

상용 휴대폰을 이용한 LBS 시스템 구축

Development of LBS used cellular phone

이경규*, 이용우
(Kyoung-Gyu Lee and Yong-Woo Lee)

Abstract : This article describes a development CDMA LBS in order to apply to “Control System of Underground Infrastructure Fire Accident” which one of U-City Projects of Seoul City. Our goal guides taking shelter of the sufferer it will not be able to use a GPS when the fire occurs from subway station. There are Location measurement methods which measures the AOA(Angle of Arrival) of the signal which it sends with the MS(Mobile station) from the BS(Base station), an electronic delivery time (TOA:Time of Arrival) and the relative difference of electronic arrival time from Base stations (TDOA:Time Difference of Arrival). This time the error due to a multiplex course error and near-far problem and NLOS(Non Line of Sight). We are planning to construct the Test Bed which is an error below 1 meter.

Keywords: CDMA, LBS(Location Base System), TOA, TDOA, U-City

I. 서론

서울시 산학연협력사업인 “스마트(유비쿼터스)시티를 위한 지능형 도시정보 컨버전스 시스템개발” 사업에서 지하구조물 화재 사고처리 시스템은 지하철역사와 같은 지하 건축물에서 화재가 발생했을 때 난민들이 가지고 있는 단말기들에서 사고의 경보와 난민들의 위치정보를 알리고 최단 대피경로를 탐색하며 대피하도록 안내를 해주는 시스템이다.

그림 1은 지하구조물에서 화재 사고 처리 시스템의 개요를 설명하고 있다.

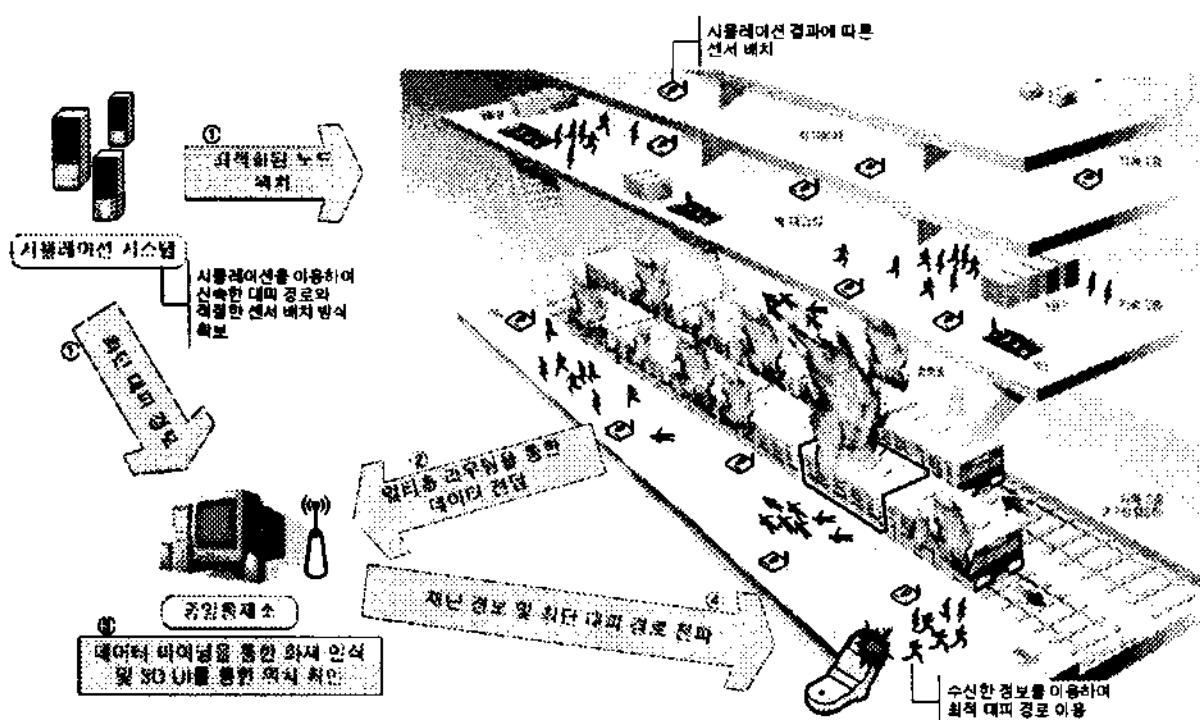


그림 1. 지하구조물 화재 사고 처리 시스템.
Fig. 1. Control System of Underground Infrastructure Fire Accident

그림 1에서 시뮬레이션 시스템에서는 화재 발생시 신속한 대피경로를 확보 하고, 화재 발생을 인지 하기 위한 센서들의 배치를 사전에 준비 하도록 하고 있다. 화재 발생시에는 센서들의 화재 경보를 중앙통제소에서 화재 인식을 하도록 전달하고, 중앙 통제소에서 화재경보와 최단 대피 경로를 난민의 단말기로 전달 한다.

이때, 난민의 단말기에서 현재 위치를 알기 위한 시스템이 필요하게 되는데, 지하 건축물에서는 GPS위성의 수신이 불가능하고 사용자가 GPS수신기를 소지해야 하는 단점이 발생한다.

* 책임저자(Corresponding Author)
이경규, 이용우 : 서울시립대학교 전자전기컴퓨터공학부
(goosong@nate.com, ywlee@uos.ac.kr)
※ 본 연구는 서울시 산학연 협력사업의 지원을 받아 연구되었음.

다. 따라서 본 논문에서는 대중이 가장 많이 휴대하는 핸드폰에서 위치를 인식할 수 있는 방법을 위해 실내의 위치탐지 기술을 고찰하고 CDMA망에서 1미터 이하의 오차로 위치를 알려주어 대피 안내를 할 수 있도록 Test Bed를 구축 하려고 한다.

2장에서는 실내 측위 기술 현황을 알아본다. 3장에서는 CDMA에서 실내 측위를 적용하기 위한 기술을 소개한다. 4장에서는 CDMA에서 실내 측위를 하기 위한 기술의 한계를 알아본다. 5장에서는 지하구조물 화재 사고 처리 시스템을 위한 Test Bed 구성과 시스템을 설명하고 6장에서는 결론을 정리한다.

