

# IT 융합 위치인식 기술

송유승 | 박상준  
한국전자통신연구원

## 요 약

위치정보에 기반한 다양한 서비스들이 IT융합을 통해 급속히 발전하면서 스마트 폰 시장의 활성화와 맞물려 일반 대중에게 깊이 자리를 잡고 있다. 통신 단말기 제조 업체뿐만 아니라 일반 산업체 및 통신 사업자들에게도 IT융합 기술을 활용한 위치인식 솔루션 및 시스템에 대한 관심이 급속도로 높아지고 있다. 본고에서는 기존의 GPS를 통한 위치인식 기술뿐만 아니라 통신 네트워크와 기타 여러 전파원을 활용한 위치 인식 기술 및 네트워크 기반의 기술과 단말기 기반 기술과의 혼합 방식을 통한 위치인식 기술들을 소개하고자 한다.

## I. 서 론

최근 들어 이동통신 네트워크 전송기술의 향상과 고사양의 스마트 폰 등장 그리고 무선 인터넷 시장이 급속하게 성장하고 있는 상황에서 사회 안전 및 재난 통제를 위한 위치인식 기술의 국가 차원의 필요성과 위치인식 기반의 사회 관계망(SNS) 서비스와 같은 새로운 시장이 함께 맞물리면서 위치인식 기술이 IT융합기술의 대표 기술로 부상하였다. Juniper Research 보고서에 따르면 2014년에 세계 위치인식 서비스 시장의 규모가 140억 달러에 이를 것으로 예측하고 있으며 Gartner 조사 결과에서 2010년 mobile 분야 10대 mega-trend에서 위치기반 서비스가 2위로 선정되는 등 2012

년까지 300% 이상의 초고속 성장이 예상되고 있다.

최근 고 사양 스마트 폰의 빠른 보급과 함께 무선랜 기술이 단말에 탑재되어 위치인식 기술 또한 기존의 GPS 및 이동 통신망을 활용한 기술에서 무선랜을 활용한 새로운 위치인식 기술들이 개발되어 상용화 되고 있다. 또한 Macro 위치인식 시스템과 Micro 위치인식 시스템을 연동하여 실내의를 끊임없이 위치인식 서비스를 제공하기 위한 기술도 연구되고 있으며 GPS의 음영지역을 보상하기 위해 네트워크 기반 기술과 혼합한 기술도 연구 개발되었다.

본고에서는 위치인식 기술을 위한 기본적인 거리측정 방식 및 위치계산 기법들을 소개한다. 또한 현재 사용되고 있는 단말기 기반의 GPS 위치 인식 기술과 네트워크 기반의 위치인식 기술을 소개한다. 그 외 다양한 전파원을 이용하고 정밀 위치인식 기술들을 활용한 시스템을 설명한다. 마지막으로 특수한 환경에서 사용되는 멀티 홉 위치인식 방식 및 위치인식을 위한 정보가 부족한 경우 사용되는 근사기법도 소개한다.

## II. 본 론

### 1. 위치인식 기술의 기본개념

위치인식 과정은 크게 거리 정보를 획득하는 단계와 거리 정보를 이용하여 위치를 인식하는 단계로 구분할 수 있다. 본 절에서는 거리를 측정 방식들과 위치를 계산하는 기술들을 나열하고 설명한다.

1.1 거리 및 방향 측정 기법

기준국과 단말기 간의 거리를 측정하는 기법들과 단말기로부터 기준국에 도달하는 전파방향 등을 측정하는 기법은 아래와 같다.

• Proximity (or Cell ID)

기준국을 중심으로 전파가 도달하는 거리 내에 대상의 존재를 판단할 수 있으며 통신 반경에 비례한 오차 정확도를 가진다.

• RTT (Round Trip Time)

전파가 왕복하는데 소요되는 시간을 측정하여 거리를 구하는 방식으로 타임 스탬핑의 정밀도에 따라 성능 차이가 발생한다.

• TOA (Time of Arrival)

전파가 도달 시간을 측정하여 거리 값을 구하는 기법이며 타임 스탬핑과 시각동기의 정밀도에 따라 성능의 차이가 발생한다.

• TDOA (Time Difference of Arrival)

다수의 기준국에 도달한 전파의 시간 차이를 측정하여 거리를 구하는 기법이며 각 장치의 타임 스탬핑과 시각동기의 정밀도에 따라 성능이 달라진다.

