

위치인식 기술동향

컴퓨터화의 새로운 패러다임으로 등장한 유비쿼터스화는 유비쿼터스 컴퓨팅과 유비쿼터스 네트워크를 기반으로 물리공간을 지능화함과 동시에 물리공간에 펼쳐진 각종 사물들을 네트워크로 연결시키려는 노력으로 정의되는데, 특히, 유비쿼터스 위치기반 서비스(uLBS)가 중요하게 대두되고 있다. 위치인식 기술은 uLBS 제공을 위해 가장 중요한 요소 기술 중 하나이다.

■ 장원석, 이장명*
(부산대학교 전자공학과)

I. 서론

가까운 미래에는 ubiquitous computing과 ubiquitous network를 통해 새롭고 다양한 서비스가 창출될 것이다. 특히, 언제 어디서나 사람과 사물이 같은 객체의 위치를 인식하고, 이를 기반으로 유용한 서비스를 제공하는 환경에서 로봇의 위치를 인식하는 것은 기본적이며 중요한 기술중의 하나이다. 지능형 로봇이 어떠한 환경 내에서 작업을 하기 위해서 위치의 인식은 매우 중요한 요소이다.

위치인식 센서는 로봇의 절대 혹은 상대 위치 및 방향각 정보를 획득하여 실시간으로 관련 데이터를 지능형 로봇에 전달한다. 이를 통하여 지능형 로봇은 목표지점으로 이동하기 위한 궤적계획이 가능하며 그에 따른 효율적인 제어도 가능해진다. 즉 로봇이 자기 위치를 인식한 후에야 안정적인고 지속적인 자율주행이 가능해진다[1~3].

로봇의 초기 위치정보로부터 관성센서, 엔코더, 마그네틱 센서 등을 이용해 이동 로봇의 속도 및 방향을 측정하여 다음의 위치를 계산하는 상대위치인식방법[4,5]은 비교적 간단하게 위치를 측정할 수 있으나 오차 누적의 문제가 있고 RFID[6], laser 센서[7], CCD 카메라[8], 초음파 센서[9,10]와 같은 센서를 사용하여 절대 위치를 측정하는 절대위치인식방법은 지속적으로

오차의 누적 없이 위치를 측정할 수 있으나 각각 다른 단점을 가지고 있다.

로봇 시장의 잠재적 성장 가능성을 고려할 때 로봇의 자율 운용에 필수적인 정밀한 위치 파악 요소기술을 선 개발하여 상업화 하는 것은 경제적으로도 큰 의미를 갖는다. 뿐만 아니라 위치 파악 요소기술의 선도적 개발에 의해 미래 지능형 로봇 시장을 주도할 수 있는 계기도 기대할 수 있다.

로봇에 적정 가격대의 위치인식 기술이 접목되면 로봇산업의 활성화가 가능하다. 현재 청소용 로봇은 충돌방지 정도의 인식을 하고 있지만 위치인식 기술이 접목되면 청소용 로봇이 더 많은 서비스를 제공할 수 있다. 더 많은 서비스의 실행으로 로봇 산업이 활성화되면 관련 요소기술 산업이 활성화 된다. 따라서 위치인식 기술은 로봇 산업뿐 아니라 산업 전반의 활성화에 큰 기여를 할 것이다.

위치인식 기술은 지능형 로봇의 자율 주행뿐 아니라 다양한 분야에 응용이 가능하다. 또한 위치인식 기술을 국산화하면 기존 수입품을 대체할 뿐 아니라 수출시장의 진출에도 크게 기여할 수 있다.

위치인식 기술은 다음과 같은 시장 영역에 적용이 가능하다. 물류 추적 및 자율 운송에 적용하면 공장 자동화의 촉진이 가능하다. 중장비 이송 및 위험 업무 수행 로봇의 자율 운행에 적용

할 수 있다. 또한 방법, 방재, 안전 영역 확보 등에 활용할 수도 있다. 그리고 청소용 로봇이 좀 더 다양한 임무를 수행할 수 있게 할 것이다.