II. 실내 측위 기술

최근 센서 네트워크에서 위치를 측정하기 위한 시스템과 프로젝트가 소개되고 있다. 그 중 일부의 특징 및 장단점을 <표1>에서 요약하고 소개한다. [1]

1. 크리켓 시스템

크리켓은 2000년 미국 MIT 대학에서 개발 되었다. 크리켓은 TDOA 위치 측정 방법을 사용하며, 초음파와 무선 신호의 전파속도의 차이를 이용하여 위치를 측정한다. 초음파발생기와 무선신호 발생기가 위치한 장소에 수신기가 부착된 사람 혹은 물체가 이동할 때, 동시에 발생한 초음파와 무선 신호는 전파속도의 차이로 초음파가 먼저 수신된 후 무선 신호가 수신된다. 수신기에서는 이 시간차를 이용해서 신호 발생기까지의 거리를 측정하고, 알려진 위치의 다수의 신호 발생기까지의 거리를 통해서 현재 수신기의 위치를 결정한다. 크리켓은 분산형 관리방법을 통해 제어 및 관리에 드는 노력과 비용이 현저히 감소되며, 중앙 서버에서 위치를 결정하기 않고 개인의 핸드셋이 자기 위치를 결정하게 함으로 개인 정보보호 기능을 크게 향상시켰다. [2]

2. 액티브 배트

액티브 배트는 액티브 배지의 후속으로 2001년 AT&T 캠프리지 연구소에서 개발되었다. 액티브 배트는 전형적인 TOA위치 측정 방법을 이용하며, 초음파 신호의 송수신 시간을 이용하여 위치를 측정한다. 초음파신호를 송신하는 배트

(Bat unit)는 고유한 아이디를 전송하며, 일반적으로 천정에 표 1. 실내 측위 시스템.

Table 1. Indoor Location Measurement System

위치 탐지 기술	연구기관	위치탐지 방식	정밀도	시스템 특징	장단점
크리켓	MIT	초음파와 무선신호의 속도차이	1~3cm	-이동물체의 핸드셋에서 수신기를 가지고 위치 계산 -10\$이하의 비컨과 수신기 유닛으로 구성	-분산형이기 때문에 확장성이 용이 -핸드셋이 성능이 우수해야 하며, 에너지 문제 발생
액티브 배트	AT&T Cambridge	초음파	9cm	-배트와 센서 및 관리 비용 저렴 -천정에 고정된 다수의 수신센서를 이용하여 위치 계산	-정확한 3차원 위치 파악 가능 - 많은 양의 수신 센서가 필요하며, 프라이버시 문제 발생
RADAR	마이크로소프트	무선랜	3m	-시스템 구축을 위해 IEEE 802.11 내장 호환 기기가 필요 - 이동물체가 무선랜 카드를 장착해야함	-IEEE 802.11을 사용하기 때문에 설치 및 관리가 용이 -IEEE 802.11 장치를 내장해야 하기 때문에 작은 장치에 적용 불가능
Motion Star	Ascension	장면 분석, 거리 측정	1mm	-장면 분석을 위한 고가의 하드웨어 필요 -마그네틱 자기장을 이용한 모션 캡처 방식 이용	-높은 위치 정확도를 가짐 -고가의 하드웨어 장비 필요 -금속성 물체에서 작동 불가
SpotON	워싱턴 대학	RSSI	3m	-전체가격120\$ -환경에 따른 무선 신호세기의 변화가 큼	-부가적인 시설이 불필요 -무선신호의 전파속도에 비해 신호 감쇠가 좀더 부정확

위치한 수신기는 받은 아이디와 도착시간을 유선 네트워크를 통해서 서버로 전송한다. 배트 신호의 도착시간을 통해 각각의 거리를 측정 할 수 있으며, 3개 혹은 그 이상의 거리 정보를 통해 정확한 위치를 측정할 수 있다. [3]

3. RADAR 프로젝트

RADAR는 1997년 미국 마이크로소프트 연구소에서 제안하였다. RADAR에서는 기지국감시 위치 측정을 통하여 기존 이동통신망내에서 이동하는 물체의 위치를 측정한다. RADAR는 IEEE 802.11 기반의 무선랜을 기반으로 한다. 이동물체는 IEEE 802.11의 NIC를 가지고 이동하며, AP는 장치들이 송출하는 신호의 세기와 신호대잡음비(SNR)를 통해 2차원 위치를 측정한다. RADAR 시스템은 별도의 지원장비 없이 기존의 망을 이용하는 장점이 있지만 위치를 파악하기 위한 모든 장치가 IEEE 802.11을 지원해야 하기 때문에 소형 기기는 적용되기 힘들다. [4]

4. Motion Star

Motion Star는 1995년 미국 Ascension사에 의해서 인간의 움직임을 캡처하기 위해서 개발된 시스템이다. 인체에 부착된 센서는 3차원적으로 움직이는 현재 위치를 정확히 측정할 수 있다. 정확도가 1mm에 불과할 정도의 매우 정확한 위치를 기반으로 사람 혹은 이동물체의 위치를 정확히 파악하는 Motion Star는 3차원 캐릭터의 움직임이나 실시간 애니메이션, 스포츠 의학, 쌍방향 게임 등의 서비스에 이용되고 있다. [5]

5. SpotOn

SpotON은 1999년 7월 미국 워싱턴 대학에서 수행한 Portolano 프로젝트에서 제안한 시스템으로 무선 신호의 거리에 따른 감쇠 특성을 이용하였다. 천정이나 벽에 붙어 있는 고정된 위치의 태그와 이동물체의 태그는 상대적인 거리를 계산할 수 있다. RSSI를 이용하여 태그들 사이의 상대 거리를 알아낸 후 다른 태그들과의 위치 정보를 종합하여 자기 위치를 측정할 수 있다. [6]

III. CDMA 측위 기술

이동통신망을 이용한 방법은 단말기와 기지국 사이의 전송되는 통신신호를 이용하여 단말기의 위치를 추정하는 방법이다. 이러한 방법으로는 AOA(Angle of Arrival), TOA(Time of Arrival), TDOA(Time Difference of Arrival)의 기법이 있다.

1. AOA(Angle Of Arrival)

AOA기법은 DF(Direction Finding)이라고도 불리며 배열 안테나를 이용하여 AOA값을 측정하여 위치를 추정하는 방법이다. 기지국과의 동기는 필요하지 않으며 두 개의 기지국에서 단말기로부터 오는 신호의 방향을 측정하여 방위각을 구하고 이것을 이용한 직선의 교점에서 단말기의 위치를 구할 수 있는 장점이 있다. 그러나 배열 안테나를 사용함에 따라 각 안테나에 수신기가 필요하여 비교적 크고 복잡한 하드웨어가 필요하다. [7][8][9] 그림 2에서는 AOA기법을 사용하였을 경우의 측위 방법을 나타낸 것으로, 하나의 기지국에서 측정된 신호의 방향은 하나의 방향각(Line Of Bearing, LOB)을 형성한다. 이들 LOB의 교점이 단말기의 위치가 된다. 2차원

평면에서 2개의 LOB가 있으면 단말기의 위치를 구할 수 있다. 그러나 2개의 LOB만 가지고는 구하지 못하는 경우가 생기므로 실제 시스템에서는 3개 이상의 LOB를 이용하게 된다.

