

Home Robot에서의 RFID/USN 응용

유 원 필 한국전자통신연구원 지능형로봇사업단 지능형작업제어연구팀

● 홈네트워크 + RFID/USN 특집

- RFID/USN의 HealthCare 관련 응용
- USN을 이용한 홈네트워크
- USN 현장시험 추진성과와 향후 전망
- U-City 및 홈네트워크 서비스와 연계한 RFID/USN의 표준화 전망
- 홈네트워크 적용 가능한 RFID/USN 국내 기술의 기술 표준화 Issue

Home Robot에서의 RFID/USN 응용

1. 서론

최근 USN(Ubiquitous Sensor Network) 관련 기술 개발이 활발히 이루어지면서 이를 이용한 응용사례가 지속적으로 증가하고 있다. USN은 개별 센서노드상에 환경정보를 센싱하는 센서, 이를 처리하는 연산모듈, 외부 센서노드 혹은 싱크 노드(sync node) 역할을 하는 데이터 수집 장치로의 전달을 위한 통신모듈을 기본 구성으로 하고 있다. 이미 다양한 상용제품에 적용된 ZigBee 통신규격이나 저속 WPAN을 구성하기 위한 UWB 통신규격 [1] 등이 표준화 단계에 있어 향후 표준안을 수용하는 다양한 USN 관련 제품이 출시될 것으로 보인다. RFID는 주파수 대역별로 국제 표준안이 제정된 분야가 다양하여 산업현장에 적용한 사례가 많이 보고되고 있다. 이러한 RFID/USN 관련 표준규격이나 개별 기술에 대한 보고서, 논문 등은 매우 다양한 반면, RFID/USN과 로봇, 특히 서비스 로봇과의 접목을 통한

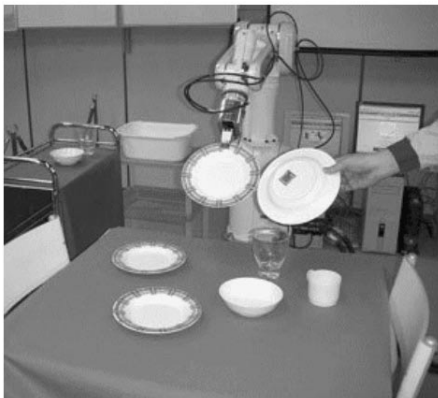
산업화 사례는 매우 드문 것이 현실이다. 본 고에서는 RFID/USN 자체에 대한 기술소개나 표준화 동향보다는 이를 로봇 응용에 적용한 여러 사례분석을 통해 서비스 로봇, 특히 최근 국민로봇사업 등으로 관심이 고조되고 있는 home robot 응용기술에 대해 살펴보고자 한다.

최근 네트워크 하부구조를 기반으로 기존에 로봇 자체 내에서 수행되었던 다양한 센서데이터 처리, 환경인지 기능 등을 네트워크에 연결된 고성능 서버를 통해 분산 처리하여 로봇 플랫폼 자체의 경제성을 제고하면서 성능을 획기적으로 향상시키기 위한 이른바 URC(Ubiquitous Robotic Companion) 개념의 서비스 로봇기술 개발이 활발히 진행되고 있다. 전통적으로 로봇기술의 실세계 적용에 있어 가장 큰 걸림돌이라고 생각할 수 있는 것은 로봇 인지능력 구현과 주행/조작으로 대변되는 물리적인 상호작용 기술의 구현이라고 볼 수 있다. 대부분의 로봇 플랫폼에 탑재되는 비전 혹은 거리측정 센서 등으로부터 주변의 상황을 제대로 인지하기 위한 기술은 최근까지 다양한 방법이 제시되고 있

으나 매우 제한된 공간과 제한된 사물에 대해서 적용가능한 수준이다. 최근의 RFID 기술은 이러한 사물인식, 환경인식에 대한 접근방식에 새로운 방향을 제시하는 것으로 로봇 적용을 통해 기존 환경인지 기술의 성능을 획기적으로 발전시킬 수 있을 것으로 기대된다. 또한, USN으로 대변되는 센서 네트워크 기술을 통해 환경 내의 상황을 실시간으로 로봇이 판단하여 적절한 물리적 행위를 취하게 함으로써 로봇의 반응성과 유연성을 획기적으로 향상시켜 향후 로봇 서비스를 보다 실질적이고 친근한 형태로 개발할 수 있을 것으로 기대된다. 하지만, RFID/USN 기술을 로봇에 적용하여 기존의 로봇분야의 난제를 해결하기 위해서는 극복해야 할 다양한 기술적 어려움이 있다.

