특집

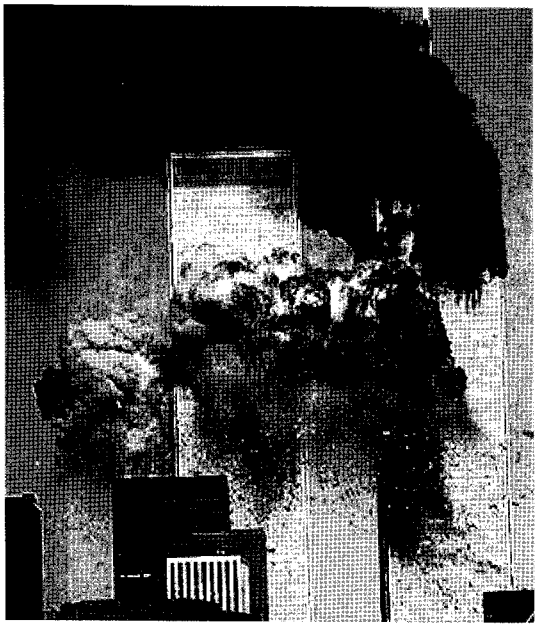
위치인식서비스를 이용한 실시간 재난관리시스템

오정열 · 김재영(한국전자통신연구원)

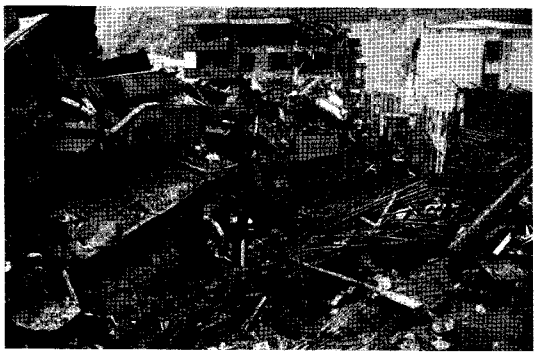
I. 서 론

오늘날 재난의 의미는 자연재난, 인위재난, 사회재난을 포괄하는 개념으로 확장되었다. 첫 번째, 자연재난은 '태풍, 홍수, 호우, 폭풍, 해일, 폭설, 가뭄, 지진, 그 밖에 이에 준하는 자연현상으로 인하여 발생하는 재해'를 의미한다. 근래에 발생한 대표적인 자연재난의 예로 5월 12일 발생한 중국 원촨지역 규모 7.8의 강진은 7만명의 사망자와 25만 명의 부상자, 500만 명의 이재민을 발생시켰다. 이와같은 지진, 화산과 같은 지질학적 재난은 20세기 이후에도 끊임없이 발생하고 있다. 자연재난은 순식간에 수많은 인명피해를 낼뿐 아니라 언제 어디서 어느 정도 규모로 발생할지 예측하기 어려운 특징이 있다. 두 번째, 인적재난은 '화재, 붕괴, 폭발, 교통사고, 화생방사고, 환경오염사고 그 밖에 이와 유사한 사고로 인한 피해'를 의미한다. 인적재난은 인간의 부주의, 무관심, 실수, 사후관리의 불충분함, 개인 정신문제로 인한 돌발행동을 통해 발생되며 대표적인 인적재난의 예로 화성씨랜드 화재, 성수대교 붕괴, 아현동 도시가스 폭발, 삼풍백화점 붕괴, 대구 지하철 참사 등이 있으며, 정보화 과학화 등의 고도사회 발전으로 인하여 인적재난의 강도가 더욱 커져 그 위험성이 증가하는 추세이다. 마지막으로 세 번째, 사회재난은 '에너지, 통신, 교통, 금융, 의료, 수도 등 국가기반체계의 마비와 전염병 확산 등으로 인한 피해'를 의미한다. 특히 사회재난은 종교적, 정치적, 이념적인 목적달성을 위하여 개인이나 집단이 인간의 생명과 재산을 위협하거나 사회 질서를 파괴하려는 전쟁, 폭동, 테러 등과 같이 의도적, 고의적인 재난상황을 말한다. 대표적인 예로 2001년에 발생한 미국의 9.11 테러로 인해 최소 330억 달러 피해액과 사망자 2천 795명이 발생하였다. 사회재난 역시 인적재난과 마찬가지로 그 피해규모가 커지고, 피해의 범위도 넓어져 국가 및 세계의 존립마저 위태롭게 할 개연성이 높다.[1]

'민족이 민족을, 나라가 나라를 대적하여 일어나겠고 곳곳에 기근과 지진이 있으리니 이 모든 것은 재난의 시작이니라'(마태복음 24:7-8)성경의 예언과도 같이 미래의 재난은 과거의 인간과 자연재난, 인간과 인위재난, 인간과 사회재난 등과 같은 개별적 성향보다는 두 가지 이상의 재난이 함께 나타나는 복합적 형태로 변화하고 있다. 이러한 맥락에서 충분한 예측과 사전예방을 통



〈그림 1〉 미국 9.11 테러



〈그림 2〉 중국 원촨 대지진

한 사전관리와 사후재난구조 및 복구 시스템을 통한 단계별 재난관리 연계성을 더욱 강화할 수 있는 재난관리시스템 구축을 추구하여야 할 것이다.

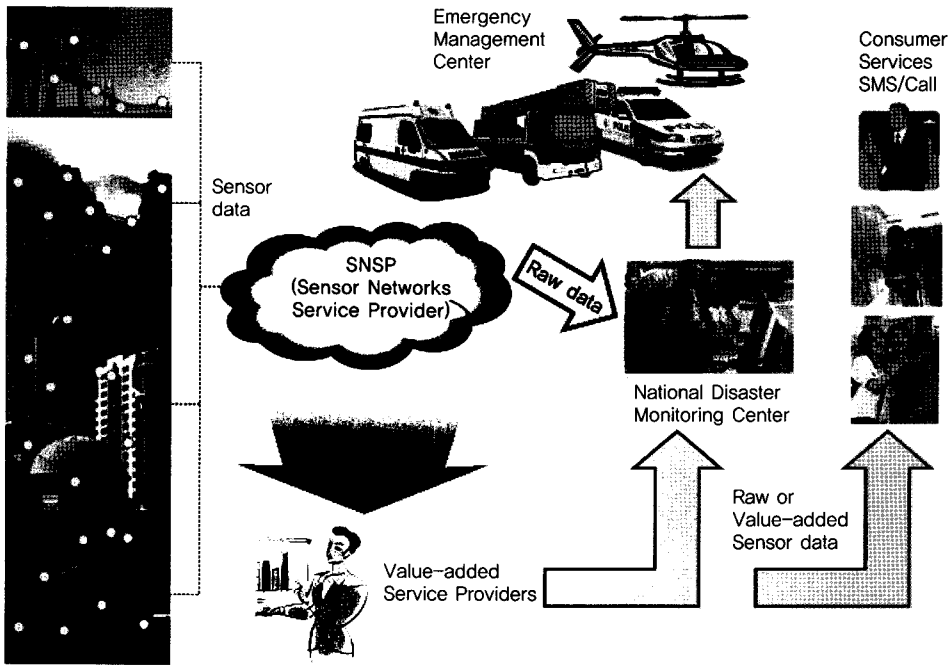
향후 미래의 재난관리시스템의 기술 패러다임은 정보통신기술의 발달에 의해 이루어지는 유비쿼터스(Ubiquitous)환경을 기반한 재난관리 시스템으로 발전할 것이다. 유비쿼터스 시대의 도래에 따라 물리적 공간을 구성하는 수많은 환경과 대상물에 보이지 않는 마이크로컴퓨터가 심어지고, 서로 간에 네트워크로 연결돼 각종 정보를 주고 받게 된다. 이와 같은 인프라는 재난방재 및 구조 시스템의 중요한 기술요소 발전하게 될 것으로 전망한다. 재난관리 시스템과 관련하여 활용 가능한 유비쿼터스 IT기술은 광대역 네트워크 기반(BcN)과 무선 모바일 Adhoc 네트워크 기술, 센싱 저전력칩 기술의 3가지 기술기반의 발전에 의해 네트워크에 접속되는 기기가 증가하고, 유통하는 콘텐츠를 다양화 대용량화 할 것이다.[2]