위치인식 기술은 로봇 응용 산업 영역을 확대시켜서 로봇 산업 전체의 활성화 동기를 제공할 것이다. Ubiquitous infrastructure를 구성해서 uCity, uLife 사회를 선도할 것이다[11,12]. 예술 분야에 위치인식 기술이 접목되면 새로운 문화적 performance가 가능해지고 인간 삶도 보다 더 풍요로워 질 것이다.

위치인식 기술은 여러 센서가 융합되면서 다양한 형태로 진화가 가능하다. 융합 위치인식 기술의 대중화가 성공하면 각 요소 기술 산업이 활성화되고 요소 기술 산업의 활성화는 로봇 분야를 포함하여 가정, 공공 서비스, 군사, 재난, 환경 등의 분야를 활성화시키고 요소 기술의 융합은 경제, 사회, 문화 전반의 시너지 효과를 역동적으로 자극할 것이다. 그리고 인간 삶의 질을 향상시키고 궁극적으로 사회 복리 증진에 기여할 것이다.

II. 본론

1. 위치인식 기술 관련 인프라

실내 및 실외환경으로 구분하여 위치인식기술을 적용하는 것이 대부분으로 실외의 경우 DGPS와 엔코더, 자이로 등 항법 센서와 연동한 위치인식기술이 보편적으로 많이 활용되고 있다. 최근 임펄스 방식의 UWB 신호를 이용한 거리 측정 센서가 개발되었으나 실외환경 로봇 네비게이션 적용은 실험단계이다. GPS 신호는 특히, 도시환경에서 건물을 포함한 다양한 구조물에 의해 음영지역이 발생하게 되므로 신뢰성 확보의 목적으로 UWB나 초음파 위치인식기술을 활용하는 것을 고려해 볼 만하다. 실내의 경우 초음파, laser, 적외선 등 다양한 센서를 통해 위치인식을 하는 기술이 활발하게 연구 개발 중이다.

한편, 위치인식 방법 및 센서에 따른 다양한 위치 데이터 포맷을 통일하고 각 로봇에게 일관된 위치서비스를 제공하기 위한 표준 위치서비스 기술개발도 중요한 이슈이다. 이와 관련하여 최근 국제 단체표준기구인 OMG에서 로봇틱 위치인식 서비스(RLS) 프레임워크에 대한 표준화 작업이 진행되었고 2009년 6월 최종 채택되었다.

RLS 규격은 로봇운용에 필요한 고유 특성 · 정확도, 위치정보에 대한 확률적 표현, 다양한 로봇위치인식센서 수용, 다양한 좌표계 표현, 이중 위치정보의 융합기능을 고려한 것으로 로봇 네비게이션, 로봇작업 등 로봇서비스 구현에 적합한 구조

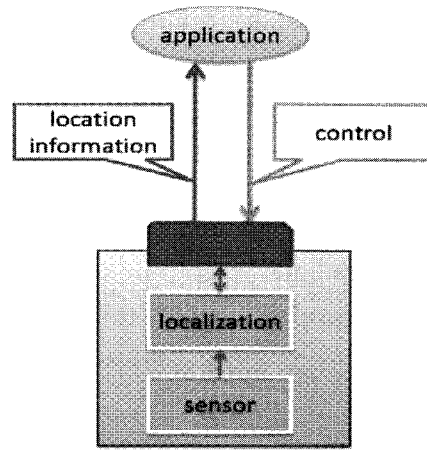


그림 1. 기본적인 RLS 모듈.