• AoA (Angle of Arrival)

방향 측정이 가능한 안테나를 사용하여 도달한 전파의 방향정보를 얻는 기법으로 LoS(Line of Sight) 환경에서 안테나 수가 많을수록 정밀도가 높아진다.

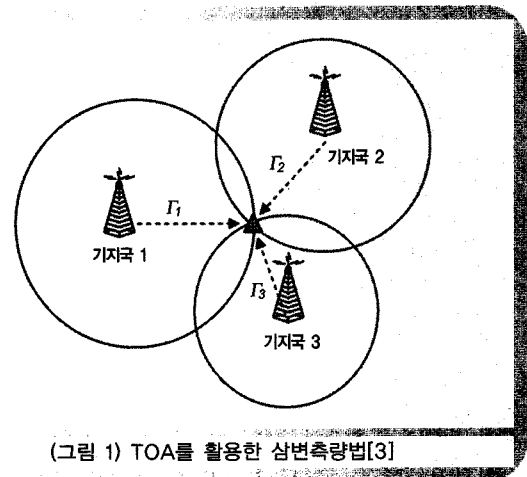
• RSS (Received Signal Strength)

도달 전파의 세기를 wave propagation model에 대입하여 거리를 계산해 내는 방식으로 통신 환경과 전파전파 모델에 따라 정밀도가 결정된다.

1.2 위치계산 기법

• Trilateration (삼변측량법)

세 개의 기준국들이 단말기까지의 거리를 측정하여 구한 값을 반지름으로 하는 세 개의 원들의 중첩 면을 탐색하여 단말의 위치를 찾는 방식이다.



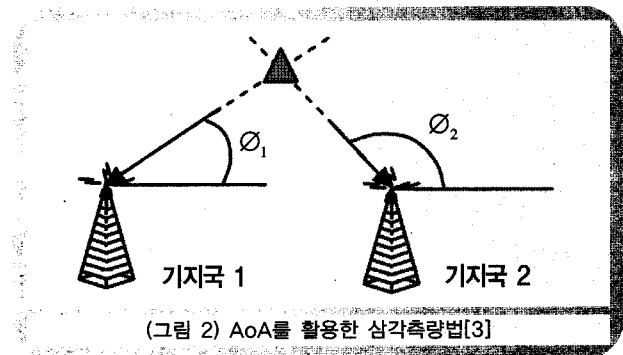
(그림 1) TOA를 활용한 삼변측량법[3]

• Multilateration (다변측량법)

셋 이상의 기준국들이 단말기까지의 거리를 측정하여 구한 값을 반지름으로 하는 다수의 원들이 중첩되는 면의 정보를 최소 자승법(least square) 방식이나 최대 가능도(maximum likelihood) 방식을 사용하여 단말의 위치를 찾는다.

• Triangulation (삼각측량법)

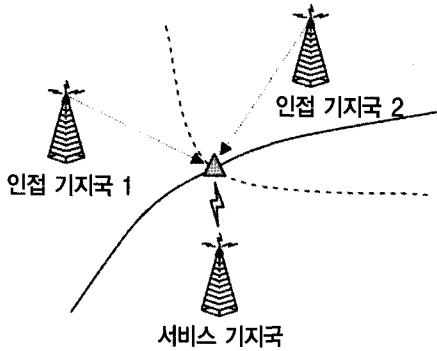
두 기준국과 단말기간의 거리 정보와 전파 수신 각 정보를 이용하여 단말의 위치를 추정하는 기법이다.



(그림 2) AoA를 활용한 삼각측량법[3]

• Hyperbolic Estimation (쌍곡선측량법)

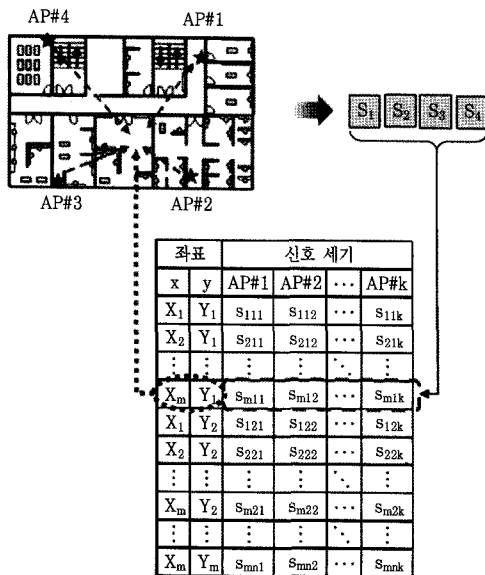
셋 이상의 기준국들간의 TDOA정보를 통해 얻어지는 쌍곡선들의 중첩되는 부분을 이용하여 단말의 위치를 추정한다.