본 논문에서는 유비쿼터스 환경에 적용이 가능한 위치인식 서비스를 통한 실시간 재난관리시스템을 활용하여 다가올 자연, 인적, 사회, 및 신종 재난의 위험들을 대처하고 미래 사회의 위치인식기반 재난관리시스템에 대한 패러다임을 도출하는데 목적을 두었다.

II. 유비쿼터스 환경에서의 재난관리

서론에서 언급한 바와 같이 재난의 함축적 개념은 '국민의 생명, 신체 및 재산과 국가에 피해를 주거나 줄 수 있는 것' 으로 정의한다. 그리고 재난관리는 '재난의 예방, 대비, 대응 및 복구를 위하여 행하는 모든 활동' 으로 정의된다.[1]

우리 사회는 정보통신기술의 발달에 의해 최근 활발하게 연구가 진행중인 IT 기반 기술 패러다임으로 USN(Ubiquitous Sensor Network) 기술이 미래의 유비쿼터스 사회 실현을 위한 핵심 기반 구조로 가정, 물류/유통, 교통, 행정, 보건, 복지, 환경 등의 다양한 분야에 융합되어 다가올 미래 사회의 기반 인프라로 각광을 받고 있다.



〈그림 3〉 USN 재난관리 응용 시나리오

USN이란 온도, 음향, 조도, 압력, 가스, 위치 정보 등 다양한 물리적 자극을 감지하는 센서로부터 정보를 수집할 수 있도록 구성한 태그 및 센서 노드를 통해 사람/사물 및 환경 정보를 인식하고 인식된 정보를 통합 가공하여 언제, 어디서나, 누구나 자유롭게 이용할 수 있게 하는 정보서비스 인프라라고 정의할 수 있다. 이러한 USN 산업은 건축 구조물 감시, 가로등 자동제어, 농산물 생산 관리, 비무장지대 감시, 도시 시설물 관리, 해양환경감시 등 여러 활용분야에서 각광받고 있다. 그림 3은 USN 인프라를 통해 구상할 수 있는 긴급 재난/재해관리서비스의 응용도이다. 우선 산림, 도시시설, 교량, 공장 등 재난 발생 가능 지역에 배치된 수백에서 수천 개의 센서 노드로부터 각종 재난/재해관련 환경정보를 수집한다. 수집된 센서 데이터를 인터넷을 통해 IP 망과 연동하고 센서 네트워크 서비스 공급자가 이를 수집, 분석하여 각종 날씨정보, 지역정보, 보안 및 건강관련 정보와 결합하고 가공한 데이터를 국가안전관리정보시스템과 관련 재난관리 시스템에서 활용하며 재난을 예고하는 조기경보체제를 갖추고 사용자에게 제공함으로 재난/재해 발생 시 유기적인 사전, 사후 동원체제의 구축을 통해 위기발생을 최소화할 수 있다. 이러한 유비쿼터스 환경을 기반한 재난관리 시스템은 크게 두 개의 관리 시스템으로 분류할 수 있다. 첫째, 사전 재난관리시스템은 기상정보, 온도, 기압, 폭발, 화산활동과 같은 환경감시를 통해 위험요소들을 미리 예측하여 조기경보체제를 통해 효과적인 재난대처 또는 재난 예방을 위한 재난

관리시스템이며, 둘째, 사후 재난관리시스템은 재난발생으로 인해 직접적인 피해를 입은 조난자를 구조하고 신속히 피해를 복구하기 위한 재난관리시스템이다. 사후 재난관리시스템으로 유비쿼터스 환경 인프라를 기반한 위치인식기반기술을 이용하면 재난구조 및 복구를 신속히 수행하여 피해를 최소화할 수 있다. 재난관리시스템을 위한 실시간 위치인식시스템의 요건은 아래와 같이 정리할 수 있다.

- 인명구조를 위한 1m 이내의 위치정밀도
- 위치인식을 위한 20m 이상 통신 거리
- 멀티 홉 트리 및 Adhoc 네트워크 구현을 통한 확장 용이성
- 건물 붕괴로 인한 매몰현장에서 원활한 동작을 위한 전파투과성
- 유비쿼터스 환경의 인프라로 적용할 수 있도록 소형, 저가, 저전력, 설치 용이성, 이동성
- 기존의 무선기기와의 같은 공간상에 공존하도록 무선 간섭의 최소화

이상과 같은 재난관리시스템에 적합한 위치인식기반 기술은 다음과 같은 재난관리분야에 이용될 것으로 전망한다.

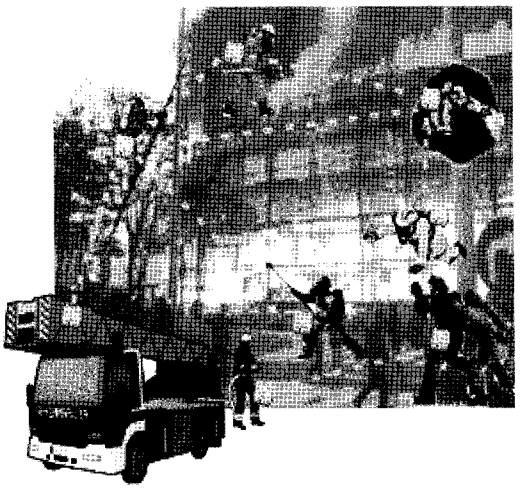
1. 조난자 탐색 및 신원/신변 파악

재난 발생 시 건물 붕괴로 인한 인명 피해를 줄이기 위해서는 조난자 탐색이 필수적이다. 이때 조난자가 지닌 모바일 위치인식 단말을 통해 위치추적이 가능하다. 외부에 기준노드를 설치하고 위치노드를 탐색하면 기준 노드와 위치노드 간의 거리가 측정된다. 이러한 방식으로 기준 노드를 3점 이상 설치하면 2차원 또는 3차원상의 위치를 알아낼 수 있다. 이와 같은 방식으로 조난자의 위치를 빠르게 알아내며 또한 WBAN (Wireless Body Area Network)/ WPAN (Wireless Personal Area Network) 기술을 결합하여 조난자의 생존여부를 체크하거나, 건강상태를 체크하여 신속하고 적절하게 대처할 수 있다.

