

신호 패턴 매칭 방법을 이용한 이동체 위치 인식

변영철^{*}, 박상열^{**}

요 약

본 논문에서는 RF 단말의 신호를 분석하여 이동체 위치를 인식하기 위한 방법에 대하여 제안한다. 고정되어 있는 여러 개의 RF 단말과 이동 RF 단말 간의 신호를 분석함으로써 이동 RF 단말의 위치를 실시간으로 인식한다. 이를 위하여 고정되어 있는 n 개의 RF 단말과 특정 위치에 있는 이동 RF 단말 간의 신호 세기 데이터를 획득하여 특징 벡터를 구한 후 모형으로 저장한다. 인식하고자 하는 모든 위치에 대하여 이러한 특징 벡터를 구함으로써 학습이 완료된다. 임의의 위치에 이동 단말이 있을 경우 고정되어 있는 단말 간의 신호 정보를 구하고 이를 사전에 등록된 모형과 비교함으로써 위치를 인식할 수 있다. 실제 주차장에서 위치 인식 실험을 한 결과 고정 노드의 수가 10 개 이상일 경우 100%의 인식률을 얻을 수 있었다. 본 연구에서 제안하는 방법은 네트워크 인프라가 필요하지 않음은 물론 RF 단말의 가격이 저렴하기 때문에 비용 및 성능 측면에서 효과적으로 시스템을 구축할 수 있다.

Object Location Sensing using Signal Pattern Matching Methods

Yung-Cheol Byun^{*}, Sang-Yeol Park^{**}

ABSTRACT

This paper presents a method of location sensing of mobile objects using RF devices. By analyzing signal strengths between a certain number of fixed RF devices and a moving RF device, we can recognize the location of a moving object in real time. Firstly, signal strength values between RF devices are gathered, and then the values are normalized and constructed as a model feature vector for specific location. A number of model patterns are acquired and registered for all of the location which we want to recognize. For location sensing, signal strength information for an arbitrary moving RF device is acquired and compared with model feature vectors registered previously. In this case, distance value is calculated and the moving RF device is classified as one of the known model patterns. Experimental results show that our methods have performed the location sensing successfully with 100% rate of recognition when the number of fixed RF devices is 10 or more than 12. In terms of cost and applicability, experimental results seem to be very encouraging.

Key words: Location Sensing(위치인식), RF Signal Pattern(RF 신호패턴), Ubiquitous(유비쿼터스), Context-aware(상황인식)

1. 서 론

급속한 IT기술의 발달은 유비쿼터스(ubiquitous) 사회라는 새로운 패러다임으로의 변화를 가져 왔다.

즉, 컴퓨터와 사물이 하나가 되는 유비쿼터스 세상이 당연하게 생각되는 시대가 도래한 것이다. 유비쿼터스 시대에는 언제 어디서나 어떠한 기기를 통해서도 자유롭게 연결하여 각종 정보를 얻고 편리하게 생활

※ 교신저자(Corresponding Author) : 변영철, 주소 : 제주특별자치도 제주시 제주대학로 66 번지 제주대학교(690-756), 전화 : 064)754-3657, FAX : 064)755-3620, E-mail : ycb@cheju.ac.kr

접수일 : 2006년 8월 8일, 완료일 : 2007년 3월 12일

^{*} 중신회원, 제주대학교 통신컴퓨터공학부

^{**} 자바정보기술(주)

(E-mail : sypark@javainfo.co.kr)

※본 연구는 산업자원부와 한국기술재단의 지역혁신인력 양성사업으로 수행된 연구결과임.

할 수 있으며, 유비쿼터스 컴퓨팅 기술이 이를 지원한다.

유비쿼터스 컴퓨팅의 특징들 중에서 실제 생활에 적용할 때 중요시 될 수 있는 네 가지 특성으로는 인간 중심적 컴퓨팅 환경, 사물들의 네트워크, 사물의 지능화, 자율성 기능 등이 있다. 유비쿼터스 정보 기술을 실제 적용할 때에는 인간 중심적 컴퓨팅이 되어야 한다. 유비쿼터스 컴퓨팅의 궁극적인 모습은 상호 연결된 수많은 컴퓨터가 우리의 생활 주위에 편재되어 있지만, 결코 사용자를 귀찮게 하거나 불편하게 하지 않고 조용히 사용자가 자신을 이용해 주기를 기다리는 컴퓨팅 환경(calm & silent technology)이다[1]. 인간이 컴퓨터의 존재를 인식하지 않으면서도 컴퓨터를 사용할 수 있도록 자연스럽게 주변상황에 파고들게 만드는 기술을 강조하고 있는 인간 중심으로 유비쿼터스 기술에 관한 연구가 중요하다.

이와 같이 유비쿼터스 컴퓨팅에서의 가장 중요한 요소는 사용자 혹은 사물의 상황에 따라 지능적으로 사용자 중심의 서비스를 제공하는 것이다. 사용자 및 사물의 상황 정보 중에서 가장 중요한 것은 위치(location) 정보이다. 위치 정보는 사용자 및 사물의 상황 정보를 이해하기 위해 필요한 주요 수단이 될 수 있다. 이러한 위치 정보는 다양한 항법 항해 시스템, 홈 네트워크, 노약자 보호, 공간 기반 가이드 시스템 등 다양한 응용에 이용될 수 있다. 따라서 사용자 및 사물의 위치를 효과적으로 인식하고 이를 기반으로 서비스를 지능적으로 제공하기 위한 연구가 무엇보다도 필요하다[2].

사용자 및 사물의 위치를 인식하기 위한 방법은 크게 광역 기반 위치인식 방법과 지역 기반 위치인식 방법으로 나눌 수 있다. 광역 기반 위치인식 방법의 대표적인 예로 GPS를 이용한 위치인식 방법이 있으며, 이동통신 기지국 접속에 의한 위치인식 방법, 그리고 두 가지 방법을 혼합한 방법이 있다. 광역 기반 위치인식 방법 중 GPS에 의한 방법은 위치인식을 위한 초기 비용이 많이 들지만, 비교적 정확한 인식을 보임으로써 위치인식 서비스 등 여러 응용 분야에서 활용되고 있는 실정이다. 하지만 건물 내에서의 위치인식 방법으로는 불가능하여 이에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

지역 기반 위치인식 방법은 건물 및 제한된 공간

내에서의 위치인식 방법으로서 기존 연구의 경우 거리에 따른 전파 신호의 세기 정보를 기반으로 거리 및 위치를 인식하기 위한 연구가 진행되었다. 하지만 건물 내의 다양한 환경에 따른 신호의 잡음 및 왜곡으로 인하여 신호 세기 및 거리의 상관관계를 이용한 위치 인식 방법에는 한계가 있으며, 따라서 이를 극복할 수 있는 연구가 필요하다.