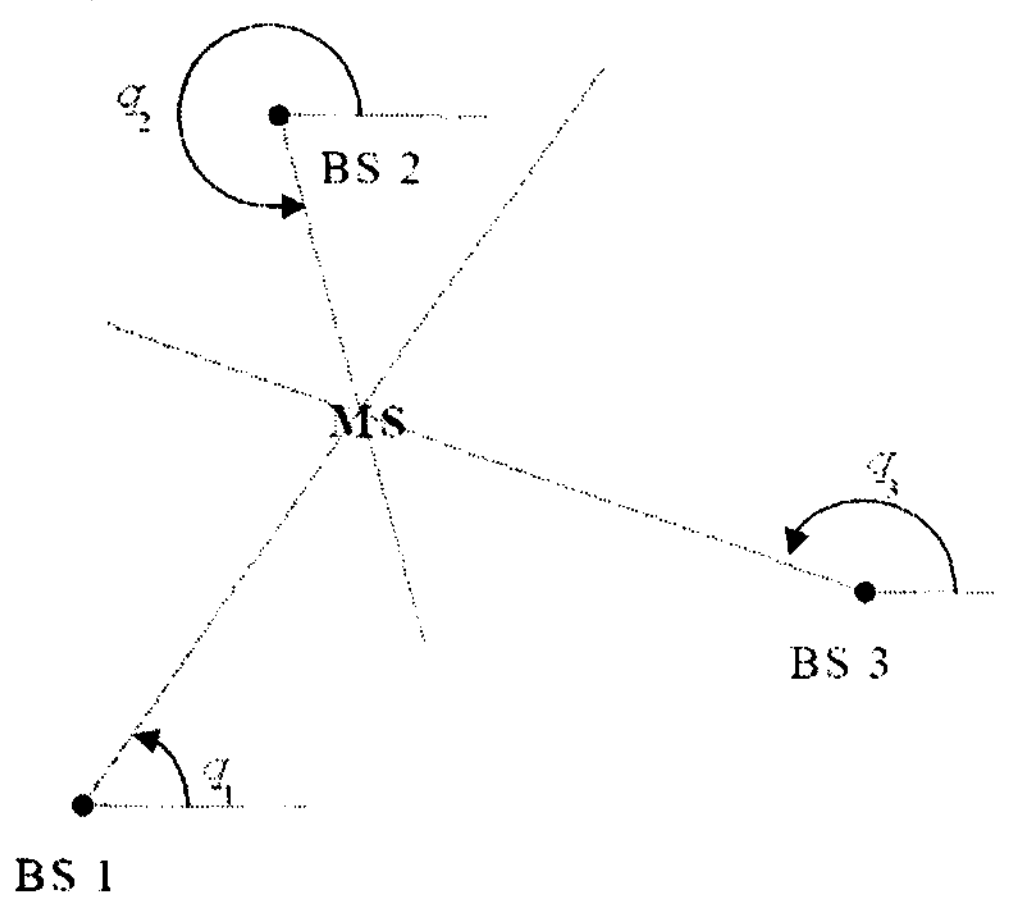


그림 2. AOA 무선 측위 알고리즘
Fig. 2. AOA Wireless Location Measurement Algorithm

AOA값은 단말기로부터 오는 신호를 기지국에서 2개 이상의 서로 근접한 안테나들간의 위상차를 이용하여 측정을 수행한다. 일반적으로 안테나들간의 거리는 안테나 수신 신호의 반 파장 이하로 한다. 그림 3은 배열 안테나를 이용한 AOA 측정 원리를 나타낸다.

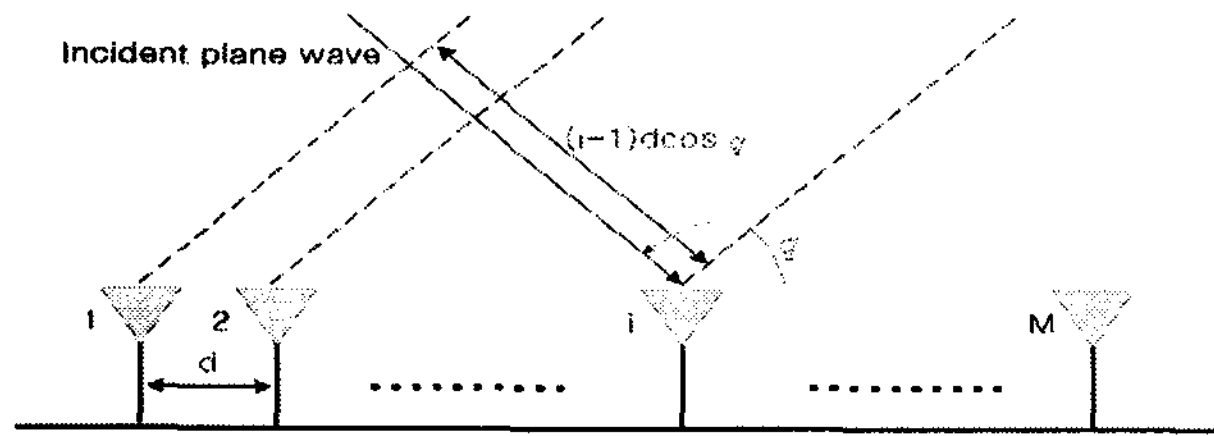


그림 3. 배열 안테나의 원리
Fig. 3. Array Antenna's theory

AOA 방식은 비교적 정확한 측정값을 제공하지만 몇 가지 문제점을 안고 있다. AOA 방식에서 측정값은 기본적으로 가시선(LOS) 신호 성분을 가정한 것이고, 이 측정값으로부터 위치를 구하게 된다. 그러나 도심지역에서는 건물에 의해 실제 LOS 신호 성분이 수신되지 않을 수 있다. LOS 신호 성분이 없을 때, 반사되어 들어온 신호로 측위를 수행 함으로써 상당히 큰 위치 오차가 나타나게 된다. LOS 신호 성분이 있다고 할지라도 다중 경로는 각도의 측정에 간섭을 일으키는 요인으로 작용한다. 또한 AOA의 정확도는 기지국과 단말기의 거리가 멀어짐에 따라 감소하게 된다.

