
무선 센서 네트워크를 이용한 거주자우선주차 인증시스템의 설계 및 구현

박준식* · 권춘자** · 김현천*** · 김병호****

Design and Implementation of An Authentication System for
Residential Permit Parking Using Wireless Sensor Networks

Jun-Sik Park* · Chun-Ja Kwon** · Hyun-Chun Kim*** · Brian Kim****

이 연구는 2006학년도 교육부 재정지원사업으로 수행된 연구 결과임

요 약

도시에서 교통 및 주차 관리의 효율성은 삶의 질과도 직접적으로 관련이 있는 중요한 문제이다. 거주자우선주차장은 도시의 주차공간 확보에 큰 비중을 차지하면서도 개별 주차 구역이 작고 별도의 출입구가 없어 효율적인 운영을 위한 적절한 인증시스템이 부재하였다. 본 논문에서는 무선 센서 네트워크를 이용하여 추가적인 관리인 없이 적은 비용으로 거주자우선주차장을 효율적으로 관리할 수 있는 인증시스템을 설계하고 구현하였다. 구현된 시스템의 실험을 통하여 저전력 소모를 위한 슬립 주기별 센서 노드의 수명을 측정하였고, 간단히 측정된 조도값의 변화만으로 주차 여부를 판단하기 위하여 시간대별로 주차 유무에 따른 조도값의 변화를 실험하여 그 오차범위가 최소 45 이상이면 주차 여부를 확인할 수 있음을 보였다.

ABSTRACT

An efficient management system for parking lots and traffic monitoring in a metropolitan city is a very important issue, which is tightly closed to quality of life. While a residential permit parking program has been contributing to resolve the lack of parking places, there has been no autonomous authentication system due to no apparent entrance gate and smallness of each parking zone. In this paper, we propose and implement an authentication system for residential permit parking lot using wireless sensor networks, which is cost-effective and even no need for additional managing person. Through the experimental evaluation, we analyzed relationship between the life time of sensor nodes and the various values of sleep periods to minimize power consumption of the nodes, and also showed that the difference of luminance sensed by each sensor node is at least 45 or bigger between when the parking place is occupied or not, resultingly it can be used to decide whether a parking place is occupied or not by simply detecting the change of luminance sensed.

키워드

주차 관리, 차량 인증, 거주자우선주차, 무선 센서 네트워크, ZigBee

* 강릉영동대학 사이버경찰과
** 강릉영동대학 사이버경찰과
*** 온세통신 유선사업본부 데이터사업팀
**** 경성대학교 컴퓨터공학과

I. 서론

교통은 현대 도시 생활에서 의식주와 비견될 만큼 시민들의 생활에 필수적인 요소이다. 사람들의 도시 집중과 자동차의 증가로 도로와 주거지역의 교통 상황을 어떻게 효율적으로 관리할 것인가가 매우 중요한 문제로 대두되고 있다[1]. 한편, 늘어나는 차량으로 인한 주차 공간 부족 문제 또한 더욱더 심각해질 것으로 예상된다. 이에 따라 한정된 주차 공간을 보다 효율적으로 관리하기 위한 정책 및 기술의 개발이 절실히 필요하다[2].

주차장의 형태는 크게 세 가지로 분류된다. 즉, 실내형, 놀이공원형 및 거주자 우선형이 있다. 실내형은 아파트의 지하주차장이나 건물의 주차장과 같은 실내주차장이 이에 해당되며 놀이공원형은 대형 실외주차장을 나타낸다. 거주자 우선형은 주택가의 이면도로를 활용한 주차면에 거주자우선주차제를 적용한 주차장을 의미한다.

