

협력 스펙트럼 센싱을 이용한 RFID 센서의 위치인식 시스템에 대한 연구

A Study on RFID Sensors Location Tracking Systems Using Cooperative Spectrum Sensing

노창배*, 나원식**

Chang-Bae Roh*, Won-shik Na**

요 약

기존의 위치인식 시스템을 활용한 방법으로는 적외선, 초음파, RFID, GPS, UWB, 신호 세기 등을 이용한 방법이 있지만, 각 시스템은 음영지역에서의 위치인식이 필요하다. 본 논문에서는 협력 스펙트럼 센싱(Cooperative Spectrum Sensing)을 이용해 사물이 움직이는 경로와 위치를 판단하고, 센서가 위치한 정해진 경로를 이탈할 경우에 이를 인지해 정상적인 경로로 이동할 수 있도록 도와준다. 협력 스펙트럼 센싱은 1차 사용자에게 간섭 영향을 미치지 않는 범위 내에서 전파인지 사용자에게 최적의 전송 전력과 변조 레벨을 결정할 수 있기 때문에 주파수의 사용 효율을 높일 수 있다. 본 논문에서는 협력 스펙트럼 센싱 기법을 이용한 위치인식 시스템을 제안하였다.

Abstract

Various technologies such as infrared light, ultrasonic waves, RFID, GPS, UWB, and signal indicators have been incorporated in the location tracking system. However, such pre-existing systems require location recognition in shadow areas. This study proposes a location tracking system that utilizes Cooperative Spectrum Sensing. Cooperative Spectrum Sensing is not only able to track the location and path of moving objects but also recognize when objects breakaway from the path set by sensors and guide them back. In addition, it has the advantage of being more efficient in terms of frequency usage. It is able to automatically fix power transmission and frequency modulation for transmission cognitive users to an optimum level within the range that does not cause interference for primary users.

Key words : Cooperative Spectrum Sensing, RFID Sensors, LBS, Underlay, Cognitive Radio

I. 서 론

인터넷에서 위치인식시스템(LBS: Location Based Service System)에 대해 찾아보면 수많은 정보가 검색

될 것이다. 이렇게 많은 형태로 연구, 개발되고 있는 위치인식시스템 대부분이 좀더 가깝게 원하는 사물을 인지할 수 있도록 하는데 목적을 가진다.

근래의 위치인식 시스템은 무선 통신 기술을 이용

* 경희대학교 전자공학과(Dept. of Electronics and Radio Engineering Kyung-Hee University)

** 남서울대학교 교양과정부(Dept. of General Education Namseoul University)

· 제1저자 (First Author) : 노창배

· 교신저자 (Corresponding Author) : 나원식

· 투고일자 : 2011년 9월 15일

· 심사(수정)일자 : 2011년 9월 16일 (수정일자 : 2011년 10월 25일)

· 게재일자 : 2011년 10월 30일

해 사람 또는 사물의 위치를 파악하여 사용자에게 필요한 서비스를 제공하는 시스템으로 컴퓨터의 새로운 패러다임으로 등장하게 되었다. 이러한 컴퓨터화의 새로운 패러다임으로 등장한 위치인식시스템의 유비쿼터스화는 유비쿼터스 컴퓨팅과 유비쿼터스 네트워크를 기반으로 물리공간을 지능화함과 동시에 물리공간에 펼쳐진 각종 사물들을 네트워크로 연결시키려는 노력으로 정의할 수 있다[1].

유비쿼터스 네트워크는 누구든지 언제, 어디서나 통신속도 등의 제약 없이 이용할 수 있고, 모든 정보나 콘텐츠를 유통시킬 수 있는 정보통신 네트워크를 의미한다. 이의 실현으로 기존 정보통신 네트워크와 서비스가 가지고 있었던 여러 가지 제약으로부터 벗어나 이용자가 자유롭게 정보통신 서비스를 이용할 수 있도록 한다. 특히, 유비쿼터스 네트워크와 다양한 센서의 활용으로 시간과 공간의 제한을 뛰어넘는 커뮤니티를 형성할 수 있고, 이를 매개로 사람과 사물의 주변 상황인식(context awareness) 및 위치인식(location awareness)이 가능해진다[1].