2. TOA(Time Of Arrival)

TOA 방식은 단말기와 기지국 간의 전파전달 절대 지연시간을 측정하여 거리를 구하는 방식이다. 이러한 원리는 그림 4와 같이 여러 기지국에서 측정한 여러 개의 측정값으로부터 각 기지국을 중심으로 한 원들이 생기게 되고 단말기는 이 원들의 교점에 놓이게 된다. 대표적 측위 시스템인 GPS 위성을 이용한 시스템에서는 TOA방법을 사용하여 단말기의

위치 구한다. [10]

기본적으로 TOA는 기지국과 단말기가 모두 정확하게 동기 되어야 하고 기지국에서 단말기로부터 신호가 언제 출발했는지를 알기 위해 시각 표시(time-stamped)를 해야 한다. TOA방식을 이용한 측위 시스템에서는 단말기의 위치를 구하기 위해서 4개 이상의 기지국에 대한 위치와 각 기지국까지의 의사거리를 알아야 한다. 만약 고도를 고정시킨 상태에서 최소 3개의 기지국 위치가 필요하다. GPS 위성을 이용한 시스템의 경우에는 절대 위치를 결정하기 위해 일반적으로 순환 최소 자승법(recursive least square)을 사용한다. [11] 이렇게 구한 해의 유일성은 증명되었으며 최소 자승법을 사용하지 않고 해석적으로 해를 구하는 방법도 제안되었다. 그러나 지상의 무선측위 시스템의 경우는 GPS 위성을 이용할 때에 비해 상대적으로 작은 의사거리를 갖고 또한 단말기의 신호를 받기 위한 기지국의 수신기의 위치가 거의 같은 평면 위에 놓이게 되는 상황이 많이 발생한다. 이러한 상황에서는 DOP가 좋지 않아서 측정값이 정확하더라도 위치 정확도가 크게 떨어진다. 특히 수직 방향의 정확도가 많이 떨어진다. 작은 의사거리 측정값을 사용하여 해를 구할 때, 항법식을 만족하는 해가 여러 개 존재할 수 있다. 때문에 현재 GPS 수신기에서 쓰이는 반복하여 항법 해에 수렴해 가는 순환 최소 자승법은 지상의 무선측위 시스템에서 사용할 때 수렴의 문제가 있다. 이를 해결하기 위해 순환하지 않고 바로 해를 구하는 직접 해(direct solution)방법을 사용할 수 있다.

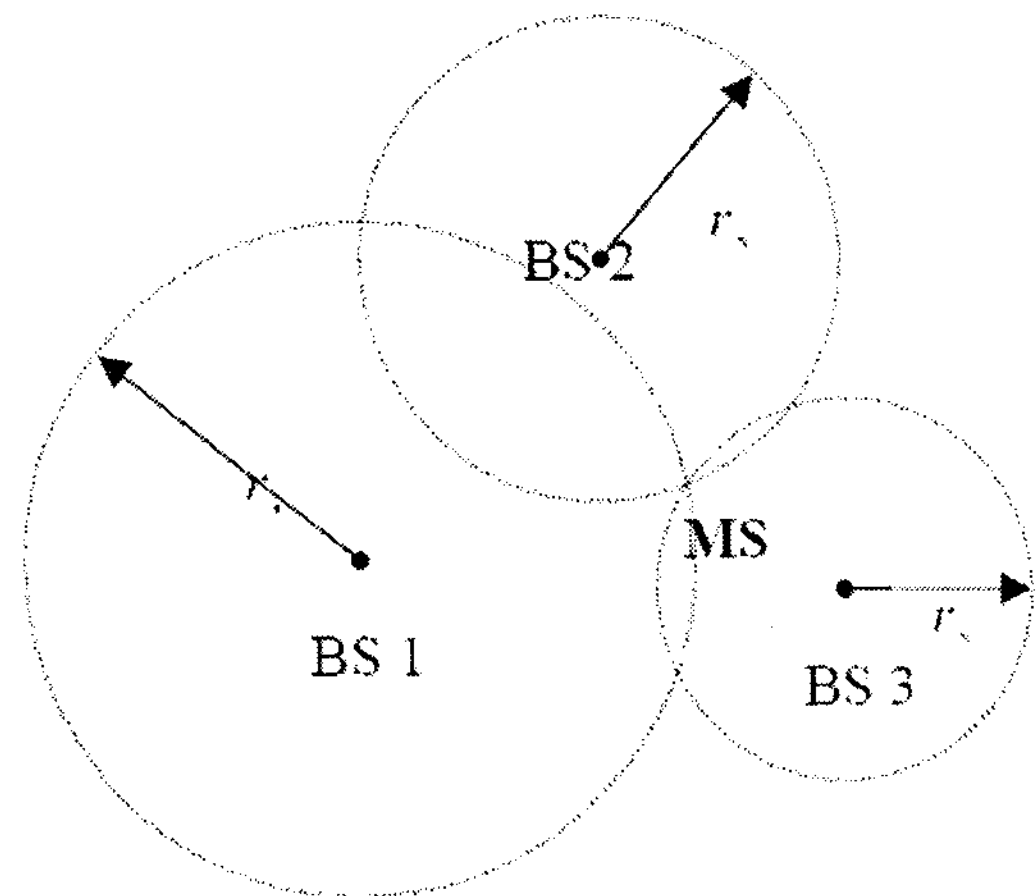


그림 4. TOA 무선측위 알고리즘
Fig. 4. TOA Wireless Location Measurement Algorithm

3. TDOA(Time Difference Of Arrival)

TDOA방식은 항법을 위해 널리 사용되고 있는 시스템인 LORAN이나 DECCA에서 사용되고 있다. 사용중인 TDOA 방식은 서로 다른 곳에서 송신한 신호의 도달 시간차를 이용하여 위치를 결정한다. 두 기지국에서 단말기까지 거리의 차에 비례하는 전파 도달 시간차가 측정되고, 두 기지국에서 거리 차이가 일정한 곳, 즉, 두 기지국을 초점으로 하는 쌍곡선 위에 단말기가 위치하게 된다. 그림 5와 같이 3개의 기지국으로부터 2개의 쌍곡선 얻어지고, 이 두 쌍곡선의 교점이 단말기의 위치가 된다. TDOA의 측정은 일반적으로 상호 상관 방법을 사용한다.