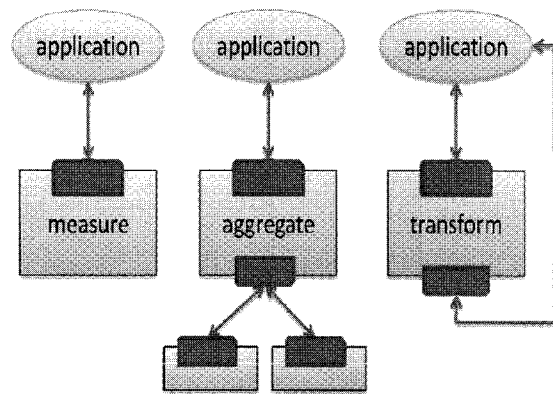


그림 2. 다양한 기능의 RLS 모듈의 구조.

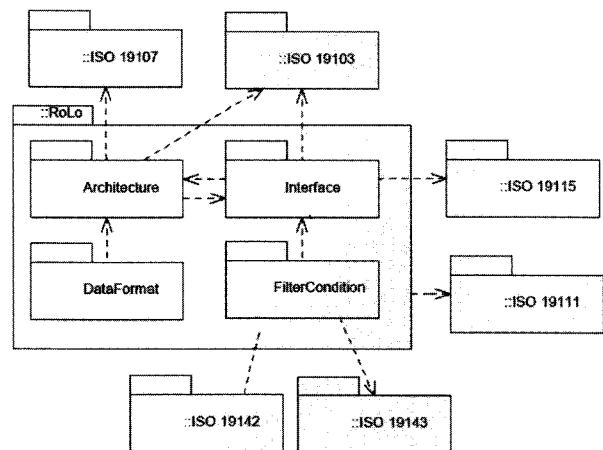


그림 3. RLS와 기존 GIS 표준의 관계.

를 가진다. 한편, IT 인프라 활용을 위해 RFID, USN, 카메라, 사람, 사물의 위치까지 동일한 프레임워크에서 표현이 가능한 것

으로 로봇응용뿐만 아니라 GPS, WiFi, UWB 등 ubiquitous infra가 활용되는 다양한 응용에 적용이 가능하다. 특히, 로봇서비스 구현을 위해 다양한 위치인식 센서가 필요한데 위치인식 센서의 종류나 알고리즘에 무관하게 적용이 가능한 이점을 가지고 있다.

그림 1과 2는 RLS 모듈을 단순화시켜 나타낸 개념도로서 RLS 내부의 Localization Object, Aggregator는 상호역할을 맡을 수 있어 서비스 모듈간 임의의 계층구조를 구성할 수 있다. RLS는 일종의 위치정보처리 미들웨어로 작용하여 원격 로봇서버에 탑재되거나 각 센서 혹은 로봇에 내장하여 동일한 프레임워크 구성을 도와준다. 그리고 기존 GIS 표준과의 연동이 가능하며 그 관계를 그림 3에 나타내었다[13].

2. 국내 위치인식 관련 기술 현황

2006년도에 정보통신부 주관으로 공공도우미 로봇 시범 사업이 활발하게 진행되었는데 이 때 많은 로봇업체가 참여 하였다. 일부 로봇 업체 그룹은 인천공항, 로봇파크, 광주우체국에 도우미 로봇을 공급하였고 또 다른 그룹은 김포공항, 서울역, 부산우체국에서 로봇을 시범운영 하였다.

표 1. Vision에 의한 위치인식 시스템(국내).

시스템	정밀도	특징
StarLite	5cm/1° 이하	- 카메라로 천정에 부착된 점 광원의 영상을 추출 - 위치 및 방위각을 계산 - 동작 영역 5m
StarGazer	5cm/1° 이하	- Passive Land Mark를 천정에 부착하여 특정 적외선을 송출 - 위치 및 방위각을 계산 - 동작 영역 5m

표 2. 초음파에 의한 위치인식 시스템(국내).