(그림 3) TDOA를 활용한 쌍곡선측량법[3]

• Fingerprint

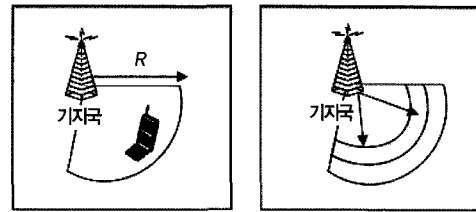
단말기 위치에 따른 기준국들 수신전파 특성을 먼저 저장하여 구축한 후 단말에게 수신되는 가장 흡사한 전파특성을 구축된 데이터베이스로부터 검색하여 단말의 위치를 찾아낸다. 환경변화 시 마다 데이터베이스를 다시 구축해야 하며 전파 특성이 많을수록 위치추정 오차도 커지게 된다.



(그림 4) Fingerprint 위치인식 기법[4]

• Proximity ( or Cell ID)

각 기준국들에 대한 고유한 통신 coverage가 존재하는 상황에서 기준국에 단말기의 인식 유무에 따라 단말기의 위치를 좁혀나가는 방식이다.



(a) Cell-ID (b) Enhanced Cell ID

(그림 5) Cell-ID 방식비교[3]

2. 위치인식 시스템

본 절에서는 위치인식 시스템을 coverage 영역에 따라 분류하였다. 각 위치인식 시스템간의 특징과 실제 구현된 기술을 소개한다.

2.1 Macro 위치인식 시스템

Macro 위치인식 시스템은 GPS와 이동통신 망을 활용하여 광범위한 위치인식 서비스를 제공한다. 먼저 인공위성을 이용한 GPS위치인식 시스템은 지구 궤도상의 24개의 인공위성과 지상의 관제국 그리고 GPS 단말(수신기)로 구성된다. 단말기에서 위치를 계산하는 단말기 기반(handset based) 방식으로 지구상의 대부분의 지역에서 서비스가 가능하지만 GPS 수신기가 필요하고 실내 및 건물 밀집지역에 대해서는 정확한 위치인식이 불가능하며 초기 위치인식 시간이 길다는 단점이 존재한다. GPS를 활용한 대표적인 위치인식 시스템은 아래와 같다[2].

• GPS

GPS는 삼각측량법의 원리를 사용하여 단말기의 위치를 측정한다. 인공위성과 단말기간의 거리는 위성에서 발생시키는 부호 신호의 발생 시점과 수신 시점의 시간 차이를 통해 빛의 속도를 곱하여 계산한다.

• A-GPS (Assisted GPS)

정확도 향상을 위해 단말이 위성과 무선 네트워크 기지국으로부터 정보를 수집하여 위치를 측정하거나 수집된 정보를 PDE(Position Determination Entity)에 전달하여 위치정보를 계산하도록 하는 방식이다.

• D-GPS (Differential GPS)

지상에 기준 수신기를 설치하고 이 수신기로부터 위성의 위치에 따른 GPS 오차 보정신호를 받아 수신기의 위치신호 오차를 개선하는 방식이다.

• Galileo

유럽의 Galileo 시스템은 미국의 GPS와 호환되어 GPS의 음영지역 문제를 해결하고 전세계의 96% 정도를 cover하게 된다.

CDMA, GSM/GPRS, WCDMA, WiBro(Mobile WiMAX), LTE(Long Term Evolution) 등의 이동 통신망 기반 위치인식 시스템은 네트워크 기반(network based) 방식이므로 단말기에 추가적인 확장이 필요 없으나 기지국의 시각동기를 위한 타이밍 모듈이 필요하며 GPS와 마찬가지로 실내 및 도심 지역에서는 음영지역이 발생하므로 정확한 위치인식에 장애가 발생한다. 이동통신망을 활용한 대표적인 위치인식 방식은 1장에서 설명한 Cell-ID/TOA/TDOA/AOA/RSS 등의 기법을 통해 기지국들과 단말기 간의 거리를 계산하고 삼변(다변)측량법/삼각측량법/쌍곡선측량법 등을 통해 단말기의 위치를 추정한다. 그 외 GPS와 혼합한 형태 및 발전된 형태의 네트워크 기반 위치추정 방식은 아래와 같다.