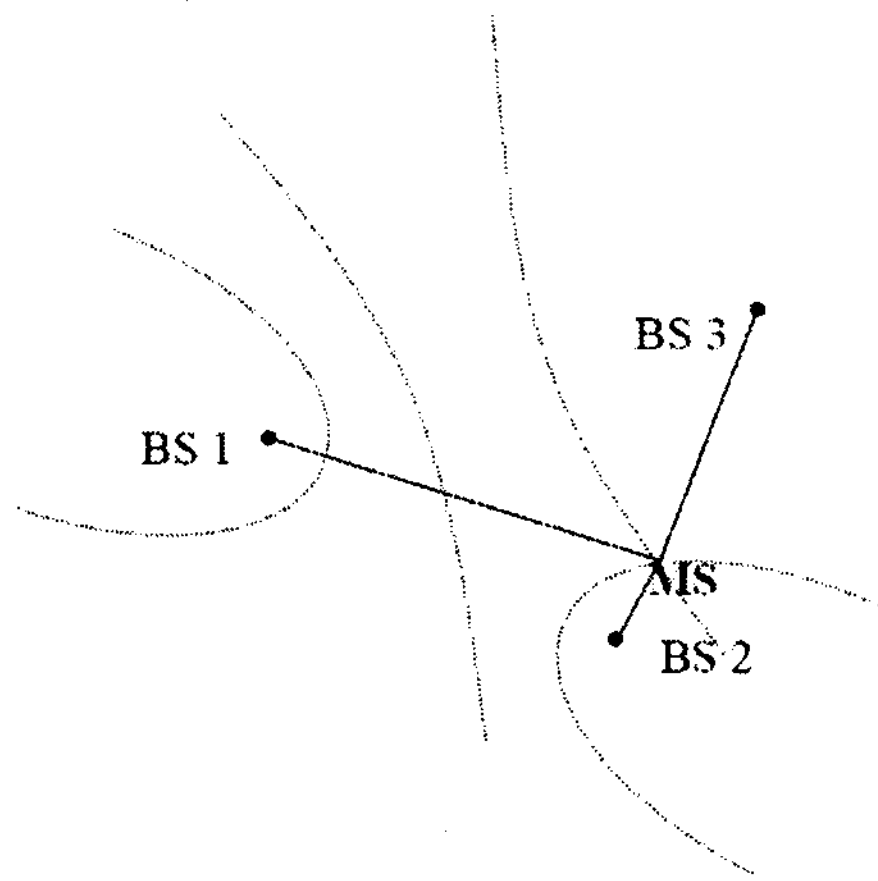


그림 5. TDOA 무선측위 알고리즘
Fig. 5. TDOA Wireless Location Measurement Algorithm

IV. CDMA 측위 기술의 제약

무선 측위 시스템에서는 다음과 같은 3가지 오차요인으로 인해 정확한 위치를 얻는데 제약을 갖는다.

1. 다중경로 오차

다중경로에 의한 오차는 AOA방식이나 신호의 세기(signal strength)에 의한 측위 시스템에서 가장 큰 오차 요인이 된다. 또한 TOA방식이나 TDOA방식을 이용한 전파 전달 시간을 기반으로 하는 측위 시스템에서도 다중경로는 정확한 TOA나 TDOA 측정값을 추정하는데 오차를 유발한다.

상호상관을 이용하여 측정값을 추정하는 전통적인 지연 추정기(delay estimator)는 다중경로에 의해서 영향을 받는다. 특히 다중경로에 의해 도착한 신호와 처음 도착한 신호의 차가 한 칩(chip) 이내일 때 많은 영향을 받는다.

다중경로 신호 성분은 DLL(Delay Locked Loop)의 신호 추적을 치우치게 한다. 이러한 다중경로에 의한 오차를 줄이기 위해서 몇 가지 방법들이 제시되고 있다. Root-MUSIC과 TL-ESPRIT 알고리즘과 같은 초고분해능(superresolution)기술은 전통적인 지연 추정기에서 검출하지 못하는 다중경로 신호 성분을 검출하는데 쓰인다. [12]

2. 원근문제(near-far problem)에 의한 오차

CDMA 이동 통신에서 간섭을 억제하여 용량을 증가시키기 위해 전력 제어를 사용한다. 그림 6에서와 같이 한 셀 내의 기지국 가까이 있는 단말기는 멀리 있는 단말기에 비해 경로 손실이 적다. 따라서 가까이 있는 단말기의 신호 전력이 멀리 있는 단말기의 신호 전력보다 크게 되므로 신호 크기가 작은 단말기의 신호는 신호 크기가 큰 단말기의 신호에 의하여 심하게 간섭 받게 되고 성능 저하를 겪는다. 이것을 원근문제라고 한다. 따라서 CDMA시스템은 원근 문제를 극복하기 위하여 open-loop 와 close-loop 전력 제어를 이용하여 기지국에서 수신되는 각 단말기의 전력을 모두 동일하도록 만들어 준다.[13]

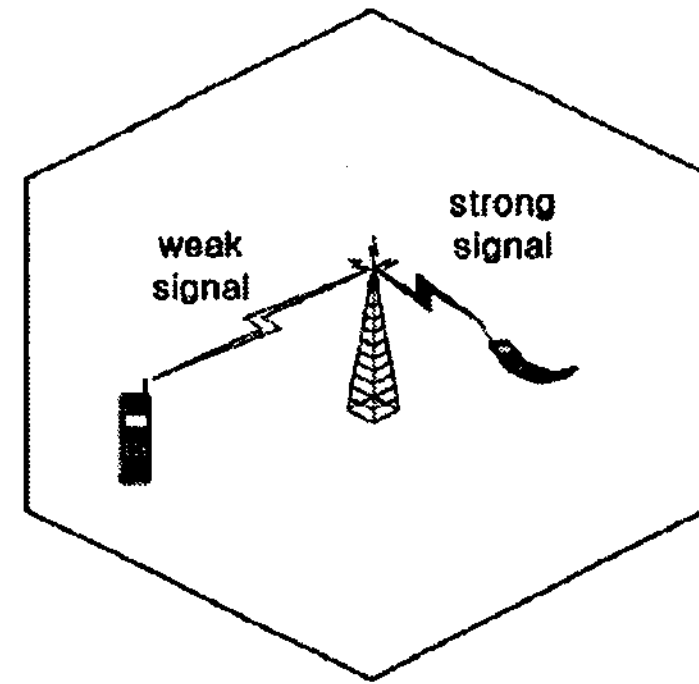


그림 6. Near-far 문제
Fig. 6. Near-far Problem

단말기에서 송신한 신호를 기지국에서 수신할 수 있는 능력을 나타내는 것을 hearability라 하고, 이러한 전력제어가 무선 hearability에 미치는 영향을 알기 위해 그림 7을 살펴보면, TDOA방식에서 구하고자 하는 MS₀의 위치는 BS₀, BS₁, BS₂에 수신되는 신호에 의해 결정된다. MS₀로부터 송신된 신호는 BS₁과 BS₂에 수신될 때 BS₁과 BS₂ 근처에 있는 단말기들에 의하여 심한 간섭을 겪게 되고, MS₀가 BS₀에 가까이 감에 따라 전력제어에 의해 단말기 송출 전력을 낮추게 되어 수신 신호 레벨은 더욱 낮아지게 된다. 결과적으로 단말기가 출력 신호 레벨을 낮게 함에 따라 인접 기지국에서의 수신 전력 레벨도 낮아지게 되어, 인접 기지국에서는 낮은 SNR을 갖게 되므로 위치 측정이 부정확하게 된다. 즉 원근 문제로 인해 신뢰도와 정확도에 중요한 문제를 일으키게 된다. [13][14]