시스템	정밀도	특징
iGS-U	±5cm/2°	- 천정에 부착된 송신기에서 특정 주파수의 초음파를 발신 - 송신기에서 특정 주파수의 초음파를 수신하여 거리 측정 - 측정된 거리 값들로부터 위치 및 방위각을 계산 - 동작 영역 10m
USAT A106 / B107	A106 : 1~10cm B107 : 2~20cm	- 멀티로봇, PDA 모니터링 지원 - 비컨 4개, Tag, Repeater가 기본 구성

2.1 Vision을 이용한 위치인식 시스템

ETRI에서는 Active IR Landmark를 이용한 위치인식 시스템, StarLITE를 개발하고 있다. RIST에서는 Passive Artificial Landmark를 이용한 시스템, StarGazer를 개발하고 있다. 또한 대학 연구소를 중심으로 카메라를 이용한 위치인식 시스템이 활발히 연구되고 있다. Vision을 이용한 위치인식 시스템은 위치 및 방향각 정밀도가 양호하나 태양광이나 기타 조명에 의해 영향을 받는 단점이 있다.

2.2 초음파를 이용한 위치인식 시스템

부산대학교 지능로봇연구실과 ㈜나인티시스템이 공동으로 개발한 iGS-U는 RF신호를 동기 신호로 사용하고 초음파를 거리 측정용으로 사용한다. 한국 LPS에서 개발한 USAT A106/B107은 RF 신호전송용 repeater를 이용하여 동기화를 시킨다는 점에서 iGS와 차이가 있다. 가격이 저렴하고 높은 정밀도를 가진다는 장점이 있지만 coverage의 한계와 processing time으로 인한 오차 발생의 문제가 있다.

2.3 그 밖의 위치인식 관련 기술

최근 설치된 WiFi를 이용하여 스마트폰으로 위치정보를 획득하는 기술이 ETRI와 KAIST에 의해 연구되었고 상용화 단계에 이르렀다. 이는 복잡한 실내 혹은 대형 공간에서도 적용이 가능하고 5m 내외의 정밀도를 가진다.

3. 국외 위치인식 관련 기술 현황

3.1 Vision을 이용한 위치인식 시스템

Evolution Robotics사의 North Star는 설치가 비교적 간편하고 반경 3m 정도의 좁은 영역에서 위치 및 방향각 정밀도가 양호하지만 반경 6m 정도의 영역으로 공간이 확장되면 위치 오차가 급격히 늘어난다. MS 연구소의 EasyLiving은 실시간 3차원 카메라

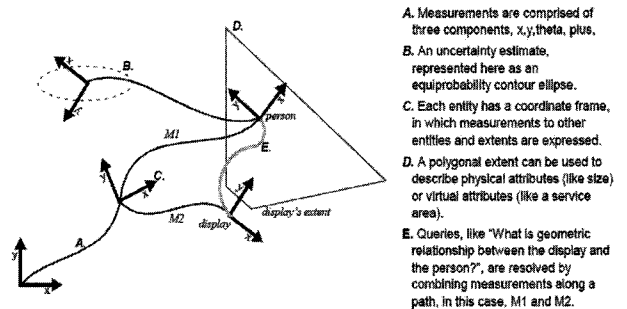


그림 4. EasyLiving의 기하학적 모델.

표 3. Vision에 의한 위치인식 시스템(국외).

시스템	정밀도	특징
Active Badge	room size	- Active Badge는 약 1초에 한번씩 주기적으로 인식 번호를 적외선으로 송출함 - 천정의 적외선 센서가 인식번호를 감지함
North Star	오차: 10cm/2°	- 반경이 6m정도되면 오차가 40cm/8°로 급격히 증가
EasyLiving	가변	- 3차원 카메라를 이용 - 카메라로 찍힌 장면을 통해 물체의 이동거리 및 각도를 측정 - Frame 분석을 위해 대용량의 프로세싱 전력이 필요

표 4. 초음파를 이용한 위치인식 시스템(국외).