본 논문에서 제안된 협력 스펙트럼 센싱(Cooperative Spectrum Sensing)을 이용해 사물의 위치를 인식할 수 있는 시스템으로 음영지역에서의 위치인식을 효율적으로 할 수 있을 것으로 기대된다.

II. 위치인식 시스템의 종류

위치인식 시스템에는 적외선, 초음파, RFID, UWB, 신호 세기 등을 이용한 시스템이 있고, 각 위치 인식 시스템의 특성을 요약하면 표 1과 같다.

각 위치인식 시스템마다 조금씩 다른 환경에서 동작하며 서로 다른 한계점을 가지고 있다. 예를 들어, GPS 시스템은 실내에서 위성 신호를 검출할 수 없다는 것이다. 이를 해결하기 위한 방법으로는 건물 옥상에 GPS 리피터를 설치하여 지상에서 위성 신호를 다시 방송한다. 또한, RFID 시스템은 여러 개의 태그가 존재할 때 리더가 태그를 제대로 식별할 수 없으므로 충돌을 방지하기 위한 효율적인 anti-collision 알고리즘을 개발해야 한다는 문제점이 있다. 이러한 각 시스템의 문제점을 해결하기 위해 다양한 방법을 고려해야 할 것이다.

표 1. 위치인식시스템 특성

Table 1. Characteristics of the Location Tracking System

위치인식 시스템	위치인식 기술	정확도	범위	단점
GPS	무선이동시간을 이용한 거리측정	10m 이내	인공위성 활용	실외
Active Badges	적외선 셀룰러 근접 방식	방 크기	1개 기지국/방 1개배지/기지국/10sec	적외선의 햇빛 간섭
Active Bats	초음파 이동시간을 이용한 거리측정	9cm	1개 기지국/10m ²	천장 센서 그리드 필요
Cricket	근접방식	4×4ft	1개 신호기/16seq. ft.	중앙관리가 없음
RFID	근접방식	1m	각 위치별 센서 1개	센서의 위치 인지 필요
RADAR	802.11 RF 장면분석 및 삼각측량	3~4.3m	각층별 기지국 3개	무선 NIC 필요

III. 위치인식기술

요즘들어 와이파이가(Wi-Fi)에 대해 모르는 사람은 없을 만큼 대중들에게 인기를 얻는 용어이다. 이는 사물의 위치를 인식할 수 있는 기술 중에서 최근에 개발된 기술로 와이파이 신호 정보만을 활용해 위치를 인식할 수 있다. 이 시스템은 구글 안드로이드이폰, 애플 아이폰과 같은 와이파이(무선 데이터전송시스템) 기능을 갖춘 스마트폰에 탑재·활용할 수 있는 와이파이 신호 기반의 실내 위치인식기술을 이용한 것으로 무선랜의 신호강도와 중계기(AP) 고유번호 등을 담은 와이파이 위치자문과 장소정보를 제공해 만들어진 “오픈 라디오 맵(Wi-Fi Open Radio Map)”을 바탕으로 위치를 인식하는 방식이다. 오픈 라디오 맵은 지도의 일종으로 특정건물 또는 구역 내에서 일정한 간격으로 무선 라디오파를 수집 기록한 데이터베이스를 말한다. 이 기술은 와이파이 신호 정보만을 사용해 룸 단위로 스마트폰의 위치정보를 인식하기 때문에 향후 실내 내비게이션 서비스, 위치 기반 SNS(Social Networking Service), 위치기반 노트 서비스, 근무 위치 모니터링 서비스, 장소 기반 휴대기기 동작 자동제어 등 다양한 실내 위치 기반 서비스 개발에 널리 활용될 수 있을 것이다[2].

와이파이를 이용한 기술 역시 문제점은 있다. 정해진 공간이 건물이라는 것이다. 건물밖의 실외에서는 와이파이를 활용할 수 없기 때문에 3G를 이용한 위치인식을 하는데, 이런 경우에는 음영지역에서 원하는 정보를 얻을 수 없다.