2. RFID/USN과 로봇응용 사례

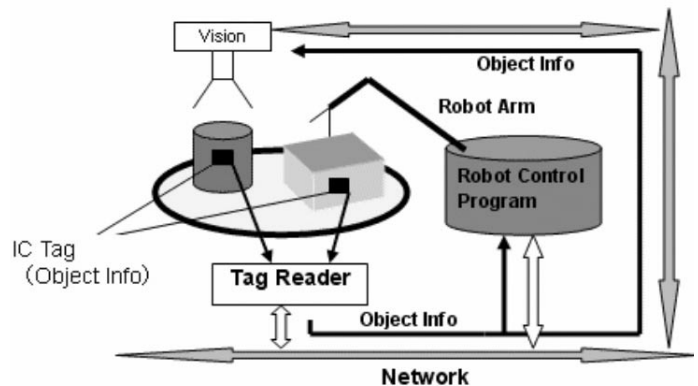
RFID/USN과 로봇을 접목한 시도는 주로 학계와 연구소를 중심으로 기술개발이 진행되고 있으며 상용화 사례는 전무한 상태이다. RFID와 로봇 응용기술 개발사례로 최근 일본의 AIST에서 수행한 TAG 프로젝트를 들 수 있다 [2]. TAG 프로젝트에서는 수동형 RFID 태그를 사물에 부착하고 각 RFID 태그 센싱을 통해 제조사의 인터넷 주소를 획득한 후, 해당 사물에 대한 정보를 로봇에게 전달하게 된다.



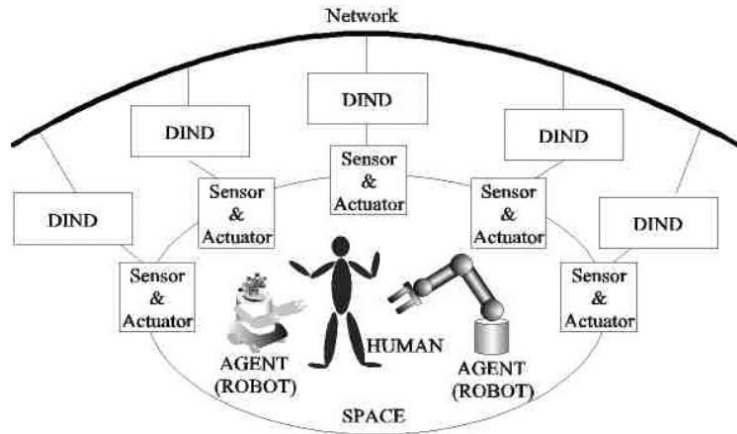
〈그림 1〉 RFID를 이용한 로봇 조작

획득된 사물 정보를 바탕으로 공간 내에 설치된 비전 센서 데이터를 통한 영상 매칭 및 위치정보 계산을 수행하여 최종적으로 로봇 암(arm)을 통한 조작(manipulation) 시퀀스를 자동 생성하여 사물 이송이나 기타 작업을 수행하게 한다. 그림 1은 해당 시스템의 데모 장면을 보이는 것으로 테이블 면에 RFID 태그를 인식하기 위한 안테나가 설치되어 있고 조작 대상체인 접시의 바닥면에 수동형 RFID 태그가 부착되어 있어 접시를 테이블 위에 놓는 순간 로봇이 곧바로 해당 사물의 조작에 필요한 정보를 획득하게 한다. 그림 2는 해당 시스템 구성도를 나타낸 것으로 RFID에 기반한 일종의 분산 지식처리 시스템을 구성한 예이다.

USN 개념의 센서네트워크 기술과 로봇의 응용으로는 일본 동경대에서 개발한 지능형 공간(intelligent space) 사례가 있다 [3]. 여기서는 실내 환경을 다양한 센서로 구축하여 사람의 움직임을 감지하고 이동로봇 등이 실제 물리적인 행동을 취할 수 있는 인간-로봇 간의 친화적인 환경구현을 목적으로 하고 있다. USN 개념은 여기서 분산 지능 네트워크 장치(DIND: Distributed Intelligent Network Device)로 명칭하고 있으며, 각 DIND는 일종의 클라이언트 역할을 수행하도록 구성된다. 실제 DIND는 카메라 센서를 이용하는 이른바 카메라 네트워크를 구성한 것으로 이를 통해 실내환경을 인식하고 모델링 하며 공간 내 거주자의 의도를 인식하기 위한 시스템을 구축하였다. 실제로는 거주자의 행동 및 사물의 위치를 비전 센서 위주로 처리하여 다



〈그림 2〉 RFID를 이용한 로봇 조작 시스템 구성



〈그림 3〉 Intelligent space의 개념도

양한 센서정보에 기반한 효율적인 인식시스템의 구축이 본격적으로 이루어진 것으로 보기에 어려운 점을 가지고 있다. 그림 3은 해당 시스템의 구성도를 개략적으로 나타낸 것이다.