시스템	정밀도	특징
Cricket	1.2m × 1.2m, 3~5°	- 천정에 부착된 비컨은 일정 주기 간격으로 RF 신호 및 초음파 주파수 신호를 동시에 발신 - 수신기는 RF와 초음파를 받아 거리를 계산함 - 3개 이상의 거리 data를 이용 삼각계산에 의해 위치를 추정
ActiveBat	9cm(95%)	- 천정에 부착된 수신기들을 초기화한 후 특정 송신기를 RFID로 호출함 - 호출 송신기는 초음파를 발생시킴 - 수신기가 초기화된 시점부터 초음파 수신 시점까지 지연시간 저장 - 3개의 초음파 지연시간으로 삼각계산으로 위치를 추정함 - 2개 이상의 초음파 송신기를 이용하여 각도를 검출함

라를 이용하여 위치인식을 수행한다. 카메라로 찍힌 장면을 통해 위치 및 방향각을 측정하여 각 entity간의 좌표 프레임을 정의한다. 그리고 실루엣, 얼굴색 및 패턴을 이용한 멀티모달 프로세싱을 통해 정확도를 향상시킨다. 그러나 비전 시스템이 프레임 분석하기 위해서는 엄청난 양의 프로세싱 전력이 필요하다는 단점이 있다.

3.2 초음파를 이용한 위치인식 시스템

미국 MIT가 개발한 Cricket은 천장에 부착된 초음파 송신기들로부터 수신된 신호를 이동체에 부착된 초음파 수신기에서 계산하여 위치를 측정하는 시스템이다. 비교적 설치가 간단하고, 저렴한 단말기만 설계된 위치에 부착시키면 간단하게 시스템을 구축할 수 있는 핸드셋 기반의 방식이다. 영국 Cambridge 대

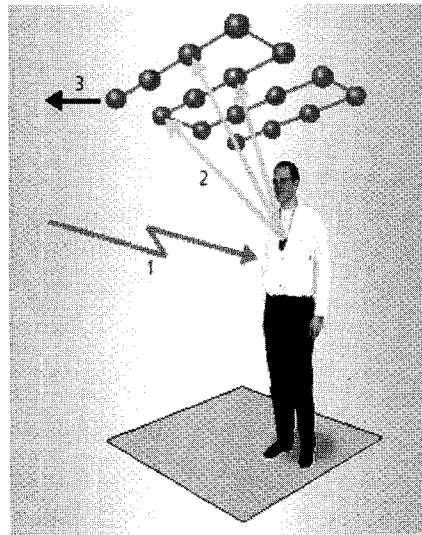


그림 5. ActiveBat 시스템의 동작.

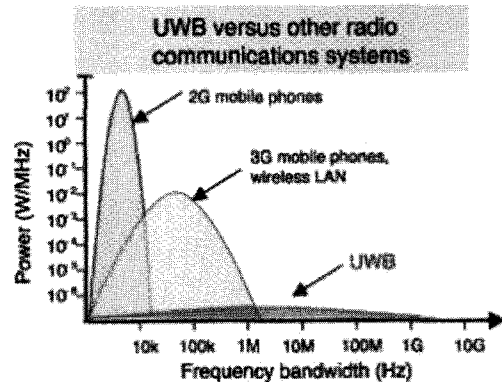


그림 6. 기존 시스템과 UWB 시스템의 스펙트럼 비교.

학의 ActiveBat은 초음파 송수신기와 broadband spread spectrum 기술을 이용한다. 이 기술은 기존 초음파 거리 탐지 방법이 가지는 원칙적 문제, 즉, 두 송신기가 동시에 초음파 신호를 발신할 수 없는 In-band noise 문제의 해결책으로 제안되고 있다. 그러나 ActiveBat은 beacon을 1.2m 간격으로 배치해야 하는 번거로움을 가진다.

3.3 RF 신호를 이용한 위치인식 시스템

전파의 속도가 워낙 빠르기 때문에 신호의 비행시간(TOF)의 측정으로 정밀도가 높은 위치인식 시스템을 구성하기 힘들지만 비교적 넓은 영역의 위치인식이 가능하다. 최근 Ubisense사, Bluesoft와 BlueTags사에서 신호 도달시간의 차이(TDoA)와 신호 수신각도(AoA)를 이용한 방법들이 개발되고 있다.