본 논문에서는 사용자 및 사물의 위치를 효과적으로 인식하기 위한 방법에 대해 제안한다. 다음 장에서는 인식 기술과 관련된 연구 및 기술 동향에 대하여 살펴보고 기존 방법의 문제점 및 고려할 점에 대해 살펴본다. 그리고 이를 해결하기 위한 방법으로서 본 논문에서 제안하는 방법의 개요를 살펴본 후 III 장에서는 자세한 내용에 대해 설명한다. IV 장에서는 제안하는 방법의 구현 및 실험 결과에 대해 설명하고, 마지막으로 V 장에서 본 연구에 대한 결론 및 고찰에 대해 다룬다.

2. 관련 기술 및 연구

특정 물체의 위치를 인식하기 위한 방법은 크게 거리 측정에 의한 방법, 각도 측정을 이용한 삼각 측량 방법, 사물의 영상을 이용한 영상 분석 방법, 물리적 접촉 및 근접 감지 정보를 이용한 근접 인식 방법 등으로 분류할 수 있다.

거리 측정 방식은 여러 개의 기준점으로부터 거리를 측정하여 물체의 위치를 계산한다. 2차원으로 물체의 위치를 계산하려면 동일 직선상에 있지 않은 세 점으로부터 거리를 측정해야 한다. 참고로 3차원 위치를 계산하려면 동일 직선상에 있지 않은 네 점으로부터 거리를 측정해야 한다[3]. 거리를 측정에 의한 방법은 일반적으로 세 가지로 구분되는데, 첫 번째는 직접 거리를 측정하는 방식으로, 이 방식은 단순하지만 물리적으로 이동하면서 측정해야 하므로 물리적인 이동을 자동적으로 조절하기 어렵다. 두 번째는 물체와 기준 지점까지 정해진 속도로 이동하는데 걸리는 시간을 측정함으로써 물체와 기준 지점간 거리를 측정할 수 있다. 세 번째는 거리가 멀어 짐에 따라 신호의 세기가 감소하는 원리를 이용하여 거리를 측정할 수 있다. 이 때 원래 신호에 대해 상대적으로 세기가 감소하는 것을 감쇄라고 하는데, 감쇄와 거리가 상관 함수가 주어지면 기준 지점에서의 신호

세기를 측정함으로써 물체와 기준 지점까지의 거리를 계산할 수 있다[4].

각도 측정에 의한 위치인식 방법은 거리 측정 방식과 유사하나 물체의 위치를 계산하는데 거리 대신 각도를 이용하는 방식으로서 2차원 각도 측정을 위해 두 개의 각도와 기준점 간 거리가 필요하며, 3차원 각도 측정에서는 두 개의 각도와 기준 점간 거리뿐만 아니라 방위도 필요하다.

영상 분석에 의한 위치인식 기술은 특정 지점에서 관측된 장면의 특성을 이용한다. 위치 인식을 위하여 연속적인 장면 간 차이를 추적하고 장면의 차이를 근거로 물체의 움직임을 판단할 수 있다.

물리적 접촉 및 근접 감지 정보를 이용한 근접 인식 방법은 특정 물체가 알려진 위치 근처에 있을 때 위치를 인식하는 방법으로서 세 가지 방법이 있다. 첫 번째 방법인 물리적 접촉 감지에 의한 위치 인식은 가장 기본적인 방식으로, 압력 센서, 터치 센서와 같이 좁은 공간에서의 물체 위치를 파악할 수 있는 방법이다. 두 번째, 무선 셀룰러 네트워크에서 이동 장치가 한 개 이상의 접속된 기지국 영역을 모니터링함으로써 위치 인식을 할 수 있다. 세 번째, 자동 식별 시스템이나 식별 태그를 이용한 방법이 있다. 이 경우 태그를 호출하거나 라벨을 스캔하는 장치의 위치를 알면 이동 물체의 위치를 유추할 수 있다.

본 연구는 신호의 세기에 근거한 거리 측정에 의한 위치 인식 방법으로서, 신호의 종류에 따라 RF 신호, 적외선, 초음파, UWB 등을 이용한 사물 위치 인식 방법이 있다. RF 신호를 이용한 방법은 RF 신호의 세기를 이용하거나 RF 신호의 전달 지연을 이용하여 위치를 파악하는 방법으로서 마이크로소프트사에서 개발한 RADAR 시스템이 대표적인 시스템이다[5]. RADAR는 건물 내 사용자 위치를 인식하고 추적하기 위한 RF 기반의 방법으로, 다중 수신기에서 수집된 신호 세기 정보를 이용하여 사용자의 좌표를 측정한다. RADAR는 IEEE 802.11 무선 랜 환경을 기반으로 하며, 액세스 포인트에서 무선 랜 기기들이 전송하는 신호의 세기와 신호 대 잡음비를 측정하여 실내 환경에서 무선 랜 장치들의 2차원 위치를 계산한다.

RADAR 방식을 사용하면 위치 측정에 필요한 기기의 수가 적고, 별도의 장치 없이 빌딩 내의 무선 랜 환경을 이용한다는 장점이 있으나 위치 측정 대상

들이 모두 무선 랜을 지원하여야 하기 때문에 전력소모 측면에서 소형 기기나 배터리 등과 같은 제한적인 전원을 갖는 기기들에는 적용하기 힘들며 상대적으로 가격이 비싸다는 단점이 있다. 이밖에도 몇 개의 기업에서 RF 신호의 도달 시간을 측정하여 위치를 파악하는 시스템이 있다[6].

적외선을 이용한 위치 측정 시스템으로 사무실의 천장에 적외선 수신기를 설치하고 사용자들에게는 적외선 송신기를 갖는 AT&T의 배치 형태의 액티브 배지를 부착한 위치 인식 방법이 있다[7-9]. 액티브 배지는 각각 고유의 인식 번호를 가지고 있고, 주기적으로 자신의 인식 번호를 적외선으로 송출한다. 송출된 적외선 신호를 천장에 설치된 수신기들이 감지하여 사용자의 위치를 파악하는 시스템이다. 사무실마다 한 개 이상의 적외선 수신기들이 고정된 위치에 설치되어 네트워크를 구성하고, 사용자들의 인식 번호를 수신하면 이를 위치 관리 소프트웨어로 전달한다. 액티브 배지는 마이크로프로세서를 탑재하고 있고 양방향 통신이 가능하다. 시스템 구성이 비교적 간단하기 때문에 저렴한 비용으로 위치 측정 시스템을 구성할 수 있다. 또한, 고유의 인식 번호만 송출하기 때문에 신호의 발생 시간이 짧고, 배지마다 초기화된 시간이 조금씩 다르기 때문에 같은 공간에 있는 여러 개의 배지에서 동시에 신호가 발생하는 경우는 거의 없다. 그러나 적외선 통신은 제한된 거리 내에서만 가능하고, 설치 및 유지비용이 많이 들며, 창문이 있는 사무실에서 햇빛이 비치면 성능이 악화된다.