한편, RFID를 로봇 주행(navigation)에 응용한 대표적인 사례로는 미 인텔사에서 수행한 GUIDE 프로젝트를 들 수 있다[4]. 해당 프로젝트의 목적은 실내 환경에서 인간의 존재여부, 행동 패턴 등을 RFID를 이용해 추론하는 시스템을 구축하는 것으로, 로봇의 경우 실내 환경에서 자기위치

인식 및 환경지도 작성작업을 RFID를 이용해 보다 효율적으로 수행할 수 있도록 시도한 것이다. RFID를 이용함으로써 기존 거리측정 센서만을 이용한 경우보다 최종 위치 오차를 줄일 수 있음을 보고하였다. 그림 4는 해당 프로젝트에서 사용한 RFID 리더기를 탑재한 이동로봇과 실내환경 내에 설치된 수동형 RFID 태그의 예, SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) 기술을 통해 실내 환경 내에 부착된 RFID 태그의 위치를 자동으로 인식한 결과를 보이고 있다.



〈그림 4〉 왼쪽: RFID 판독기를 장착한 로봇의 모습, 가운데: 실내 배치된 RFID 태그의 예, 오른쪽: 2차원 환경지도의 예 (검은색 원은 RFID 태그의 위치)

RFID의 특성상 전파를 이용한 사물인식 기능을 간편하게 구현할 수 있을 것으로 기대되어 이를 이용한 다양한 로봇응용의 개발을 예상할 수 있다. 실제로 RFID와 로봇 응용사례는 증가추세에 있으나 위에서 언급한 두 가지 대표적인 사례와 유사한 수준이며 상용화 수준의 개발 사례는 없는 것으로 파악되고 있다.

3. RFID/USN과 로봇기술 전망

RFID 기술을 로봇응용에 적용하기 위한 가장 대표적인 요소분야로 영상인식 분야를 들 수 있다. 이미 언급한 바와 같이 로봇응용의 산업화에 있어 큰 걸림돌의 하나로 생각할 수 있는 것으로는 로봇에 의한 사물/환경인식 기능의 안정적이고 신뢰성 있는 구현문제를 들 수 있다. [5]의 사례에서와 같이 사물자체에 대한 인식(identification)단계를 RFID를 이용하여 해결함으로써 후처리 과정에서의 인식율을 획기적으로 향상시킬 수 있을 것으로 예상할 수 있다. 하지만, 실제로 RFID를 로봇응용, 즉 인식기능 구현과 로봇 주행 등 물리적 상호작용 분야에 적용하기 위해서는 해결해야 할 기술적 난제들이 있다.

우선, RFID의 특성상 환경효과에 의한 인식단계에서의 오류문제를 들 수 있다. 실제로 다양한 분야에서 RSSI (Received Signal Strength Indicator) 기법 등을 이용한 측위기법이 활용되고 있으나 로봇 응용, 구체적으로 로봇 주행의 경우에 사용하기 위해서는 보다 더 안정적이고 정밀한 방법의 도입이 검토되어야 할 것이다. RFID를 로봇주행에 응용하기 위해서는 이러한 로봇 고유의 정밀 측위정보를 생성하기 위한 수단보다는 로봇 주위에 특정한 사물이 존재하는지 정도를 파악하는 대략적인 측위정보로 활용하고 별도의 수단을 마련하여 실제 로봇응용을 개발하여야 할 것으로 여겨진다.

또한, RFID 리더기와 태그간 자세에 따른 인식의 어려움이 존재하는데 이것은 이미 물류관리 등의 사례에서 흔히 관찰되는 RFID 적용에 있어서의 문제점이다. 하지만, 오히려

로봇의 이동성을 고려한다면 RFID 리더기와 태그간의 자세에 따른 인식오류를 극복할 수 있는 방안을 마련해 볼 수 있다. 이 외에 RFID 고유의 특성에 따른 문제점으로 RFID 주파수 대역에 따른 인식의 어려움이 존재한다. 즉, 사용 주파수 대역에 따라 수분, 금속 등의 영향에 의한 오동작 혹은 인식 불능사례가 발생할 수 있다. 로봇의 경우, 금속성분, 모터회전에 의한 자계 발생 등 RFID 리더기의 성능에 영향을 미칠 수 있는 요인이 많기 때문에 이러한 전파 환경 영향에 대한 분석과 이를 극복할 수 있는 기술적 노후를 축적하는 것이 필요할 것으로 사료된다.