IV. RFID 시스템과 협력 스펙트럼 센싱

4-1 RFID 시스템

RFID(Radio Frequency Identification)는 소형 전자칩과 안테나로 구성된 전자 태그를 사물에 부착하여 전자 태그의 고유 주파수를 통해 사물을 인식하거나 사물이 주위 상황을 인지할 수 있게 하고, 기존 IT시스템과 실시간으로 정보 교환/처리를 할 수 있도록 하는 기술이다.

RFID 시스템은 적은 기반시설과 낮은 비용으로 구축할 수 있는 위치 인식 시스템이다. RFID 시스템은 크게 RFID 태그, 리더, 데이터 처리시스템으로 구성된다. 신체, 사물, 건물 등에 부착된 측정기, 센서, RFID 태그는 RFID 리더의 호출에 의해 대상체의 식별번호를 RFID 리더에게 전송하며, 이를 데이터 처리시스템에 보내 필요한 정보를 사용자가 이용할 수 있는 리소스, 즉 단말이나 주변 장치에 표시한다. 최근에는 보안문제에 대한 중요성이 급증하여 상호인증, 접속제어, 공중키 암호화 방식 등이 제안되고 있다[3].

4-2 협력 스펙트럼 센싱

전파인지 네트워크에 있어 센싱의 정확도는 매우 중요하다. 센싱의 정확도가 높아지면 더 높은 수준의 1차 사용자 보호를 달성하거나, 스펙트럼 센싱에 드는 시간을 줄일 수 있다. 따라서 스펙트럼 센싱의 정확도를 보다 높이기 위해 최근에는 특정 주파수 대역에 대한 스펙트럼 센싱을 여러 전파인지 노드들이 동시에 실행하고 센싱 결과를 하나로 종합하여 판단을 내리는 협력 스펙트럼 센싱이 주목을 받고 있다 [4][5][6][7]. 그림 1은 WRAN 시스템에서 문제가 되고 있는 RF 커버리지가 작은 소출력 hidden 터미널

문제를 보인 것이다. 커버리지가 큰 1차 사용자의 스펙트럼을 2차 사용자가 센싱할 수 있으나 1차 사용자의 소출력 마이크와 같은 소출력 1차 사용자는 2차 사용자가 개별 스펙트럼 센싱 방법을 사용하여 센싱하는 것이 불가능하다. 따라서 협력 스펙트럼 센싱 기법이 요구된다[8].

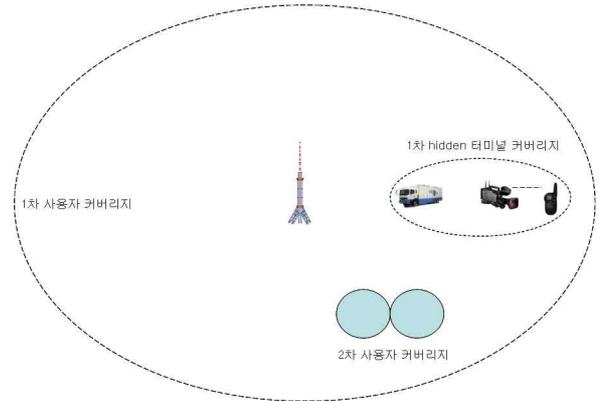


그림 1. 협력 스펙트럼 센싱
Fig. 1. Cooperative Spectrum Sensing

표 2는 기존의 협력 스펙트럼 센싱 종류와 장·단점을 비교한 것이다.

표 2. 협력 스펙트럼 센싱의 종류와 장단점
Table 2. Various types of Cooperative Spectrum Sensing and their advantages and disadvantages