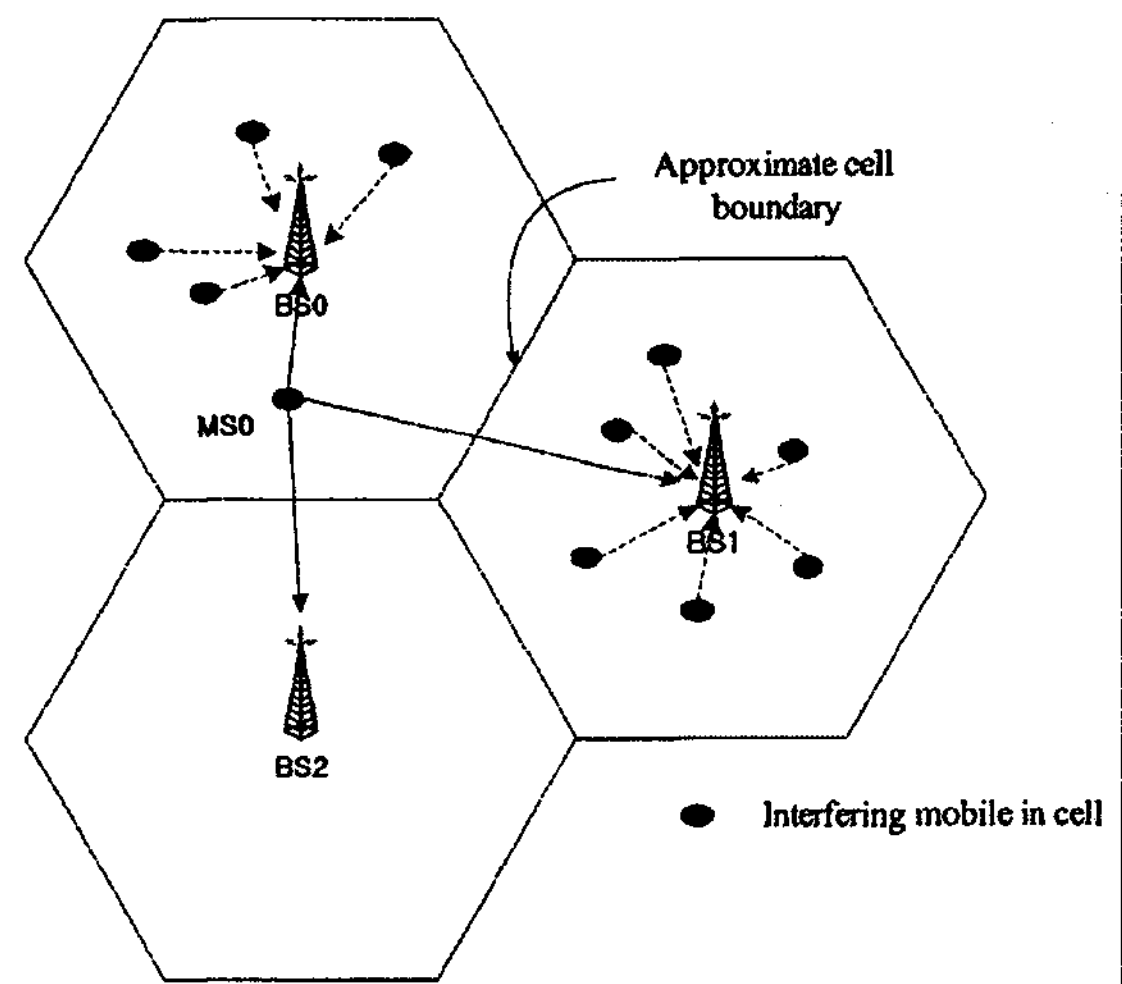


그림 7. 원근문제에 의한 Hearability
Fig. 3. Hearability by Near-far Problem

이러한 문제를 해결하기 위해 CDMA에서는 PUF(Power up Function)을 사용하여 BS에서 MS의 신호를 수신할 수 있도록 하고 있다. [15]

3. 비 가시경로(NLOS)에 의한 오차

LOS 신호 성분이 없을 경우 단말기로부터 기지국에 들어온 신호는 반사되고 회절 되어서 LOS 신호 성분보다 전파 경로가 더 늘어난다. NLOS 신호에 의한 일반적인 오차는 평균 400-700m 정도가 된다. 그러나 최근 통신 감도를 향상시

키기 위해 증계기(repeater)가 많이 설치되어 NLOS 오차 크기는 많게는 수 킬로미터 이상까지도 발생하는 지경에 이르렀다. NLOS 신호는 다중경로가 없고 높은 분해능을 갖는 시각 기술을 적용하여도 TOA방식과 TDOA방식의 측정값에 큰 오차를 주게 된다.[16]

NLOS에 의한 오차를 줄이기 위한 방법으로 TOA측정값에 표준편차를 이용하여 LOS신호와 NLOS신호를 구분하게 된다. 의사거리 측정값의 표준편차 LOS신호에서보다 NLOS에서 더 크게 나타난다. 이러한 거리 오차의 확률 특성을 이용하여 NLOS신호에 의한 거리 오차를 LOS신호에 의한 거리에 가깝게 보정할 수 있다. 또 다른 방법은 NLOS 신호 성분에 대한 가중치를 줄여서 측위 알고리즘을 계산하는 것이다. 각각의 의사거리 측정값에 가중치를 두어 최소자승 법으로 계산한 결과가 NLOS신호 성분과 LOS 신호 성분에 동일한 가중치를 두어 계산하는 것보다는 확실히 좋은 성능을 나타내고 있다. [17][18]

V. Test Bed 구성

앞에서 살펴 본 바와 같이 최근에 연구 되고 있는 실내 위치 인식 시스템과 알고리즘들을 지하구조물 화재 사고처리 시스템에 적용하기 위해서는 다음과 같은 구성 요소들을 선택해야 하며, 여기서 각 요소들을 시스템의 목적에 맞게 선택하여 적용하도록 한다.

