

RFID 기반 유비쿼터스 센서 네트워크에서의 지능적 상황인지 지원

고경철^o, 이동욱, 고영배[†]
아주대학교 정보통신전문대학원
[†]아주대학교 정보통신대학

kck^o@dmc.ajou.ac.kr, {dwlee, youngko}@ajou.ac.kr

Supporting Intelligent Context-Awareness in Ubiquitous Sensor Networks with RFID

Kyong-Chul Ko^o, Dong-Wook Lee, Young-Bac Ko[†]
Graduate School of Information and Communication, Ajou University
[†]College of Information and Computer Engineering, Ajou University

요 약

Radio Frequency Identification(RFID) 시스템은 객체에 부착된 RFID 태그를 리더로 읽어 들어 정확하게 객체를 인식할 수 있어 상황 인지를 위한 중요한 정보를 제공할 수 있다. 그러나 태그와 리더간의 통신이 단일 홉으로 구성되어 있기 때문에 대상 지역의 전체를 인식하지 못하여, 상황인지를 위한 총체적 정보를 제공할 수 없는 문제를 가지고 있다. 본 논문에서는 최근 제안되고 있는 무선 센서 네트워크와 RFID 시스템의 결합을 통하여 RFID 시스템이 대상 지역 전체를 인식할 수 있게 하고, 이 정보를 센서 네트워크의 센싱 정보와 함께 활용하여 지능적인 상황 인지가 가능한 RFID 기반 무선 센서네트워크의 지능적 상황 인지 지원 시스템을 제안한다. 제안된 시스템에서는 RFID 시스템의 객체 인지 능력을 활용할 수 있을 뿐만 아니라, RFID 시스템에 네트워킹 기능을 제공하여 지능적 상황인지를 가능하게 한다.

1. 서 론

상황인지 기술이란 현실의 상황을 정보화하고 이를 활용하여 사용자 중심의 지능화된 서비스를 제공하는 것이다. 이때 현실 세계에 존재하는 실체의 상태를 특징화하여 정의한 정보를 컨텍스트 (Context)라고 한다 [1]. 컨텍스트 획득을 위한 기술 중 대표적인 것은 무선 센서 네트워크이다. 센서 네트워크는 빛, 온도, 습도, 압력과 같은 데이터를 센서 노드가 수집하여 베이스 노드에게 전달함으로써 컨텍스트 획득을 위한 기반을 제공한다 [2]. 이러한 무선 센서 네트워크는 대상 지역에 대한 충분한 환경 정보를 제공하지만, 대상 지역에 존재하는 객체에 대한 정보를 제공하지는 못한다. 대상 지역의 환경 정보는 존재하는 객체에 따라 의미가 달라지기 때문에 센서 네트워크가 제공하는 정보는 상황인지를 위한 충분한 컨텍스트가 아니며, 따라서 센서 네트워크가 제공하는 정보만으로는 정확한 상황 추론이 어렵다.

그러나 최근 객체에 전자 태그를 부착하여 정보를 확인하거나 주변의 상황정보를 읽어 들이는 RFID 기술에 대한 연구가 활발히 진행되고 있고, 그러한 RFID 시스템에서는 전자 태그를 이용하여 객체를 정확하게 구분할 수 있는 능력이 있기 때문에 RFID 시스템을 운영함으로써 상황 인지를 위한 충분한 컨텍스트를 얻을 수 있다. 하지만 RFID 시스템은 태그의 인식 범위가 매우 작다는 한계가 존재한다.

본 논문은 이러한 RFID 시스템의 인식 범위 한계 문제를 무선 센서 네트워크의 네트워킹 기능을 이용하여 극복하고, RFID 시스템을 통해 센서 네트워크에 객체 인식 능력을 제공하여 정확한 상황 인지를 할 수 있는 활용 방법을 제안한다.

2. 관련 연구

2.1 유비쿼터스 환경에서의 상황인지 컴퓨팅 시스템

HP의 CoolTown 프로젝트의 경우 모든 현실세계의 사람, 물건, 장소가 각자의 웹 페이지를 보유하게 되어 인터넷상의 가상공간과 현실세계를 하나로 묶음으로써 현실생활에 도움이 될 수 있는 웹 서비스를 실현하고자 한다. 모든 객체가 갖고있는 고유한 ID 정보를 통해 객체의 웹 표현 주소 (URL)을 찾고 그 객체와 관련된 컨텍스트의 웹 주소를 얻어와 상황에 맞는 서비스를 해주는 방식이다. EasyLiving은 마이크로소프트에서 집중적으로 연구하고 있는 프로젝트로서 지능적인 서비스 환경을 위한 기술과 시스템 구조를 개발한다. 객체와 사람, 공간 사이의 물리적 관계의 정보를 컨텍스트화 하여 사용함으로써 상황을 추론하고 사용자가 원하는 서비스를 제공한다 [3].