실내형이나 놀이공원형 같은 대형 실내 및 실외주차장에서는 출입구가 고정되어 있어 출입구를 통해 일관된 주차 관리가 이루어진다. 반면에 거주자우선주차장은 정해진 출입구나 별도의 관리자 없이 주민들의 자발적인 참여로 운영되고 있다. 거주자우선주차 제도는 서울시의 경우 1996년부터 시행되어 2004년말 기준으로 그 면적은 17만여평으로써 서울시 전체 주차공간의 6.48%에 해당되는데 이는 84%를 차지하는 건축물부설 주차장을 제외하면 가장 큰 비중을 차지한다[3]. 또한, 향후 주차정책을 수립함에 있어 상대적으로 주차 공간 확보가 용이한 거주자우선주차제의 역할이 점차 확대될 전망이다. 그러나 거주자우선주차장은 개별 규모가 작고 주차공간에 대한 배타적인 경계가 없어 거주자우선주차 차량의 인증과 관리가 쉽지 않아 불법 주차로 인한 크고 작은 문제가 빈번히 발생하고 있는 것이 현실이다[3].

본 논문에서는 무선 센서 네트워크를 이용하여 거주자우선주차장의 주차 여부를 실시간으로 파악하여 인가되지 않은 차량의 주차를 실시간으로 탐지하고, 해당 정보를 이동통신망을 이용해 중앙 모니터에게 제공하는 시스템을 설계 및 구현하였다. 실험 결과를 통해 개발된 시스템이 현장에 바로 적용될 수 있음을 보이고 향후 연구방향에 대해서 기술한다.

II. 관련 연구

2.1 주차 관리 시스템

교통 상황에 대한 자동화 시스템은 차량의 주행 상태에 대한 것과 주차 상태에 대한 것으로 분류할 수 있다. 첫째, 주행 상태에 대한 예로는 도로 상황 감시 시스템이 대표적이며 카메라를 통한 도로 상황 및 차량에 대한 감시, GIS와 GPS를 이용한 도로 교통 정보 제공 등이 이에 해당된다. 카메라를 이용한 교통 상황 감시 시스템은 이미 다양하게 현장에 적용되어 활용되고 있으며 최근에는 이러한 정보를 다양한 응용에 통합적으로 활용하기 위한 연구들이 진행되고 있다[1][4].

둘째, 주차 상태에 대한 시스템의 예로는 주차 공간 탐색과 주차장 관리 분야로 나뉘볼 수 있다. 주차 공간 탐색은 도심 내에서 주차를 원하는 차량이 주차할 공간을 찾는데 도움을 줄 수 있는 시스템으로써 최근 무선통신의 발달과 함께 다양한 연구가 이루어지고 있다. Basu 등[5][6]은 GPS와 애드혹 네트워크를 이용하여 미국 뉴욕 시내의 주차공간을 탐색하는 시스템을 제안하였다. Miura 등[7]은 일본 도쿄 시내에서 센서 네트워크를 이용하여 주차공간을 찾는 시스템을 개발하였다.

주차장 관리 시스템의 경우, 앞서 기술한 바와 같이 일반적인 실내외 주차장에서는 지정된 출입구가 있어 RFID(Radio Frequency Identification)를 이용한 출입 인증 시스템이 보편화되어 있다. 그림 1은 일반적인 RFID 기반 주차인증 시스템의 한 예이다. 그러나 거주자우선주차장은 주택가 이면도로의 일부를 주차면으로 활용하기 때문에 별도의 출입구나 관리인이 상주하지 않아 구별된 주차공간을 갖는 일반 실내외 주차장에서 사용되는 단순 RFID 시스템을 적용할 수가 없다. 실제로 이를 위한 자동화된 인증시스템 또한 현재까지 제안된 바가 없다. 다만 거주자 우선주차 구역을 지정하고 주차면을 확보하는 데 GIS를 활용한 연구가 있었다[8].

