 경우 빠른 시간내에 순간적인 항법해를 요구하게 된다. 일반적인 수신기에서는 신호 획득과정에서부터 최초 항법해를 제공하기까지 약 1분 이상의 시간을 소비하기 때문에 필요한 순간의 항법해를 얻기 위해서는 1분 이상의 시간을 기다리거나 빠른 정보를 얻기 위해서 수신기를 연속적으로 동작시켜야 한다. 그러나 1분의 시간은 사용자가 기다리기에는 너무 긴 시간이며, 연속적으로 수신기를 계속해서 동작시키는 것은 휴대용 단말기의 경우 소비전력이 증가하게 된다. 그러나 WAG를 이용한다면 GPS 수신기의 신호획득 시간을 감소시킬 수 있으며 항법해 역시 보다 빠르게 얻을 수 있다. WAG 서버는 단말기의 서비스 요구에 따른 특정 데이터를 제공하게 된다. 단말기와 WAG 서버의 데이터 통신 과정을 그림 2에 나타내었다.

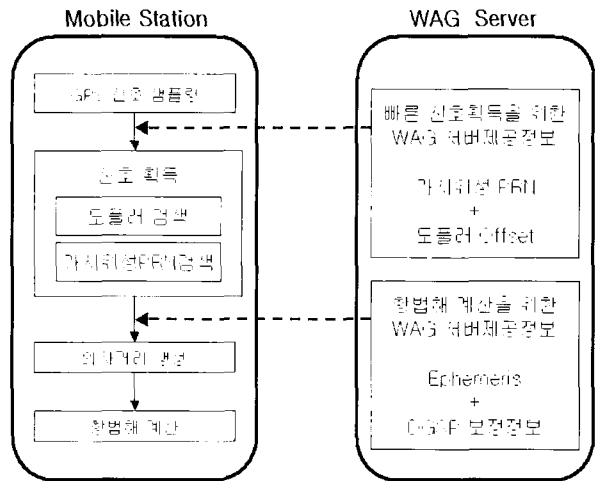


그림 2. WAG Server 시스템 구성

WAG 서버의 데이터는 사용자가 요구할 경우 각 사용자에게 전송된다. WAG 서버 정보는 요구 수준에 따라 사용자가 현재 볼 수 있는 위성 PRN(Pseudo Random Number) 목록, 위성의 도플러 오프셋(Doppler offset) 정보, 궤도 정보 및 DGPS 정보가 전송된다. 이러한 데이터 제공 시 네트워크 지연을 최소화 하기 위해 전송 데이터량을 가능한 작게 해야 하고 이 데이터를 바탕으로 사용자는 아주 짧은 GPS 신호 데이터만을 이용하여 의사거리 측정치를 추출해 낼 수 있다.

임의의 시간에 짧은 양의 샘플 데이터를 이용하여 신호의 획득을 하기 위해서는 모든 위성에 대한 가능한 도플러 구간의 검색을 수행하여야 한다. WAG 서버의 위성정보를 이용할 수 있는 경우에는 서버의 가시위성 정보와 도플러 예측값을 샘플 데이터의 도플러 검색의 기준값으로 이용하여 도플러 검색 위성과 주파수 범위를 감소시킬 수 있다. 이때 서버의 도플러 정보가 사용자에게 적용되기 위해서는 서버와 사용자의 클럭이 동기 되어져 있어야 한다.

네트워크의 동기란 이상적으로는 망을 구성하는 모든 디지털 장치들이 하나의 기준 동기 클럭원에 동기되는 것을 말한다. 이러한 동기 네트워크 망에서는 기지국과 사용자의 클럭이 동기 되어 있기 때문에 기지국의 정보가 유용하다. 그러나 비동기 망에서는 사용자의 클럭이 기지국과 동기 되어 있지 않기 때문에 사용자의 시계오차가 도플러 오차로 작용하게 되어 기지국의 정보를 이용할 수 없게 된다. 따라서 위성의 동특성에 기인한 가능한 도플러 전 구간을 검색하여야 한다. 그러나 사용자 시계오차는 모든 위성에 대하여 공통이기 때문에 사용자 시계오차를 한 개의 위성에 대하여 검색을 통하여 결정하면 다른 위성의 도플러 검색 과정에서 이를 사용할 수 있게 된다.