표 5. RF를 이용한 위치인식 시스템(국외).

시스템	정밀도	특징
RADAR	3~3.4m (50%)	- 한층에 3개 이상의 base station - 무선 LAN, NIC이 필요 - RF 신호의 세기를 이용
3D-iD	1~3m	- 많은 수의 태그 위치인식이 가능 - RF 도달 시간을 이용
Ekahau	1~3m	- 많은 지점에서 측정치를 수집할수록 정밀도 향상 - RF 신호의 세기를 이용
Impulse Radio UWB	30cm (95%)	- 투과성이 좋아 건물 벽 또는 비금속 칸막이 등을 통과할 수 있음 - 설치비용이 저렴, 소모전력도 낮음 - 다른 무선통신에 장애를 일으킬 수 있음 - Tag가격이 비교적 고가임 - 금속 물체 근처에서 정밀도 저하
Series 7000	15cm 이내	- 6~8Ghz 대역 사용 - 신호의 AoA와 TDoA를 이용

4. 국내외 시장 동향

4.1 세계 시장 규모 전망

국제로봇연맹(IFR)은 조사를 통해 2009년 하반기까지 약 76,600 units의 특수용도의 서비스 로봇이 판매되었고, 이는 약 \$13.2 billion에 이른다는 것을 밝혔다. 그리고 국방, 인명구조 및 보안, 산업현장, 조사 및 탐사, 의료 분야에서 서비스 로봇의 시장이 크게 성장하고 있다는 점을 근거로 2010년부터 2013년까지 약 80,000 units의 특수용도의 서비스 로봇이 새롭게 판매될 것이라 전망하고 있다. 개인적 용도의 서비스 로봇 시장에서는 2009년 하반기까지 약 5.6 million units의 가정용 서비스 로봇과 3.1 million units의 오락 및 레저용 서비스 로봇이 판매되었다고 밝혔다. 그리고 2010년부터 2013년까지 약 6.7 million units의 가정용 서비스 로봇과 4.6 million units의 오락 및 레저용 서비스 로봇이 새롭게 판매될 것이라 전망했다[14].

RF 실내 위치인식 시스템과 관련하여 Zigbee Chipset의 수요는 2007년 약 5억 3천만 개, 2009년 UWB Chipset의 수요는 약 8억 6천만 달러에 이르렀고 향후 꾸준한 성장이 예측되고 있다. RFID와 RTLS Chipset 시장은 다음과 같은 규모이다.

위의 자료에서 알 수 있듯이 위치인식 기술에 대한 수요는 급격히 증가하고 있다.

실외 위치인식 기술 GPS의 수요는 2020년에 약 300조원 규모가 될 것으로 전망하고 있다.

표 6. 서비스 로봇 시장 규모.

구분		~ 2009	2010 ~ 2013
특수용도 서비스 로봇		76,600대	80,000대
개인용도 서비스 로봇	가정용	5.6백만대	6.7백만대
	오락 및 레저	3.1백만대	4.6백만대

표 7. RFID 및 RTLS Chipset 시장 규모.

구분	2007	2010	2012
RFID	\$53억	\$100억	\$220억
RTLS Chipset(백만대)	1.55	47	101

4.2 국내 동향

한국 IT 산업이 국내 생산 및 수출에서 차지하는 비중은 점점 증가하고 있다. 지식경제부는 2010년 1분기 IT산업 GDP가 26.1조원으로 우리나라 총 GDP(242조원)의 10.8%를 차지했으며 지난해 IT산업 GDP(21.7조원) 보다 20.3% 증가했다고 밝혔다. 이 같은 수치는 글로벌 경제위기에도 불구하고 분기별 IT산업 GDP가 지난해 2분기부터 올해 1분기까지 4분기 연속 사상 최대치를 경신하면서 경제위기 이전 수준을 상회한 것이라 더욱 주목할만하다. 그리고 올해 1분기 IT산업의 수출은 471.3억 달러로 전체 수출(1412.3억 달러)의 33.4%를 차지해, 전년 동기(328.3억 달러) 대비 43.6% 증가해 전체 수출 증가율(34.8%)을 크게 상회하였다. 또한 1분기 IT산업 무역수지는 242.2억 달러로 역대 최고치를 기록했으며, 이는 같은 기간 우리나라 전체 무역수지(76.8억 달러)의 3.1배에 달하는 수치이다.