초음파를 이용한 방법으로 액티브 배트(bat)를 이용한 방법이 있다. 액티브 배트는 사람이나 사물에 배트라고 불리는 초음파 송신기를 부착하고, 사무실의 천장에 초음파 수신기를 부착한다. 초음파 송신기와 초음파 수신기는 각각 고유의 인식 번호를 갖고 있으며, 초음파 수신기는 네트워크 서버에 연결되고 송신기는 별도의 무선 송수신 장치를 갖는다. 하지만 초음파는 무선에 비하여 저속이므로 비효율적이며, 또 별도의 초음파 송수신 장치가 추가로 필요하다는 것과 초음파의 방향성 특성 때문에 여러 방향으로 전송할 수 있는 다수의 송신기가 필요하다는 것 등이 단점으로 지적된다[10,11].

액티브 배트는 송신기와 수신기 사이의 측정된 거리를 바탕으로 삼각 측량법으로 송신기의 위치를 파악한다. 즉, 사람이나 사물에 부착된 송신기가 짧은

펄스의 초음파를 발생시켜 천장에 달려있는 수신기까지의 도달 시간을 측정한다. 송신기와 3개 이상의 수신기들 간의 거리를 측정하면 송신기의 3차원 위치를 결정할 수 있는 충분한 정보가 얻어진다.

UWB(Ultra Wide Band) 위치인식 방법은 초음파 위치인식 시스템 정도의 정확도를 가지면서 그보다 훨씬 적은 기반 시설을 요구하는 방법이다. UWB는 아주 짧은 무선 펄스를 연속적으로 전송하므로 수 GHz의 광대역 스펙트럼을 차지하는 반면 매우 낮은 전력 밀도를 갖는다. UWB 시스템은 기존의 시스템에 비해 장점을 가진다. 우선 거리 분해력이 우수하여 신호의 이동 시간을 정확히 추정할 수 있기 때문에 위치 인식 방법으로 적합하다. 그리고 UWB 신호는 낮은 중심 주파수에서 동작하여 투과력이 우수하므로 실내 환경이나 그들이 있는 환경에서도 위치인식 정확도가 뛰어나다[12].

여러 신호를 조합한 방법으로서 RF와 초음파를 이용한 방법이 있다. MIT에서 개발한 크리켓은 핸드셋 기반의 위치 측정 시스템으로, 천장에 거리 측정을 위한 신호를 송신하는 비컨이라 불리는 장치를 부착하고 거리 측정의 대상이 되는 사람이나 사물에는 수신기를 부착한다[13]. 비컨은 거리 측정을 위하여 초음파 신호와 RF 신호를 동시에 송출한다. 초음파와 RF 신호는 전파 속도가 서로 다르기 때문에 수신기에 RF 신호가 먼저 도착하고 초음파 신호는 그 후에 수신하게 된다. 이러한 두 신호의 도달 시간차를 이용하면 비컨과 수신기 간의 거리 측정이 가능하고, 3개 이상의 비컨들과 수신기 간의 거리들을 측정하면 삼각 측량법을 사용하여 사람 혹은 사물의 위치를 계산할 수 있다.

앞서 살펴본 여러 가지 위치인식 방법 및 기술들은 응용 분야에 따라 다양하게 사용할 수 있다. 거리 측정에 의한 방법에서는 신호의 세기 및 거리와의 상관관계에 초점을 맞추어 위치를 인식한다. 하지만 거리와 신호 세기 정보의 관계가 실제 환경에서 반드시 반비례하게 나타나지 않기 때문에 이 방법은 높은 인식률을 얻는데 한계가 있으며, 실제로 여러 기존의 연구에서 그러한 문제점을 제기하였다. 따라서 본 연구에서는 기존 연구의 문제점인 신호 세기 및 거리와의 상관관계를 이용한 위치인식 방법 보다는 거리에 따른 신호 세기 정보의 패턴을 분석하여 위치를 인식한다.

3. 신호 패턴 매칭 방법을 이용한 위치인식

3.1 제안하는 방법 개요

제안하는 방법은 그림 1과 같이 크게 신호 세기 정보를 이용하여 위치에 관한 지식 정보로 등록하는 학습 과정과 이후 입력되는 신호 세기 정보를 기존의 등록된 지식 정보와 비교하여 인식을 수행하는 인식 과정으로 나눌 수 있다.

먼저 학습 과정에 대해 설명한다. n 개의 고정 노드는 각각 잠시 멈추어 있는 이동 노드로부터 일정 시간 동안 수 개 혹은 수십 개의 신호 세기 정보를 받는다. 각각의 고정 노드가 받은 여러 신호 정보에 대해 잡음 성분을 제거하는 평활화 과정을 수행한 후 평균값을 구하여 특징 벡터를 생성한다[13]. 그리고 특징 벡터를 정규화한 후 데이터베이스에 위치에 관한 지식 정보로 등록한다. 참고로 본 연구의 실험에서는 15 번의 신호를 입력받아 등록하였다. 지식 정보에는 인식하고자 하는 위치의 수, 가령 주차장의 경우 차를 세울 수 있는 주차 공간 수만큼의 특징 벡터가 등록된다.

다음은 위치인식에 관한 내용이다. n 개의 고정 노드는 멈추어 있는 이동 노드로부터 신호 세기 정보를 입력 받는다. 학습 과정에서는 수 개 혹은 수십 개의 신호 세기 정보를 입력 받아 등록하지만 인식 과정에서는 단 한 번의 정보를 입력 받아 인식을 수행한다. 입력된 값은 특징 벡터로 구성되고 정규화 과정을 거쳐 모형으로 등록된 정보와 비교되는 과정을 거친다. 유사도를 측정하는 방법으로서 유클리드 거리를 이용하며, 거리를 구한 결과 가장 작은 값을 갖는 모형의 위치로 인식된다.

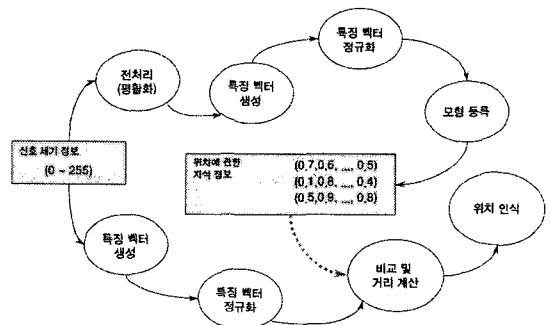


그림 1. 시스템 동작 개요

3.2 RF 신호 정보 획득

본 연구에서 사용한 모든 노드는 무지향성 안테나를 탑재한 RF 2.45 Ghz Zig Bee 센서이며, 본 연구에서는 기능에 따라 RF 센서 모듈을 크게 고정 노드와 이동 노드, 그리고 전달 노드 등으로 분류하였다. 이동 노드는 사람, 차량 등과 같이 움직이는 사물에 부착함으로써 고정 노드에게 수시로 신호를 전송하는 노드이다. 고정 노드는 주차장, 건물 등의 고정된 장소에 설치되어 이동 노드로부터 신호 정보를 지속적으로 받는 노드이다. 전달 노드는 모든 고정 노드로부터 데이터를 받아 계산을 수행하는 컴퓨터로 전송하는 역할을 담당한다. 그림 2는 3 가지 유형의 노드 및 컴퓨터를 연결한 구성도이다.