또한, WAG 서버 안에 내장된 지도정보나 각종 데이터 베이스를 사용할 경우 정확한 위치를 구하는데 도움이 된다. 위치 결정을 위한 연산을 이동국과 통신망으로 분산이

가능하기 때문에 연산량을 줄일 수 있으며, 이동국의 전력 소모량이 감소하여 휴대성을 높일 수 있다. 그리고 이동국의 위치를 통신 서비스 제공업체가 공유하게 되어, 서비스 제공 업체는 Handover와 같은 시스템의 효율을 높이는 데 필요한 정보로 이용이 가능하며, 사용자는 위치에 기반한 부가 서비스의 혜택을 받을 수 있다. 여기서 위치에 기반한 부가 서비스로는 사용자의 위치에 따른 차별적인 요금제나 사용자의 주변 지리 정보제공 및 목적지까지의 경로제공 등이 있다.

WAG 방식의 단점은 통신망 기반 방식과는 달리 GPS 신호를 수신하기 위해 GPS 칩셋 및 듀얼 주파수 안테나를 가진 새로운 단말기가 필요하고, 이에 따라 단말기의 제조 원가가 올라가게 된다. 보조정보를 획득하고 전송하기 위한 부가적인 설치비용 투자가 요구되고, MS와 BS 간의 보조정보 전송으로 인해 통신망의 구조가 복잡해지고 통신 부하가 증가하게 된다. GPS를 사용할 경우 측위의 정확도는 높지만, 도심이나 실내에서 가시위성 확보의 어려움이 있다. 반대로 통신망기반 방식의 경우 도심이나 실내에서 측위 신호의 확보가 용이 하지만 측위의 정확도가 낮고, 도시 외곽지역에서 BS의 수가 적기 때문에 측위 신호의 확보가 어렵다. 따라서, 두 시스템간의 장단점을 보완하기 위한 GPS와 통신망 방식의 통합에 대한 연구 개발도 동시에 수행되고 있다.

GPS/TDOA 혼합항법은 가중치 최소자승법 (WLS)을 사용한다. 일반적으로 GPS 측정거리 오차보다 TDOA 측정거리 오차가 크다. 따라서, GPS신호가 4개 이상이면 GPS만을 가지고 위치를 구하는 것이 좋은 결과를 준다. GPS 신호가 3개 이하일 때는 TDOA 측정값을 이용해야 하는데, TDOA 측정값에는 NLOS 오차 및 다중경로 오차 등이 포함되어 있으므로 이 오차들을 줄일 수 있어야만 E911을 만족하는 위치 정확도를 가질 수 있다.

4. 결론

무선통신과 인터넷망이 결합한 위치기반서비스, 차량과 통신시스템이 결합한 텔레매틱스 및 ITS 등이 상용화되어 서비스를 제공함에 따라 보다 정확하고 연속적인 위치정확도의 제공이 필요하게 되었다. GPS는 정확도와 가용성의 장점 때문에 실외는 물론 실내에서도 계속 사용될 것이고 Assisted GPS가 이를 위한 방법으로 개발되어 있다.

또한 최근에는 유비쿼터스 Computing을 위한 핵심기술로 실내에서의 측위가 더욱 주목을 받고 있다. 이를 위해서

무선통신 기술인 블루투스, 무선랜, 그리고 UWB를 이용한 실내측위(Indoor Positioning) 기술의 개발이 진행 중에 있다. 측위기술의 관점에서 본다면, NLOS와 다중 경로에 의한 측위오차의 해결이 이러한 다양한 전파시스템을 이용한 측위시스템 개발을 위한 기술적인 난제로 남아 있다.

참고문헌

1. FCC 99-245, *To Ensure Compatibility with Enhanced 911 Emergency Calling Systems*, Federal Communication Commission, 1999
2. J. Caffery Jr., *Wireless Location in CDMA Cellular Radio Systems*, Kluwer Academic Publishers, 2000
3. M. Moeglein, N. Krasner, "An Introduction to Snaptrack Server-Aided GPS Technology", *ION-GPS98*, September, 1998
4. B. Richton, G. Vannucci, and S. Wilkus, "Assisted GPS for Wireless Phone Location-Technology and Standards", *Symposium on Next Generation Wireless Networks*, New Jersey Institute of Technology, Newark, NJ, May 2000.

저자소개



〈지 규 인〉

- 1982년 서울대학교 제어계측공학과 (공학사).
- 1984년 서울대학교 제어계측공학과 (공학석사).
- 1989년 Case Western Reserve University 시스템공학과 (Ph.D.).
- 1990년 Rensselaer Polytechnique Institute 박사 후 연구원.
- 1990년~1992년 강원대학교 제어계측공학과 전임강사.
- 1992년~현재 건국대학교 전자공학과 교수.
- 2000년 9월~2001년 8월 University of Calgary, Geomatics Engineering Dept. 교환교수.
- 주요 관심분야 : GPS, Wireless Location, Indoor Positioning, Software GPS 수신기 등.