# u-City 로봇시스템기술 동향

## Introduction to u-City Robot System Technology

IT 융합기술 동향 및 전망 특집

유원필 (W.P. Yu) 로봇시스템연구팀 팀장
박승환 (S.H. Park) 로봇시스템연구팀 선임연구원
채희성 (H.S. Chae) 로봇시스템연구팀 선임연구원
이재영 (J.Y. Lee) 로봇시스템연구팀 선임연구원

목 차

Ⅰ. u-City 로봇시스템 모델
Ⅱ. u-City 로봇시스템 연구동향
Ⅲ. u-City 로봇시스템 요소기술
Ⅳ. u-City 로봇시스템 적용사례

* 본 연구는 지식경제부 및 한국산업기술평가관리원의 산업원천기술개발사업의 일환으로 수행하였음. [2008-S-031-01, u-City 환경기반 하이브리드 u-로봇 서비스 시스템 기술개발]

u-City 로봇시스템기술은 u-City 환경에서의 IT 인프라를 적극적으로 활용하는 서비스로봇시스템기술을 지칭한다. IT 인프라와의 연계를 위해 전통적인 로봇주행기술은 이동성지원 센서네트워킹, 로보틱 위치인식서비스 프레임워크, 광역공간 핸드오버지원 로봇주행, 네트워크기반 다중로봇 원격제어, 광역공간 매핑 등 IT 융합형 로봇기술로 발전하였다. 본 고에서는 u-City 로봇시스템기술의 최근의 관련 연구현황, 각 구성요소, 그리고 실제 적용사례를 분석함으로써 향후 독자적인 서비스 산업으로의 성장가능성에 대해 살펴본다.


© 2009 한국전자통신연구원

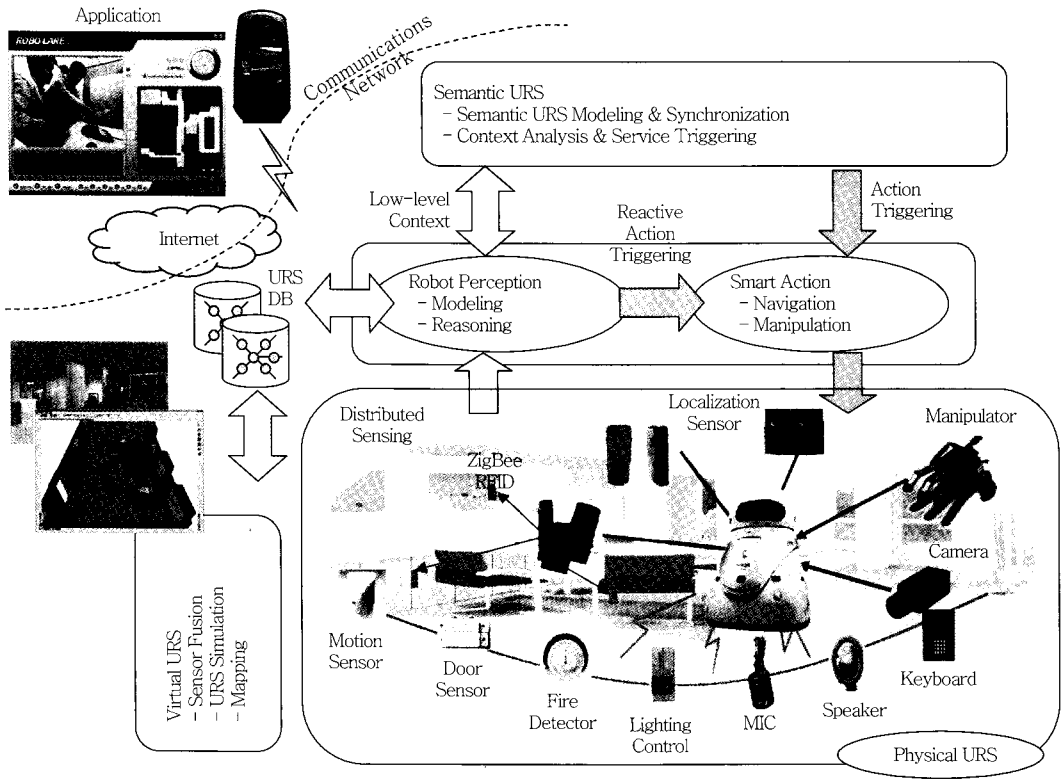
## I. u-City 로봇시스템 모델

ISO8373에 의하면 산업용 로봇은 자동제어, 재프로그래밍이 가능하며 산업자동화 응용에 사용되는 3축 이상의 플랫폼 고정형 혹은 이동형 다목적 매니퓰레이터로 정의하고 있다. 이와는 대조적으로 서비스 로봇은 국제로봇연합(International Federation of Robotics)에 의하면 일상 공간에서 반자율 혹은 자율방식으로 사람에게 유용한 서비스를 제공하는 로봇으로 정의된다.

서비스 로봇의 동작환경이 일반 환경이라는 점에서 로봇은 다양한 형태의 환경정보와 상황정보를 인식해야 하는 문제에 봉착하게 된다. 환경인지 및 상황인지 문제는 로봇이 독립적으로 해결하기에는 각각의 복잡성과 다양성이 크기 때문에 현재의 로봇기술 수준으로는 해결하기 어려운 것이 사실이다.