〈그림 4〉 조난자 구조 위치인식 서비스

2. 재난 구조요원 상황 및 위치추적

화재 현장과 같은 위험요소가 제거되지 않은

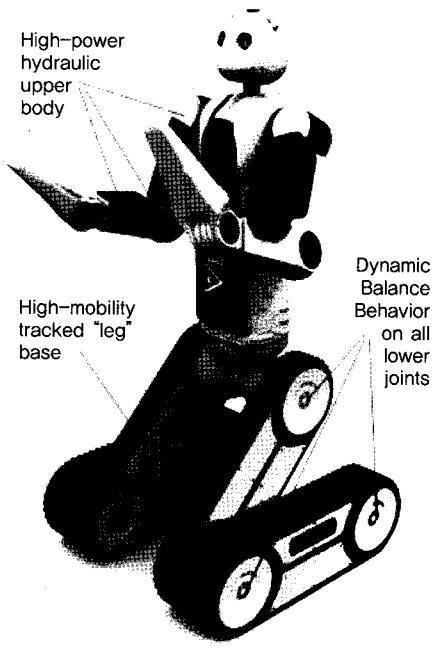


〈그림 5〉 화재진압 위치인식 서비스

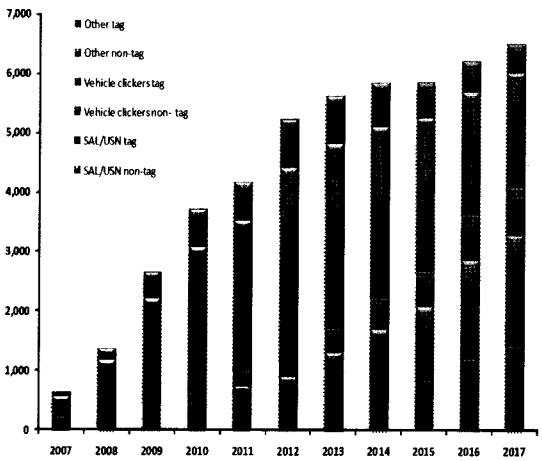
재난현장에서는 재난 구조시 구조요원 또한 위급한 상황이 발생할 수 있다. 위치인식서비스를 이용하는 구조요원들은 서로간의 위치를 파악할 수 있을 뿐 아니라 지휘 통제소에서 구조요원들의 상황을 확인하고 상황판단이 가능하여 신속히 통제함으로 보다 효과적인 재난 구조가 가능하다.

3. 재난 구조 로봇

최근 재난 구조에 적합한 구동메커니즘을 가지는 로봇들이 많이 선보이고 있다. 로봇이 투입되고 임무를 수행하게 되는 임무환경은 통상 지진으로 인한 붕괴지역, 건물 붕괴 지역 등의 재난환경이다. 재난환경의 구조로봇에게 있어서 임무수행을 위해서는 원활한 기동력과 조난자의 위치와 로봇자신의 위치를 파악할 수 있는 정확한 위치인식기술이 필요하다.



〈그림 6〉 Vecna Robotics 사의 구조로봇



〈그림 7〉 세계시장의 Tag vs non-tag
(출처 : IDTechEx, 2007)

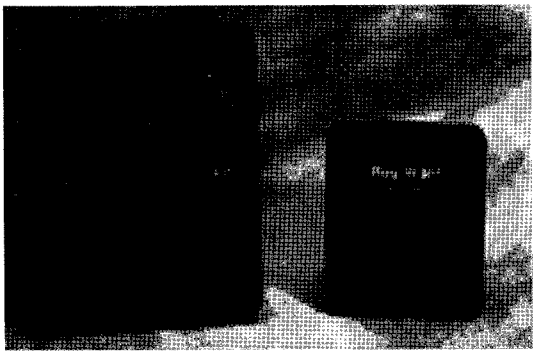
〈표 1〉 RTLS 세계시장규모

[단위 : US$ million]

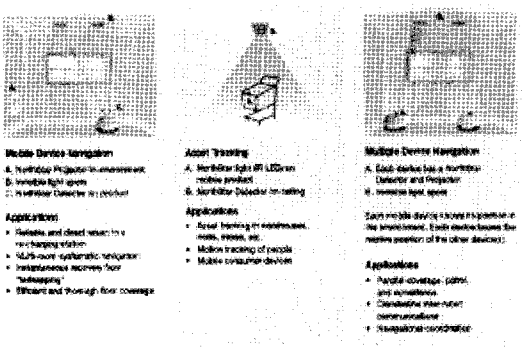
구분	2009	2010	2011	2012	2013
RTLS non-tag	180	222	346	420	571
RTLS tag	155.8	185	288	350	476
SAL/USN non-tag	7.5	48.6	120	137	268
SAL/USN tag	7.5	48.6	120	137	268
Vehicleclickers non-tag	61	58	57	57	57
Vehicle clickers tag	88.2	85	81.6	78	79.5
Other non-tag	1728	2444	2520	3232	3108
Other tag	432	611	630	808	777
Total	2660	3702.2	4162.6	5219	5604.5

현재 세계 센서세계 시장 규모는 과거 10년간 연평균 7% 성장하며 2005년 297억 달러를 기록하였다. 향후 위치기반 서비스의 미국 시장규모는 2010년에 10억불 시장이 형성되고, 네비게이션, 재난/구조, 보안, 여행, 지리정보, 이동서비

스 등에 대한 수요가 크게 증가할 것으로 분석하였다. 실시간 위치정보시스템 즉, RTLS(Real Time Location System)는 보완, 안전성, 비용 및 고객 만족도 등으로 인해 사람과 사물을 추적 및 위치를 파악하며 모니터하는 응용서비스에 대한 많은 수요를 예측한다. RTLS와 USN을 결합한 세계시장규모는 2010년 37억불 2017년 64억불로 추정하였고, RTLS 시장은 2017년에는 2010년의 약 9배인 11억 달러로 예측된다.[7]



