

지상과 방송 대역을 이용한 위치인식 기술 개발 동향

□ 차재상, 정재호, 정문교*, 김흥목**, 서재현**, 이용태** / 서울산업대, *기술보증기금, **ETRI

1. 서론

현재 우리는 유비쿼터스 네트워크를 지향하는 시대에 살고 있다. 유비쿼터스란 용어속에는 어디서나 네트워크를 통해서 정보의 전송을 가능하게 함과 동시에, 위치를 상호 인식하게 한다는 의미를 담고 있다. 특히 위치인식기술은 현재 우리 주변에서 다양하게 그 응용범위가 확대되고 있는데, 일상생활 속에서 흔히 접하는 제품이 GPS(Global Positioning System)기반의 응용제품들이라고 할 수 있다. 그 밖에도 셀룰러망을 이용한 위치인식기술이나 실내에서의 위치인식기술이 접목된 제품들에 관해서도 국내외적으로 활발한 연구 및 개발이 진행 중에 있다. 하지만 현재까지는 GPS기반의 응용제품이 사용료가 무료이며 커버리지가 지구전역으로서 광역

(global area)서비스를 가능하게 하기 때문에, 가장 많이 생활 속에서 실용화되어 있다고 해도 과언이 아니다.

하지만 이러한 GPS응용기술들은 그 유용성이 있음에도 불구하고, 실내지역, 도심밀집지역, 지하 등과 같은 음영지역에서는 전파수신이 안되므로 활용 불가능하다는 큰 한계점을 갖는다. 그러므로 GPS의 한계점을 극복시켜줄 수 있는 대체 기술의 개발은 반드시 필요한 실정이다. 특히, 이러한 대체기술로서 다양한 기술후보군들이 제시되고는 있으나 [1][2], 무엇보다도 현재의 GPS처럼 사용료가 무료 이면서 GPS가 해결 못하는 음영지역의 문제까지도 해결가능한 대체기술의 가치성은 더욱 크다고 할 수가 있다. 최근 1-2년 사이에 국내외적으로 지상파를 이용하는 위치인식기술들이 새롭게 제시되고

※ 본 연구내용의 일부는 한국전자통신연구원(ETRI)의 위탁과제 및 기술보증기금의 기술평가를 통한 수행 결과물임.

있는데[3]-[5], 본 기술들 중에서 TV신호를 활용하는 위치인식기술의 경우에는, 수신자가 GPS와 마찬가지로 별도의 위치인식 사용료를 납부할 필요가 없으면서도, GPS에 비하여 신호의 송출전력이나 파장측면에서 잇점을 가지기 때문에, GPS에서의 음영지역문제를 해결해 줄 수 있는 유용한 대체기술이라는 점에서 큰 의미를 갖는다고 할 수 있다. 그러므로 본 고에서는 비록 모두 무료로 서비스하는 기술은 아니지만, 새롭게 지상파의 방송대역을 기반으로 위치인식서비스를 행할수 있게 해주는 신 기술들을 주로 소개하고, 후미에는 이들 기술들과 관련있는 유사, 경쟁기술에 관해서 서술하고자 한다.