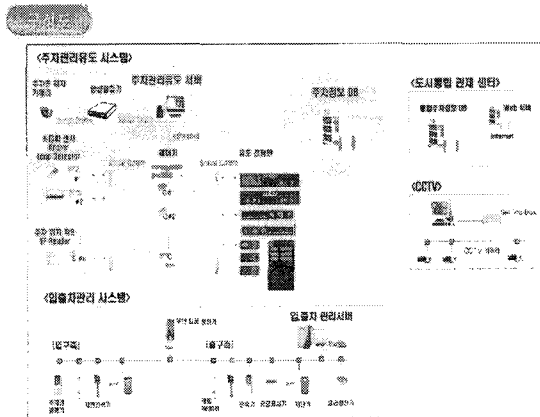


그림 1. RFID 기반 주차 인증시스템
Fig. 1. Authentication System for Parking using RFID

본 논문에서 다루고자 하는 것은, 거주자우선주차장의 운영에 있어, 각 주차면에 센서를 부착하여 주차면의 점유 여부와 주차가 허가된 차량과 그렇지 않은 차량의 주차 상태를 실시간으로 파악하여 별도의 출입구나 관리인 없이 주차장의 상태를 모니터링하고 차량을 인증할 수 있는 인증시스템에 관한 것이다. 시스템의 비용과 효율성을 위해 센서로부터 중앙 인증서버로의 통신은 센서 네트워크를 이용한다.

2.2 무선 센서 네트워크

무선 통신 기술의 발달과 초저가 센서 노드의 활용이 보편화되면서 무선 센서 네트워크의 활용이 증가하고 있다. 무선 센서 네트워크는 생태 환경, 가정, 병원, 창고, 군, 구조물 감시 등 다양한 분야에서 실시간 정보 수집 및 제어에 이용될 수 있다. 응용 분야의 다양함에도 불구하고 센서 네트워크의 공통적인 특성의 하나는 저전력, 저속의 무선 통신 방식이다. IEEE 802.15.4 ZigBee는 이러한 요구사항에 가장 부합하는 프로토콜로 받아들여지면서 이에 대한 많은 연구와 함께 상용 제품의 출시가 이어지고 있다[9].

본 논문의 인증시스템에서 사용하는 센서 네트워크의 무선 통신 프로토콜은 IEEE 802.15.4 ZigBee이다.

IEEE 802.15.4 ZigBee는 세 개의 무선 공유 주파수 대역에서 동작하는데 2.4GHz 대역에서 250kbps, 915MHz 대역에서 40kbps, 868MHz 대역에서 20kbps의 전송대역 폭을 갖는다. 채널수는 그림2와 같이 2.4GHz 대역에서 16 채널, 915MHz 대역에서 10 채널, 868MHz 대역의 1 채널을 포함하여 모두 27 채널을 할당할 수 있다[11].

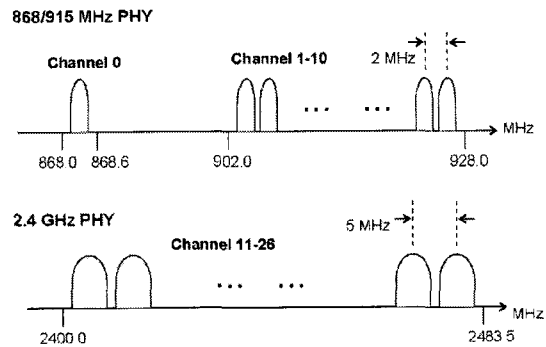


그림 2. IEEE 802.15.4 채널 구성
Fig. 2. IEEE 802.15.4 Channel

III. 시스템 분석

3.1 주차면 형태 분석

설계에 앞서, 주차장관리 시스템에 센서 네트워크를 적용할 때 고려되어야 할 사항을 분석해 보면 표 1과 같다.

실내형 주차장은 건물 내부의 주차장으로써 입구 및 출구를 활용하여 간단하게 출입통제를 할 수 있다. 센서 네트워크 시설물은 천정 및 건물 기둥, 방지턱 등을 이용하여 설치가 쉽고 건물 내부의 전원도 쉽게 사용할 수 있다. 노드의 유지 및 보수도 쉽다. 그러나 카메라의 경우, 천정 높이의 제약으로 인하여 상대적으로 다수의 카메라가 설치되어야 한다.