〈그림 8〉 Active Badge 시스템



〈그림 9〉 StarGazer 시스템

III. 재난관리를 위한 위치인식 기술

1. 적외선 신호기반 위치인식 기술

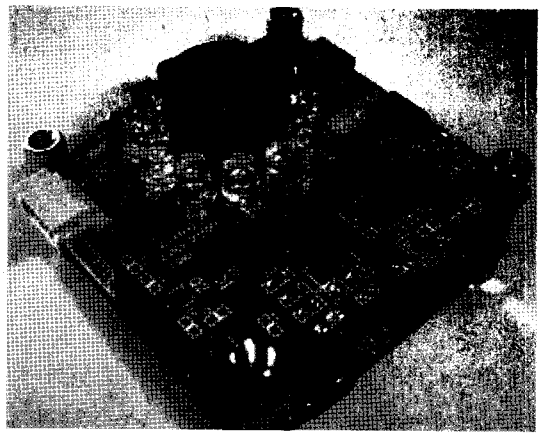
AT&T는 적외선 신호를 이용한 위치인식기술인 Active Badge 시스템을 개발하였다. 이 시스템은 위치노드에서 자신의 ID를 적외선 신호를 이용하여 주기적으로 전송한 후, 위치노드를 추적하면서 그 위치를 데이터베이스에 저장하는 적외선 신호기반 위치인식 시스템이다. Evolution Robotics 사가 개발한 NorthStar는 적외선 프로젝터가 천정에 적외선 Beacon을 투사하고 NorthStar Detector가 반사된 비콘을 수신하여 삼각 측량 방식을 통해 위치를 추정한다. 국내의 하기소닉사가 개발한 StarGazer는 시스템에 탑재된 적외선 프로젝트에서 투사된 적외선이 천장에 부착되어 있는 랜드마크에서 반사되고 이때 적외선의 ID는 StarGazer 내부에 장착된 렌즈를 통하여 영상으로 입력되며, 입력된 영상을 분석하여 위치를 추정한다. 이때 랜드마크는 적외선을 반사하는 재질로서 각각의 ID를 전달하는 기능을 한다. 측정범위는 2.5m~3m 정도의 천장높이이며 정밀도는 5mm 정도로 매우 정확한 위치 측정이 가능하나 많은 수의 랜드마크를 설치해야 하는 단점이 있다. 이상과 같이 적외선 위치인식 시스템은 전체적으로 수m 거리반경에서 수cm 급의 높은 정밀도를 갖지만 적외선 신호를 이용하므로 빛의 간섭이 있으며 작은 장애물도 투과하지 못하고 네트워크를 위한 통신 채널이 없어 때문에 유비쿼터스 환경의 재난관리 시스템으로는 적합하지 않다

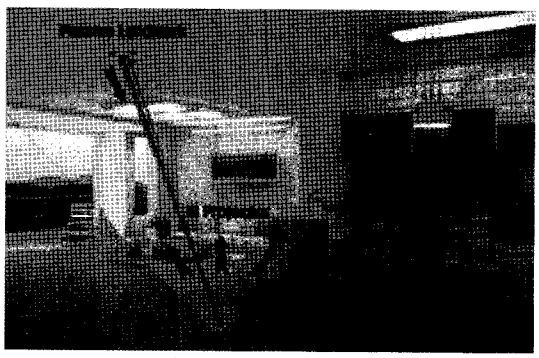
2. 초음파 신호기반 위치인식 기술

RF 신호와 초음파 신호를 사용하여 위치를 추정하는 방식으로, 먼저 RF 베이스 스테이션에서 주기적으로 RF 신호를 보낸 다음 그 신호를

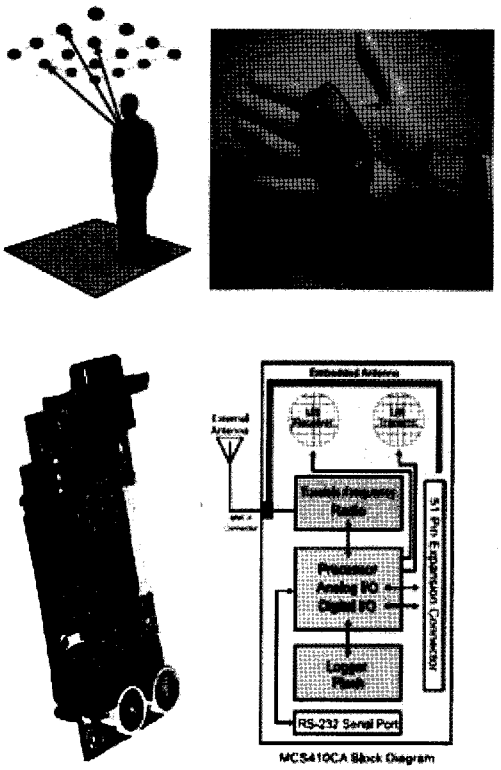
받은 송신기들은 초음파 신호를 전송한다. 그 후, 수신기에서 처음 베이스 스테이션으로부터 받은 RF 신호와 송신기로부터 받은 초음파 신호의 시간차를 이용하여 송신기와의 거리를 측정하고, 이는 중앙 컴퓨터로 전송되어 TDOA(Time Difference of Arrival) 알고리즘을 사용하여 수신기의 위치를 추정한다. 이러한 초음파 신호기반 위치인식 기술의 예로 캠브리지 대학에서 개발한 Active Bat 시스템과 MIT에서 개발한 Cricket 시스템이 있다.

초음파 신호기반 위치인식 시스템은 수Cm 급의 매우 정확한 위치 정밀도를 얻을 수 있으나 인프라를 구축하기 위해서는 고가의 설치 비용이 소요되고 인식거리가 10m 이내로 협소하며 네





〈그림 10〉 Active Bat 시스템



〈그림 11〉 Cricket 시스템

트워크를 위한 별도의 통신채널이 필요한 단점이 있어 유비쿼터스 환경의 재난관리시스템으로는 적합하지 않다.

3. GPS 신호기반 위치인식기술

1970년대 미국 국방성에 의해서 개발된 GPS (Global Positioning System)는 인공위성을 이용하여 지구 전체에 대한 위치정보를 제공할수 있는 네비게이션 시스템이다. 약 20,000km 상공에 위치한 24개의 인공위성은 위치 및 시간 정보를 제공한다. GPS 위치인식시스템은 위성들로부터 수신한 신호사이의 TOF(Time of Flight)를 측정하고 그 차이를 이용하여 위치를 측정하

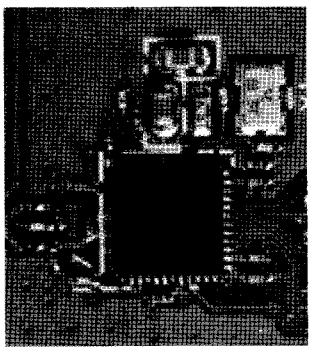
는 방식으로 상업화된 제품에서 DGPS (differential GPS) 방식을 사용하여 약 5m 이내의 정확도를 확보할 수 있다. 하지만, GPS 시스템은 위성으로부터 송출되는 무선신호를 이용하기 때문에 실외에서만 사용가능하며, 실내에서 사용할 수 없는 단점이 있으며 또한 위치 정보만을 제공하고 통신 및 네트워크 기능이 없어 단말기간의 네트워크를 구성할 수 없기 때문에 유비쿼터스 환경에 적용하는 데에는 한계가 있다. 현재 전 세계적으로 42개정도의 회사에서 GPS 수신과 관련된 칩을 개발하여 판매하고 있으며, 러시아에서는 GLONASS(Global Navigation Satellite System)을 GPS와 유사한 방식으로 개발하였고, 최근에는 유럽연합을 중심으로 2003년부터 Galileo라는 프로그램을 개발하여 위성을 이용한 위치정보시스템을 개발하고 있다.