II. 지상파 LBS

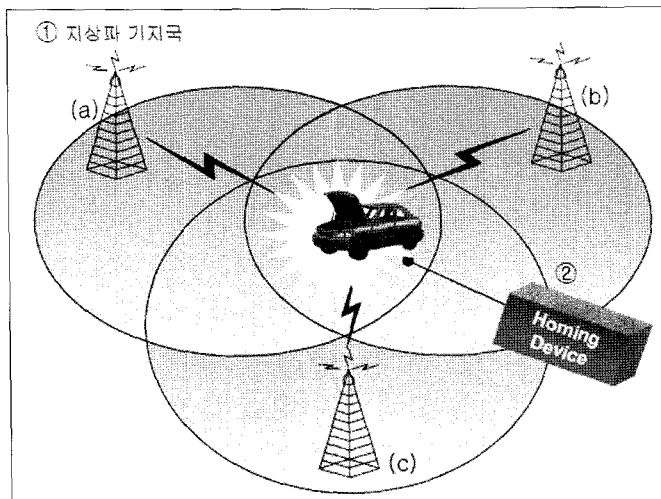
1. 지상파 LBS의 개요

지상파 기반 LBS(Location Based Service) 시스

템은 이동통신사업자가 보유한 통신망을 사용하는 것이 아니라 위치인식이 가능한 전용 기지국을 구축하여 사용하는 시스템이다. 기존의 GPS 방식 시스템과 Cell-ID 방식 시스템은 실내 위치추적이 어려우며, 음영지역이 다수 발생하는 등의 문제점을 지니고 있다. 일반적으로 위성통신을 통한 위치 추적 실패시 이동통신 기지국을 통해 위치를 추적하게 되는데, 이 경우, 오차범위가 도심지역은 500m, 지방지역은 2~3km로 분해능이 현격히 떨어지는 단점이 있다.

그러나 그림 1과 같이 지상파를 이용한 위치추적 방식의 경우 지상파 기지국을 이용하여 개활지 20m(95% 정확도), 도심지역 50m내의 위치추적이 가능하여 실내 및 음영지역에 대한 문제를 일부분 해결할 수 있다. 또한 별도로 Homing Device(휴대용정밀위치추적 장치)를 부가적으로 이용할 경우 목표물을 1m지점까지 추적이 가능하다[6].

지상파 LBS 시스템의 주요 구성 요소는 단말기, 무선접속망, 중앙통제센터로 구분된다[7]. 단말기는 최종 송수신을 담당하며, 차량 또는 개인, 자산 등에



〈그림 1〉 지상파 LBS 위치확인 방식[6]

부착이 된다. 무선접속망은 수신전용기지국과 송/수신 겸용기지국으로 구분되며 수신기지국은 수신된 신호의 도착시간을 계산하고 송신기지국은 단말기에 제어 신호를 발사한다. 중앙통제센터는 기지국을 관리/제어하고 단말기의 위치/데이터/알람을 계산하는 데이터처리시스템과 고객에게 서비스를 담당하는 지원시스템으로 구성된다. 또한, 사용자 단말기에 신호를 보내면 사용자 단말기의 응답이 여러 기지국에 의해 수집되며, 각 기지국은 TOA(Time Of Arrival) 측정을 통한 신호분석을 수행하고 측정된 데이터를 보낸다. 그리고 TDOA(Time Differential Of Arrival) 위치측정 알고리즘을 실행하여 그에 맞게 DB에 업데이트한다. 사용자는 사전에 약정된 방법으로 원하는 단말기의 위치를 인식하고, 확인을 할 수 있다. 사용자가 인터넷(Web), ARS, WAP, 전화통화를 통해 위치를 요청하면 중앙통제센터에서는 각 서비스 시스템서버에서 이를 접수하고 위치인식 Scheduling을 실시한다. 제어 명령은 송신기지국을 통해 단말기에 명령을 전달한다.

2. 지상파 LBS의 특징

지상파 LBS 시스템은 위성이나 기존 이동통신망을 이용하지 않고 별도의 독자적인 위치인식 전용의 전국망을 구축하여 이동하는 물체의 위치를 인식하며, 위성기반 LBS방식의 한계와 불완전성을 극복한 시스템으로 실내 및 도심 밀집지역에서 높은 정확도의 상시 측위 가능하다. 또한, 상/하향 비대칭 구조의 주파수를 이용하여 주파수 효율을 극대화(상향 3MHz 대역폭의 BPSK 변조, 하향 25kHz 대역폭의 FSK 변조)하며, 단말기의 위치인식 및 데이터 Schedule 관리를 통해 주파수 충돌을

방지하고 경제적인 망 구축을 통한 저렴하고 안정적인 최적의 위치인식 전용 서비스를 제공한다.

3. 국내외 기술동향

국내의 지상파 LBS는 중소기업인 (주)한국위치정보에서 국내 최초로 서비스를 제공하고 있다. (주)한국위치정보는 2004년 3월 정보통신부로 부터 LBS를 위한 전용 주파수(이동국 송신 377~380MHz 대역 3MHz폭 1채널, 기지국 송신 322~328.6MHz 대역 25kHz폭 8채널)를 할당받았으며, 2006년 1월 정보통신부로부터 위치정보사업자 허가를 받은 데 이어, 2월에는 중앙처리센터(NCC)를 오픈했으며, 2006년 9월에 시범서비스를 하였다[8].