한편, USN의 도입은 로봇으로 하여금 환경에 대한 정보를 실시간으로 수집하여 공간 내의 다양한 상황을 로봇이 인지할 수 있는 기능을 제공할 수 있을 것으로 기대되고 있다. USN을 구성하는 각 센서노드 자체가 제공하는 정보는 기본적으로 센서정보 자체, 그리고 센서정보를 획득한 장소에 대한 위치정보와 획득한 순간에 대한 시간정보가 동시에 필요하게 된다. USN 자체에서 다루고 있는 저전력 동작을 위한 라우팅, 노드기술 등은 본 고의 범위를 벗어나므로 다루지 않을 것이지만, 많은 수의 센서가 공간 내에 배치되는 경우 각 센서노드 자체의 공간위치에 대한 정보를 손쉽게 획득할 수 있는 센서 측위기술의 개발이 중요하게 된다. 이러한 기술은 현재 여러가지 방법이 제시되고 있으나 대부분 센서와 센서간의 통신을 통한 전계강도 신호 등을 이용한 방법이 주로 사용되고 있다[6]. 하지만, [4]에서 소개된 SLAM 기술은 로봇분야에서 매우 활발히 연구되고 있는 것으로 USN의 기술적인 난제를 로봇기술을 통해 해결할 수 있는 가능성을 시사하는 바가 크다고 할 수 있다. 실내주행 이동로봇의 경우 SLAM 등을 이용하여 센서 측위정보를 획득할 수 있는 가능성이 높은 반면 로봇의 이동성에 따른 통신상의 제약문제가 동시에 발생할 수 있다.

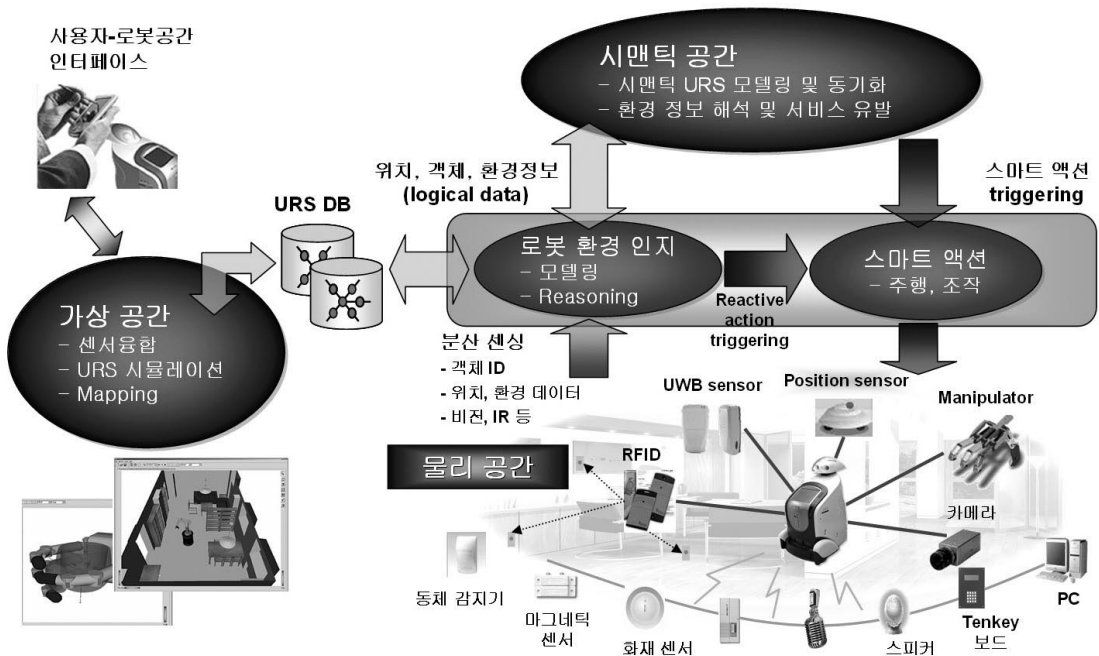
이미 언급한 바와 같이, USN의 개별 구성요소인 센서노드의 전원문제를 고려한 프로토콜 개발[7], 망구성 방식 [8] 등 센서네트워크 자체에 대한 기술개발은 활발히 진행되고 있으나 로봇기술을 접목한 경우는 매우 드문 상태이다. 특히, 센서노드 자체의 전파거리의 사용전원 등의 문제로 제한되기 쉽기 때문에 로봇과 센서네트워크 간의 단절이 발생하는 경우 혹은 전파간섭 등이 발생하는 경우에 대한

동적인 라우팅 등을 통해 로봇과 센서네트워크 간의 연결성을 보장할 수 있는 기술 등 난제가 해결되어야 할 것이다.