놀이 공원형 주차장은 지정된 출입구를 이용하여 간단하게 출입통제를 할 수 있으며 카메라 설치도 용이하다. 그러나 별도의 타워형 감시탑 설치가 필요하며 전원 공급을 위한 별도의 배선도 요구된다.

거주자우선주차장은 이면도로의 지정 구간에 거주자우선주차 구역 표시가 되어 있고 불법 주정차를 금지하는 황색선으로 구분되어 있다. 거주자우선주차장은 실외에 위치하고 있는 분산형 주차장으로써 다양한 주위 환경으로 인하여 노드 설치 및 전원 공급이 어렵다. 또한 넓은 지역에 분포되어 있어 설치비용 및 노드의 유지 보수비가 상대적으로 높다.

표 1. 주차장 형태에 따른 센서 네트워크 분석
Table 1. Sensor Network Requirements according to Types of Parking Lot

구분	실내	실외	
	실내형	놀이공원형	거주자 우선형
설치 및 부착	천정 및 건물 기둥 주차방지턱	타워형감시탑 주차 방지턱	타워형 감시탑 전봇대, 가로등 주차방지턱, 담장
시공	설치 쉬움	설치 어려움 (전력전용탑)	설치 어려움 (전력사용이 복잡)
감시 센서 종류	조도, 초음파 자기, 적외선	적외선 카메라 초음파, 적외선	적외선 카메라 자기, 초음파, 적외선
전원 공급	건물내 전원	전용 전원 필요	전봇대, 가로등 전원 일반 주택 전원
센서 관리	관리 쉬움	관리 어려움	관리 어려움

3.2 거주자우선주차장의 노드 설치 조건 분석

거주자우선주차장의 노드 설치 및 전력공급은 표 2와 같이 주차면의 형태에 따라 세 가지로 분류할 수 있다.

주차면 형태 1에서는 그림 3과 같이 주차면은 이면도로의 한쪽으로 설정되어 있어 주차면 옆으로 건물이나 상가, 주택 등이 위치하는 형태이다. 노드는 건물이나 상가의 벽, 주택의 담, 가로등, 전신주 등에 부착될 수 있다. 공간 복잡도는 형태 3보다는 좋으나 형태 2에 비하여 건물이나 상가, 주택의 출입구가 많아 주차면이 연속적이지 못하므로 보통이다. 불연속적인 주차면으로 인하여 하나의 노드가 관리할 수 있는 주차면의 수가 적어 상대적으로 많은 노드가 필요하다.

표 2. 주차면에 따른 설치 분석
Table 2. Deployment of Sensor Nodes to Types of Parking Lot

구분	형태 1	형태 2	형태 3
		이면도로 한쪽의 주차면	
	건물 옆 (주택 및 상가)	공원 및 놀이터 옆	
노드 설치	건물 벽, 가로등, 전신주	가로등, 전신주	건물 벽, 가로등, 전신주
전력 공급	건물, 가로등, 전신주	가로등, 전신주	건물, 가로등, 전신주
공간 복잡도	보통	좋음	나쁨
필요 노드수	많음	보통	적음

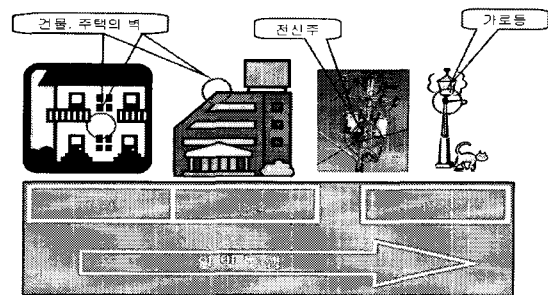


그림 3. 형태 1의 주차면 형태 및 노드 설치
Fig 3. Deployment of Sensor Nodes for Type 1

형태 2의 경우, 그림 4와 같이 주차면이 이면도로의 한쪽에만 설정되어 있으며 주차면 옆으로 공원이나 놀이터, 공터 등이 위치하는 형태이다. 노드는 가로등이나 전신주에 부착될 수 있고 전력 공급도 용이하다. 형태 1이나 3에 비하여 주차면의 연속적인 할당이 가능하여 공간복잡도도 가장 좋다. 설치에 필요한 노드의 수는 중간 수준이다.