국외업체로는 대표적으로 이스라엘 사업자인 이투란(ITURAN)이 지상파 LBS 사업을 추진하고 있다. 이투란은 지상파 LBS 단말기 장비 업체인 텔레매틱스 와이어리스(Telematics Wireless)사와 제휴를 맺고 서비스를 제공하고 있다. 현재 이스라엘뿐만 아니라 자회사를 통해 브라질(상파울로, 리우데자네이로), 아르헨티나(부에노스아이레스), 미국(플로리다) 등에서도 성공적으로 지상파 LBS 서비스를 제공하고 있으며 중국 베이징도 이투란으로부터 기술이전을 받아 최근 지상파 LBS 서비스를 시작했다[9].

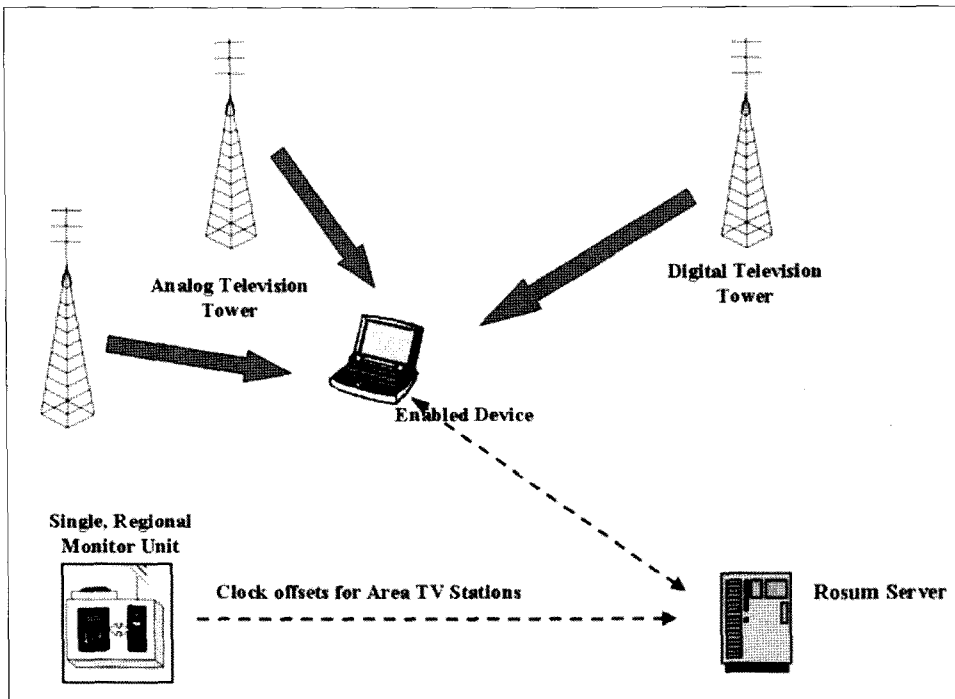
III. TV 필드동기 신호 기반의 위치인식기술

TV 필드동기 신호를 이용한 위치인식 시스템은 기본적으로 상기 기술한 지상파 LBS 시스템과 비슷하지만, 위치 추적용으로써 TV 필드동기 신호를

사용하는 특징이 있다. TV 필드동기 신호를 이용한 위치인식 시스템은 GPS 신호보다 주파수가 낮기 때문에, 콘크리트 구조물을 더욱 쉽게 통과하여 실내용 위치인식 시스템이 가능할 뿐 아니라 도심 지역 어디서든지 사용할 수 있다는 장점이 있다. 또한, 다양한 방송 채널 주파수의 동기 신호 중에서 가장 큰 동기신호를 가지고 있는 채널을 선택하여 위치인식을 함으로써 지상파 LBS 시스템보다 신뢰성이 우수하다. GPS 신호보다 더 큰 대역폭, 즉 6 MHz 또는 그 이상의 대역폭 전송이 가능하여 더욱 정확한 위치데이터와 다양한 부가정보를 얻을 수 있다.