RF 기반 위치인식 등 위치인식 기술과 IT 기술을 융합하면 RFID 등 여러 분야의 수출 증대가 가능하고 수입 대체도 가능하다. 위치인식 기술과 IT 기술을 융합하여 틈새시장을 세계적으로 공략하면 경제적 파급효과는 극대화될 것이다.

로봇 등 응용 영역과 연계하여 위치인식 service interface 프로토콜 기술을 정립하면 국가 경쟁력 확보에도 기여할 것이다.

미래 지능형 서비스 로봇의 위치 파악 시스템을 다양하게 개발하면 로봇의 활용 가능성이 커질 것이다. 로봇 활용 가능성이 커지면 로봇 산업 전반의 성장이 촉진되고 위치인식 관련 시장 또한 확대될 것이다. 다양한 위치인식 시스템을 국산화하면 현재 거의 수입에 의존하고 있는 위치인식 센서의 수입 대체 효과를 기대할 수 있다. 로봇 시장의 성장 잠재성을 생각하면 로봇의 자율 운용에 필수적인 위치인식 기술을 개발해야 하는 것은 너무도 당연하다.

특히 한국의 경우 IT 환경에 대한 기반이 잘 구축되어 있고, 연관 기술의 융합 및 응용 기술이 뛰어나다. 위치인식 기술과 IT 기술이 융합되면 관련 시장은 더욱 빠른 추세의 성장도 가능하다. 또한 로봇 시장은 급속히 성장할 수 있는 잠재력을 가지고 있다. 이동 로봇은 위치인식 센서를 필요로 하기 때문에 로봇 시장이 성장하면 위치인식 센서의 경제적 역할도 커질 것이다.

5. 위치인식 기술의 중요성

세계적으로 location based service를 위해 통신기국 등 infrastructure를 확장하고 있다.

또한 RF 기술, RTLS (Real Time Location System) 기술의 경제적, 산업적 중요성을 인식하고 여러 기관에서 기술표준화를 진행하고 있다.

uLife, uCity의 실현을 위해 ubiquitous sensor network(USN) 등의 network infrastructure가 필요하다. 위치인식 기술은 이러한 ubiquitous infrastructure의 핵심 기술 요소이다.

국민 로봇 사업이나 uCity와 같은 사업은 국가 차원에서 infrastructure를 구축할 필요가 있기 때문에 ubiquitous infrastructure의 핵심과 관련되는 localization service interface를 국가가 표준화할 필요가 있다. 위치인식 관련 기술은 향후 국가 기술경쟁력을 좌우하는 기술이 될 것이다.

III. 결론

오늘날 우리는 어디에서든 computer를 사용할 수 있다. 최근 스마트폰이나 태블릿 PC의 활발한 보급으로 어디에서든 internet을 사용할 수 있는 세상이 되었다. 이러한 ubiquitous computing 기술과 ubiquitous networking 기술은 ubiquitous 혁명을 예고하고 있다.

아직까지 사회에 보급된 상당 수의 로봇들은 산업현장이나 여러 장소에서 단순 반복 작업을 수행하고 있지만 가까운 미래에는 우리가 필요로 할 때 언제 어디서든 우리를 도와줄 수 있는 로봇들이 등장하게 될 것이다. 이러한 로봇들은 우리의 삶에 섞여 함께 생활하면서 우리를 도와줄 수 있을 만큼 친절하고 똑똑해야 하는데 자율적으로 이동하기 위해 위치인식 기술은 절대적으로 필요한 핵심 기술이다. 따라서 위치인식 기술은 uCity, uLife 등과 관련한 Ubiquitous Infrastructure의 핵심 기술일 수밖에 없다.