• E-OTD (Enhanced Observed Time Diff.)

네트워크 기반 방식과 단말기 기반 방식을 혼합한 방식으로 GPS를 지원하는 단말이 두 개 이상의 기지국과 TDOA를 통해 위치정보를 계산한다.

• A-FLT (Advanced Forward Link Trilateration)

E-OTD와 흡사한 방식이며 기지국들로부터 Pilot 신호를 사용하여 TDOA를 계산한다. IS-95 Cellular 시스템이 GPS와 시간동기가 되어있는 이점을 이용할 수 있다.

• E-FLT (Enhanced Forward Link Trilateration)

A-FLT과의 차이점은 다른 signaling protocol을 사용하며 위치추정 장치로부터 부가적인 정보를 이용한다는 점이다.

2.2 Micro 위치인식 시스템

Micro 위치인식 시스템은 Macro 위치인식 시스템을 사용할 수 없는 지역에 다양한 형태의 전파신호를 사용하여 실내와 건물 밀집지역 등에서 위치정보 서비스를 제공한다. 대표적인 방식은 아래와 같다[4].

• 적외선(IR) 기반 위치인식 기술

실내 곳곳에 설치된 적외선 센서가 고유 ID 코드를 가진 적외선 장치를 인식하여 위치를 찾아내는 방식이다. 시스템 구성이 간단하며 LOS 환경에서 가시거리 내에서 사용이 가능하나 형광이나 직접 태양광이 비치는 장소에서는 사용이 불가하다.

- Active Badge : AT&T Lab.에서 개발한 시스템으로 실내 천정에 적외선 수신기 센서를 부착하고 위치인식 장치의 Badge로부터 송출하는 고유 식별정보를 적외선 수신기가 수집하여 위치를 결정한다.

• 초음파 기반 위치인식 기술

빠른 RF신호와 느린 초음파의 전송 속도 차를 이용하여 대상 물체의 위치를 찾아내는 방법이다. 3차원 인식이 가능하고 매우 정확한 위치정확도를 가지나 고가의 인프라 설치 비용이 발생하는 단점이 있다.

- Active Bat : Cambridge computer Lab.에서 개발한 시스템으로 최고 3cm의 정확도를 가지며 이동체에 설치된 발신기로부터 실내 고정 설치된 수신기까지의 신호 도달 시간을 이용한 삼변측량법을 이용한다.

- Cricket : MIT에서 개발한 시스템으로 Active Bat과는 반대로 위치인식 대상에 수신기를 부착하고 고정된 발신기로부터 초음파를 수신하여 위치를 결정하는 방식이다.

• UWB 기반 위치인식 기술

UWB는 단거리 구간에서 저전력 광대역 주파수를 통해 디지털 데이터를 전송하는 무선 통신 기술로서 수 cm이내의 정확도를 가지며 RFID에 비해 전파 도달거리가 길다는 장점이 있으나 국가간의 가용 주파수 대역 확보 및 개당 생산 단가가 높다는 단점이 존재한다.

- Ubitag : Ubisense사가 개발한 시스템으로 Ubitag는 고유한 식별자를 UWB를 통해 송신하고 고정 부착된 Ubisensor들이 전파를 수신하여 TOA/TDOA 등의 기법을

활용하여 Ubitag의 위치를 계산한다.

• Bluetooth 기반 위치인식 기술

Bluetooth는 다양한 무선장치간의 짧은 거리에서 음성 및 데이터 전송을 위해 개발된 단거리 무선 통신 표준이며 RSSI를 통해 삼각측량법으로 위치인식이 가능하다. 저가의 인프라 설치비용은 장점이나 장치들간의 송수신 latency가 커서 동적인 환경에서는 위치 정확도가 감소하게 된다.

• RFID 기반 위치인식 기술

RFID는 Tag와 Reader로 구분되며 Reader가 activation 신호를 송출하면 근처의 Tag는 자신의 고유 ID를 회신한다. Reader는 회신된 정보를 통해 근처에 어떤 Tag들이 있는지를 판별할 수 있다. 근접 센서 이므로 NLOS 오차문제는 없으나 전파 통달거리가 짧으므로 위치인식 시스템으로 활용 시 높은 밀도로 Reader를 설치해야 한다.