그림 2에 TV 필드동기 신호를 이용한 위치인식 시스템을 나타내었다. 위성처럼 이동체에 대한 위치인식 시스템이 아니기 때문에 송신기의 위치는 변하지 않으며, 추가적인 업데이트가 필요없다. 즉,

고정된 송신기의 위치 데이터는 단말기와 서버에 저장되어 있고 단말기는 수신 가능한 송신기 그룹의 가상범위(pseudo-range)를 추정한다. 이러한 가상범위를 알아내기 위해 사용자 위치의 삼각측량 또는 위도, 경도, 시간 동기 등의 위치 정보가 필요하다. 단말기 또는 서버에서는 위치정보를 통해 위치를 계산한다. 단말기의 정확한 위치를 계산하기 위해서는 정확한 타이밍을 위해 동기코드(PN 코드 등)를 사용한다. 모니터 장비(Monitor unit)는 개별적인 송신기 시간 편차를 표시한다. 이러한 시간 편차를 이용하여 서버는 위치를 계산하며, 위치를 계산하기 위해 단말기와 통신한다. 대신, 송신기에서는 주변 지역으로 채널에 대한 시간 편차 정보를 브로드캐스트한다. 이 경우, 독립적인 통신 채널이 사용자 단말기에 요구된다.



〈그림 2〉 TV 동기 신호를 이용한 위치인식 시스템[4]

IV. DTV TxID 신호 기반의 위치 인식기술

종래의 TxID 기술은 Tx를 구별하는 목적과 TxID용 워터마킹(Watermarking) 확산코드에 변·복조 기술을 적용하여 데이터를 전송하는 목적으로 사용되었다. 최근에는 TxID 시퀀스를 이용하여 위치인식을 하는 기술이 ETRI, 서울산업대 등 국내의 에서 활발히 연구되고 있다[3][5][10]. TxID는 각 Tx의 전송 데이터 스트림에 각 Tx별로 TxID용 시퀀스를 낮은 진폭값의 형태로 만들어 워터마킹한 후, 수신단에서는 자기상관을 이용한 Matched filter를 통해 역확산시켜서 복원한다. 상관피크값을 이용하여 각 Tx별로 구분이 가능하기 때문에 위치인식기술의 적용이 가능하다.

기존의 GPS는 높은 주파수와 신호의 강세가 약하기 때문에 보통 빌딩안이나 산간 등의 음영지역 안에서는 사용할 수 없다는 단점을 가지는 반면,

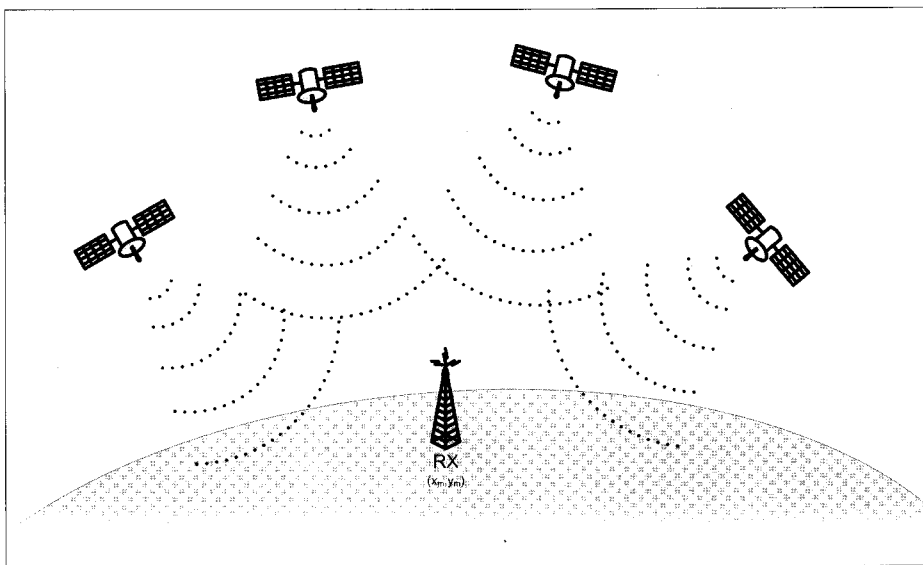
TxID용 DTV신호는 비교적 짧은 거리에 송신기로부터 신호를 받으므로, 수신신호의 강도가 높고, RF신호의 주파수가 GPS에 비하여 낮아서 그 특성상 빌딩이나 다른 사물을 통과하기 쉽기 때문에 위치인식에의 응용성이 높다고 할 수 있다.