구분	장점	단점
Decision-Rule을 이용한 협력 스펙트럼 센싱	검출 확률을 향상, 신뢰성 확보에 용이	한 비트로만 표현하므로 정밀도가 떨어짐
가중치 협력 스펙트럼 센싱	1차 사용자의 신호가 존재할 때도 주기적으로 주파수 사용 여부 모니터링	1차 사용자의 밴드 사용 여부를 확인을 위해 2차 사용자의 데이터 전송을 중지, 스펙트럼 센싱
클러스터링을 이용한 협력 스펙트럼 센싱	가중치 협력 센싱에서 검출한 Pd를 구함	에너지 검출 방법으론 신호의 존재 유무 판단
Ad-hoc 네트워크를 이용한 협력 스펙트럼 센싱	통신 인프라 구축이 힘든 곳에서 유용하게 사용가능하고, 확장성 높은 네트워크 구성 가능	많은 양의 트래픽 요구, 라우팅 알고리즘의 적용이 어려움

다양한 형태의 협력 스펙트럼 센싱 중에서 가중치 협력 스펙트럼 센싱은 1차 사용자의 주파수 밴드 사용 여부를 확인하기 위해, 2차 사용자는 주기적으로 데이터 전송을 중지하고, 스펙트럼 센싱을 수행한다.

또한, 1차 사용자의 신호가 존재할 때에도 주기적으로 스펙트럼 센싱하여 주파수 사용여부를 모니터링 한다.

그림 2는 가중치 협력 센싱 기법의 블록 다이어그램이다. 각 2차 사용자는 1차 사용자의 신호 $x(t)$ 를 센싱하고, P_d 를 전파인지 기지국에 전송한다. 1차 사용자와 2차 사용자간의 채널환경이 슬로우 페이딩이라 가정하면, 주기적으로 반복되는 스펙트럼 센싱의 결과가 매우 유사할 것이다.

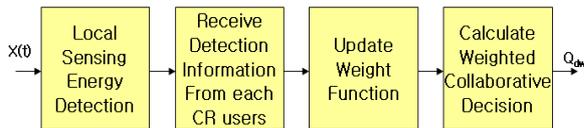


그림 2. 가중치 협력 스펙트럼 센싱의 블록 다이어그램[9]

Fig. 2. A block diagram of the Weight Cooperative Spectrum Sensing[9]

가중치 협력 스펙트럼 센싱 기법은 과거의 센싱정보를 이용하여 식(1), (2)과 같은 방법으로 가중치 $W_j(n+1)$ 를 설정한다. 전파인지 기지국은 식(3), (4)과 같이 각 사용자의 가중치를 이용하여 Q_{dw} (Collaborative detection probability)를 계산한다[9].

$$W_j(n+1) = \frac{W_j(n)P_{dmj}(n)}{\overline{W(n)P_d(n)}} \quad (1)$$

$$\overline{W(n)P_d(n)} = \frac{1}{N_j} \sum_{j=1}^{N_j} W_j(n)P_{d,j} \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^{N_j} W_j = N \quad (3)$$

$$Q_{dw} = 1 - \prod_{j=1}^{N_j} W_j \cdot (1 - P_{d,j}) \quad (4)$$

가중치 협력 스펙트럼 센싱 기법은 센싱 횟수가 증가할수록 가중치의 신뢰도가 급격히 낮아진다. 임의의 가중치가 0으로 수렴하는 경우가 빈번하여 그에 따라 검출 성능이 저하되는 문제점을 갖고 있다. 협력 스펙트럼 센싱을 하는데 있어 문제점이 발생하

는 이유는 대부분 오버레이 기반에서 데이터 채널을 활용하기 때문이다. 따라서 기존의 협력 스펙트럼 센싱 모델을 기반으로 언더레이 전파인지의 UWB 시스템을 신호 채널로 사용해 1차 사용자를 검출하고, 또 검출된 정보를 2차 사용자 노드들에게 데이터 채널로 제공한다.

본 논문에서는 전파 음영에 의한 2차 사용자의 스펙트럼 센싱의 문제점을 해결하기 위하여 협력 스펙트럼 센싱(Cooperative Spectrum Sensing)을 이용한 RFID 시스템의 위치인식시스템을 제안하였다. 그림 3에서 보는 것과 같이 1차 사용자의 커버리지 안에 존재하는 2차 사용자들은 1차 사용자가 현재 어떠한 형태의 주파수를 사용하고 있는지 센싱한 후 음영지역에 위치한 2차 사용자와 협력 통신을 통하여 1차 사용자의 사용 주파수 정보를 공유 할 수 있다.