한편, ambient intelligence, 유비쿼터스 컴퓨팅, 환경정보의 구조화 기술 등 정보처리기술의 새로운 기술적 패러다임은 서비스 로봇의 운용에 필요한 각종 환경정보 및 상황정보를 생산하고 가공, 소비함에 있어 매우 유용한 수단을 제공한다. 최근 국내에서 IT 기술의 대표적인 차세대 비즈니스모델로 관심을 끌고 있는 유비쿼터스 도시(이하 u-City)의 기술적 플랫폼은 로봇이 물리적인 인터랙션을 제공하는 능동적인 정보처리 수단으로 자리잡는 데 필요한 정보 인프라를 제공한다.

u-City의 IT 인프라 구축 가이드라인에 의하면 유무선가입자망을 포함하여 통신망인프라, 센서망 인프라(RFID/USN, 영상정보망 등), 도시통합운영센터와 관련 필수 기술요소에 대해 정의하고 있다[1]. 즉, u-City는 기존의 로봇이 자체적으로 생산해야만 했던 여러 가지 정보를 자연스럽게 제공해 줄 수 있는 환경이 된다는 면에서 로봇이 운용되기에 최적의 공간이라고 할 수 있다. 특히, 로봇시스템 구축에 필요한 네트워크, 센서망은 도시 혹은 건물 설계 시에 반영되어 로봇의 운용에 최적화된 환경을



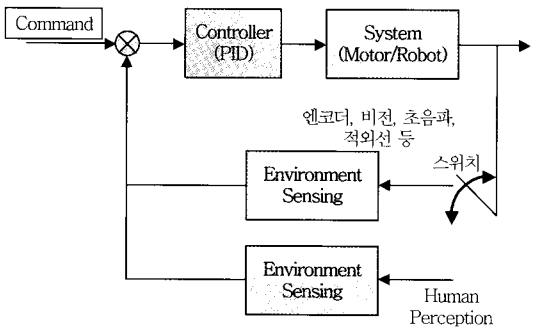

(그림 1) 로보틱 공간구조의 개념[2]

© 2009 한국전자통신연구원

조기에 구축함으로써 사용자용 서비스 제공시 기술적 어려움을 초기에 해결할 수 있는 새로운 수단을 제공하는 셈이다.

로봇시스템을 구성하기 위해 우선적으로 적용환경에 대한 지식(domain knowledge)과 서비스 혹은 작업에 대한 지식(task knowledge)을 구축하여야 한다. 이러한 구축작업은 일종의 모델링 작업으로서 다양한 변수를 발생시키는 일반 환경에서는 모델링 오차 및 모델링 유한성의 문제로 오동작 혹은 동작 실패의 가능성이 항상 존재한다.

(그림 1)은 물리적 공간에서의 다양한 센싱정보, 로봇정보, 위치정보를 기반으로 기 구축한 서비스

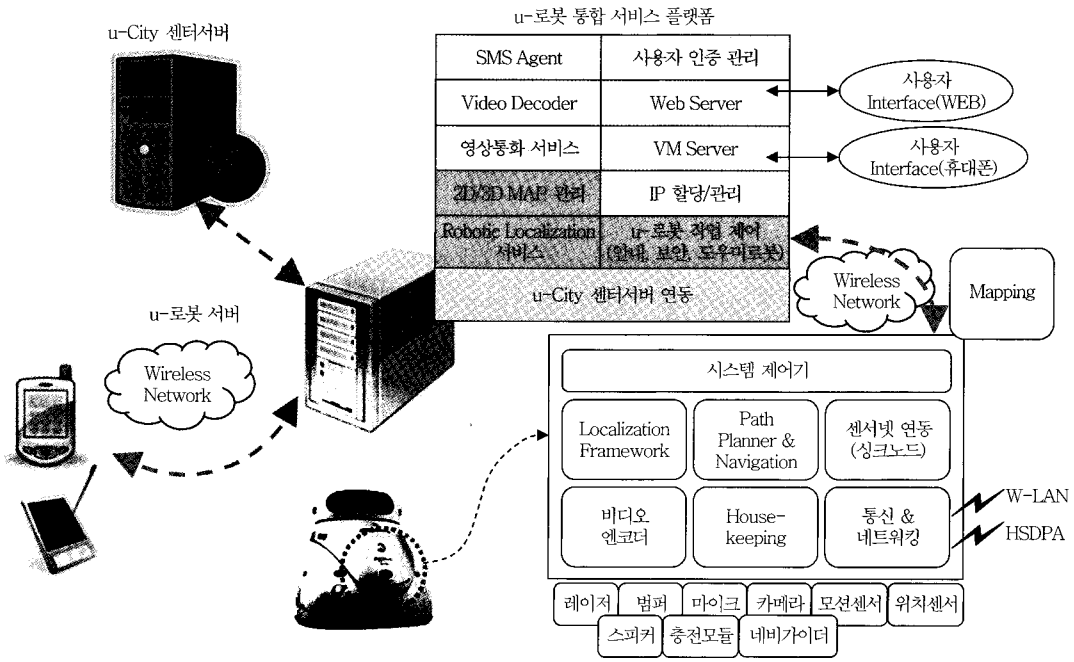



(그림 2) HIL 로봇제어구조

제어규칙 및 지식을 활용하여 상황추론 및 로봇제어를 실행할 수 있는 지능 모듈, 그리고 사용자 인터페이스 및 서비스 가시화(visualization)를 위한 가상공간모델을 포함한 일종의 로보틱 공간의 개념을 도시한 것이다.

(그림 1)에 제시된 로보틱 공간을 구축하기 위해서 u-City의 IT 인프라가 핵심역할을 하게 되며 별도의 로봇운용을 위한 인프라는 로봇 내비게이션을 포함하는 서비스인 경우 cm급 초정밀 위치인식 네트워크, 광역공간 주행을 위한 실시간 네트워크 로밍지원, 로봇용 정밀 공간지도 DB, 로봇-서버간 원격제어 프레임워크가 추가로 필요하게 된다.

특히, 통합운영센터 혹은 서비스센터와 로봇간의 원활한 통신과 서비스 연속성을 보장하기 위해서는 로봇이 동작이상 혹은 상황인식 실패 등을 인지하고 원격지 운영자에게 제어권을 넘길 수 있는 유연한 제어구조가 필요하다. 이것은 자율적으로 운영되는 로봇시스템과 사용자간의 협조를 통해 실환경의 다양성과 복잡성을 극복하고 시스템 안정성을 확보하기 위한 것으로 소위 HIL 제어구조의 형태를 가지는 것이 바람직하다[3]. (그림 2)는 HIL 제어구조에 대




(그림 3) u-City 로봇 서비스 시스템 구조


© 2009 한국전자통신연구원

한 간략화된 블록 다이어그램을 도시한 것이다.

(그림 3)은 위에서 소개한 로보틱 공간개념과 HIL 로봇제어구조를 포함한 u-City 로봇서비스시스템의 구조를 도시하고 있다.