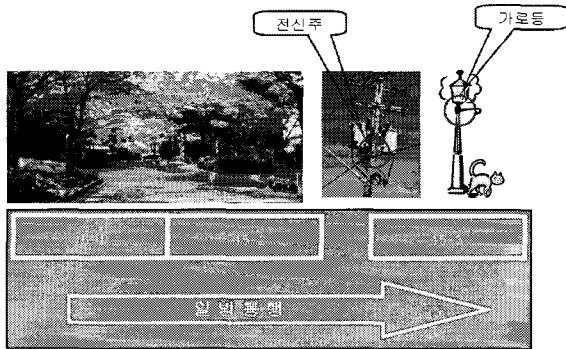


그림 4. 형태 2의 주차면 형태 및 노드 설치
Fig. 4. Deployment of Sensor Nodes for Type 2

형태 3의 주차면은 그림 5와 같이 이면도로의 양쪽으로 설정되어 있으며 주차면의 옆으로는 건물, 주택, 공원, 놀이터 등이 다양하게 위치하는 형태이다. 노드는 주변의 건물이나 주택, 전신주, 가로등에 부착되고 전력 공급도 용이하다. 다른 형태와 달리 양쪽으로 주차면이 설정되어 있어 공간 복잡도는 나쁘다. 그러나 주차면이 밀집되어 있어 형태 1이나 2보다는 상대적으로 요구되는 노드의 수는 작다.

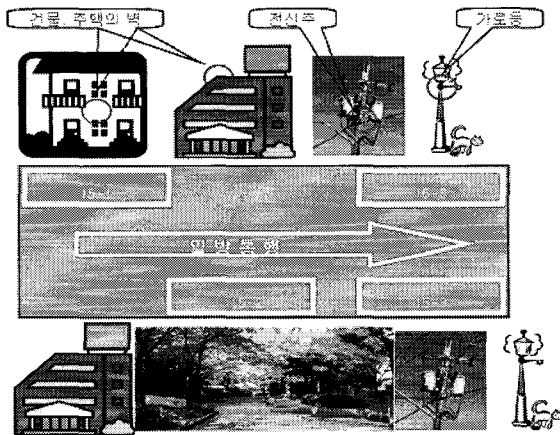


그림 5. 형태 3의 주차면 형태 및 노드 설치
Fig. 5. Deployment of Sensor Nodes for Type 3

IV. 시스템 설계

4.1 시스템 요구 분석

거주자우선주차장의 주차 인증시스템은 다음과 같

은 기능이 요구된다.

- ① 출입통제: 인가된 차량과 미 인가된 차량의 출입을 통제할 수 있다.
- ② 공 주차면 수 파악: 빈 주차면의 수를 파악하고 이를 출입 통제에 이용할 수 있다.
- ③ 공 주차면 인식: 빈 주차면의 위치를 파악하여 사용자에게 주차 가능한 위치정보를 알려줄 수 있다.
- ④ 주차위치 인식: 주차된 차량의 위치를 인식하여 중앙 시스템에 정보를 제공할 수 있다.
- ⑤ 불법 주차 인식: 미 인가된 차량의 불법 주차 시, 이를 인지하고 차주 및 불법 주차 견인 차량에 알릴 수 있다.

4.2 시스템 구성 요소

시스템 구성은 그림 6과 같으며 구성 요소는 아래와 같다.