그림 3. 음영지역에 의한 2차 사용자 센싱 문제
Fig. 3. Sensing problems posed by shadow areas to secondary users

V. 제안 시스템 모델

언더레이 신호채널 환경에서 협력 스펙트럼 센싱을 기반으로 RFID 센서의 위치인식 시스템에 대한 모델을 제안한다. 위치인식 시스템을 구현하고자 할 때 가장 문제점이라 할 수 있는 부분이 바로 음영지역을 어떻게 처리할 수 있는가이다. 본 논문에서 제안한 시스템 모델은 오버레이의 장점을 그대로 활용하면서 항상 활용할 수 있는 UWB를 이용해 언더레이의 신호 채널을 사용할 수 있다. 즉, UWB를 이용해서 항상 2차 사용자들은 1차 사용자에 대한 센싱 정보를 협력적으로 공유하여 2차 사용자 네트워크의

스펙트럼 센싱 확률을 향상할 수 있도록 프로그램을 구현하였다. 그림 4는 협력 스펙트럼 센싱을 이용한 제안 시스템 모델이다.

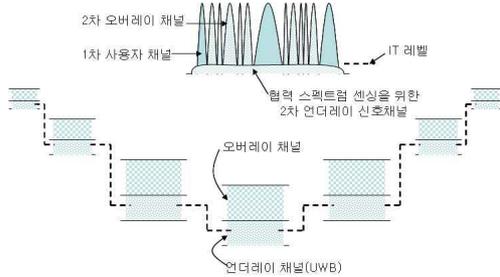


그림 4. 제안 시스템 모델
Fig. 4. A proposed system model

VI. 시뮬레이션

협력 스펙트럼 센싱을 이용한 위치인식 시스템을 구현하기 위해 3개의 샘플 지도 맵을 다운받고, 맵에서 도로(건물은 계단이나 이동 경로로 적용, 산은 등산로로 적용)는 특정 표시를 통해 위치를 이해한다. 특정 표시가 어려울 경우에는 임의로 사용자가 도로를 기준으로 선을 그린다. 또한 센서를 랜덤으로 맵에 뿌리고, 센서에 번호를 부여한다. 이때, 센서는 0부터 5(임의의 값)까지 파워를 가진다. 만약 이동 경로와 거리가 멀면 센서의 파워는 0에 가깝고, 가까우면 5에 가깝다. 이 역시 태그와의 거리가 파워에 밀접한 관계를 가지기 때문에 거리의 간격(예, 1미터에 따라 파워를 1칸씩 처리)은 임의로 한다. 도로(건물은 계단이나 이동 경로로 적용, 산은 등산로로 적용)에 위치한 센서와 도로에 위치하지 않은 센서로 구분한다.

시뮬레이션에서 사용자는 [센서 추가] 버튼을 사용하여 원하는 만큼의 센서를 추가시킬 수 있고, 각 센서는 고유 ID(Number)를 갖고, ID를 통하여 각 센서를 구분한다. 각 센서는 [최대 수신 가능 거리] 및 [최소 만족 거리]를 갖고, 수신 거리에 따라 Battery의 충전량을 5단계(0~100)로 표시하고 Percentage를 수치로 도시한다. 센서가 동작하기 시작한 후부터 동작이 종료될 때까지의 구간에서 이동 경로와 최소 거리(최대 충전량을 만족하는 위치)가 되는 LocationMessageEventArgs를 저장하고, SensorControl.Sho

testEvents에 리스트 형태로 저장한다. 최소 만족 거리 측정된 거리가 최소 만족 거리(ex. 3M) 이내라면 Battery의 충전량은 100%를 만족한다.

[이동 경로 그리기] 버튼은 사용자가 마우스를 이용하여 대상이 이동한 경로를 화면에 그릴 수 있고, 물체가 이동한 경로는 EventArgs(X, Y좌표 / 시간) 구조체로 변환하여, SimulationControl.LocationTrace에 저장된다. 이때, 이동한 경로는 화면에 붉은 선으로 표시된다.