현재, 관심을 모으고 있는 home robot의 경우에도 로봇 서비스를 위한 실내주행기능을 구현하기 위해 네트워크 모듈을 탑재한 측위센서를 공간상에 배치하고 환경정보를 획득하기 위한 센서네트워크를 공간상에 배치하여, 로봇의 주행과 상황인식 기능을 획기적으로 향상시키기 위한 기술 개발이 진행되고 있다. 이러한 측위 및 센서네트워크가 구비된 공간의 범위가 넓어지는 경우 위에서 언급한 개별 센서노드에 대한 자동측위, 로봇의 이동성을 지원하는 동적 라우팅 기술 등의 개발이 필요할 것이다. 로봇은 이러한 측위 및 센서네트워크 연동을 통해 주어진 공간상에서의 이동 및 상황인지를 손쉽게 해결하게 되고 특정 사물에 대한 인식을 RFID 등을 이용하여 보다 손쉽게 해결함으로써 고도의 로봇서비스를 구현할 수 있는 가능성을 가지게 될 것이다. 그림 5는 위에서 언급한 개념을 제시한 것으로 로봇과 측위/센서네트워크, 사물인식, 그리고 이에 기반한 로봇기능의 향상 및 서비스 생성과정을 도시한 것이다.

4. 결론

현재 RFID/USN 자체에 대한 표준화는 활발하게 진행되고 있으나 RFID/USN과 로봇의 접목을 위한 서비스 구성에 대한 표준화 활동은 개념단계에 있다고 판단된다. 로봇분야, 특히 서비스 로봇 분야에 대한 표준화는 OMG (Object Management Group)에서 Robotics DTF를 통해 진행되고 있는데 본 고에서 다룬 RFID/USN과 로봇응용과 연관된 분야는 해당 DTF내 profile, robotics service 작업 그룹이 2006년도에 처음 형성된 수준이다. 특히, 로봇과 센서네트워크 연동 등을 다루기 위한 모델링, API 등에 대한 작업이 RFP 작성단계에 있기 때문에 이러한 표준 활동에 대한 관심과 활동이 매우 필요하다고 하겠다. 한편, 본 고에서 언급한 바와 같이 RFID/USN을 로봇응용에 활용하기 위한 다양한 기술적 가능성이 존재하기 때문에 특히, 모바일 RFID와 로봇의 응용 등을 통해 새로운 응용서비스 시장의 창출 가능성이 어느 때보다 크다고 할 수 있을 것이다.



〈그림 5〉 RFID/USN을 이용하는 로봇 서비스 구성 개념도

참고문헌

- [1] Wireless MAC and PHY specification for LR-WPANs, IEEE Standard 802.15.4.
- [2] Nak Young Chong, H. Hongu, K. Ohba, S. Hirai, K. Tanie, "A distributed knowledge network for real world robot applications," Proc. IEEE/RSJ Int. Conf. Intelligent Robots and Systems, pp. 187-192, 2004.
- [3] Hashimoto, H, "Intelligent space - how to make spaces intelligent by using DIND?", IEEE Int. Conf. Systems, Man and Cybernetics, pp. 14-19, 2002.
- [4] D. Hahnel, W. Burgard, D. Fox, K. Fishkin, M. Philipose, "Mapping and localization with RFID technology," IEEE Int. Conf. Robotics and Automation, pp. 1015-1020, 2004.
- [5] M. Boukraa, S. Ando, "A computer vision system for knowledge-based 3D scene analysis using radio-frequency tags," IEEE Int. Conf. Multimedia and Expo, pp. 26-29, 2002.
- [6] L. Lazos, R. Poovendran, "SeRLoc: Robust Localization for Wireless Sensor Networks," ACM Trans. Sensor Networks, vol. 1, no. 1, Aug. 2005, pp. 73-100.
- [7] W. Ye, J. Heidemann, D. Estrin, "An energy efficient MAC protocol for sensor networks," Proc. INFOCOM, pp. 1567-1576, 2002.
- [8] K. Bae, H. Yoon, "Autonomous clustering scheme for wireless sensor networks using coverage estimation-based self-pruning," IEICE Trans. On Comm., vol. E88-B, no.3, pp. 973-980, 2005. **TTA**