4. WLAN 통신기반 위치인식기술

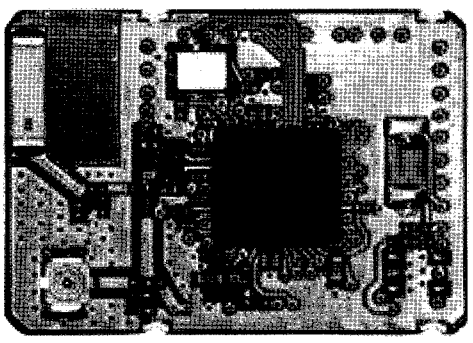
WLAN 통신기반 위치인식기술은 무선신호의 수신신호강도(RSSI)를 이용하여 거리 및 위치를 추정한다. 무선신호는 송신기로부터 수신기까지의 거리가 멀어질수록 신호세기의 강도가 약해진다. 따라서 송신신호의 세기와 수신신호의 세기와의 차이를 측정하면 대략적인 거리 및 위치 측정이 가능하다. 하지만 송신신호가 무선채널을 통과하면서 다중경로 페이딩과 채널환경의 변수로 인하여 동일한 거리에서 수신되는 신호의 세기가 일정하지 않은 문제가 발생하기 때문에 정밀한 위치 측정이 근본적으로 어려운 단점이 있다. 그러나 WLAN은 현재 국내에 폭넓게 인프라가 구축되어 있어서 대략적인 위치인식추정에 도움이 될 것으로 전망한다. 현재 개발된 대표적인 시스템으로는 마이크로소프트사에서 개발한 RADAR 시스템, Intel의 Place Lab등이 있으며. 현재까지 WLAN 통신기반 위치추정기술은 2~3m 정도의 위치정밀도를 갖으며 신뢰도가 낮은 단점이 있다.

5. Zigbee 통신기반 위치인식기술

ZigBee 통신기반 위치인식기술은 저전력, 저가격을 모토로 하는 IEEE802.15.4 저속 통신 네트워크의 표준으로 유비쿼터스 환경구조에 가장 적합한 통신방식이라고 할 수 있다. 그러나 ZigBee 시스템 역시 별도의 위치인식을 위한 기능을 가지고 있지 않기 때문에 무선 수신신호강도(RSSI) 특성을 이용할 수밖에 없다. 이러한 원



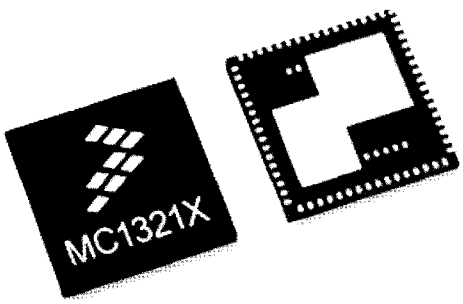
〈그림 12〉 TI사의 CC2420 칩셋



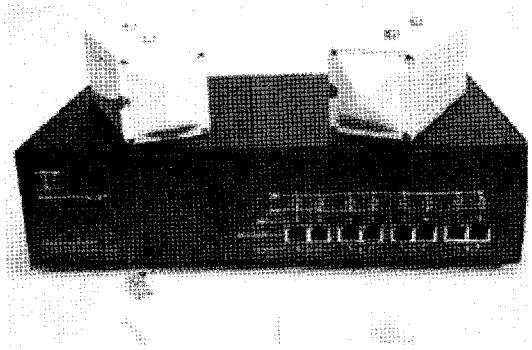
〈그림 13〉 Ember사의 EM250 칩셋

〈그림 14〉 Radiopulse사의 MG2400 칩셋

〈그림 16〉 Time Domain사의 손목태그



〈그림 15〉 Freescale사의 MC1321X 칩셋

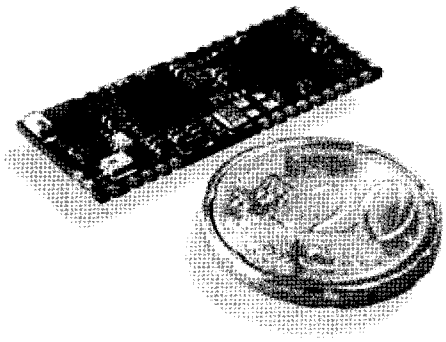


〈그림 17〉 MSSI사의 태그와 리더

인으로 정밀도가 신뢰가 낮은 단점이 있다. 그러나 저전력, 저가격 특성으로 인해 유비쿼터스 환경 인프라에 가장 적합하여 기상활동, 온도, 기압, 폭발, 화산활동과 같은 환경감시의 위험요소들을 미리 예측하여 효과적인 재난대처 또는 재난 예방을 위한 사전 재난관리시스템에 적용하기에 가장 적합하다. 대표적인 개발업체로는 TI, Ember, Freescale, 레이디오펄스 등이 있다.

6. 비표준 UWB 신호기반 위치인식기술

위치인식 UWB(Ultra Wide-band) 기술은 원래 레이더 응용을 위해 탄생된 배경이 있는 임펄스 기반 UWB 기술에 초점을 맞추었다. 이 기술은 2007년 이전까지는 국제 표준이 제정되지 않아 소수업체를 중심으로 비공개 독자기술로 개발하였으며, 대표적인 개발 업체는 Time domain, Multispectral Solutions(MSSI), Ubisense가 있다. 이러한 업체들은 임펄스 신호의 TDOA (Time Difference of Arrival) 시간차를 측정하여 30Cm 급의 비교적 정밀한 위치인식을 수행하는 RTLS 제품을 출시하였다. 그러나 1.3GHz 이상의 넓은 주파수 대역폭을 사용하는 비표준 주파수 대역을 이용하며, 인프라 설치비용이 크고, 태그센서노드와 수신기로 구성된 단방향 채널로 인해 네트워크를 구성할 수 없어 유비쿼터



〈그림 18〉 nanoLOC 위치인식 모듈

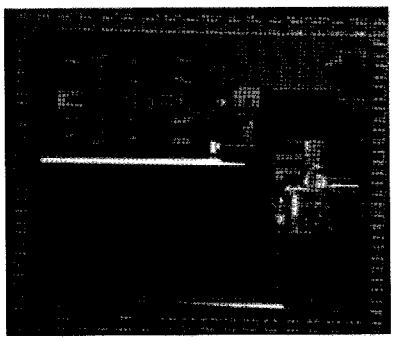
스 환경에 적용하기에는 한계가 있다.

7. 표준 CSS 신호기반 위치인식기술

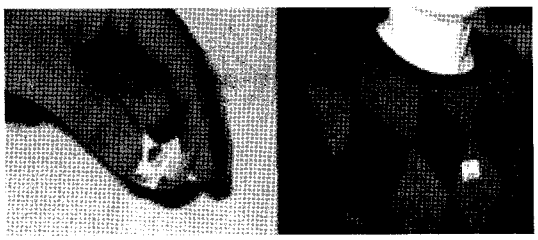
Nanotron은 2.4GHz 대역의 CSS(Chirp Spread Spectrum)방식을 사용하여 통신 및 위치인식을 할 수 있는 NanoLOC 시스템을 개발하였다. 이 위치인식 기술은 무선 반송파 주파수를 스위핑하는 레이더 기술을 접목한 것으로 IEEE 802.15.4a 협대역 표준으로 채택되었다. 이 시스템은 저전력 및 저가 구현이 가능하며 ZigBee 통신기반 위치인식기술 보다 향상된 위치인식 정밀도를 제공한다. 그러나, 2.4GHz 대역에서 기존의 고출력 무선기기와의 간섭으로 인해 성능이 저하되고 실내 다중경로 환경에서는 2m 정도의 위치인식 오차가 발생한다.[4]