(그림 3)은 로봇내비게이션 기능을 포함하는 u-City 로봇서비스 시스템 구조를 예시하고 있는 것으로 u-City IT 인프라 핵심요소(센서망, 네트워크 및 통신망 등)가 로봇서비스 구현에 포함되어 있음을 알 수 있다.

(그림 3)을 중심으로 보다 구체적으로 시스템구조를 설명하면 다음과 같다. 물리공간에서 생성되는 로봇을 포함한 다양한 이동체, 센서에 대한 위치정보는 원격지 서비스 플랫폼(일종의 로봇서버)에 탑재된 로보틱 위치인식 서비스 미들웨어에 의해 처리가 된다. 해당 미들웨어는 외부 애플리케이션의 요청에 대해 센서융합, 선택적인 위치정보 제공 등의 기능을 가지며 다양한 이동체에 부여된 독립된 좌표공간을 서비스공간상의 단일좌표계로 변환하는 기능을 제공한다.

2D/3D 맵관리 모듈은 로봇내비게이션, 서비스 제어에 필요한 공간구조를 도시하거나 지도상에서 제어명령을 내릴 수 있게 한다. 지도는 로봇의 특성을 반영하여 높은 정밀도를 제공하며 기본적으로 격자형태의 래스터지도와 공간에 배치된 위치인식센서, 환경센서에 대한 정보를 포함하는 랜드마크지도, 그리고 대형공간 적용을 위해 구획단위로 나뉘어진 단위공간에 대한 연계구조를 포함한 위상지도를 포함한다.

작업제어모듈은 특정 서비스 혹은 작업수행에 필요한 지식체계(혹은 규칙)를 포함하고 있는 것으로 다중 로봇 제어, 다중 이동체 제어, 서비스 제어 및 추론의 역할을 담당한다.

웹서버, IP 관리, 영상통화 서비스 관리 등은 전통적인 IT 기술(네트워킹, 소프트웨어)을 통해 구현된다.

한편, 로봇은 u-로봇 서비스 플랫폼과 네트워크 혹은 통신망을 통해 항상 연결이 되며 로봇의 이동성을 지원하는 센서네트워크 연동모듈, 원격서버에서 지시한 제어명령을 수행하기 위한 시스템 제어기가 포함되며, 로봇내비게이션을 위한 경로탐색, 로봇위치인식, 행동제어모듈 등 전통적인 로봇기술요소를 포함한다.

## Ⅱ. u-City 로봇시스템 연구동향

로봇기술과 IT 기술의 융합으로 실질적인 로봇서비스 시스템 구현이 가능해짐에 따라 도시환경에서의 로봇서비스 개발에 대한 관심과 개발이 꾸준히 증가하고 있다.

<표 1>은 유럽의 FP 6단계에서 추진되었던 로봇관련 연구개발 과제를 나열하고 있다.

<표 1>에서 RA-NRS, AWARE, DustBot, Gu-

〈표 1〉 EU FP6내 네트워크 로봇시스템 과제

| FP6 Acronym | 요약 |
|---|---|
| RA-NRS | Research atelier on network robot systems |
| AWARE | Platform for autonomous self-deploying and operation of wireless sensor-actuator networks cooperating with aerial objects |
| CommRob | Advanced robot behavior and high-level multimodal communication with and among robots |
| DustBot | Networked and cooperating robotics for urban hygiene |
| Guardians | Group of unmanned assistant robots deployed in aggregative navigation supported by scent detection |
| IRPS | Intelligent robotic porter system, porter guiding system for airports |
| IWARD | Intelligent robot swarm for attendance, recognition, cleaning and delivery |
| ROBOTSWARM | Knowledge environment for interacting robot swarm: service robot, open knowledge environment |
| URUS | Ubiquitous networking robotics for urban settings: cognitive network architecture, surveillance, urban transportation |

<자료>: IEEE/RSJ Int'l Conf. Intelligent Robots and Systems, Networked Robot Workshop, 2008.

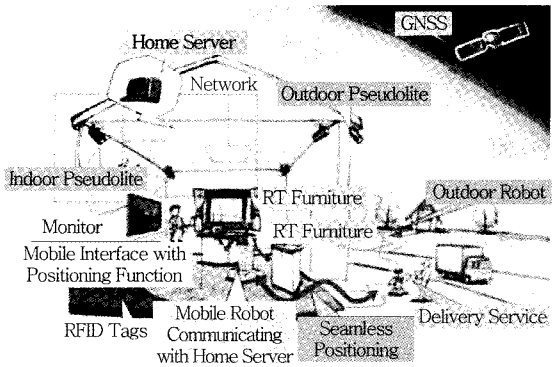
© 2009 한국전자통신연구원

(그림 4) DustBot 로봇서비스 개념도

rdians, URUS는 본격적인 도시환경 서비스 로봇기술을 개발하는 과제이다. (그림 4)는 DustBot 로봇서비스의 개념도를 도시한 것으로 전통적인 유럽도시의 도로가 폭이 좁아서 청소차량의 접근이 어려운 곳이 많은 환경이기 때문에 자율이동 로봇을 이용한 쓰레기 수거와 청소서비스를 제공하는 개념을 가지고 있다. URUS의 경우에는 스페인 카탈루니아대학과 관련 업체가 컨소시엄을 이루어 수행하고 있는 것으로 대학 캠퍼스, 테마파크, 공원 등 도심환경에서 흔히 접하게 되는 공간에 대한 안내 및 운송 로봇서비스기술을 개발하고 있다. 해당 과제에서는 ZigBee, WLAN 기반의 전파측량기술을 이용하여 로봇의 위치인식, GPS 기반의 내비게이션 기술을 개발하고 있다.

현재 FP7 프로그램이 진행되고 있는 상태로 도시환경에서의 로봇서비스기술에 대한 관심과 투자는 지속적으로 증가하고 있다. 특히, 로봇기술은 정보통신기술분야에 속해 있는 것으로 국내의 u-City 로봇시스템기술의 개념을 기반으로 도시환경 로봇서비스기술에 대한 연구개발이 진행되고 있다.