고정 노드가 이동 노드로부터 받아 전달 노드로 전송한 데이터 형식을 보면 그림 3과 같다. RSSI는 신호의 감도를 나타내며 LQI는 신호 세기 정보이다. LQI'은 이를 정규화한 값이다.

3.3 전처리

n 개의 고정 노드는 이동 노드(혹은 움직이는 물체)로부터 1초에 한 번의 RF 신호 세기 값을 받아들인다. 이동 노드를 한 곳에 멈추게 한 후 일정 시간 동안 신호 세기 값을 얻어 보면 주변 환경 조건에 따라 조금씩 변할 수 있다. 따라서 잡음이 없는 보다 안정적인 신호 값을 생성하기 위하여 그림 4와 같이 가급적 여러 번 신호 값을 받아 이용한다.

이처럼 실시간으로 RF 신호 값을 입력받을 경우 조건에 따라 신호 세기 값이 불규칙적으로 들어올 수 있다. 가령, 사람이 지나갈 때와 같이 노드 주위에서 움직임이 있을 경우 신호 세기 값이 불규칙적으로 바뀔 수 있다. 이 경우 잡음을 제거하기 위한 전처리 과정으로서 평활화(smoothing) 방법으로 잡음을 제거할 수 있다[16].



그림 2. 이동노드와 고정노드 간에 통신

거리	A 노드 ID	이동 노드 ID	RSSI	LQI	LQI(십진)	LQI'
2.9	513C040000	028C000000	F0	E6	230	0.9019

그림 3. 전달 노드로 전송되는 신호 정보

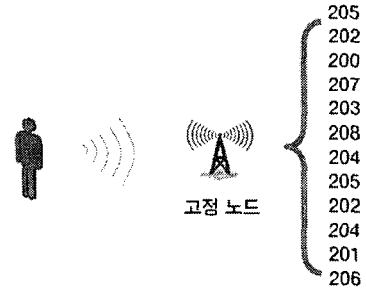


그림 4. 이동 노드로부터 여러 번의 신호를 받은 모습

$$s_i = \Delta a_1 \times s_{i-1} + \Delta a_2 \times s_i \tag{1}$$

식 (1)은 평활화를 위한 식으로서 s_i 은 평활화를 한 결과 값이고 s_{i-1} 과 s_i 는 특징 벡터를 구성하는 요소 값으로서 특정 시간에 고정 RF 노드로부터 받은 신호 값을 의미한다. Δa_1 과 Δa_2 는 $\Delta a_1 + \Delta a_2 = 1$ 을 만족하는 파라미터이다. 예를 들어 하나의 고정 노드에서 일정 시간동안 다음과 같은 RF 신호 값들을 받았다고 가정하자.

[206 202 200 208 204 208 204 206 202 204 202 206]

Δa_1 과 Δa_2 를 각각 1/2과 1/2이라고 할 때 위 값들을 평활화한 결과는 다음과 같다.

[206 204 201 204 206 206 206 205 204 203 203 204]

평활화하기 이전 값과 평활화한 값을 그래프로 표현해 보면 다음 그림 5와 같다. 예상한 대로 잡음으로 예상되는 고주파 성분이 제거되어 보다 안정적인 신호 값을 구할 수 있음을 알 수 있다.

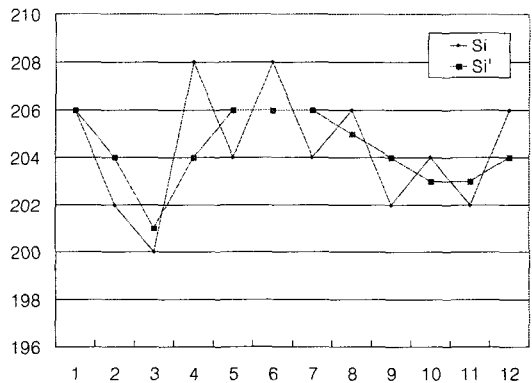


그림 5. 평활화하여 고주파 성분을 제거한 결과

3.4 특징 벡터 생성

앞서 하나의 고정 노드에서 일정 시간동안 얻은 신호 값 12 개를 평활화하는 방법에 대해 살펴보았다. 고정 노드가 4 개일 경우 나머지 3개의 고정 노드에서 얻은 값에 대해서도 동일한 과정을 수행한다. 평활화를 수행한 후 12 개의 값에 대한 평균값을 특징 벡터의 요소로 이용한다. 즉 다음 식 (2)와 같이 특징 벡터가 있다고 하자.

$$f = (f_1, f_2, f_3, \dots, f_M) \tag{2}$$

f_i 는 특징 벡터를 구성하는 요소로서 i 번째 고정 노드에서 얻은 값에서 구한 요소 값이고 M 은 고정 노드의 수 4가 된다. 이때 특징 벡터 요소 f_i 는 다음 식 (3)과 같이 정의할 수 있다.

$$f_i = \frac{1}{N} \sum_{j=0}^N s_{ij} \tag{3}$$

식 (3)에서 N 은 입력받은 신호 값의 수(앞서 예를 든 값, 12)이며, s_{ij} 는 i 번째 고정 노드에서 얻은 j 번째 신호 값을 의미한다. 가령 앞서 평활화한 값은 다음과 같다.

[206 204 201 204 206 206 206 205 204 203 203 204]

위와 같이 한 고정 노드에서 구한 값으로부터 얻은 f_i 요소 값은 204.3이 된다.

고정 노드가 4 개일 때 나머지 3 개의 고정 노드로부터 구한 f_i 값이 201.7, 184.3, 89.1이라고 한다면 결과적으로 특징 벡터 f 는 식 (4)와 같다.

$$f = (204.3 \ 201.7 \ 184.3 \ 89.1) \tag{4}$$

3.5 특징 벡터 정규화

본 연구에서 사용하는 RF 센서 모듈은 기본적으로 0보다 크고 255보다 작은 LQI 값을 만들어내도록 설계되었다. 본 연구에서는 이 신호 값을 0과 1사이의 실수 값으로 정규화하여 사용하도록 한다. 특징 벡터, 즉 인식기의 입력으로 사용한다. 신호 값을 정규화하기 위한 식은 다음 식 (5)와 같다.

$$s_n = \frac{s - s_{\min}}{s_{\max} - s_{\min}} \tag{5}$$

s 는 정규화 이전의 값이고 s_n 은 정규화된 값이다. s_{\min} 은 최소 RF 신호 값이고 s_{\max} 는 최대 RF 신호 값이다. 이처럼 최대 신호 값과 최소 신호 값을 이용하면 모든 RF 신호 값은 0과 1 사이의 실수 값으로 정규화 된다. 예를 들어 앞서 보았던 특징 벡터는 식 (6)과 같다.

$$f = (204.3 \ 201.7 \ 184.3 \ 89.1) \tag{6}$$

이때 식 (4)에 의해 정규화한 특징 벡터 f_N 은 식 (7)과 같다.

$$f_N = (1.0 \ 0.98 \ 0.83 \ 0) \tag{7}$$

3.6 지식 모형화와 학습

100 대의 차를 주차할 수 있는 주차장이 있다고 가정하자. 이 경우 자동차의 위치를 인식할 것이므로 인식할 위치의 수는 100 개이다. 그리고 이 주차장에 자동차로부터 RF 신호를 받는 고정 노드를 4 개 설치하였다고 할 때 다음 그림 6과 같이 4차원 특징 벡터 100 개를 구할 수 있다. 이것이 바로 위치를 인식하기 위한 지식을 모형(model)화한 것이고 인공지능 관점에서 볼 때 학습한 결과에 해당된다.