1. 측위 방법

지하 구조물 화재 사고처리 시스템에서는 난민들에게 계단과 비상구 등의 상세한 정보를 알려줘야 하는 특성을 고려했을 때 1m이하의 정확도가 있어야 하고, 사람들이 별도의 비용 없이 휴대할 수 있는 위치인식 단말기가 필요하다.

마이크로 소프트사의 RADAR 시스템과 워싱턴 대학의 SpotON 시스템은 오차가 커서 Test Bed의 시스템에는 맞지 않고, Ascension사의 MotionStar와 MIT의 크리켓 시스템은 장면 분석을 위한 고가의 하드웨어와 초음파와 무선신호를 위한 새로운 단말기를 사용자가 구매해야 하는 단점이 있고 AT&T Cambridge 연구소의 액티브 배트는 TOA 측정 방법을 이용하여 9cm까지의 오차 범위에서 위치를 측정할 수 있었으나 서버에서 위치를 계산하는 방식의 시스템으로 프라이버시에 대한 문제가 생긴다. 따라서 대중이 일상 생활에서 많이 이용하고 있는 상용핸드폰을 이용해서 시스템을 구성하도록 한다.

2. 측위 알고리즘

AOA 방식은 1992년 일본 Ookuta-Shirahige 에서 실험결과에 의하면 마이크로셀 환경에서 오차수정 알고리즘을 사용하였음에도 불구하고 오차가 500m를 넘고 Caffery와 Stuber의 논문에 의하면 AOA의 성능이 TOA나 TDOA에 비하여 떨어진다. [15] Test Bed에서는 CDMA망에서는 주로 사용되는 TOA 정보를 이용하는 방법과 TDOA 정보를 이용한 방법을 사용한다. TOA와 TDOA의 특징을 살펴보면 TOA는 MS와 BS간에 동기화가 필요하고, 신호의 송수신 시각을 미리 알고 있으며 고정 노드 위치를 미리 알고 있어야 한다. TDOA는 BS간의 동기화가 필요하다.

3. 시각동기를 위한 방법

BS간의 시각동기 오차는 MS의 위치오차가 되는데 이때 10nsec의 오차는 MS의 측정오차는 3m가 된다. 또한 MS와 BS간에 시각 동기가 필요한 TOA의 방식에서 BS와 MS가 시간을 동일하게 유지해야 할 필요성이 생긴다. Test Bed에서는 BS간 또는 MS와 BS간의 시각동기를 위해 지하철이나 지하상가에서 핸드폰을 이용한 결제가 이루어질 때 다음 그림 8에서와 같이 중앙통제소에서 기지국과 금융결제 단말기들에 시각동기를 맞추는 서비스를 하고 핸드폰 사용자들은 결제가 이루어 질 때 시간과 기본 위치들에 대한 정보를 입력 받을 수 있게 된다. 그리고 각각의 핸드폰은 내장되어 있는 RTC등을 이용하여 시간의 정확도를 유지한다.