한편, 일본의 경우에도 2000년대 초부터 Intelligent Space[4], WABOT-House[5], 오사카 로봇타운, ATR의 Information Structured Environment for Human Behavior Measurement 등의 연구과제를 통해 로보틱 공간개념, 그리고 건축과 로봇, 정보통신기술의 융합 등 u-City 로봇시스템기술에 대한 관심과 연구개발이 활발하다((그림 5) 참조).




(그림 5) WABOT House 구성도

2008년도 일본경산성에서 발표한 기술로드맵자료를 참고하면 환경구조화기술에 대한 개발전략을 읽을 수 있다.

위치인식의 경우 2011년까지 잘 정리된 실내공간에서 신뢰성 95%, 수십 cm 단위의 정확도를 제공하는 기술개발을 목표로 하고 있다. 2015년 이후에는 신뢰성 95%, cm 단위의 정확도를 제공하면서 1Gbps급 속도로 위치정보를 전송하는 것을 목표로 하고 있다.

로봇용 지도기술과 관련, 현 수준은 로봇의 실제 운용 이전에 사용자가 직접 지도를 작성하는 수준이며 2011년까지 전자태그정보에 의한 보조 수단을 이용하여 환경정보를 획득하고 건물의 CAD 배치도로부터 지도를 반자동 생성하는 것을 목표로 하고 있다. 2015년 이후에는 건물이나 구조물의 배치변경까지 스스로 감지하여 기존 지도에 반영할 수 있는 수준을 목표로 개발하고 있다.

상황인지기술의 경우 임의의 공간에 특화된 행동 데이터베이스를 구축하는 수준에서 2011년에 특정 작업과 관련된 동작수준에서 인간행동을 검색하는 기술을 개발하고, 2015년 이후에는 일반적인 작업 수준에서 인간행동을 검색하는 기술수준까지 개발하는 것을 목표로 하고 있다. 이와 연계하여 로봇지도의 내용도 단순히 위치정보만 연계한 지도가 아니라 위치와 객체간의 관계성, 이력까지 표현 가능한 시맨틱 지도기술을 상황인지기술과 연계하도록 구상하고 있다.

이와 같이 일본의 경우 분산형 로봇기술 컴포넌


© 2009 한국전자통신연구원

트(RTC)에 기반한 지역통합시스템을 가까운 미래에 구현하는 것을 목표로 하고 있으며 향후 사회통합시스템으로 확장하는 것을 계획하고 있다.

국내의 경우 'u-City 환경기반 로봇서비스기술개발' 사업을 통해 u-City 인프라와 연계한 도시환경 로봇서비스시스템에 대한 연구개발을 추진중에 있다. 유럽이나 일본의 경우 현재 u-City 로봇시스템 기술이 연구개발단계에 있는 것으로 판단이 되나 국내의 경우처럼 실제 환경에 장기간 일반 사용자와 접촉하면서 상용화를 전제로 개발을 진행하는 사례는 없는 것으로 파악되고 있다.

## Ⅲ. u-City 로봇시스템 요소기술

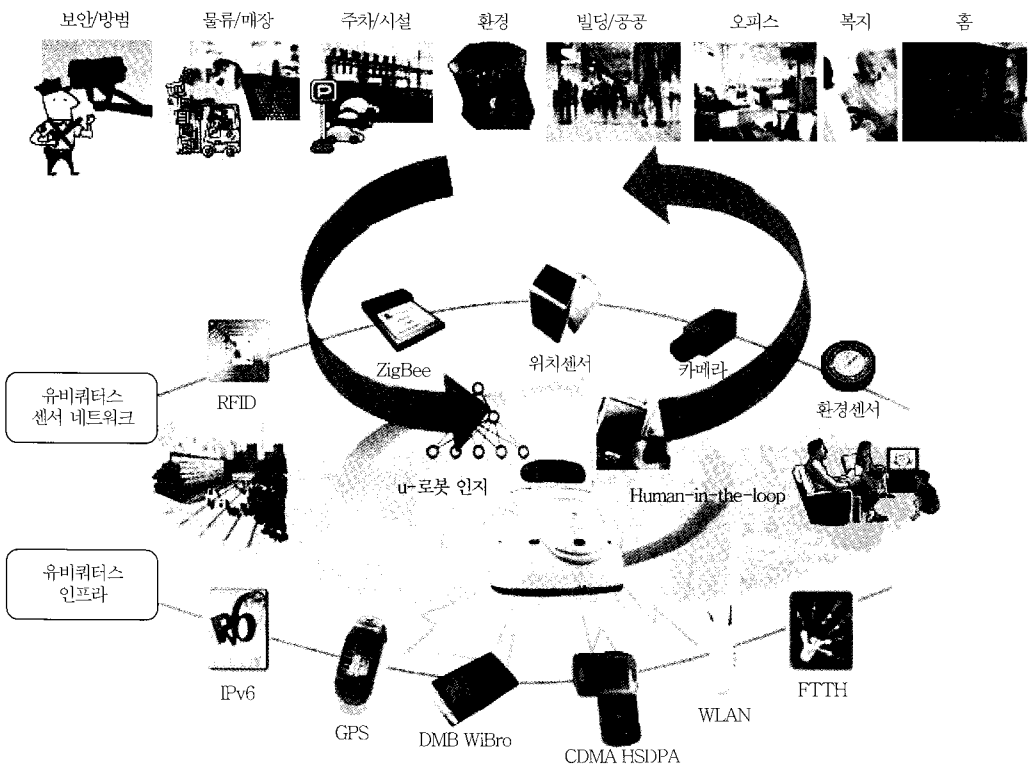
I장에서 소개한 u-City 로봇시스템 모델과 도시환경 로봇응용서비스, 그리고 HIL 제어구조를 포함한 시스템 개념도는 (그림 6)과 같다.

본 절에서는 전통적인 로봇요소기술을 포함하여 u-City IT 인프라와 접목하기 위한 요소에 대해 소개하고자 한다. 특히, 본 고에서는 로봇내비게이션 기능을 중심으로 u-City 로봇시스템기술에 대해 설명을 하고자 한다.