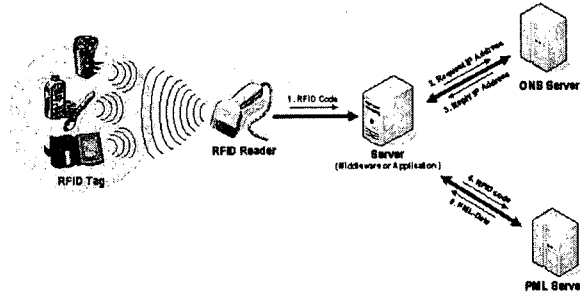
이렇게 분산되어 있는 센서를 통해 상황정보를 모으는 방법은 현실과 가장 밀접한 컨텍스트를 사용하는 가장 진보된 접근 방법이며 현재 활발하게 연구되고 있다. 그러나 객체의 정보를 인식하기 위해서는 특정한 정의를 해주거나 객체의 물리적인 패턴 등을 학습하기 위한 복잡한 과정을 거쳐야 하는 어려움이 있다.

2.2 RFID 시스템 구조

RFID 시스템은 태그, 리더, 서버 (미들웨어 및 응용서비스 플랫폼)으로 구성되고, 유무선 통신망과 연동되어 사용한다. 태그는 객체를 구별할 수 있는 데이터를 가지고 객체상에 위치하고 있으며, 에너지 자원의 보유 여부에 따라 수동형 태그와 능동형 태그로 구분한다. 수동형 태그의 경우 리더로부터 에너지를 공급받으며 통신 범위는 1m 이내이다. 능동형 태그의 경우는 에너지 자원을 가지고 있어 수십~수백 m의 통신 범위를 갖는다. RFID 리더는 태그가 가진 데이터를 읽어 들어 객체를 인식하고, ONS (Object Naming Service) 서버와 PML (Product

* 본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT 연구센터 육성·지원사업과 정보통신부의 유비쿼터스 컴퓨팅 및 네트워크 원천 기반 기술 개발 프론티어 사업의 연구 결과로 수행되었음.

Markup Language) 서버를 통해 객체에 대한 정보를 획득한다 [4]. <그림 1>은 RFID 시스템의 구조를 보여주고 있다.



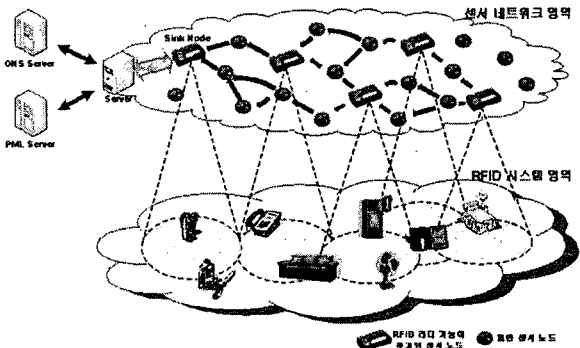
<그림 1> RFID 시스템 구조도

3. RFID 시스템 기반한 무선 센서네트워크의 구성

3.1 무선 센서 네트워크와 RFID 시스템의 통합

리더와 단일 흡에서만 인식이 가능한 RFID 태그는 리더와 멀리 떨어져 있을 경우 태그를 읽어 들이지 못하여 객체를 인식할 수 없는 문제를 유발한다. RFID 태그의 인식범위는 수동형 태그인 경우는 1m 이내이고, 능동형 태그의 경우는 수십~수백 m 이기 때문에 [4,5] 대상 지역이 이 범위보다 넓을 경우 고정된 위치에서 전체 객체에 대한 정보를 얻을 수 없다. 이러한 문제는 무선 센서 네트워크의 멀티 흡 통신을 이용해 해결할 수 있다. 센서 네트워크를 구성하는 노드에 RFID 태그를 읽는 기능을 부과하여, RFID 태그를 읽어 들이고, 이를 멀티 흡 통신을 이용하여 목적지에 전달할 수 있다. 이는 무선 센서 네트워크가 원거리에서 RFID 태그 정보를 원하는 시스템이나 사용자에게 거리에 대한 투명성을 제공하는 것이다 [6].