이 값은 향후에 이동 노드의 위치를 인식하기 위한 모형으로 사용되며, 인식 알고리즘으로는 유클리드 거리(distance) 계산 방법을 이용할 것이다.

3.7 유클리드 거리를 이용한 위치인식

5절에서 설명한 방법과 같이 학습 과정에서는 위치인식을 위한 특징 벡터 테이블, 즉, 학습 모형을 구한다. 그리고 인식 과정 혹은 테스트 과정에서는 임의의 위치에 있는 이동 노드로부터 얻은 특징 벡터

0번 위치	0.9	0.5	0.7	1.0	} 100 개
1번 위치	0.5	0.2	0.8	0.1	
2번 위치	0.1	1.0	0.6	1.0	
3번 위치	0.9	1.0	0.2	0.4	
...	
...	
...	
...	
...	
99번 위치	0.3	0.2	0.8	0.3	

그림 6. 지식 모형을 생성함으로써 학습한 결과

를 모형과 비교하여 거리를 구함으로써 위치를 인식할 수 있다. 거리를 구하는 방법은 다음 식 (8)과 같이 유클리드 거리(euclidean distance)를 이용한다.

$$d_i = \sum_{j=0}^M \sqrt{(a_{ij} - b_j)^2} \quad (8)$$

식 (5)의 경우 a_{ij} 는 그림 19에서 i 번째 특징 벡터의 j 번째 벡터 요소 값을 의미한다. b_j 는 이동 노드가 임의의 위치에 있을 때 고정 노드로부터 획득한 특징 벡터 중 j 번째 요소 값이다. d_i 는 모형과 현재 얻은 특징 벡터의 유클리드 거리 값을 의미한다.

임의의 위치에 이동 노드가 있을 때 그림 19의 경우 100개의 모형과 비교함으로써 100 개의 거리 값을 구할 수 있다. 이때 d_i 값이 가장 작은 값을 갖는 위치에 있는 것으로 인식할 수 있다. 즉, 식 (9)와 같다.

$$\min \left(\sum_{i=0}^K d_i \right) \quad (9)$$

현재의 예의 경우 식 (6)에서 K 값은 100이 되며, 따라서 식 (5)를 이용하여 구한 유클리드 거리 100 개 중 가장 작은 값을 갖는 위치로 인식한다는 의미이다.

4. 실험 결과

4.1 실험 환경 및 방법

본 논문에서는 제안된 방법에 대한 성능을 테스트 하기 위하여 고정 노드, 이동 노드 및 전달 노드에 RF 2.45 Ghz 지그비(Zig Bee) 센서를 이용하였고, 수집된 데이터 분석에는 펜티엄 5 2.5 Ghz 시스템을 이용하였다.

우선 RF 신호 세기 정보의 특징을 분석하기 위하여 직선상에 두 개의 고정 노드를 설치하였고 한 개의 이동 노드를 이용하여 그 사이를 움직여 보았다. 그림 7은 고정 노드 A와 B를 10 구간 떨어진 거리에 1.2m 높이로 설치하고 데이터를 처리하는 컴퓨터 및 고정 노드로부터 데이터를 받아 컴퓨터로 전송하는 전달 노드를 설치한 모습을 보여준다.

이동 노드 위치에 따른 RF 신호 세기 정보를 분석 하기 위하여 그림 20과 같이 노드를 설치한 후 그

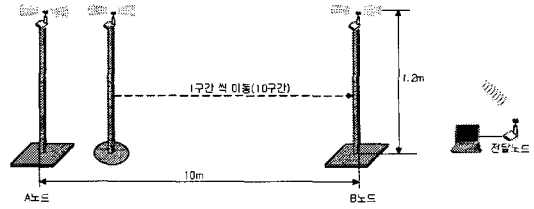
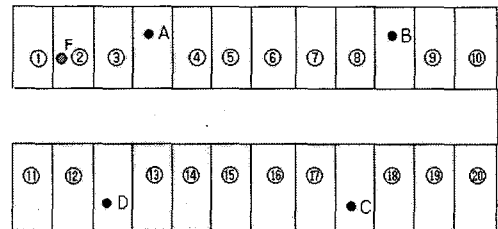


그림 7. RF 신호 분석을 위한 실험 환경

사이에서 이동 노드를 1 구간 간격으로 움직이면서 신호 세기 값이 어떻게 변하는지 실험하고 분석하였다. 분석된 정보를 바탕으로 특징 추출 및 인식 방법에 대한 연구 방향이 결정되었다. 컴퓨터에 연결된 전달 노드는 이동 노드로부터 받은 신호의 세기 정보, 노드 ID를 받아 컴퓨터로 전송한다. 전송된 데이터는 컴퓨터에서 분석하여 위치를 인식한다.

또한 실제 환경에서의 테스트를 위하여 그림 8과 같이 주차장에 있는 형태의 넓은 공간의 주차장을 이용하였다. 이동 노드로부터 RF 신호를 받기 위한 고정 노드를 3 개에서 10 개까지 증가하면서 학습 및 인식 실험을 수행하였다. 고정 노드는 가급적 주차장의 모든 부분을 수용하도록 주차 공간에 적절히 배치하였다. 그림 8은 주차장에 4 개의 고정 노드를 설치한 모습이다.

실험에 사용한 데이터는 다음과 같이 구하였다. 우선 고정 노드 수인 n 을 3, 4, ..., 10까지 증가하면서 각 노드 수에 따라 15 개의 신호 값을 얻어 특징 벡터 테이블 모형을 구하는 학습 과정에 이용하였고, 다시 5 개의 신호 값을 얻어 테스트에 이용하였다. 이동 노드의 위치에 따라 10 개의 노드에서 얻는 신호 정보는 다음 표 1과 같다.