- SpotOn : RFID를 활용한 대표적인 시스템으로 대상이 되는 Tag에 대해 각 노드에서 수집된 신호세기 데이터에 군집 알고리즘을 사용하여 위치를 계산한다.

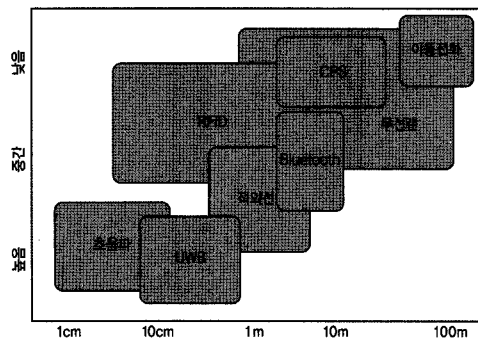
• 무선랜 기반 위치인식 기술

무선 AP로부터 송출되는 전파의 수신 세기 값인 RSS를 통해 전파전파 모델을 사용하여 전파 도달 거리를 계산한 후 무선랜 수신 단말기의 위치를 결정하는 방식과 앞서 설명한 Fingerprint 방식을 사용하여 위치를 계산한다. 이동성이 양호하고 네트워크의 확장이 용이하여 여러 장소에 무선 AP가 설치되면서 coverage가 확장되고 있다.

- RADAR : Microsoft사가 개발하였으며 AP에서 송출되는 전파의 RSS값과 Fingerprint 방식을 이용하여 수신기의 위치를 결정하는 방식이다.
- AeroScout : 이스라엘 업체로 넓은 실내환경이나 실외환경에서는 전용 AP를 활용한 TDOA 방식을 사용하고 좁은 실내 환경에서는 RSSI 방식을 사용한다. 단말기에 125KHz에서 동작하는 수동형 RFID Tag를 포함하고 있어서 Tag의 설정 변경을 비롯한 다양한 기능을 제공한다.
- PanGo : PanGo Networks가 개발한 솔루션으로 RSSI 기반의 위치인식 기술을 사용함으로 기존의 AP 활용이 가능하다. PanGo Tag는 Wi-Fi client 모드에서는 위치정보

와 상태정보를 전송하고 Beacon 모드에서는 Tag의 식별 정보 확인을 위한 MAC 주소 정보만을 전송한다.

- Ekahau : 기존의 AP를 위치인식 용도로 재활용이 가능하도록 시스템 솔루션이 software만으로 구성되어 있다는 특징이 있다. 또한 Fingerprint 방식을 사용하여 정확도를 개선하였으나 무선랜을 지원하는 단말기에 위치추적을 위한 전용 client를 설치해야 하는 단점이 있다.
- WPS (WiFi Positioning System) : 무선 AP의 정보를 이용하여 실외 환경에서 위치인식을 위한 솔루션이다. 무선랜 AP의 고유 ID를 이용하여 무선랜 AP가 설치된 건물 혹은 이정표 정보를 위치정보로 제공한다.



(그림 6) 위치측정 기술 정확도(가로) 및 도입수준(세로)[1]

2.3 다중 홉 위치인식 시스템

앞 절에서 설명된 삼변측량법 등과 같이 충분한 reference node들이 대상 단말기 주위에 확보되지 않는 경우 다중 홉 기반의 위치인식을 통해 필요한 reference 정보를 확보하게 된다. 이를 위해서는 우선 거리정보를 확보하기 위한 다중 홉 기반의 거리 측정기법(Hop based distance estimation), 고정 좌표를 확보하기 위한 좌표 확보 기반 다중 홉 위치인식 기술(Sparse anchor based localization) 그리고 연결성이 부족한 node들의 위치 추정을 위한 근사값 계산기법(Approximation) 등이 존재한다.