### 1. u-로봇 위치인식 인프라기술

실내 및 실외환경으로 구분하여 위치인식기술을 적용하는 것이 대부분으로 실외의 경우 DGPS와 휠 엔코더(encoder), 자이로(gyro) 등 항법센서와 연동한 위치인식기술이 보편적으로 많이 활용되고 있다. 최근 임펄스 방식의 UWB 신호를 이용한 거리측정 센서가 개발되었으나 실외환경 로봇 내비게이션 적용은 초기단계이다. GPS 신호는 특히, 도시환경에서 건물을 포함한 다양한 구조물에 의해 음영지역이 발생하게 되므로 신뢰성 확보의 목적으로 UWB나 초음파 위치인식기술을 활용하는 것을 고려해 볼 만하다.

한편, 위치인식 방법 및 센서에 따른 다양한 위치

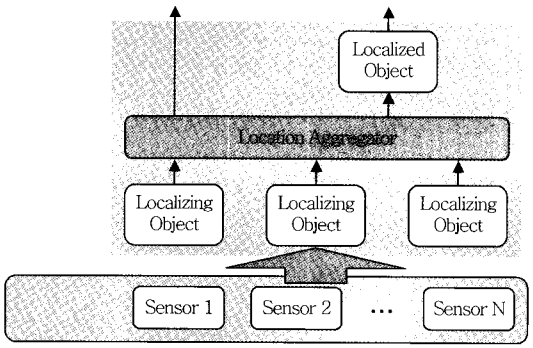



(그림 6) u-City 로봇시스템 개념도

© 2009 한국전자통신연구원

데이터 포맷을 통일하고 각 로봇에게 일관된 위치서비스를 제공하기 위한 표준 위치서비스 기술개발도 주요한 이슈이다. 이와 관련하여 최근 국제 단체표준기구인 OMG에서 로보틱 위치인식 서비스(RLS) 프레임워크에 대한 표준화 작업이 진행중이고 2009년 이내에 최종 채택될 예정이다.

RLS 규격은 로봇운용에 필요한 고유 특성-정확도, 위치정보에 대한 확률적 표현, 다양한 로봇위치인식센서 수용, 다양한 좌표계 표현, 이종 위치정보의 융합기능-을 고려한 것으로 로봇내비게이션, 로봇작업 등 로봇서비스 구현에 적합한 구조를 가진다. 한편, IT 인프라 활용을 위해 RFID, USN, 카메라, 사람, 사물의 위치까지 동일한 프레임워크에서 표현이 가능한 것으로 로봇응용뿐만 아니라 GPS, WiFi, UWB 등 유비쿼터스 인프라가 활용되는 다양한 응용에 적용이 가능하다. 특히, 로봇서비스 구현을 위해 다양한 위치인식 센서가 필요한데 위치인식 센서의 종류나 알고리듬에 무관하게 적용이 가능한 이점을 가지고 있다.




(그림 7) Robotic Localization Service 규격의 개념

(그림 7)은 RLS 규격을 단순화시켜 나타낸 개념도로서 기존 GIS 표준과의 연동이 가능하며 RLS 내부의 LocalizationObject, LocationAggregator는 상호역할을 맡을 수 있어 서비스 모듈간 임의의 계층구조(hierarchy)를 구성할 수 있다. RLS는 일종의 위치정보처리 미들웨어로 작용하여 원격 로봇서버에 탑재되거나 ((그림 3)의 위치인식 미들웨어의 예) 각 센서 혹은 로봇에 내장하여 동일한 프레임워크 구성을 하도록 도와준다.

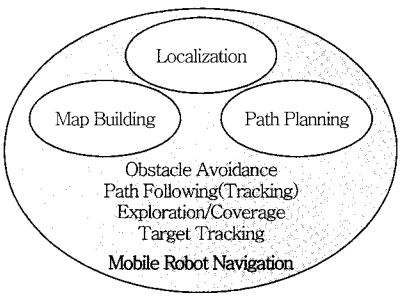
## 2. u-로봇 내비게이션 기술

로봇 내비게이션은 (그림 8)에 나타낸 바와 같이 위치인식, 지도작성, 그리고 경로탐색 및 제어로 크게 나뉘어진다.

통상적으로 경로탐색, 경로추종, 장애물회피, 모션제어 등은 로봇플랫폼에 특화되어 개발되어 왔다. 하지만, u-City 환경에서의 로봇 내비게이션은 로봇과 원격지 로봇서버, 그리고 사용자를 연계하기 위한 네트워크 및 통신망과의 연계가 필수적이다.

특히, 로봇이 광역공간을 주행함에 따라 로봇센싱 데이터와 주위 환경센서로부터 획득한 센서데이터를 상호 교환할 수 있어야 한다. 이러한 기술적인 이슈는 광역공간 로봇주행시 자동로밍 기술, 로봇이동성(mobility)을 지원하는 센서네트워킹 기술의 개발이 필요하다.

현재, 소프트웨어 처리를 통한 네트워크 로밍시 로봇데이터 교환 및 서비스명령 전달에 수 초 이내의 지연이 발생하는 수준으로 네트워크 스위치장비와 같은 인프라가 구축되어 있다면 실제 운용상 문제가 발생하지 않는 수준의 실시간 로봇데이터 전송 및 제어가 가능하다.




(그림 8) 로봇 내비게이션 기술의 구성요소

## 3. u-로봇 공간매핑 기술

2절의 일본 경산성 기술로드맵에서도 언급이 되었듯이 현재 로봇 내비게이션을 위한 로봇지도를 작성하기 위한 현실적인 방법은 사용자가 개입한 수동


© 2009 한국전자통신연구원

방식이다.

전통적인 자율주행 로봇기술에서는 SLAM 기술이 체계화되어 있으나 광역공간에서 탐사(exploration)를 위한 탐사경로결정 등을 자동적으로 수행하기에는 어려움이 존재한다. 특히, 지도작성결과의 품질이 위치정보 및 로봇 내비게이션 성능에까지 영향을 미치게 되므로 지도편집 소프트웨어, 뷰어 등을 활용한 소프트웨어적인 접근이 현 수준에서 현실적이라고 볼 수 있다.