이러한 RFID 시스템을 지원하는 센서 네트워크는 상황 인지를 위한 범위 제약이 없는 RFID 인식 기능을 제공할 뿐만 아니라, 센서 네트워크 고유 기능과의 융합으로 발전된 상황 인지 시스템을 제공한다. 센서 네트워크가 수집하는 온도, 습도 등의 환경 정보를 RFID 시스템의 객체 인식 기술과 함께 고려하면 새로운 상황 인지를 가능하게 한다. 예를 들면, 같은 온도와 습도를 가지는 환경도 존재하는 객체가 식품일 경우와 아닐 경우와 따라 다른 의미를 가질 것이며, 같은 식품일 경우에도 부패가 빠른 것과 아닌 것에 따라 그 의미가 달라질 것이다.



<그림 2> RFID 시스템 지원 무선 센서네트워크 구조도

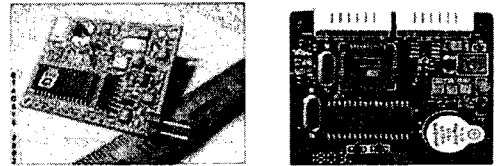
이와 같이 RFID 지원 센서 네트워크는 RFID 시스템과 센서 네트워크가 상호보완적으로 통합되는 것이고, 이것의 실현은 센서 노드와 RFID 리더의 하드웨어적 결합으로 가능해진다. RFID 리더는 대상 지역에 존재하는 객체의 태그를 읽어 들이고, 이를

센서 노드에 전달하고, 센서 노드는 센서로부터 들어온 데이터와 함께 태그 정보를 무선 통신을 통해 베이스 노드로 전달함으로써 온도, 습도, 조도와 같은 환경 정보와 함께 객체 정보를 획득할 수 있게 한다. <그림 2>는 RFID 시스템 지원 무선 센서네트워크의 구조도를 보여주고 있다.

3.2 센서 노드와 RFID 리더의 결합

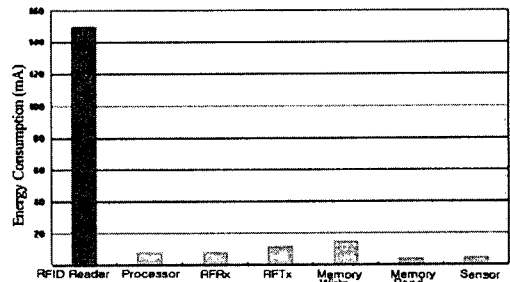
RFID 리더가 센서 노드와 결합되기 위해서는 기존의 센서 노드가 가지는 크기 제약, 효율적 에너지 소비와 같은 특징을 충족시켜야 한다. 특히, 기존의 RFID 리더는 에너지 자원의 제약이 많이 받지 않았기 때문에, 에너지 소비에서 문제가 될 수 있다.

RFID 리더의 크기는 태그와의 통신을 위한 안테나, 트랜시버와 이를 처리하기 위한 프로세서, 핸드 헬드 장비일 경우에는 배터리까지 장착하여야 하므로 매우 크다. 그러나 센서 노드와 프로세서 배터리를 공유함으로써 그 크기를 센서 노드에 적합한 크기로 제작할 수 있으며, 이미 다수의 리더가 존재한다 [7,8]. <그림 3>은 센서 노드에 부착될 수 있는 RFID 리더를 보여주고 있다.



<그림 3> TAGSYS의 Medio S002와 China-Vision의 CV3531A-X

이렇게 크기가 작아진 리더는 센서 노드와 배터리 자원을 공유하기 때문에, 필연적으로 에너지 소모를 증가시킨다. 또한, <그림 4>에서 보듯이 리더는 센서 노드의 다른 부분과 비교하여 에너지 소모가 매우 많다 [9].