• Hop based distance estimation

좌표를 가진 node를 활용하여 고정 좌표와 대상 node간의 거리 값을 확보한다. 환경적인 조건으로 높은 밀도의 네트워크가 요구되면 이러한 네트워크의 밀도에 따라 정밀도가

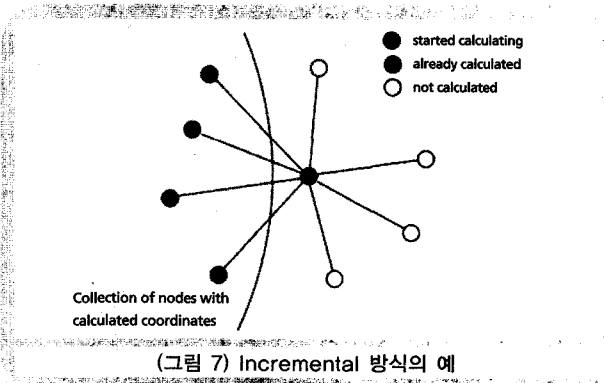
좌우된다[5-6].

- DV(Distance Vector) hop : 위치를 아는 node와 측정하고 자 하는 node의 거리를 홉 수 기반으로 측정한다.
- VDV(Virtual DV) hop : node 배치에서 발생하는 네트워크 Hole을 고려한 정확한 홉 수를 목적으로 하여 Hole 주변의 경계(boundary) node를 찾아 최소 홉 수를 내는 경로를 찾는다.
- SDV(Short DV) hop : 거리 측정을 수행할 때 최소 홉 수를 갖는 route를 결정하도록 하는 기법이다. 위치를 아는 node와의 평균 홉 수를 이용한 최소경로를 추출하고 상대적으로 홉 수가 큰 node를 위치 측정에서 제외하여 측정 성능을 향상 시킨다.

• Sparse anchor based localization

측정된 node들이 다른 node들에게 위치좌표를 제공하는 기법이다. 1홉 내에서 위치측정이 가능한 장치를 시작으로 위치 측정을 시작하여 주변의 node에게 좌표를 제공하는 방식이다. 이 또한 높은 밀도의 네트워크가 요구되며 각 지점에 좌표를 알 수 있는 anchor node가 필요하다. 크게 점증적 방식(Incremental)과 공존 방식 (concurrent) 이 있다.

- Incremental : 1홉 위치측정이 가능한 지점부터 계산하여 측정된 node들을 활용하여 측정이 가능한 영역을 넓혀나가는 방식이다. 이 방식은 측정 순서나 node 배치에 따라서 오차 발생 확률이 달라진다.
- ⇒ AHLoS (Ad-hoc Localization System) : Incremental 방식의 대표적인 예로 1 홉 위치 측정이 가능한 node로부터 측정을 수행하며 추가된 node들을 활용하여 주변 node들을 점차 측정하는 방식이다.

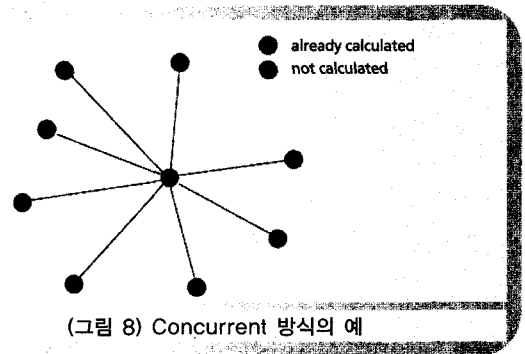


(그림 7) Incremental 방식의 예

⇒ Underwater localization : 수중에 존재하는 node의 위치를 수면의 GPS와 측정된 node를 활용하는 기법을 적용하여 3차원으로 측정하는 방식이다.

⇒ ABC (Assumption Based Coordinates) : Anchor node 없이 local 좌표를 삼변 측량기법으로 생성하는 방식이다.

- Concurrent : 전체 node의 위치 좌표를 임시의 값으로 두어 각각의 위치를 계산한 후에 제공한 실제좌표를 치환하여 전역의 위치정보를 얻는 방식이다. 네트워크 토폴로지와 거리 정보를 이용한 전역적인 근사 계산을 수행한다.



(그림 8) Concurrent 방식의 예

⇒ AFL (Anchor Free Localization) : Concurrent 방식의 대표적인 예로 토폴로지 및 거리 정보를 활용하여 각 node가 겹치지 않게 2차원 상에 배치하고 중점에서 각 node의 각 node의 각 정보와 통신 범위를 이용하여 전체 보정을 수행한다.

⇒ Terrian : Anchor node가 local 좌표의 중심이 되어 ABC를 수행하여 오류 보정 및 실제 위치를 구성하는 방식이다.

⇒ Component based localization : Local 좌표를 분산적으로 만든 후 통합하고 anchor node를 통해 위치를 추정하는 방식이다.