- ① 차량용 태그: 차량에 부착되는 센서로써 차량 인증에 사용된다. 태그의 발급은 주차면 사용 승인과 동시에 이루어지며 고유한 사용자 ID를 가진다. 사용자 ID는 주차면의 정보와 연계되어 정해진다. 간편한 발급 및 설치를 위하여 본 시스템에서는 능동 태그를 사용한다.
- ② 주차확인 센서: 주차면의 바닥에 설치되는 조도 센서로서 차량의 주차 유·무 확인에 사용된다. 센서 노드의 전력을 절약하기 위하여 측정치가 미리 설정된 값 이상으로 변할 때에만 싱크노드와 통신한다. 싱크노드와의 무선 통신은 Zigbee를 사용한다.
- ③ 중계노드: 주차확인 센서와 싱크노드 간의 통신을 중계한다. 중계 노드를 설치함으로써 싱크노드의 수를 줄여 비용을 낮출 수 있다. 주차확인 센서에 근접하도록 설치하여 주차확인 센서의 전력 소모를 최소화한다.
- ④ 싱크 노드: 주차확인 센서들로부터 전송되는 데이터를 수집하여 중앙의 인증서버에 전달한다. 주차확인 센서로부터 데이터를 수신하면 차량용 태그에 주차확인 센서의 ID가 맞는지 물어보고 응답이 오면 정상 주차, 응답이 없으면 불법 주차로 간주하고 인증서버에 보고한다. 싱크노드와 인증서버간의 통신은 이동통신망의 SMS 서비스

를 이용한다

- ⑤ SMS 게이트웨이: 싱크 노드와 인증 서버간을 중계한다. 싱크 노드가 서버에 전달하는 데이터는 주차면의 정보와 차량의 인증유무만을 담고 있어 단순 SMS 문자통신만으로 정보전달이 가능하다.
- ⑥ 인증서버: 주차면과 주차된 차량의 정보를 관리하는 중앙 서버이다. SMS 게이트웨이를 통해 수신한 정보를 저장하고 관리한다. 미 인증차량의 주차 시 견인차량 등에 정보를 전달한다.

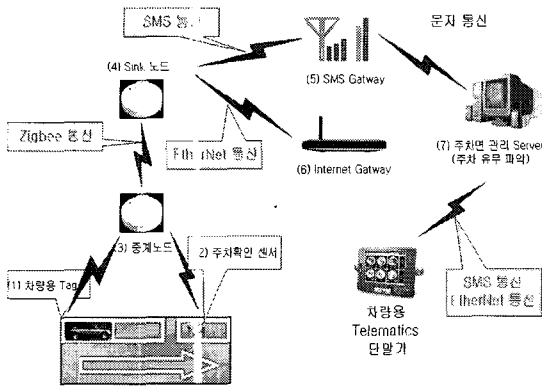


그림 6 시스템 구성도
Fig 6. System Configuration

4.3 시스템 운영 알고리즘

시스템의 정보처리 알고리즘은 그림 7과 같다.

- ① 조도센서 노드는 일정 주기로 센싱을 한다.
- ② 조도센서의 측정값이 일정량 이상으로 낮아지면 차량주차로 인식하고 중계 노드를 거쳐 싱크 노드에 보고한다.
- ③ 싱크 노드는 차량에 설치된 능동태그에 해당 ID를 문의하여 확인 응답이 오면 인증된 차량으로 인식하고 서버에 보고한다. 조도 센서는 일정 주기로 확인하여 차량이 주차면을 떠나는지 확인한다. 차량이 주차면을 떠나면 싱크 노드에 보고한다.
- ④ 차량 태그로부터 응답이 없으면 미 인증차량으로 인식하여 주변에 설치된 경보기를 울리고 인증서버에 불법주차임을 보고한다. 조도센서를 통해 차량의 이탈 여부를 확인한다.
- ⑤ 차량이 떠나면 경보를 멈추고 인증서버에 보고한다.