최근 많은 도심공간 내 건축물이 자체 CAD 데이터를 가지고 있으므로 기존 정보를 적극적으로 활용하여 CAD 데이터로부터 로봇용 격자지도를 생성하는 것이 공간매핑 체계의 첫번째 단계이다. CAD 데이터가 존재하지 않거나 존재하더라도 공간내 복잡한 구조에 대한 매핑이 필요한 경우 별도의 환경정보획득장치를 이용하여야 한다.

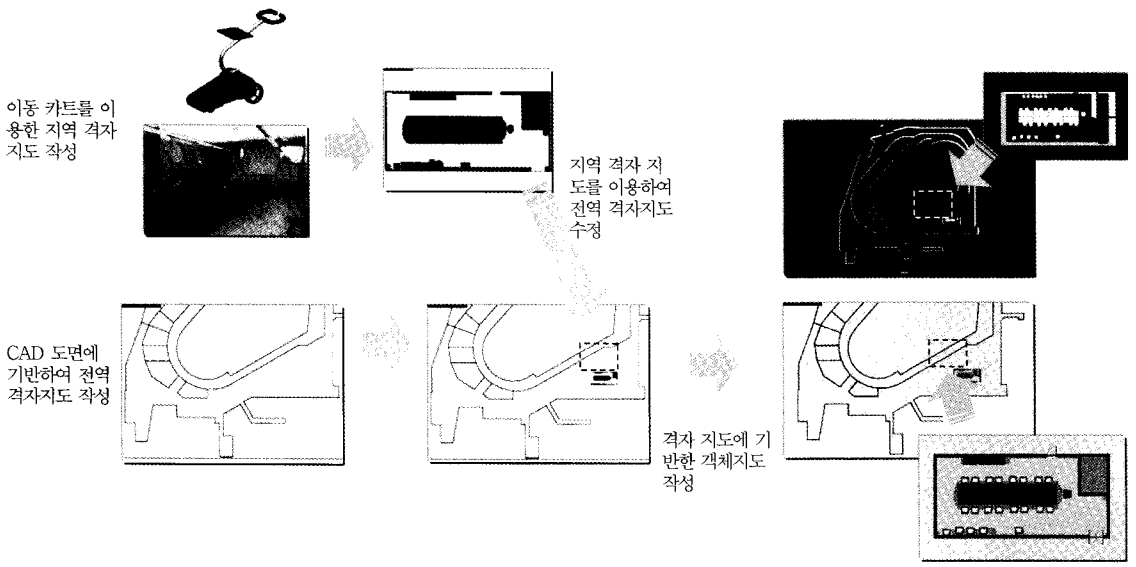
(그림 9)는 로봇내비게이션을 위한 광역공간 지도작성체계를 도시한 것이다. 지도는 계층구조를 가지고 있으며 최하위층에는 로봇용 격자지도가 위치하고, 상위층에는 초음파, UWB, RFID, 무선 AP, 적외선비컨 등 다양한 센서의 위치를 도시한 랜드마크지도가 위치한다. 랜드마크지도 위에는 가시화, 사용자 제어 및 인터페이스를 위한 객체지도가 올려진다. 향후 확장을 위해 공간과 공간내 객체에 대한 연계성을 기술한 시맨틱지도가 구성될 수 있으나 향후 기술발전 및 서비스확장에 따라 구현이 가능할 것이다.

최종적으로 임의의 광역공간은 효율성의 이슈에 의해 컴퓨터에서 처리가 용이한 규모의 단위공간으로 나뉘어지게 된다. 이때 단위공간의 구분은 해당 공간에 속한 로봇을 포함한 각 객체가 동일한 좌표계를 공유하는 범위와 실제 공간구조를 고려하여 이루어진다. 각 단위공간은 위상지도(topological map)의 형태로 관리가 될 수 있다.

## 4. u-로봇 서비스 플랫폼

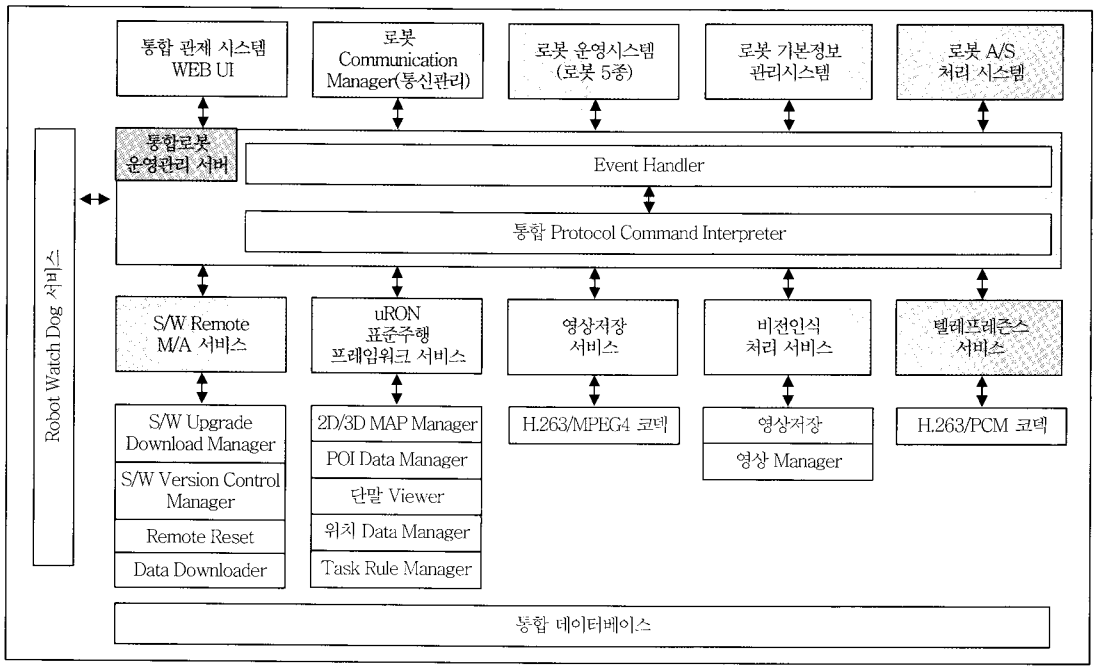
u-로봇 서비스 플랫폼의 핵심기능은 로봇서버와 각 로봇간의 통신 프레임워크, 사용자 인터페이스를 위한 서비스 상황 모니터링 및 제어 인터페이스, 각 로봇의 위치, 객체의 위치 및 공간을 보여주기 위한 3차원 뷰어를 포함한다.