고정노드 A, B, C, D
이동노드 F



그림 8. 실제 주차장에서의 실험 환경

표 1. 실험 데이터

위치	학습 데이터				인식 테스트 데이터				
	노드 1	노드 2	...	노드 10	노드 1	노드 2	...	노드 10	
1 구역	1	15개	15개	...	15개	5개	5개	...	5개
	2	15개	15개	...	15개	5개	5개	...	5개
	3	15개	15개	...	15개	5개	5개	...	5개
	4	15개	15개	...	15개	5개	5개	...	5개
	5	15개	15개	...	15개	5개	5개	...	5개
	6	15개	15개	...	15개	5개	5개	...	5개
	7	15개	15개	...	15개	5개	5개	...	5개
	8	15개	15개	...	15개	5개	5개	...	5개
	9	15개	15개	...	15개	5개	5개	...	5개
	10	15개	15개	...	15개	5개	5개	...	5개
2 구역	1	15개	15개	...	15개	5개	5개	...	5개
	2	15개	15개	...	15개	5개	5개	...	5개
	3	15개	15개	...	15개	5개	5개	...	5개
	4	15개	15개	...	15개	5개	5개	...	5개
	5	15개	15개	...	15개	5개	5개	...	5개
	6	15개	15개	...	15개	5개	5개	...	5개
	7	15개	15개	...	15개	5개	5개	...	5개
	8	15개	15개	...	15개	5개	5개	...	5개
	9	15개	15개	...	15개	5개	5개	...	5개
	10	15개	15개	...	15개	5개	5개	...	5개
합계	300 세트				100 세트				

4.2 거리에 따른 RF 신호 특징 분석

앞 절에서 설명한 실험 환경 및 방법에 근거하여 실험을 수행하였다. 우선 특정 지점에서 20번 반복하여 RF 신호를 받아 보았다. 그림 9는 두 개의 고정 노드가 특정 지점에 있는 이동 노드로부터 20 번의 신호 세기 값을 받아 표시한 모습이다. 신호 세기 값은 원시 데이터로 정규화 및 평활화를 하기 전 값이다.

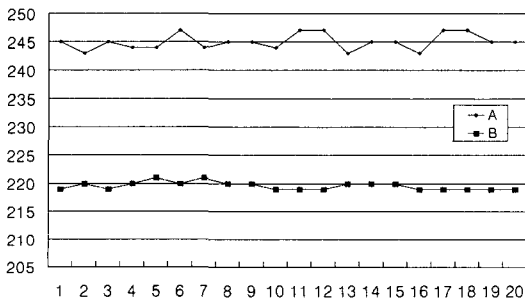


그림 9. 동일 지점에서 20번 신호를 받은 결과

그림 10은 그림 9의 신호 값들을 정규화하고 평활화한 결과이다. 평활화한 결과 잡음 성분이 제거되었다. 실험 결과 주변 조건에 따라 신호 세기 값이 조금씩 변하지만 비교적 안정적으로 일정한 패턴으로 신호 세기 값이 측정됨을 알 수 있다.

그 다음, 거리에 따른 RF 신호의 특징을 분석하였다. 그림 11은 고정 노드 A와 B 사이의 10 개 구간에 이동 노드를 움직이면서 신호 세기 정보를 받은 결과이다. 각 위치에서는 신호 세기 정보를 20 번씩 받아 평균값을 구하였다.

실험에서 첫 번째 구간은 고정 노드 A가 이동 노드로부터 가장 가까이 있기 때문에 전파의 세기 또한 가장 높다. 반면에 고정 노드 B는 이동 노드와 가장 먼 거리에 존재하기 때문에 가장 낮은 신호 세기 값을 갖게 된다. 두 번째 구간에서는 고정 노드 A에서 측정된 값은 245로 다소 떨어진 반면 고정 노드 B에서 측정된 값은 229로 첫 번째 구간 보다 신호의 세기 값이 상승하였다.

다섯 번째 구간 근처에서는 그래프가 서로 교차하게 됨을 볼 수 있는데, 이것은 고정 노드 A와 고정 노드 B에서 이동 노드의 전파의 세기 값이 유사하게

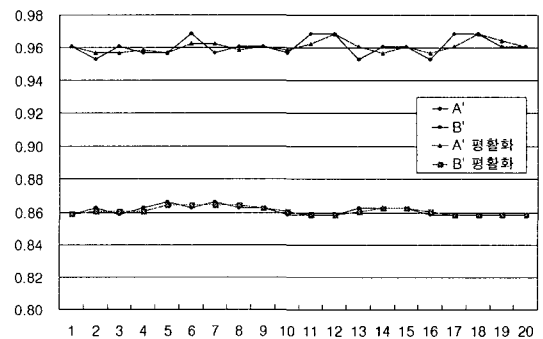


그림 10. 정규화 및 평활화 결과

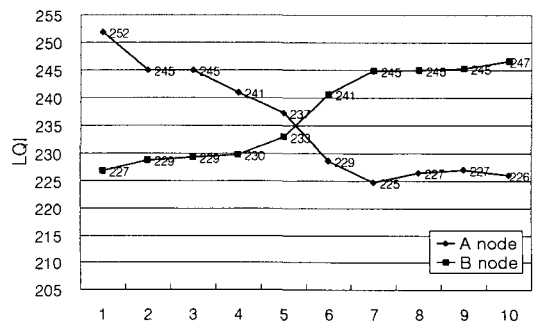


그림 11. RF 노드로부터 받은 신호의 세기 측정 결과

측정된 것을 의미한다. 여섯 번째 이후부터는 이동 노드의 위치가 고정 노드 B가 위치한 방향으로 가까워짐에 따라 고정 노드 B의 전파 세기가 더욱 강해진 반면 고정 노드 A와는 점차 멀어짐에 따라 전파의 세기가 점점 약해짐을 알 수 있었다.

이와 같이 이동 노드와 고정 노드 A 및 B에 전파의 세기가 노드 간 통신 거리와의 대략적인 상관 관계를 파악할 수 있다. 실험을 통해 부가적으로 알 수 있었던 것은 이동 노드와 고정 노드와의 통신 전파의 세기가 거리뿐만 아니라 주변 환경(철 구조물, 사람, 날씨)등에 따라 조금씩 변화가 있음을 알 수 있었다. 이러한 이유 때문에 신호 세기 값과 거리간의 관계는 명확하게 드러나지 않았다. 일반적으로 생각하기에 두 값은 반비례할 것으로 예상되지만 실제 실험 결과로는 그렇지 않음을 알 수 있었다. 실제로 A 노드의 경우 2, 3 구간에서 동일한 값이 측정되었으며 7, 8 구간에서는 신호 값이 줄어들어야 함에도 불구하고 오히려 증가하였다.

이러한 실험으로부터 내릴 수 있는 결론은, 실제 실험 환경에서 단순히 신호 세기 값과 거리의 상관관계를 이용한 위치인식 방법은 한계가 있다는 것이다. 실제로 앞서 살펴본 바와 같은 기존 연구에서도 이러한 문제점을 지적하였으며, 따라서 본 연구에서는 신호 세기 값 그 자체보다는 신호 세기의 패턴 정보에 기반을 두어 학습하고 인식을 수행하는 방법을 제안하였다.

4.3 학습 및 지식 획득

신호 패턴을 학습하여 지식을 획득하기 위하여 그림 8과 같이 주차장에 $n(3 \leq n \leq 10)$ 개의 고정 노드를 설치하면 n 개의 노드 각각은 일정 시간동안 이동 노드로부터 20 번의 신호 세기 정보를 받는다. n 개의 고정 노드 각각은 받은 값 중 15 개의 값을 전처리하여 정규화한 후 평균값을 구하였다. 그림 12는 그 결과 값을 이용하여 특징 벡터 테이블을 구성한 모습이다.