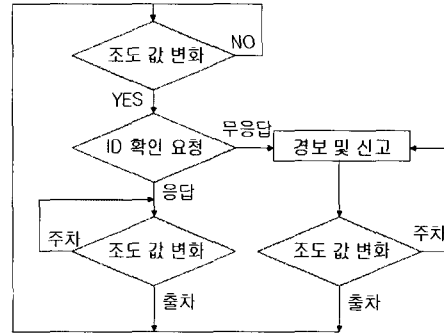


그림 7. 운영 알고리즘
Fig. 7. Operation Algorithm

4.4 설계 시 고려사항

센서 네트워크 및 센서노드의 구현과 관련하여 기술적으로 고려되어야 할 사항은 다음과 같다.

- ① 센서의 저전력 소모: 주차면 바닥에 설치될 센서의 배터리 수명 연장을 위해 저전력 알고리즘이 필요하다. 본 논문에서는 센서에 슬립주기를 주어 배터리 수명을 늘린다.
- ② 조도 센서: 조도값의 차이로 주차유무를 판단하기 위하여 조도 센서값의 변화 패턴 파악이 필요하다. 특히, 야간 주차 시 차량이 있을 때와 없을 때의 조도값의 차이가 적을 수 있으므로 이에 대한 분석이 요구된다.
- ③ 센서 노드와 중계 노드간의 통신: 주차면 바닥의 센서노드가 사용하는 ZigBee 무선 통신 프로토콜의 대역폭(2.4Ghz)은 차량 주차 시 방해받을 수 있다. 따라서 중계노드와의 거리 및 방향에 따른 에러율에 대한 분석이 요구된다.
- ④ 인증절차: 불법 주차를 방지하기 위하여 주차된 차량의 인증 여부를 파악해야 한다. 센서가 차량의 능동태그에 ID를 요구할 경우 인근에 있는 다른 차량까지 같이 대답하여 어떤 차량이 최근 주차된 차량인지 파악하기 힘들다는 문제점이 발생할 수 있다. 그래서 주차 감지된 차량의 태그에 해당 조도 센서의 아이디가 맞는지 확인을 요청하는 방식을 사용하여 중복 대답을 방지할 수 있다.

V. 구현 및 실험

센서 노드는 옥타컴의 EZ-ESTO[10]를 사용하여 구현하였다. EZ-ESTO는 센서로부터 측정된 조도값을 디지털 값으로 변환하여 RF 모듈을 통해 무선으로 데이터를 송신할 수 있다. 마이크로 컨트롤러로 Atmega128L[11]을 사용하고 RF 모듈은 Chipcon사의 CC2420[12]을 사용하였다. 128Kbyte의 플래시 메모리와 4Kbyte의 내부 SRAM 및 4Kbyte의 EEPROM을 탑재하였다. 별도의 외부 전원 없이 자체 전지로 작동한다.

그림 8은 구현된 싱크노드, 차량용 능동태그 및 조도 센서 노드의 사진이다. 3번 센서노드는 주차면에 부착되어 조도값을 감지한다.

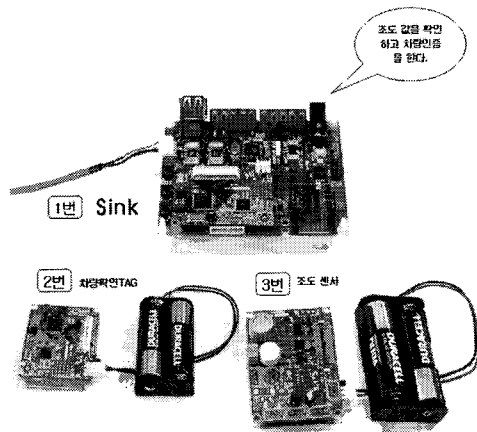


그림 8. 센서노드의 구현
Fig. 8. Implementation of Sensor Node

조도값이 설정치 이하로 내려가면 1번 싱크노드로 차량이 진입했음을 알린다. 싱크노드는 3번 조도센서의 ID를 확인하여 2번 차량용 태그에 ID를 요청한다. 태그는 자신의 ID를 응답하고 인증을 받는다. 싱크노드는 5초간 두 번 ID 응답을 기다리다가 응답이 없으면 경고 메시지를 발생시키고 응답이 들어오면 인증 메시지를 출력한다.