8. 표준 UWB 신호기반 위치인식기술

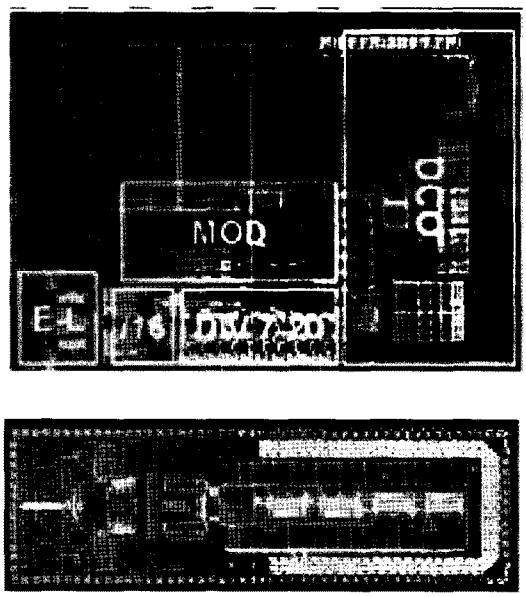
저전력, 저비용으로 통신과 위치인식을 동시에 실현하는 IEEE 802.15.4a UWB 표준은 기존의 협대역 또는 광대역 시스템 보다 매우 넓은 주파수 대역폭을 사용하여 상대적으로 낮은 전력밀도 특성을 가지므로 기존 통신 시스템과 간섭을 줄이며, 2nS 이하의 짧은 펄스를 사용하여 타 실내 위치인식 기술에 비해 뛰어난 위치 정밀도 획득이 가능하다. 국제 표준에 따라 시제품을 선보인 대표적인 업체로서 프랑스의 TES Electronic Solutions 사는 국제 표준 부합하는 비동기 수신 방식의 IP를 개발하였음을 보도하였다.[8] 이 제품의 특징은 RF 아날로그 전단부를 0.25um SiGe 공정으로 제작하였고 모뎀은 FPGA를 이용한 플랫폼으로 제작되었다. 또한 그림 21과 같이 6-9GHz 대역의 섬유타입의 UWB 안테나를 제작하였다. 그러나 비동기 수신 방식으로 인한 위치인식 정밀도는 현저하게 떨어질 것으로 예상된다. 벨기에의 IMEC은 그림 22와 같이 국제 표준 부합의 90nm CMOS 공정의 송신기와 수신기를 제작하였다.[9] 개발된 송



〈그림 19〉 TES사의 UWB 송수신기 모듈



〈그림 20〉 섬유타입의 UWB 안테나



〈그림 21〉 IMEC의 UWB 송신기 및 수신기

신기는 디지털 펄스 생성 기술을 이용하여 3~10GHz 주파수 동작 범위를 갖으며, 저전력 구현이 가능하지만 역시 모뎀은 FPGA 단계로 검증하고 있다.

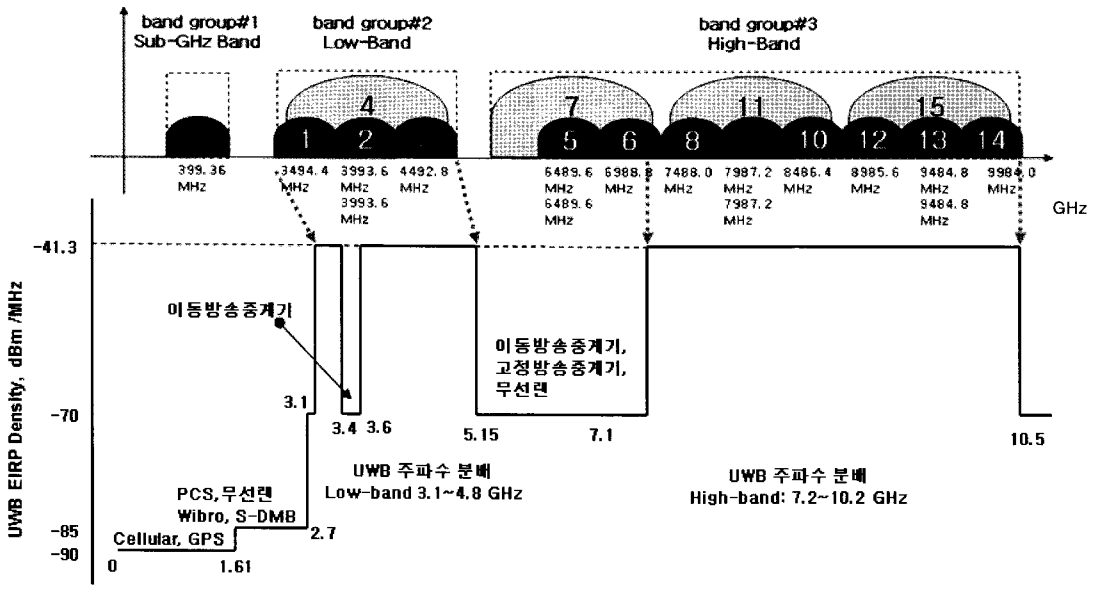
ETRI(한국전자통신연구원)에서 개발한 무선 임펄스 기반 UWB 위치인식 칩셋은 실내 음영지역이나 다중 경로 환경에서 20m이내 30cm급 정밀도를 갖는 위치인식/위치추적 기능을 수행하며, 국내외 UWB 주파수 분배에 적합하도록 설계되었다. 보다 상세한 설명을 다음 장에서 다뤄보기로 한다.

IV. 위치인식 임펄스 UWB 기술

1. 위치인식 임펄스 UWB 국제 표준

최근 유비쿼터스 센서 네트워크 시대의 도래에 따라 저속, 저비용 측면을 강화한 UWB 즉, 초광대역 위치인식 기반 응용 서비스에 대한 관심이 증가하고 있다. UWB기술이란 미국 FCC의 정의에 따르면 중심주파수의 20% 이상의 점유대역폭을 가지거나 500MHz 이상의 점유 대역폭을 차지하는 무선 전송기술로 정의한 바 있으며, 이에 따르면 대역폭만 500MHz 이상 확보한 변조기술은 UWB 기술로 구분할 수 있다. 언제 어디서나 사람과 객체의 위치를 인식하고, 이를 기반으로 유용한 위치기반 응용 서비스를 제공하고자 낮은 복잡도, 저 비용, 저 전력소모 및 정밀한 위치인식을 목표로 2004년 3월에 IEEE 802.15.4 Alternative Task Group(TG4a)이 결성되었고, 2005년 총 26개의 제안서를 접수하여 UWB 방식과 CSS 협대역 방식을 골자로 하는 통합 제안서를 작성하여 2007년 3월에 최종 표준이 완료되었다. IEEE 802.15.4a 국제표준은 저소비 전력으로 통신과 거리측정을 동시에 가능케 하는 PHY 제정을 목표하는 것으로 UWB 기술은 원래 레이더 응용을 위해 탄생된 배경이 있는 원조격인 임펄스 기반 UWB 기술에 초점을 맞추었다. 무선 임펄스 기반 UWB 기술은 기존의 협대역 또는 광대역 시스템 보다 매우 넓은 주파수 대역폭을 사용함으로 상대적으로 낮은 전력밀도 특성을 갖는다. 이는 기존 무선 통신 시스템과 간섭을 최소화 하며, 아주 짧은 펄스송신을 통해 시간 분해능이 우수하고, 건물, 벽, 비금속 칸막이 등 투과성이 좋아 정확한 거리측정이 가능하기 때문에 실내 음영지역이나 다중 경로 패이딩 환경에서 타 실내 위치인식 기술에 비해 뛰어난 위치 정밀도 획득이 가능하다.[3]