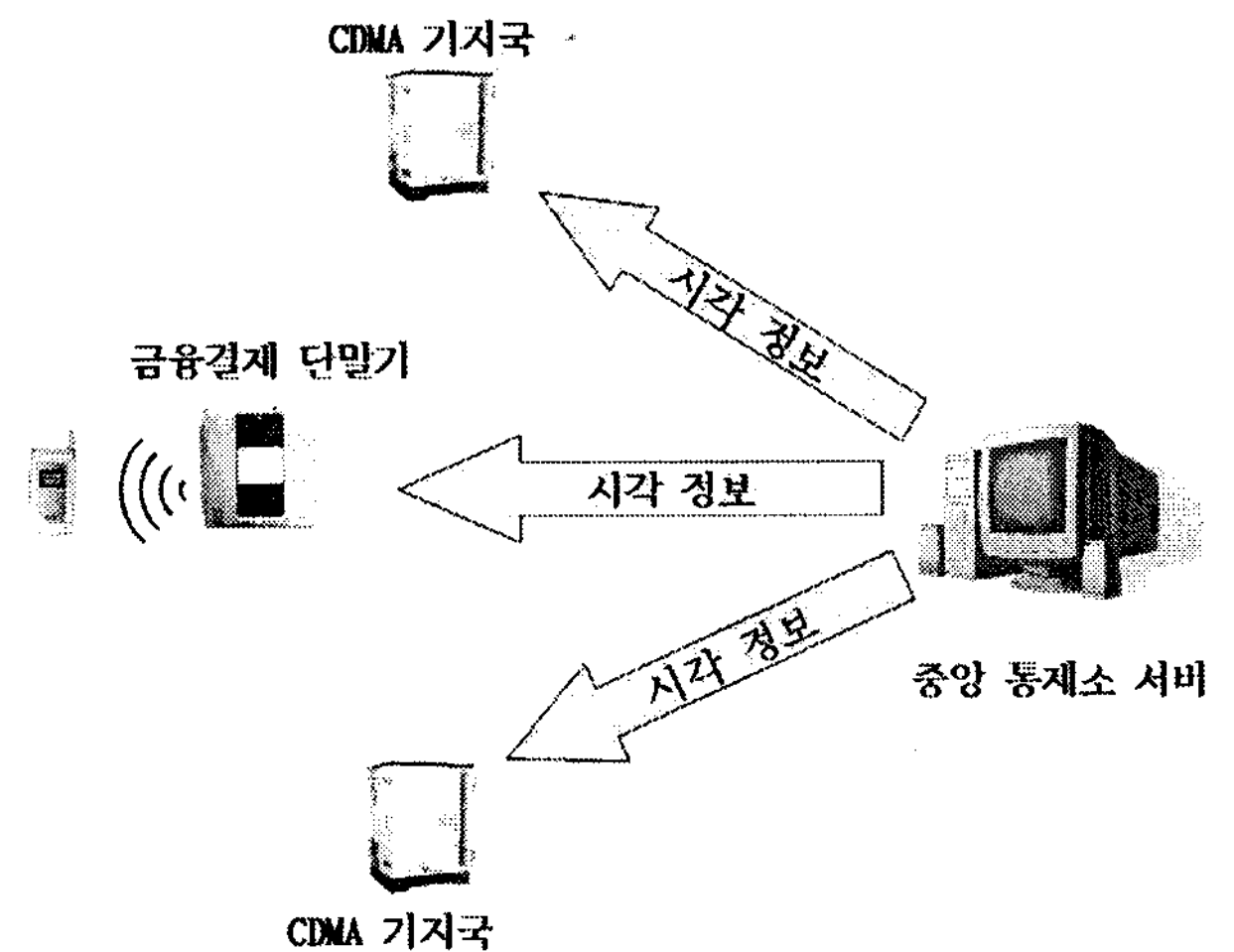


그림 8. 시각 동기 시스템 구성
Fig. 8. System Architecture of Time Sync

VI. 결론

본 논문은 서울시 산학협력사업인 “스마트(유비쿼터스) 시티를 위한 지능형 도시정보 컨버전스 시스템개발” 사업 중 지하구조물 화재 사고처리 시스템에 활용될 Test Bed 구축에 목적이 있다. Test Bed는 지하철역사와 같은 지하 건축물에서 화재가 발생했을 때 난민들이 가지고 있는 단말기들에서 사고의 경보와 난민들의 위치정보를 알리고 최단 대피경로를 탐색하며 대피하도록 안내를 해주어야 한다. Test Bed구축의 중요한 구성 요소인 위치인식 시스템을 위해 실내 측위 방법과 측위 알고리즘을 살펴 보았으며 제약 요인을 고찰하였다.

CDMA망으로 위치를 인식할 때 TOA방식을 적용하기 위해서 필요한 노드의 초기 위치를 대중이 빈번히 사용하는 지하상가내의 금융결제 시스템과 지하철의 출입구에 교통요금 결제단말기에서 입력을 받을 수 있어 위치 인식 능력을 증가 시켜줄 것으로 기대 된다. 또한 TOA나 TDOA에 필요한 BS 간 MS와 BS간의 시각동기를 얻을 수 있어 시스템의 위치 인식 능력에 한층 배양 될 것으로 보인다.

CDMA에서 위치 인식을 위한 연구는 최근 많이 이루어지고 있으나 실내에서 정밀한 오차를 갖는 연구 성과는 아직 부족한 편이다. 따라서 재난 사고를 위한 이번 Test Bed에 적용하기 위해서는 다중경로 신호 성분에 의한 오차가 발생하는 문제와 CDMA 이동통신에서 간섭을 억제하기 위한 전력

제어로 인해 생기는 Near-Far 문제와 Hearability 문제 그리고 LOS 신호 성분이 없을 경우 발생하는 신호의 반사/회절된 전파 경로의 문제에 대한 연구는 향후에도 계속해서 연구가 필요하다.

참고문헌

[1] 박종태, 이위혁, 조영훈, 나재욱, "유비쿼터스 센서 네트워크에서 위치 측정 기술." 전자공학회지 제32권 7호, 2005. 7, pp.849-862

[2] N. B. Priyantha, A. Chakraborty and H. Balakrishnan, "The Cricket Location-support system," in *Proceedings of the Sixth Annual ACM International Conference on Mobile Computing and Networking*, Aug. 2000.

[3] A. Harter, A. Hopper, P. Steggles, A. Ward, and Paul Webster, "The Anatomy of a Context-Aware Application," in *Proceedings of the Fifth Annual ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking*, USA, August 1999, pp.59-68.

[4] P. Bahl and V. N. Padmanabhan, "RADAR: An In-Building RF-based User Location and Tracking System," *IEEE INFOCOM 2000*.

[5] <http://www.ascension-tech.com/>

[6] J. Hightower, R. Want, and G. Borriello, "SpotON: An Indoor 3D Location Sensing Technology Based on RF Signal Strength," *UW CSE 2000-02-02*, Univ. of Washington, Feb. 2000.

[7] J. Kennedy and M. C. Sullivan, "Direction Finding and Smart Antennas Using Software Radio Architecture", *IEEE Communications Magazine*, Vol. 3, No. 5, May 1995, pp. 62-68.

[8] S. V. Schell and Gardner, "High Resolution Direction Finding", *Handbook of Statistics*, Vol. 10, Elsevier, 1993, pp. 755-817.

[9] S. Sakagami, S. Aoyama, K. Kuboi, S. Shirota, and A. Akeyama, "Vehicle position estimates by multibeam antennas in multipath environments," *IEEE - 66 - Trans. on VT*, vol.41, no. 1, pp. 63-68, Feb.1992.

[10] Biton, M. Koifman, and Y. Bar -Itzhack, "Improved Direct Solution of GPS Equation", *Journal of Guidance, Control, and Dynamics*, Vol. 21, No. 1, 1998, pp. 45-49.

[11] S. Bancroft, "An Algebraic Solution of the GPS Equations," *IEEE Trans. on AES*, vol. AES-21, pp. 56-59, Jan. 1985.

[12] James J. Caffery Jr., "Wireless Location in CDMA Cellular Radio Systems", *Kluwer Academic Publishers*, Boston, 2000

[13] Vijay K. Garg, "IS-95 CDMA and cdma2000: Cellular/PCS Systems Implementaion", *Prentice Hall PTR*, Upper Saddle River, NJ, 2000

[14] Kevin J. Krizman, Thomas E. Biedka, Theodore S. Rappaport, "Wireless Position Location: Fundamentals, Implementation Strategies, and Sources of Error", *IEEE*, 1997

[15] 김현수, "GPS/INS/CDMA 망 복합 항법시스템을 위한 통합 필터 설계", 건국대학교, 2003

[16] S. S. Wang and Marilyn Green, "Mobile Location Method for Non-Line-of-Sight situation", *IEEE*, 2000

[17] D.Drakoulis, S. Kyriazakos and G. Karetsos, "Improving Subscriber Position Location using a Hybrid Satellite-assisted and Network-based Technique", *IEEE*, 2000

[18] Young-Sik Lee, Dong-Jun Geum, "Development of AGPS/AFLT Location Server for Mobile Positioning", *9th GNSS Workshop Proceedings pp144-150*, Daejun, Korea, 2002



이 경 규
 2002년 남서울대학교 지리정보공학부 (공학사). 2004년 건국대학교 정보통신대학원(공학석사). 2007년~현재 서울시립대학교 전자전기컴퓨터공학과(박사과정). 관심분야는 USN 네트워크 프로토콜, LBS 분야.



이 용 우
 1981년 서울대학교 전기&컴퓨터(공학사). 1990년 영국, Univ. of Edinburg(공학석사). 1997년 영국, Univ. of Edinburg(공학박사). 1999년~현재 서울시립대학교 전자전기컴퓨터공학과 부교수. 관심분야는 그리드, 유비쿼터스 컴퓨팅.