4.4 위치인식 실험

이동 노드가 20개의 주차 영역 각각의 위치에 있을 때 얻은 신호 세기 정보를 바탕으로 전처리와 정규화, 그리고 평균값을 구하여 특징 벡터를 생성한 후 앞서 구한 특징 벡터 테이블과 비교를 수행함으로

이동체 위치	A 노드	B 노드	C 노드	D 노드
1-1	0.10	0.12	0.11	0.09
1-2	0.04	0.06	0.09	0.05
1-3	0.01	0.05	0.05	0.06
1-4	0.95	0.07	0.06	0.05
1-5	0.03	0.04	0.04	0.05
1-6	0.04	0.09	0.04	0.07
1-7	0.07	0.13	0.04	0.06
1-8	0.07	0.95	0.03	0.07
1-9	0.07	0.03	0.06	0.07
1-10	0.09	0.04	0.05	0.07
2-1	0.07	0.06	0.11	0.07
2-2	0.08	0.07	0.10	0.04
2-3	0.07	0.05	0.09	0.98
2-4	0.08	0.06	0.09	0.00
2-5	0.06	0.04	0.09	0.03
2-6	0.07	0.05	0.05	0.04
2-7	0.06	0.05	0.93	0.06
2-8	0.06	0.04	0.04	0.07
2-9	0.10	0.05	0.12	0.12
2-10	0.04	0.05	0.09	0.07

그림 12. 특징 벡터 테이블

써 위치를 인식한다. 모형에 등록되어 있는 각 특징 벡터와 유클리드 거리를 구한 후 가장 작은 거리를 갖는 위치로 인식한다. 다음 그림 13은 고정 노드가 4 개일 때 테스트 데이터와 모형과의 유클리드 거리를 구한 결과의 일부 모습이다.

(1, 1) 위치에서 구한 테스트 데이터 신호 값 5개 중 1 번째 신호 값으로부터 구한 특징 벡터를 모형의 특징 벡터와 비교한 결과 모형의 1 번째 특징 벡터와는 거리가 1.27이었으며, 두 번째와의 거리는 42.13이었다. 그리고 계속해서 62, 251.47, 63.99, ... 등과 같이 구할 수 있었다. 모형의 첫 번째와 유클리드 거리가 가장 작기 때문에 첫 번째 등록된 위치, 즉, (1, 1) 위치에 있는 것으로 인식된다.

그림 13의 경우 고정 노드가 4 개일 때 실험한 결과이다. 표 1 에서와 같이 모든 테스트 데이터 100 개에 대해 실험한 결과 95%의 인식률을 얻을 수 있었다. 고정 노드를 3 개에서 10 개까지 증가하면서 동일한 방법으로 인식 실험을 수행하였다. 그림 14는 위치인식 실험 결과이다.

실험 결과 노드의 수를 증가함에 따라 상대적으로 높은 인식률을 얻을 수 있었다. 3 개의 고정 노드만을 이용하더라도 86%의 비교적 높은 인식률을 얻을 수

테스트 데이터										1번째 특징 벡터와의 거리 값			2번째 특징 벡터와의 거리 값			3번째 특징 벡터와의 거리 값		
										M	N	O	P	Q				
										2	3	4	5	6				
(1.1) 위치에서 구한 신호 값	2	220	224	228	232	0	1.27	42.133333333333	62.00	251.47	63.93							
	3	220	224	228	232	0	1.27	42.133333333333	62.00	251.47	63.93							
(1.2) 위치에서 구한 신호 값	4	220	224	228	232	0	2.00	43.133333333333	63.00	252.47	64.93							
	5	220	224	227	233	0	1.47	43.133333333333	63.00	252.47	64.93							
(1,3)	6	220	228	227	232	0	2.47	42.133333333333	62.00	251.47	63.93							
	7	240	238	232	241	0	43.27	0.400000000000	20.53	243.07	21.93							
(1,4)	8	240	238	232	241	0	45.27	2.000000000000	18.53	243.07	19.93							
	9	240	238	232	241	0	43.27	0.400000000000	20.53	243.07	21.93							
(1,3)	10	240	238	232	241	0	43.27	0.400000000000	20.53	243.07	21.93							
	11	240	238	232	241	0	43.27	0.400000000000	20.53	243.07	21.93							
(1,4)	12	250	242	241	240	0	62.27	21.000000000000	1.00	248.47	12.53							
	13	250	242	241	240	0	62.27	21.000000000000	1.00	248.47	12.53							
(1,4)	14	250	242	241	240	0	63.27	22.000000000000	1.60	249.47	13.53							
	15	250	242	241	240	0	63.27	22.000000000000	1.60	249.47	13.53							
(1,4)	16	250	242	241	240	0	62.27	21.000000000000	1.00	248.47	12.53							
	17	1.4	238	240	244	0	252.80	243.133333333330	247.53	1.53	248.93							
(1,4)	18	1.4	237	240	244	0	251.80	244.133333333330	248.53	0.53	249.93							
	19	1.4	237	240	243	0	250.80	243.133333333330	247.53	0.53	248.93							
(1,4)	20	1.4	237	240	245	0	252.80	245.133333333330	249.53	1.53	250.93							
	21	1.4	237	240	245	0	252.80	245.133333333330	249.53	1.53	250.93							
(1,4)	22	240	240	244	241	0	65.27	22.000000000000	12.40	249.47	0.47							
	23	240	240	245	241	0	65.27	22.000000000000	12.40	249.47	2.33							
(1,4)	24	240	240	245	241	0	66.27	23.000000000000	13.40	250.47	1.47							
	25	240	240	244	241	0	65.27	22.000000000000	12.40	249.47	0.47							
(1,4)	26	240	240	245	241	0	66.27	23.000000000000	13.40	250.47	1.47							
	27	240	231	245	239	0	45.27	24.266666666667	25.87	247.87	22.33							
(1,4)	28	244	232	245	239	0	45.27	24.266666666667	25.87	245.87	22.33							
	29	245	231	245	239	0	45.27	24.266666666667	25.87	247.87	22.33							
(1,4)	30	245	231	245	239	0	45.27	24.266666666667	25.87	247.87	22.33							
	31	245	231	245	239	0	45.27	24.266666666667	25.87	247.87	22.33							
(1,4)	32	257	229	244	235	0	31.00	38.266666666667	39.87	245.87	36.33							
	33	257	229	244	235	0	31.00	38.266666666667	39.87	245.87	36.33							
(1,4)	34	257	228	244	239	0	31.00	38.266666666667	39.87	245.87	36.33							
	35	257	222	244	239	0	32.00	39.266666666667	40.87	246.87	37.33							
(1,4)	36	257	218	244	235	0	31.00	38.266666666667	39.87	245.87	36.33							
	37	250	1.4	247	239	0	241.00	252.266666666667	253.87	461.87	250.33							
(1,4)	38	259	1.4	245	239	0	240.00	249.266666666667	250.87	460.87	247.33							
	39	259	1.4	245	239	0	241.00	250.266666666667	251.87	461.87	248.33							
(1,4)	40	259	1.4	245	239	0	240.00	249.266666666667	250.87	460.87	247.33							