V. 유사, 경쟁, 대체 기술

1. 위성/이동통신 기반 위치인식 기술

1) 위성통신 기반 위치 인식[11]

지구를 따라 6개의 궤도에 4개씩 모두 24개의 GPS(Global Positioning System) 위성에서 보내오는 반송파 신호의 위상을 측정(절대 측위)하거나 반송파 신호의 코드를 인식(상대 측위)하여 위성까지의 거리를 측정함으로써 삼각 측량 방법을 이용해 위치를 측위하는 방식이 있다. 그림 3과 같이 4개의 위성을 이



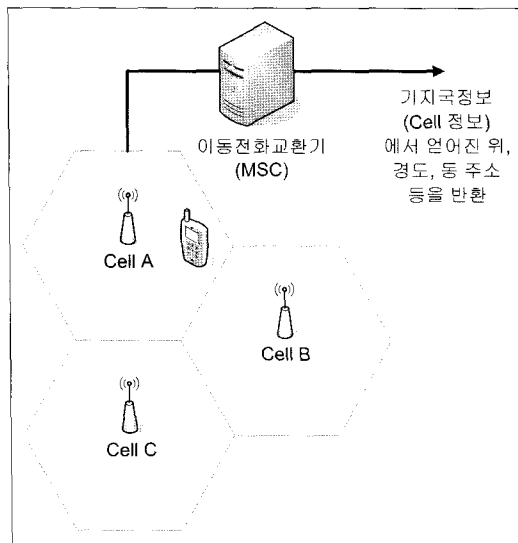
〈그림 3〉 GPS의 동작 원리

용하여 경도와 위도 및 고도를 계산하고 수신기와 위성간의 거리를 측정하여 사용자의 위치를 알아낸다. 더 많은 위성으로부터 신호를 받으면 보다 정확한 위치값을 얻어낼 수 있다. GPS 위치 측정은 50~200m의 오차를 가지고 있지만, 지상에 기준 수신기를 두고 시간 오차를 보정하는 DGPS (Differential GPS)는 오차를 5m 이내로 줄일 수 있다.

위성통신 측위의 장점은 신호 반경이 넓고 고정된 위성을 통해 안정적인 서비스의 제공이 가능하다는 정점이 있어 현재 가장 많이 사용되고 있다. 그러나 정밀도가 낮고 기후에 영향을 많이 받으며 GPS 위성신호의 수신이 어려운 실내나 음영지역에서는 서비스가 불가능한 단점이 있다.

2) 이동통신(Cell ID) 기반 위치인식 기술[12]

기존 다수의 이동통신사업자들이 사용한 Cell-ID 기술은 별도의 단말기 및 네트워크의 변경이 필요없는 가장 단순한 네트워크 기반의 위치 측위 기



(그림 4) Cell ID 방식의 위치 인식 알고리즘

술로, 이용자가 속한 기지국의 ID를 통해 이용자의 위치를 3초 이내에 파악할 수 있는 장점이 있다. 그러나 셀반경의 크기에 따라 위치 정보의 정확도가 큰 편차를 보이는 단점이 있다. 즉, 기지국의 간격이 촘촘한 도심의 경우 100~1,000m의 정확도를 나타낼 수 있지만, 시골과 같은 외곽지역의 경우 셀 반경이 수십 km에 이르는 것도 있어서 위치 정보의 정확도를 보장할 수 없다.

3) Assisted GPS 알고리즘을 이용한 위치 인식 시스템

A-GPS(Assistance-GPS)는 이동통신망과 GPS를 복합적으로 활용하는 하이브리드 방식이다. A-GPS는 이동통신망을 이용하여 이동 단말에 Assistance 데이터를 전송한다. 이동 단말기는 수신한 Assistance 데이터를 이용하여 단말기가 위성의 위치를 인식하여 동기를 이루고, 의사 거리를 측정하여, 위치인식서버에 측위 데이터를 전송함으로써 단말기의 위치를 인식하는 방법이다. 그러나 A-GPS는 초기 위치인식 시간을 기존의 GPS 방식보다 줄일 수 있다는 장점을 가지지만, 나머지 기존 GPS의 단점을 그대로 가지고 있다.