그림 5. 이동경로 그리기
Fig. 5. Diagraming the routing path

사용자가 [최단 위치 보기] 버튼을 클릭하면 SimulationControl.LocationTrace에 저장된 모든 이동점에 대하여 각 센서들이 거리를 측정하도록 이벤트를 발생시키고, 각 센서들은 수신한 이벤트 정보(LocationMessageEventArgs)로부터 거리를 계산하여 최단 거리 정보들을 저장한다. 모든 이동점에 대하여 이벤트 발생이 종료되면, 각 센서로부터 측정된 최단 거리에 대한 정보를 수신하고 이를 시간 순으로 정렬하여, Controls.LogViewer를 통하여 화면에 이동 경로를 도시한다.



그림 6. 최단 위치 보기
Fig. 6. A view of the nearest location

VII. 결 론

제안된 협력 스펙트럼 센싱 기법을 이용한 RFID 센서의 위치인식시스템은 1차 사용자에게 간섭 영향을 미치지 않는 범위 내에서 전파인지 사용자에게 최적의 전송 전력과 변조 레벨을 결정할 수 있으므로, 주어진 채널 환경에서 1차 사용자에게는 간섭 영향을 거의 미치지 않고 전파인지 사용자에게는 최적의 전송률을 제공할 수 있고, 사물이 움직이는 경로와 위치를 판단하고, 센서가 위치한 정해진 경로를 이탈할 경우에는 이를 인지해 정상적인 경로로 이동할 수 있도록 시스템을 구현하였다.

감사의 글

본 논문은 2011년도 남서울대학교 학술연구비지원에 의해 연구되었음.

참 고 문 헌

- [1] 박옥선, 정광렬, 김성희, “유비쿼터스 컴퓨팅을 위한 위치인식 기술 및 시스템”, *ETRI 주간기술동향 1098호*, 2003년 6월.
- [2] Federal Communications Commission, Spectrum policy task force”, *Rep. ET Docket no. 02-135*, Nov. 2002.
- [3] J. Mitola III, “Cognitive Radio for Flexible Mobile Multimedia Communications”, *IEEE Mobile Multimedia Conf.*, 1999, pp.3-10.
- [4] T. C. Clancy, “Dynamic Spectrum Access in Cognitive Radio Network”, Ph.D. Thesis, *University of Maryland*, 2006.
- [5] Motorola, “gA white paper on the exploitation of “gspectrum holes”h to enhance spectrum efficiency,” h in FCC, 2002, submitted for publication.

- [6] Daji Qiao and Sunghyun Choi, “New 802.11h Mechanisms Can Reduce Power Consumption,” *IT Professional*, Vol. 8, no. 2, pp. 43-48, Mar-Apr. 2006.
- [7] IEEE 802.11(<http://www.ieee802.org/11>).
- [8] 노창배, “전파인지 네트워크를 위한 언더레이 신호채널을 이용한 협력 스펙트럼 센싱 기법”, *경희대학교*, 2009년 8월.
- [9] X. Huang, N. Han, G. Zheng, S.H. Shon, and J. Kim, “An efficient weighted-collaborative sensing scheme in cognitive radio,” *KICS Journal*, vol. 25, no. 10, pp.984-991, Oct. 2007.

노 창 배 (盧昌培)



2001년 2월 : 대전대학교 컴퓨터 공학과(공학사)

2003년 8월 : 한남대학교 전산교육 (교육석사)

2009년 8월 : 경희대학교 전파공학과 (공학박사)

2008년 3월~2010년 2월 : 대덕대학 정보통신과 초빙교수

관심분야 : RFID, Sensor Network, cognitive radio networks, 모바일 컴퓨팅, 분산 데이터베이스

나 원 식 (羅元植)



2005년 8월 : 경희대학교 컴퓨터 공학과(공학박사)

2001년 3월~2003년 2월 : (주)성신 섬유 전산실장

2006년 3월~현재 : 남서울대학교 교양과정부 교수 (컴퓨터계열)

관심분야 : 네트워크 보안, 무선 LAN, Sensor Network, 모바일 컴퓨팅, 의료정보, 전자제어