(그림 10), (그림 11)은 각각 로봇서버에 적용된 시스템 구조와 3차원 뷰어의 예를 도시한 것이다. 물리공간에서 제공된 로봇센싱데이터, 환경데이터는 서버에 위치한 서비스추론엔진을 통해 최적의 로봇서비스제어명령을 도출하게 된다((그림 1)의 시맨틱 URS 참조).

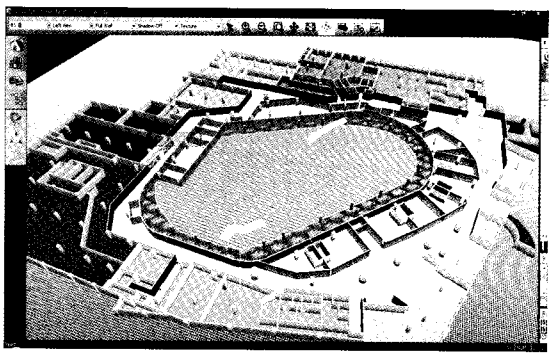



(그림 9) 광역공간 지도작성체계

© 2009 한국전자통신연구원



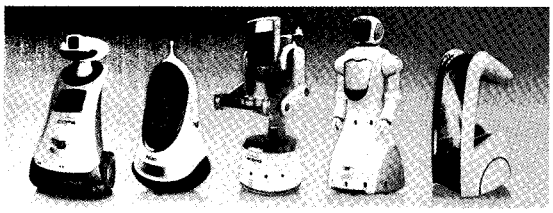

(그림 10) 로봇서버 시스템 구조의 예



(그림 11) 3차원 공간뷰어의 예

## Ⅳ. u-City 로봇시스템 적용사례

본 절에서는 지금까지 설명한 u-City 로봇시스템기술이 실제로 적용된 사례에 대해 소개한다. 본 절에서 소개하는 사례는 2009년 8월부터 10월까지 인천세계도시축전에 투입된 로봇내비게이션 기반의 서비스로봇 시스템이다. 해당 축전을 위해 일명 미래도시(tomorrow city)로 불리는 가상의 도시공간이 하나의 주제관으로 건설되었다. 미래도시의 한 가지 상징물로서 u-City 인프라와 연계한 5종의 서



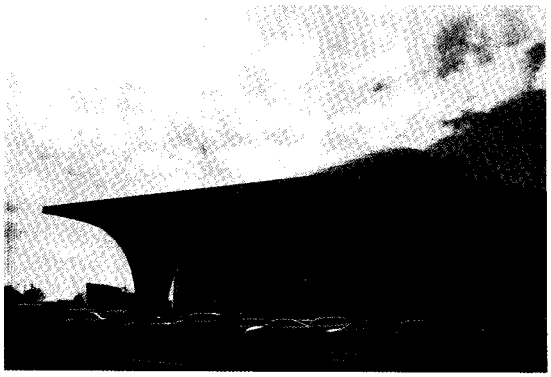
(그림 12) 미래도시 서비스 로봇 플랫폼

비스로봇이 개발되었다. (그림 12)는 언급한 5종의 서비스로봇의 외관을 나타낸다. 왼쪽부터 방범, 야외홍보, 서빙, 안내 및 포터로봇에 해당한다.

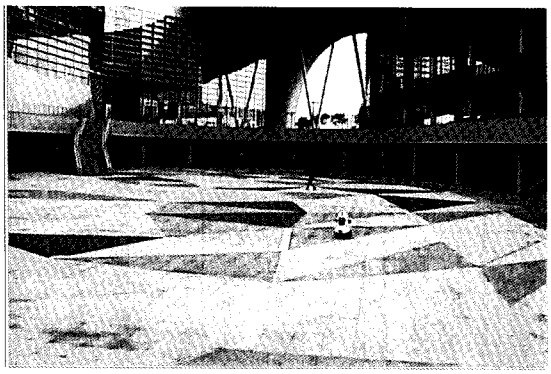
미래도시는 전체 31,670m$^2$의 공간규모를 가진다. 총 5종 19대의 로봇이 각각의 임무를 상시 수행하고 있으며 로봇서버를 통해 영상모니터링 및 서비스제어가 가능하다.

5종의 로봇 중 야외홍보로봇은 (그림 11)에 도시된 중앙의 광장지역에서 동작하며 DGPS, 레이저스캐너, 바퀴 엔코더 및 자이로센서를 이용하여 광장을 주행한다. 방문객과의 인터랙션을 위해 군중의 위치를 광장 가장자리에 설치된 두 대의 카메라영상을 로봇서버에서 처리하여 로봇의 진행방향을 결정하도록 되어 있다. (그림 13), (그림 14)는 각각 미래


© 2009 한국전자통신연구원



(그림 13) 미래도시 전경

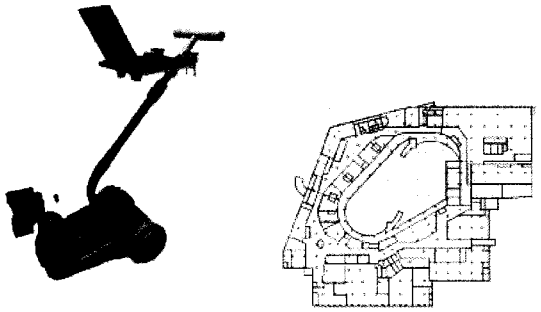


(그림 14) 로봇서버에서 획득한 광장 장면의 예

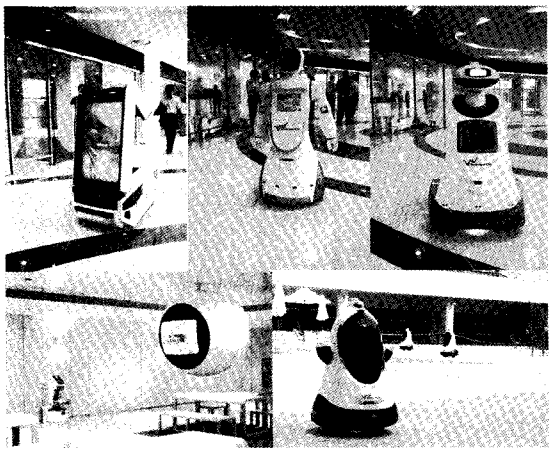
도시외관과 로봇서버에서 획득한 광장신(scene)의 예를 나타낸다.