2. 근거리 무선통신 기반의 실내 위치 인식 기술

1) 적외선(Infrared) 신호를 이용한 위치 인식

이 방식은 실내 곳곳에 부착된 적외선 센서가 고유 ID코드를 가진 적외선 장치를 인식하여 사용자의 위치를 찾아내는 방식이다. 디바이스는 매 10초마다 적외선(IR) 신호를 전송하고 센서는 고정된 위치에 설치되어 고유의 ID를 찾아내면 이를 위치관리 소프트웨어로 전달한다. 비교적 시스템의 구성이 간단하

고 저렴하나 적외선 신호의 특성상 가시 거리 내에 서만 사용이 가능하고 형광 또는 직접적인 태양광이 비치는 장소에서는 사용하기 어려운 단점이 있다. 이를 이용한 대표적인 시스템으로는 AT&T Lab. 에서 개발한 Active Badge System이 있다[13].

2) 초음파(Ultrasonic Wave) 신호를 이용한 위치 인식

빠른 RF 신호와 상대적으로 느린 초음파의 전송 속도차를 이용하여 측위하는 방식으로 3차원의 위치 인식이 가능하고 저전력, 저비용의 시스템을 구성할 수 있는 장점을 가진다. 이를 이용한 시스템으로는 MIT의 Cricket System과 AT&T Lab. 에서 개발한 Active Bat System이 대표적이다.

Active Bat System은 네트워크 기반 위치인식 시스템이며, MIT에서 개발한 Cricket System은 단말기 기반의 위치인식 시스템이다. 천정에 초음파 발생기를 부착하고 이동체가 초음파 수신기를 휴대하고 다닌다.

천장에 설치된 각각의 Beacon은 빛의 속도(3×10^8 m/s)를 가진 RF 신호와 상대적으로 느린 음속(약 340 m/s)으로 진행되는 초음파 신호를 함께 전송하면 수신기에서는 RF 신호를 먼저 수신하고 초음파 신호는 나중에 수신하게 된다. 두 신호를 받은 무선통신 단말기는 도달 시간차를 이용해 Beacon에서 단말기까지 거리를 측정하고 측정된 거리 값을 이용해 단말기의 위치를 결정한다.

3) RFID를 이용한 위치 인식

RFID(Radio Frequency Identification)를 이용한 위치 측위 기술은 RFID 태그 또는 스마트 태그라고 불리는 고유 식별 ID를 가진 초소형 칩을 부착한 대상이 접근하면 판독기가 칩을 읽어내어 대상

체의 정보를 알아내는 기술로서 위치정보를 찾아내기가 용이하다. RFID는 비가시성(NLOS : Non-Line Of Sight)이고 비접촉식이며 동시에 여러 태그를 고속으로 인식할 수 있는 등의 여러 장점을 가지고 있어 요즘 많이 활용되고 있다.

4) UWB(Ultra Wideband)를 이용한 위치 인식

단거리 구간에서 저전력으로 넓은 스펙트럼 주파수를 통해 많은 양의 디지털 데이터를 전송하기 위한 무선 기술인 UWB는 변복조 기능이 필요없고 낮은 전력 밀도를 가지며 전력 소모가 작고 저가의 통신 장비의 구현이 가능하다. 이는 투과성이 좋아서 건물내의 벽이나 비금속 칸막이 등을 통과할 수 있고 음영지역에서도 사람이나 사물의 위치를 파악할 수 있고 정확도가 높아서 실내 위치인식에 많이 사용될 것으로 기대되고 있다.

UWB 시스템은 기존의 시스템에 비해 여러 가지 장점을 가진다. 우선 거리 분해력이 매우 우수하여 신호의 이동 시간을 정확히 추정할 수 있기 때문에 위치 인식 시스템으로 적합하다. 또한 비가시(NLOS) 구역 상황인 실내 환경이나 음영지역에서도 위치 인식 정확도가 뛰어나다[14]. 또한 기존 RF 통신기술과는 달리 반송파를 사용하지 않으므로 IF 모듈이 필요없는 간단한 무선 구조로 설계할 수 있다.