IEEE 802.15.4a 에서는 그림 23와 같이 FCC에서 허가한 3.1~10.6GHz 주파수 대역 및 1GHz 아래 주파수 대역을 크게 Sub-GHz band, Low-



〈그림 22〉 IEEE 802.15.4a UWB 표준의 국내외 주파수 분배안

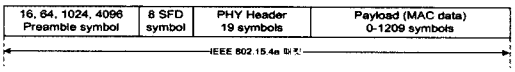
band, High-band 3개의 대역 16개의 채널로 나누었다. 이중에 채널 0번, 3번, 9번을 각 대역의 mandatory 채널로 정하고 반드시 이중 하나를 구현하도록 하고 있다. 국내 UWB 주파수 분배안에 따르면 3.1~4.8GHz 대역과 7.2~10.2GHz 대역을 사용하도록 고시하고 이중 3.1~4.8GHz 대역에서는 간섭회피기술(DAA)를 적용하여야 하며, 단 4.2~4.8GHz 대역에서는 차세대 이동통신 개발시기를 고려하여 DAA 적용을 2010년 6월까지 유예하기로 하였다[5]. 그러나 2007년 3월 전파연구소에서 개정 고시한 간섭회피 및 경감기술(DAA) 기술기준에 따르면 연속송신시간 5mS 이하고 휴지시간을 1초 이상으로 규정하여 저속의 위치인식 UWB 기술에 대해서는 DAA의 기술 적용없이 3.1~4.8GHz 대역을 사용할 수 있게 되었다. 따라서 임펄스 신호 기반 위치인식 시스템은 총 16개의 채널 중 국내에서는 0, 5, 6, 7번을 사용할 수 없으며,그 밖에 모든 채용은 가용하며, 1, 2, 3 채널(Low-band)의 경우는 DAA 기술 적용 없이도 사용이 가능하게 되었다.[6]

2. ETRI가 개발한 위치인식 UWB 칩셋

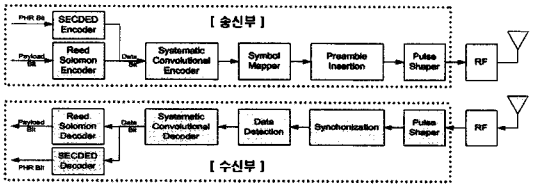
a. 위치인식 UWB 시스템 규격

임펄스 UWB 시스템의 변조 방식은 동기수신과 비동기 수신을 모두 지원하기 위해 BPM (Burst Position Modulation)과 BPSK를 결합한 방식을 취하고 있다. 프레임의 형태는 그림 24와 같이 SHR 프리앰블, PHY 헤더(PHR), Payload로 구성된다. SHR 프리앰블은 신호 획득, 동기, 채널추정, Ranging을 위한 leading edge detection 등을 수행한다. PHY 헤더는 프리앰블 모드, 데이터 전송률, 페이로드 길이등과 같은

패킷의 정보가 포함되어 있다. 그리고 Payload는 전송하고자 하는 MAC 데이터이다. 그림 25는 UWB PHY 시스템의 변복조 흐름도를 보여주고 있다. 송신부에서는 데이터와 PHR을 서로 다른 부호화를 하고 있는데 PHR은 SECDED라는 해밍코드 부호화를 수행하고 Payload 데이터는 RS 부호화, Convolutional 부호화, 심볼 매퍼, 프리앰블 삽입, 펄스 Shaper, RF와 안테나를 거쳐 전송되고, 수신부는 RF를 통해 들어온 신호를 펄스 Shaper, 동기부, 데이터 복조부, Convolutional 복호 및 RS 복호를 거쳐 송신신호를 복원한다.[3]



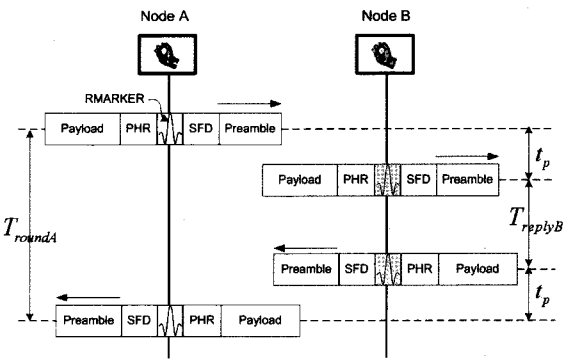
〈그림 23〉 UWB 시스템의 프레임 구조



〈그림 24〉 임펄스 UWB 변복조 흐름도

b. 임펄스 UWB 위치인식 기술

IEEE 802.15.4a 표준에서 위치인식 방법은 기준노드와 위치노드 사이에 TOA(Time of Arrival) 방식을 통한 전파 전달 시간을 측정하여 거리를 추정한 후 이를 세 개 이상의 기준 노드로부터 데이터를 수집하여 삼각측량법에 의해 위



〈그림 25〉 TWR 방식의 Ranging

치를 추정한다. Ranging(거리추정) 기법에는 그림 26과 같은 TWR (Two-Way Ranging)을 기본으로 한다.[3] Ranging의 정밀도를 결정하는 요인으로는 크게 세 가지가 있다. 첫 번째는 요인은 대역폭이다. 먼저 대역폭이 넓을수록 시간축의 펄스폭은 짧아지기 때문에 다중경로 채널의 환경의 시간축 분해능을 향상할 수 있다. 결국 대역폭은 위치인식 UWB 시스템의 이론적인 Ranging 한계를 결정하는 요인이라고 할 수 있다. 두 번째 요인은 클럭 옵셋이다. 두 노드간 클럭 옵셋이 있는 경우 TOA 계산시 클럭 옵셋에 대한 오차가 크게 발생하게 되는데 클럭 옵셋 크기에 비례하여 정밀도의 오차는 증가하게 된다. 이를 보상하기 위해 SDS-TWR(Symmetric Doubly-sided TWR) 방법을 적용하면 두 노드에서 측정한 결과를 취합하여 전파시간을 계산하므로 두 클럭간의 옵셋영향을 보상할 수 있다. 또한 클럭옵셋은 Leading edge detection 시 정밀도를 저하시킨다. 따라서 수신기에 클럭옵셋의 영향을 보상할 Timing Tracking 기능이 필요하다. Ranging의 정밀도에 영향을 주는 세 번째 요인은 수신 방식이다. 비동기 수신 방식은 펄스

의 에너지 검출에 의한 신호 복원이므로 잡음에 의해 다중경로 환경에서 Leading Edge Detection 정밀도를 저하시키는 요인이 된다. 동기 수신 방식은 Multipath Profile을 구성하여 Multipath 환경에서 보다 우수한 Ranging 성능을 갖을 수 있다.