• Special localization (approximation)

위치 측정을 위한 정보를 보충하지 않고 근사값이나 조건을 활용한 위치인식 계산 기법이다. 위치계산을 위한 정보가 부족할 때 발생하는 불확실성을 제거하는 기법과 삼변 측량법 이외의 측정 기법을 이용하여 위치를 인식하는 방식이 존재한다.

- Trilateration 불확실성 제거

⇒ N-hop Multilateration : 위치를 아는 node가 부족한 경우 예상되는 위치를 적용하여 중복 연산을 통해 오차를 줄인다. 삼변측량법의 불확실성을 보정하기 위해 유효범위 내 node를 선정한 후 재 측정을 수행하는 방식으로 위치오차를 줄인다.

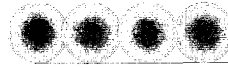
⇒ CSA (Collaborative Sparse Anchor) algorithm : 정보가 부족한 상황에서의 삼변측량 후 위치 측정 결과의 불확실성을 없애기 위해 주변 node의 통신범위를 고려하여 node의 최종 위치를 결정하는 방식이다.

- Trilateration 이외의 기법

⇒ APIT : 세 개의 Anchor node로 만든 삼각형 내에 node가 있는지를 테스트하여 존재 범위를 탐색하는 방식이다.

⇒ Lane level positioning : 차량의 위치를 차량의 통신 및 GPS를 이용하여 확률기반의 알고리즘을 통해 위치를 인식하는 방식이다.

⇒ PL(Probability based Localization) : 선형 토폴로지로 구성되는 node가 드문 네트워크에서 배치를 통해 위치를 측정하는 방식이다.



- [1] 김학용 “Wireless LAN-Based LBS Services,” Telecommunications Review 제16권 2호 2006년 4월
- [2] 김재호 외 3명 “유비쿼터스 위치기반 서비스 및 위치인식시스템 연구동향,” 정보통신 기술 정책 및 산업 주간 기술 동향, 2003년 12월
- [3] 이성호 외 4명 “위치기반서비스 기술 동향,” 전자통신 동향분석 제20권 제3호 2005년 6월
- [4] 조영수 외 5명 “실 내의 연속측위 기술 동향,” 전자통신 분석 제22권 제3호 2007년 6월
- [5] D. Niculescu and B. Nath, “DV Based Positioning in Ad hoc Networks,” In Journal of Telecommunication Systems, 2003
- [6] Koen Langendoen “Distributed localization in wireless sensor networks,” Computer Networks Volume 43, Issue 4, 15 November 2003, Pages 499-518
- [7] Pei Zhang “Collaborative Localization Estimation for Sparse Mobile Sensor Networks,” Information Processing in Sensor Networks, 2008

### III. 결 론

본고에서 위치인식 기술에 필요한 기본적인 거리 측정 방식들과 위치 계산 기법들을 소개하였다. 단말기 기반의 GPS 방식과 네트워크 기반의 이동 통신망을 활용한 Macro 위치인식 시스템을 소개하고 상기 두 가지 기반을 융합하여 성능을 향상시킨 혼합형 위치인식 기술도 언급하였다. Micro 위치인식을 위한 여러 전파원을 활용한 기술들과 대표적인 시스템들을 소개하였다. 이러한 기술들은 상호 보완적으로 음영지역을 최소화 하고 끊임없이 서비스가 제공되도록 기술들간의 연동을 통해 사용자에게 언제 어디서라 제공 가능한 유비쿼터스 위치기반 서비스로 발전할 것이다.

### 약 력



1996년 국립중앙대학교 학사 졸업  
 2001년 Wichita State UNV 석박사 졸업  
 2001년 ~ 2005년 삼성전자 통신연구소 책임연구원  
 2005년 ~ 현재 한국전자통신연구원 선임 연구원  
 관심분야 : Mobile WIMAX, WLAN, Mesh Network

송 유 송



1988년 경북대학교 학사 졸업  
 1990년 경북대학교 공학 석사 졸업  
 2006년 North Carolina State UNIV 박사 졸업  
 1990년 ~ 2001년 국방과학연구소 선임연구원  
 2006년 ~ 현재 한국전자통신연구원 팀장  
 관심분야 : Wireless Sensor Network, WiFi Mesh Network, Multi Sensor Data Fusion

박 상 준