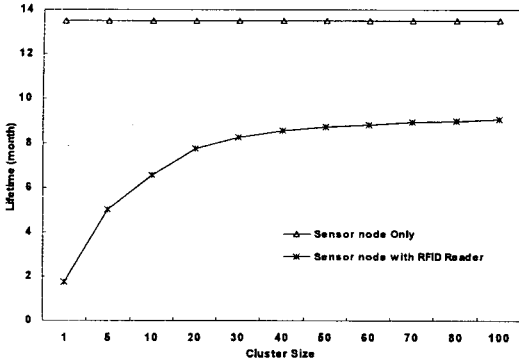


<그림 4> RFID 리더와 센서 노드의 에너지 소모 비교

이러한 에너지 소모 문제는 센서 네트워크의 동작률 (duty cycle)을 응용한 리더의 동작률 조절이나 클러스터링 등의 기법을 통하여 해결할 수 있다. <그림 5>는 클러스터 크기에 따른 센서 네트워크의 수명을 보여주고 있다. 네트워크 수명은 UC Berkeley 에서 설계하고 Crossbow 사에서 제작한 MICA2 모듈을 대상으로 하였으며, 에너지 자원은 2300 mA 용량의 AA 배터리, 센서 노드의 동작률은 1% 인 상황에서 계산하였다.

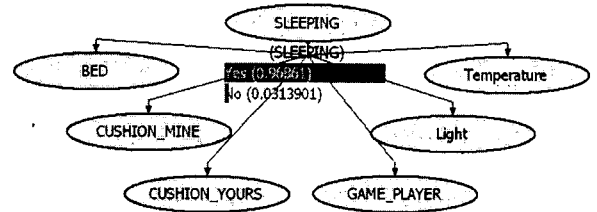
리더가 부착되지 않은 센서 네트워크는 13.49 개월의 수명을 가지는데 반하여, 모든 센서 노드가 리더의 기능을 할 경우 수명이 1.74 개월로 떨어진다. 그러나 다수의 센서 노드 중 하나의 노드만 리더의 기능을 하는 클러스터링 기법을 사용할 경우 네트워크의 수명을 8 개월 이상으로 올릴 수 있음을 볼 수 있다. 센서 노드와 RFID 리더 결합의 예로는 TAGSYS 의 Medio S002 RFID 리더를

사용하고 MICA2 를 센서 노드로 사용한 Tag+ Unit [6] 을 들 수 있다. 하지만 아직 상용화와는 거리가 먼 프로토타입 수준이다



<그림 5> 클러스터 크기에 따른 센서네트워크의 수명

음식, 게임기의 태그며 이 객체의 정보를 센서 네트워크가 수집한 온도, 조도 등의 정보와의 통합을 통해 사용자의 취침 서비스 제공을 위한 컨텍스트로 활용한다. 본 시뮬레이션에서는 RFID 센싱 노드가 특정 공간을 감지한 결과 이불 태그와 타인의 쿠션태그가 읽히고 게임기 태그와 자신의 쿠션태그가 읽히지 않은 경우, <그림6>의 취침 확률과 같이 공간에서 사용자가 취침모드 서비스를 실행할 확률을 볼 수 있다.



<그림 6> 취침 서비스 제공을 위한 베이저안 네트워크

4. 지능적 상황 인지 시스템의 활용 시나리오 및 시뮬레이션

4.1 상황 인지를 위한 컨텍스트의 통신 흐름

RFID 태그는 리더로부터의 요청이 있을 경우, 자신의 태그 데이터를 리더에게 전송한다. 리더는 읽어 들인 RFID 태그 데이터를 센서 노드의 마이크로 컨트롤러에게 전송하고, 센서 노드는 이 데이터를 수집한 환경 정보와 함께 라우팅 프로토콜과 같은 통신 프로토콜을 이용하여 베이스 노드에게 전송한다. 이때 효율적인 전송을 위하여 데이터 통합 기술과 같은 기법을 사용할 수 있다. 베이스 노드는 지능적 상황 인지를 위하여 베이저안 네트워크나 신경망 네트워크 등을 응용한 추론 엔진을 가지고 있을 수 있으며, 이를 이용하여 사용자에게 적합한 서비스를 제공할 수 있다.

4.2 시나리오 및 시뮬레이션

RFID 태그정보를 이용한 상황 인지의 가장 큰 제약사항은 빈번한 객체의 이동이며 사용자의 특성에 맞는 활동 패턴에 대한 적응성 문제 역시 추론에 의한 서비스 제공 큰 제약을 가져온다. 이런 변화라는 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 RFID 태그정보를 통해 상황을 추론하는 알고리즘으로 베이저안 네트워크를 이용하여 시뮬레이션을 수행하였다

베이저안 네트워크는 각각의 상황과 행동 사이의 관계를 사전에 파악하여 복잡한 환경상황에 대한 유연한 해답을 추론해주는 방법으로 널리 사용된다. [10].