3. 영상 인식을 이용한 위치 인식 기술

상기에서 언급한 위치인식 기술들은 대부분 삼각 측량이나 근거리의 의한 위치 인식 기술을 활용한 반면, 영상 인식을 이용한 위치 인식 기술은 장면 분석(scene analysis) 방법을 활용한 기술이다. 이는 일반적으로 특정 공간에 놓여진 비디오 카메라

를 통해 잡힌 영상의 시간적 또는 공간적인 차이점을 찾아내어 위치를 찾아낸다. 많은 연구 그룹에서 영상 인식을 이용한 위치인식시스템을 연구하고 있는데 그 중에서 Microsoft에서 Easy Living이라는 이름으로 수행하고 있는 프로젝트에서는 Digiclop 이라고 하는 3차원 카메라를 이용하여 가정과 사무실내에서 위치 인식을 기반으로 하는 유비쿼터스 서비스를 구현하였다[15].

VI. 결론

본 고에서는 주로 새롭게 대두되고 있는 지상파

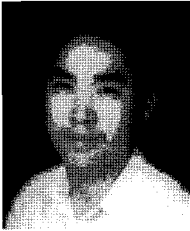
방송 대역을 이용하는 위치인식기술들에 관하여 기술하였다. 본 고에서 제시된 지상파 방송대역을 이용하는 위치인식기술들 중에서, 특히, TV의 동기신호나 워터마킹신호를 이용해서 위치인식을 행하는 기술들은 GPS와 마찬가지로 광역 위치정보서비스를 무료로 제공하면서, GPS가 갖고 있는 음영지역에서의 전파수신의 한계성을 극복해 줄 수 있는 새로운 솔루션이라는 측면에서 큰 의미를 갖고 있다.

방송과 통신이 융합되고, 유비쿼터스 네트워크가 활성화되고 있는 현시점에서, 본 고에서 주로 기술한 지상파 방송대역을 이용하는 위치인식기술들은 유비쿼터스한 방송통신융합환경하의 신기술로서 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대하는 바이다.

참고 문헌

- [1] 조영수, 조성윤, 김병두, 이성호, 김재철, 최완식, "실내외 연속측위 기술 동향", 전자통신동향분석 제22권 제3호 pp. 20~28, 2007년 6월
- [2] 박용원 김선미, "차세대 위치기반서비스 측위 기술", 한국통신학회지 (정보통신) 제23권 제6호, pp. 83~98, 2006년 6월
- [3] 차재상, 정재호, 여운서, 박성익, 김흥목, 서재현, 이동태, "지상파 DTV용 TxID 및 위치인식 응용기술", 방송공학회지 제 12권 제2호 pp. 101 ~ 115, 2007년 6월
- [4] Matthew Rabinowitz, James. J. Spilker, "A New Positioning System Using Television Synchronization Signals", Broadcasting, IEEE Transactions on, Volume 51, Issue 1, Page(s):51 - 61, March 2005
- [5] Xianbin Wang, Yiyan Wu, Chouinard, J.-Y. Chouinard, "A new position location system using ATSC TxID signals", Vehicular Technology Conference 2005. VTC 2005-Spring, 61st Volume 5 pp2815 - 2819, 30 May-1 June 2005
- [6] 박용규, "지상파 LBS서비스 현황 및 전망", 2006년 LBS산업협의회 추계 워크샵, 2006.10.24
- [7] 한국전파진흥협회, 지상파 위치기반서비스 기술기준 분석연구, 2006년 4월
- [8] 한국위치정보(주) 홈페이지, "http://www.lbskr.com/"
- [9] 이스라엘 TW(Telematics Wireless)사, "tp://www.telematics-wireless.com/"
- [10] Y.-T. Lee, S. I. Park, H. M. Eum, J. H. Seo, H. M. Kim, S. W. Kim, and J. S. Seo, "A Design of Equalization Digital On-Channel Repeater for Single Frequency Network ATSC System, IEEE Trans. on Broadcasting, Vol. 53, pp. 23-37, March 2007.
- [11] 김창환, "GPS 기술 동향", 전자부품연구원 전자정보센터, 2003년 1월
- [12] 이성호, 민경욱, 김재철, 김주원, 박종현, "위치기반서비스 기술 동향", 전자통신동향분석 제20권 제3호 2005년 6월
- [13] web.media.mit.edu/~dmerrill/badge/Want92_ActiveBadge.pdf
- [14] Joon-Yong Lee and Robert A. Scholtz, "Ranging in a Dense Multipath Environment Using an UWB Radio Link," IEEE JSAC, Vol.20, No.9, Dec. 2002.
- [15] 와이즈인포, "LBS주요 기술 및 서비스 현황", 전자부품연구원 전자정보센터, 2007년 2월