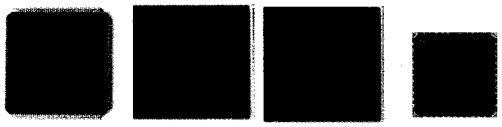
c. 위치인식 임펄스 UWB 칩셋

ETRI에서 개발한 IRPS(Impulse-radio Positioning System) 칩셋의 시스템의 규격은 표 2에 정리된 바와 같다.

〈표 2〉 ETRI IRPS 시스템 규격

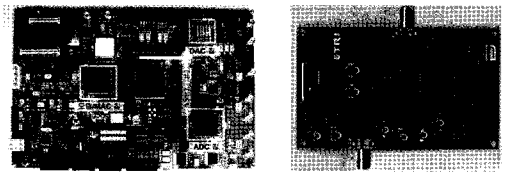
사용 주파수	3494.4, 3993.6,4492.8MHz
채널대역폭	499.2MHz
변조방식	BPM+BPSK
UWB펄스	499.2MHz BW의 RRC
프리앰블 길이	64
전송속도	0.85Mbps
Chip rate	499.2MHz
채널부호	RS, Convolutional 연접코드
확산 이득	12dB
지원 SOP수	6
수신방식	동기 및 비동기 Dual 모드
통신 거리	〈 20m
Ranging 정밀도	〈 30cm
표준방식	IEEE 802.15.4a
ASIC공정	TSMC 0.13um CMOSRF/Mixed 1P8M 공정

2007년 12월에 제작된 1차 IRPS 시스템은 그림 27(a)와 같이 임펄스 UWB 모뎀/MAC 칩, 그림 27(b)의1Gsps ADC 칩, 그림 27(c)의 1Gsps DAC 칩, 그림 27(d)의 임펄스 UWB RF 송수신기 칩의 기능 모듈별로 제작되었다.



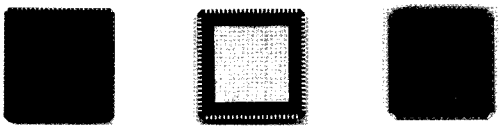
(a) (b) (c) (d)

〈그림 26〉 IEEE 802.15.4a 1차 IRPS 칩셋



(a) (c)

〈그림 27〉 1차 IRPS 칩셋 시험 플랫폼



(a) (b) (c)

〈그림 28〉 IEEE 802.15.4a 2차 IRPS 칩셋

그림 27(a)의 1차 IRPS 모뎀 칩은 20X20mm 176pin TQFP 타입으로 제작되었고, 외부 ADC/DAC의 고속 인터페이스를 위해 LVDS 인터페이스를 사용하였다. 그림 27(c)의 RF 칩은 7X7mm 44pin MLF 패키지로 제작되었다. 그림 29는 2차 IRPS 칩셋을 보여준다. 2차 칩에서는 그림 29(a),(b)와 같이 ADC/DAC를 모뎀칩과 하나의 칩으로 집적하여 10X10mm 88pin QFN 패키지로 제작하였다. 그림 29(c)는 7X7mm 44pin MLF 타입으로 제작된 2차 RF 송수신기 칩을 보여준다.

V. 향후 재난관리 위치인식 기술

앞으로 다가올 유비쿼터스 IT 기반사회에서의 미래적 재난관리의 기술 패러다임은 정보통신기술의 발달에 의해 이루어지는 유비쿼터스(Ubiquitous)환경에 기반한 재난관리시스템으로 발전할 것이다. 이러한 재난관리 시스템은 크게 사전 재난관리시스템과 사후 재난관리시스템으로 분류할 수 있는데 사전 재난관리시스템은 저전력, 저가격 특성을 갖는 ZigBee 통신기반 시스템을 통해 기상활동, 온도, 기압, 폭발, 화산활동과 같은 환경감시정보를 이용하여 위험요소들을 미리 예측하고 조기경보체제를 통해 효과적인 재난대처 또는 재난 예방을 위한 방법이며 사후 재난관리시스템은 재난발생으로 인해 직접적인 피해를 입은 조난자를 신속히 구조하고 복구하여 최대한 피해를 줄이기 위한 방법이다. 사후 재난관리시스템은 유비쿼터스 환경을 기반한 위치인식 인프라를 이용하면 재난구조 및 복구를 보다 효과적으로 수행할 수 있다. 사후 재난관리시스템에 적용하기에 가장 적합한 후보기술은 IEEE 802.15.4a 표준에 기반한 임펄스 신호기반 UWB 위치인식 기술로서 이 기술은 시간 분해능이 우수하여 정확한 거리측정이 가능하고, 저전력 구현특성이 우수하며, 매우 넓은 주파수 대역폭에 상대적으로 낮은 전력밀도 특성으로 인해 기존 무선 통신 시스템과 간섭을 최소화 할 수 있고, 건물, 벽, 비금속 칸막이 등 투과성이 좋아 차세대 IT 융합 유비쿼터스 네트워크의 실시간 위치인식 재난관리시스템의 중심적인 기술로 대두될 것이다.

VI. 감사의 글

본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 IT신성장동력핵심기술개발 사업인 '2006-S070-03,홈네트워크용 Cognitive 무선 시스템 개발' 의 일환으로 수행되었습니다.

참고문헌

[1] 이재은, 자연재난과 방재시스템, 정보통신정책연구원, 2005.10

[2] 김대영, KOREN망을 활용한 전국적 규모의 USN망 구축 및 재난 방지 응용 기술 연구,한국정보사회진흥원, 2006.12

[3] "Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (WPANs)," IEEE Std 802.15.4a, Aug.,2007.

[4] 이동희, 손명규, IEEE 802.15.4a 기반 위치인식 테스트베드 설계 및 구현, 대한임베디드공학회, 추계학술대회, 361-365, 2006.10

[5] 전파법 제9조(주파수 분배안), 2006,7

[6] UWB 및 용도미지정 무선기기, 전파연구소고시 제2007-22호, 제9조의2, 2007.3

[7] Real Time Locating Systems (RTLS): 2007-2017년, IDTechEx, 2007

[8] UWB-LDR with Sub-meter ranging, TES Electronic Solutions, Rev.1, Feb., 2007.

[9] Julien R.,외 6인,A 0.65-to-1.4nJ/burst 3-to-10GHz UWB Digital TX in 90nm CMOS for IEEE 802.15.4a, ISSCC , 2007.

저자소개

오 정 열

1997년 2월 동신대학교 정보통신공학과 학사
1999년 2월 전북대학교 정보통신공학과 석사
2005년 8월 전북대학교 컴퓨터공학과 박사
2002년 1월~2003년 3월 전북대학교 반도체설계 교육센터 연구원
2004년 6월~2005년 8월 (주)에이트리 선임연구원
2005년 10월~현재 한국전자통신연구원 선임연구원
주관심 분야 : 위치인식 UWB, WPAN, WBAN

김 재 영

1990년 2월 연세대학교 전자공학과 학사
1992년 2월 연세대학교 전자공학과 석사
1996년 8월 연세대학교 전자공학과 박사
1996년~1999년 2월 대우전자(주) 선임연구원
1999년~현재 한국전자통신연구원 책임연구원(팀장)
주관심 분야 : 위치인식 시스템, WPAN, WBAN