베이저안 네트워크는 이미 알려진 상황에 따른 행동을 통해 앞으로 일어날 상황을 예측하는 알고리즘이므로 일정기간 동안 사용자의 행동패턴을 기록해야 한다. 그러므로 베이스 노드와 연결된 서버에서는 일정 기간 동안 센서 네트워크를 통해 보내진 객체의 태그정보와 센서를 통한 환경정보를 히스토리 데이터로 저장하고, 이 정보와 사용자의 행동 패턴과의 관계를 조건부 확률표 (CPT: Conditional Probability Table)로 만든다. 명확한 추론을 위해 객체의 정보를 모두 다 사용하지 않고 서버에 등록되어 있는 히스토리 정보에서 상황을 결정 짓는 중요한 키 태그만을 골라 추론에 사용한다. 서버는 히스토리 정보를 통해 학습된 사용자의 서비스 패턴을 이용하여 사용자가 어떠한 행동을 하고 어떠한 서비스를 받기 원하는지를 예측하고 그것에 맞는 서비스를 제공하게 되는 것이다

베이저안 네트워크 구현을 위하여 마이크로소프트의 MSBNx [11] 를 사용하였으며, 대상 공간의 태그 정보와 센싱 데이터가 수집된다고 가정하였다. <그림 6>은 시뮬레이션에 사용된 MSBNx를 이용한 베이저안 네트워크를 보여주고 있다. 이 시뮬레이션에서 키 태그는 이불, 사용자 소유의 쿠션, 타인의 쿠션,

이와 같이 환경정보와 객체정보를 모두 상황인지의 컨텍스트로 사용하면 지능적인 추론을 가능하게 되어 사용자에게 서비스의 편리함을 제공하고, 상황인지 시스템에게는 다양한 컨텍스트에 대한 유연성 또한 기대할 수 있다. 그리고 동일한 객체에 대해서도 환경 정보와의 결합을 통하여 사용자에게 따라 적합한 추론과 서비스 제공을 가능하게 한다.

5. 결론 및 향후 연구 계획

본 논문은 기존 센서 네트워크에서의 상황인지에서 RFID 태그를 컨텍스트 정보로 이용할 수 있는 지능적 상황 인지 지원 시스템을 구성하였다. 제안 시스템에서는 센서 네트워크가 제공하는 환경 정보 컨텍스트 뿐만 아니라 RFID 시스템이 제공하는 객체 정보에 대한 컨텍스트를 활용할 수 있다. 이 두 컨텍스트를 통합하여 활용함으로써, 기존보다 더욱 상세하고 발전된 상황 인지를 할 수 있다. 더욱이 객체 정보에 대한 활용은 시스템 사용자의 행동패턴과 밀접한 관계가 있기 때문에 다수의 사용자에게 대해서도 개별적인 추론 또한 가능하다. 이것은 상황 인지를 이용한 서비스 제공 측면에서 강력한 장점이 될 것이다.

앞으로 기존 센서네트워크에 RFID 시스템을 결합한 시스템의 에너지 효율성을 고려한 효과적인 라우팅 방법 및 RFID 시스템을 이용하여 정확한 상황 추론을 가능하게 하는 알고리즘과 추론엔진 설계 및 구현하는 연구를 계속해 나갈 것이다.

6. 참고문헌

- [1] A.K Dey "Towards a Better Understanding Of Context and Context-Awareness"
- [2] 특허청, 2004 신기술 동향 조사 보고서-유비쿼터스 컴퓨팅 기술, 전기/전자분야
- [3] Dr. Keith Mitchell, "A Survey of Context-Awareness," <http://www.comp.lancs.ac.uk/~km/>
- [4] 유승화 "유비쿼터스 사회의 RFID", 전자신문사, 2005
- [5] Klaus Finkenzeller, "RFID HANDBOOK," 영진닷컴, 2002
- [6] Cherister Englund "RFID in Wireless Sensor Networks," CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
- [7] TAGSYS RFID Reader, <http://www.tagsys.net>
- [8] China-Vision RFID Reader, <http://www.chinaidcard.com>
- [9] MICA2 mote, <http://www.xbow.com>
- [10] D. Heckerman. "A tutorial on learning with Bayesian networks," Technical Report MSR-TR-95-06, Microsoft Research, March, 1995.
- [11] MSBNx, <http://research.microsoft.com/adapt/MSBNx>