그림 13. 입력된 신호 값과 모형에 등록된 신호 값을 비교한 결과

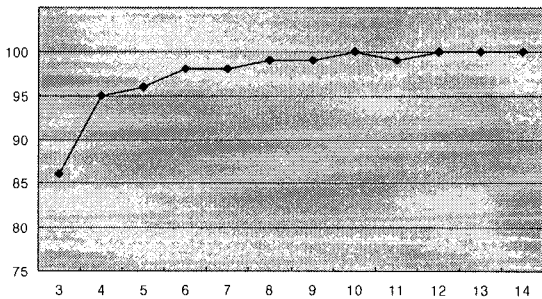


그림 14. 고정 노드 수에 따른 위치인식률

있었으며, 7 개의 고정 노드를 이용할 경우 98%의 인식률을, 10 개의 고정 노드를 이용할 경우 인식률이 100%까지 향상됨을 알 수 있었다. 하지만 11 개의 노드를 이용할 경우 오히려 인식률이 떨어졌으나 이후 노드 수를 더 늘린 결과 지속적으로 100%의 인식률을 보였다.

고정 노드를 11 개로 늘렸을 때 인식률이 떨어진 이유는 추가된 특징 벡터 요소 값이 잡음으로 인하여 전체 거리 값에 오히려 나쁜 영향을 미친 결과였다. 이후 더 추가한 고정 노드는 그러한 오류도 허용함으로써 다시 100%의 인식률을 얻을 수 있었다.

5. 결론 및 고찰

본 연구는 고정 노드와 이동 노드 사이의 RF 신호 패턴을 이용하여 사물의 위치를 인식하기 위한 연구이다. RF 신호 세기 정보는 반드시 거리에 반비례하게 나타나지 않았기 때문에 신호 세기 정보와 거리의 상관관계 보다는 이동체의 위치에 따른 정형화된 신호 패턴을 찾아냄으로써 긍정적인 결과를 얻을 수 있었다.

연구의 실험 환경은 주차장을 대상으로 하였으며, 주차장에서의 자동차 위치인식 실험 결과 10 개의 고정 노드 및 12 개 이상의 고정 노드를 설치하였을 때 100%의 인식률을 얻을 수 있었으며, RF 신호를 받는 고정 센서 노드의 수가 증가할수록 인식률이 향상되는 것을 알 수 있었다. 신호의 세기의 패턴 정보를 유클리드 거리 등과 같이 비교적 간단한 인식 알고리즘을 이용하더라도 인식률 면에서 좋은 결과를 얻을 수 있었다. 이는 이동체의 위치에 따른 신호 세기 패턴이 일정하게 나타남을 의미하며, 이를 근거로 한 위치인식 방법이 타당함을 나타낸다.

또한 본 연구에서 제안하는 방법은 네트워크 인프

라가 필요하지 않음은 물론 값싼 센서 장비를 활용함으로써 타 방법에 비해 비용적인 측면에서 저렴할 뿐만 아니라 인식을 수행할 수 있는 영역 면에서도 효율적임을 알 수 있었다. 특히 본 방법은 응용 특성상 위치인식률이 100%가 되지 않더라도 업무의 효율성 측면에서 많은 비용을 절감할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

[1] Mark Weiser, "The Computer for the 21st Century," *Scientific American*, 1991.

[2] J. Hightower and G. Borriello, "Location systems for ubiquitous computing," *Computer*, 34(8), IEEE Computer Society Press, 2001.

[3] 김재호, 김영섭, 박옥선, 김성희, "유비쿼터스 위치기반 서비스 및 위치인식시스템 연구 동향," ETRI 주간기술동향, 1127호, 2003.

[4] Frederick Martin, Colin Lanzl, Paul Gorday, Rick Roberts, and Kai Siwiak, "Recommendations of the Range Issue Subcommittee," IEEE802. 15.4a 15-04-0461-02-004a-subcommittee-report-range-issue, September 2004.

[5] P. Bahl and V. Padmanabhan, "RADAR: An In-Building RF-based User Location and Tracking System," *Nineteenth Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies*, Vol. 2, pp. 775-784, 2000.

[6] 이원희, 이우용, 김민규, 엄두섭, 짐진원, "유비쿼터스 환경을 위한 위치추정시스템 기술동향," 정보과학회지, 제22권 제12호, 2004.

[7] R. Want, A. Hopper, V. Falcão, and J. Gibbons, "The active badge location system," *ACM Transactions on Information Systems*, Vol. 10, Issue 1, pp. 91-102, 1992.

[8] The Active Badge System, <http://www.cl.cam.ac.uk/Research/DTG/attarchive/ab.html>, 2005.

[9] John Krumm, Lyndsay Willicams, and Greg Smith, "SmartMoveX on a Graph-An Inexpensive Active Badge Tracker," *Technical Report MSR-TR-2002-70*, Microsoft esearch,

Jun. 2002.

[10] Jeffrey Hightower and Gaetano Borriello, "Location System for Ubiquitous Computing," *IEEE Computer Society*, Vol. 34, No. 8, pp. 57-66, 2001.

[11] Hari Balakrishnan, "Lessons from Developing and Deploying the Cricket Indoor Location System," <http://nms.lcs.mit.edu/cricket/>, 2004.

[12] Andreas Savvides, Chih-Chieh Han, and Mani B. Srivastava, "Dynamic Fine-Grained Localization in Ad-Hoc Wireless Sensor Networks," *Proc. of the International Conference on Mobile Computing and Networking*, pp. 166-179, 2001.

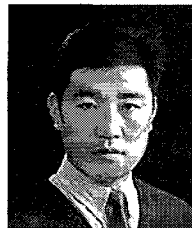
[13] H. Arakawa, "On-Line Recognition of Hand-written Characters - Alphanumeric, Hiragana, Katakana, Kanji," *Pattern Recognition*, Vol. 16, No. 1, pp. 9-21, 1983.



변 영 철

1993년 제주대학교 정보공학과 학사
 1995년 연세대학교 대학원 컴퓨터공학과 석사
 2001년 연세대학교 대학원 컴퓨터공학과 박사
 2001년 한국전자통신연구원 선임 연구원

2002년~현 제주대학교 통신컴퓨터공학부 교수
 관심분야 : 패턴인식, 시맨틱 웹, 상황인식, 지능형 컴퓨팅, 유비쿼터스 미들웨어



박 상 열

2003년 탐라대학교 경영학 학사
 2005년 제주대학교 대학원 컴퓨터공학과 석사
 1997년~현 자바정보기술(주) 대표이사
 관심분야 : GIS, 상황인식, 지능형 컴퓨팅, USN