필자 소개



차재상

- 1991년 : 성균관대학교 전기공학과 (공학사)
- 1991년~1993년 : 육군 교관 (ROTC)
- 1997년 : 성균관대학교 전기공학과 (공학석사)
- 2000년 : 일본 東北(Tohoku)대학교 전자공학과 (공학박사)
- 2000년~2002년 : 한국전자통신연구원(ETRI) 무선방송기술연구소 선임연구원
- 2002년~2005년 : 서경대학교 정보통신공학과 전임강사
- 2005년~현재 : 서울산업대학교 매체공학과 조교수
- 주관심분야 : 디지털 방송전송기술, Cognitive Radio, UWB, 홈네트워크 무선통신기술, 대역확산 및 다중접속기술, 4세대 이동통신기술



정재호

- 2006년 : 서경대학교 정보통신공학과 학사
- 2006년~현재 : 서울산업대학교 매체공학과 석사과정
- 주관심분야 : UWB, 디지털 신호처리, 디지털TV



정문교

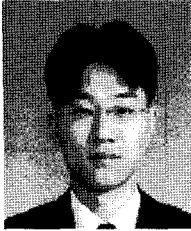
- 1985년 2월 : 연세대학교 천문기상학과(학사)
- 1987년 2월 : 연세대학교 천문기상학과 대학원(수료)
- 1987년 1월~1988년 12월 : Dept. Physics at the University of Kentucky (MS degree)
- 1990년 1월~1993년 8월 : Dept. Physics at the University of Kentucky (Ph'D degree)
- 1993년 8월~1994년 1월 : Postdoctoral Research Associate (University of Kentucky, 물리학과)
- 1994년 2월~1995년 6월 : Postdoctoral Research Associate (Clemson University, 물리학과)
- 1995년 7월~1996년 9월 : Postdoctoral Research Associate (포항공과대학교 물리학과)
- 1996년 10월~2000년 9월 : 한국과학기술연구원 재료연구부(선임연구원)
- 2006년 1월~2007년 6월 : 기술보증기금 중앙기술평가원 (팀장)
- 2007년 7월~현재 : 기술보증기금 전주기술평가센터 (팀장)
- 주관심분야 : 재료/부품, 전기/전자, 정보통신



김홍묵

- 1993년 2월 : 포항공과대학교 전자전기공학과 (공학사)
- 1995년 2월 : 포항공과대학교 전자전기공학과 (공학석사)
- 1995년 3월~2001년 12월 : 포스코 기술연구소
- 2002년 1월~2003년 10월 : (주)맥스웨이브 연구개발팀 팀장
- 2004년 2월~현재 : 한국전자통신연구원 방송시스템연구그룹 선임연구원
- 주관심분야 : RF 신호처리, DSP, DTV 전송시스템

필자소개



서재현

- 1999년 2월 : 경북대학교 전자공학과 (공학사)
- 2001년 2월 : 경북대학교 전자공학과 (공학석사)
- 2001년 2월~현재 : 한국전자통신연구원 방송시스템연구그룹 선임연구원
- 주관심분야 : DTV 전송시스템, DSP



이용태

- 1993년 2월 : 한국항공대학교 항공전자공학과 (공학사)
- 1995년 8월 : 한국항공대학교 항공전자공학과 (공학석사)
- 2007년 2월 : 연세대학교 전기전자공학과 (공학박사)
- 1995년 8월~현재 : 한국전자통신연구원 방송시스템연구그룹 선임연구원
- 주관심분야 : 디지털 방송, 디지털신호처리, RF 신호처리