로봇용 지도를 제작하기 위해 별도의 전용 매핑장치가 활용되었다. (그림 15)는 휴대용 매핑장치와 CAD 도면으로부터 변환한 로봇용 격자지도를 나타낸 것이다. 휴대용 매핑장치의 경우 270도를 스캔할 수 있는 레이저 스캐너센서와 바퀴 엔코더가 기본 센서로 장착되어 있다. 스캐너 데이터와 바퀴 엔코더 데이터는 매핑장치에 부착된 DSP 모듈에 의해 데이터 매칭(association)이 이루어지게 되면 동일 장치에 부착된 컴퓨터를 통해 현장에서 직접 편집 및 수정이 가능하다.

휴대용 매핑장치를 이동시키면서 사용자가 미래도시 실내외 공간을 이동하게 되면 자동적으로 SLAM 알고리듬이 동작하게 된다. 이 때 획득된 로봇용지도는 센싱잡음, 센서오차, 매칭오차 등에 의해 왜곡이 심할 수 있으므로 사용자가 직접 수정 및 편집할



(그림 15) 휴대형 매핑장치 및 로봇용 2차원 지도



(그림 16) 미래도시 서비스 로봇 동작모습

수 있다. 일종의 랜드마크 역할을 하는 적외선 반사판의 위치를 나타내는 센서지도가 로봇용 지도레이어 위에 놓여지게 되며 최종적으로 사용자를 위한 객체지도를 설치하여 전체공간에 대한 지도를 완성하게 된다((그림 11) 참조).

(그림 16)은 미래도시에 투입된 서비스로봇의 실제 동작모습을 나타낸다. 실내로봇 4종의 경우 천장에 설치된 적외선감응형 반사판을 이용하여 현재 로봇의 위치를 인식한다. 이 때 위치정확도는 약 5cm, 3도 이내이다.

이상에서 살펴본 바와 같이 통신, 센서 등 u-City 내에 구성되는 IT 인프라를 적극적으로 활용하여 로봇서비스를 구현하였다. 현재 19대의 로봇은 로봇서버를 통해 동시적으로 모니터링 및 제어가 가능하며 이를 위해 전용의 로봇주행기반 통신 프로토콜을 설계하였다.

© 2009 한국전자통신연구원

각 통신용 메시지는 메시지 ID, opcode, 데이터 길이정보, 그리고 메시지 종속적인 데이터로 구성된다. 메시지는 기능별로 UM_의 접두사를 공통으로 하여 ROBOT_DATA, SENSOR, EVENT, ROBOT_CONTROL, SERVER_MANAGE, VIDEO 등으로 구분되어 있다.

이상에서 살펴본 바와 같이 u-City 로봇시스템은 u-City 환경의 IT 인프라를 기반으로 전통적인 로봇시스템에 이를 적극적으로 활용하기 위한 로봇 인프라 형태로 설계되었다. 특히, 로보틱 위치인식 서비스 프레임워크, 공간지도체계 및 규격, 로봇 내비게이션 프레임워크는 네트워크 연동 로봇 내비게이션의 특성을 잘 나타내고 있다.

향후, 도시환경에서의 IT 인프라와 연계한 로봇 서비스 시나리오를 적극 개발하여 국내의 u-City 로봇시스템기술의 적용사례를 확장하고 서비스 수출의 단계까지 확장 개발하는 노력이 필요할 것이다.

특히, 현재 상용화 초기단계인 UWB 기반 초정밀 위치인식 네트워킹 기술은 도심환경에서 흔히 겪게 되는 GPS 음역지역에서의 위치정보획득문제를 보완할 수 있을 것으로 예상된다. 또한, 사람들로 혼잡한 공간에서의 안전한 주행기술, HD급의 대용량 비디오를 처리할 수 있는 로봇서버기술은 향후 원격모니터링, 의료, 교육, 복지 등 다양한 분야에 활용이 가능할 것이다. 마지막으로 본 고에서 소개한 u-City 로봇시스템기술과 서비스 플랫폼은 향후 표준화를 통해 로봇서비스 산업확산에 도움이 될 것으로 예상된다.

## 약어 정리

| | |
|---|---|
| FP | Framework Programme |
| GIS | Geographical Information System |
| GPS | Global Positioning System |
| HIL | Human-In-the-Loop |
| OMG | Object Management Group |
| RFID | Radio Frequency Identification |
| RLS | Robotic Localization Service |
| RTC | Robot Technology Component |
| SLAM | Simultaneous Localization And Mapping |
| URS | Ubiquitous Robotic Space |
| USN | Ubiquitous Sensor Network |
| UWB | Ultra Wide Band |

## 참 고 문 헌


[1] u-City IT 인프라 구축 가이드라인 및 인증방안 연구, 한국정보화진흥원, 2007.

[2] W. Yu et al., "Design and Implementation of a Ubiquitous Robotic Space," *IEEE Trans. Autom. Sci. and Eng.*, Vol.6, No.4, Oct. 2009.

[3] W. Yu et al., "Robust Task Control Utilizing Human-in-the-loop Perception," *IEEE Conf. RO-MAN*, Aug. 2008.

[4] J. Lee and H. Hashimoto, "Controlling Mobile Robots in Distributed Intelligent Sensor Network," *IEEE/ASME Trans. Mechatronics*, Vol. 50, No.5, Oct. 2003, pp.890-902.

[5] S. Sugano and Y. Shirai, "Robot Design and Environment Design: Waseda Robot-house Project," *in Proc. SICE-ICASE Int'l Joint Conf.*, Oct. 2006, pp.31-34.




© 2009 한국전자통신연구원