향후 중요한 연구 과제는 전력 소모나 설치 측면에서 실용성을 증대시키고 실시간 위치 추적이 가능한 네트워크의 통합적

설계라고 할 수 있다. 또한 RFID, vision, WiFi, ZigBee 기술을 유연하게 연동시키는 다단계 위치 결정 시스템 개발도 중요한 연구 영역이 될 것이다.

참고문헌

- [1] G. Silveira, E. Malis, and P. Rives, "An efficient direct approach to visual SLAM," *IEEE Transactions on Robotics*, vol. 24, no 5, pp. 969-979, Oct. 2008.
- [2] S. Hernandez, C. A. Morales, J. M. Torres, and L. Acosta, "A new localization system for autonomous robots," *Proc. of IEEE International Conference on Robotics and Automation*, vol. 2, pp. 1588-1593, Sep. 2003.
- [3] J. Gonzalez, J. L. Blanco, C. Galindo, A. Oriz-de-Galisteo, J. A. Fernandez-Madrigal, F. A. Moreno, and J. L. Martinez, "Mobile robot localization based on ultra-wide-band ranging: a particle filter approach," *Journal of Robotics and Autonomous System*, vol. 57, no 5, pp. 496-507, May. 2009.
- [4] C.-C. Tsai, "A localization system of a mobile robot by fusing dead-reckoning and ultrasonic measurements," *IEEE Transaction on Industrial Electronics*, vol. 47, no 5, pp.1399-1404, 1998.
- [5] J. Borenstein and L. Feng, "Measurement and correction of systematic odometry errors in mobile robots," *IEEE Transaction on Robotics and Automation*, vol. 12, pp. 869-880, 1996.
- [6] S. Han, H. Lim, and J. Lee, "An efficient localization scheme for a differential-driving mobile robot based on RFID system," *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 54, no 6, pp. 3362-3369, Dec. 2007.
- [7] G. Bleser and D. Stricker, "Advanced tracking through efficient image processing and visual-inertial sensor fusion," *Journal of Computer and Graphics*, vol. 33, no 1, pp. 59-72, Feb. 2009.
- [8] D. Lo, R.A. Goubran, R.M. Dansereau, G. Tompson, and D. Schulz, "Robust joint audio-video localization in video conferencing using reliability information," *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, vol. 53, no 4, pp. 1132-1139, Aug. 2004.
- [9] P. Krammer and H. Schweinzer, "Localization of object edges in arbitrary spatial positions based on ultrasonic data," *IEEE Sensors Journal*, vol. 6, no 1, pp. 203-210, Feb. 2006.
- [10] J. Yun, S. Kim, and J. Lee, "Robust positioning a mobile robot

with active beacon sensors," LNAI 4251, Part I, pp. 890-897, Oct. 2006.

[11] uCity IT 인프라 구축 가이드라인 및 인증방안연구, 한국정보화진흥원, 2007.

[12] http://www.irobotics.re.kr/Newsletter/newsletter_200604.html

[13] Robotic Localization Service (RLS) Version 1.0, OBJECT MANAGEMENT GROUP, 2010.

[14] <http://www.ifr.org/service-robots/statistics/>

저자 약력



장원석

- 2009년 부산대학교 전자전기공학부 졸업.
- 2009년~현재 부산대학교 대학원 전자전기공학과 석사과정 재학 중.
- 관심분야 : 지능로봇 제어, 위치인식, sensor application.



이장명

- 1980년 서울대학교 전자공학과 졸업.
- 1982년 동 대학원 석사.
- 1990년 USC 공학박사.
- 1992년~현재 부산대학교 전자전기공학부 정교수.
- 관심분야 : 지능로봇 시스템 설계 및 제어, 마이크로 프로세서 응용, 센서융합, Navigation / Localization.