5.1 센서의 주기 변화에 따른 배터리 수명

조도 센서의 저 전력 소모를 위해 최적의 슬립주기를 찾는 실험을 수행하였다. 조도센서와 싱크노드간의 통신 패킷은 12바이트의 데이터와 4바이트의 노드ID로 구성되며 통신은 2.4Ghz 대역을 사용하였다. 패킷의 전송

확인에는 ZigBee 프로토콜 분석기를 이용하였다. 그림 9의 실험 결과와 같이 슬립 없이 동작할 때의 수명은 2~3일 정도였으며 1초 주기로는 5일 이상, 4초 주기로는 10일 이상 동작함을 확인할 수 있었다. 본 실험 결과는 5개의 조도센서를 사용하여 최소 동작시간을 기준으로 하였다.

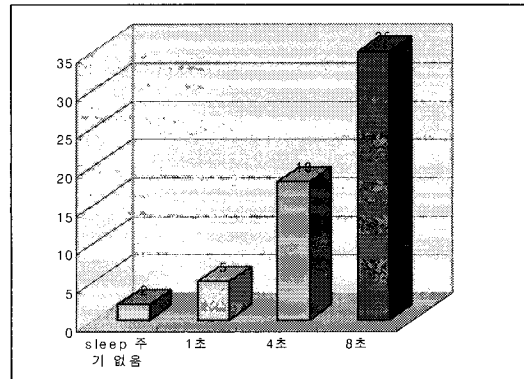


그림 9. 슬립 주기에 따른 배터리 수명
Fig. 9. Battery Life according to Sleep Cycles

5.2 조도 센서의 조도 변화

조도값의 변화로 차량의 주차 유무를 확인하기 위해 주차 유무에 따른 조도값의 변화를 측정하였다. 그림 10은 1초의 슬립주기에서 시간대별로 조도값의 차이를 실험한 결과이다. 12시에는 380 이상의 측정값의 차이를 보였으며 24시에도 적어도 50 정도의 차이를 확인할 수 있었다. 따라서 측정된 조도값이 45 이상 변화하면 주차면에 차량이 주차된 것으로 판단할 수 있다.

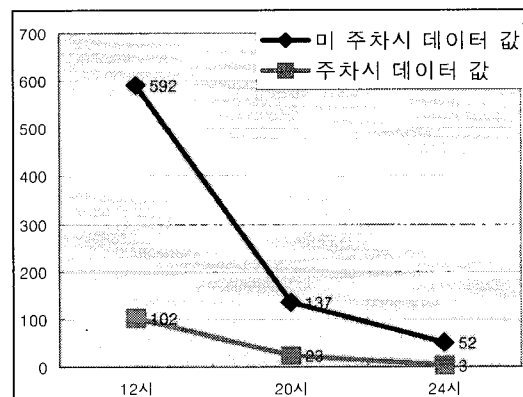


그림 10. 시간대별 주차유무에 따른 측정값
Fig. 10. Intensity of Illumination Value according to Time

5.3 센서노드와 중계노드 간 전송 성능

조도센서는 주차면 바닥에 설치되고 중계노드는 전신주나 건물의 벽 등의 위쪽에 설치된다. 따라서 주차 차량에 의해 통신이 방해받을 수 있다. 그림 11은 센서노드와 중계노드가 이루는 각을 달리하면서 차량 주차 시의 전송 성능을 측정할 결과이다.

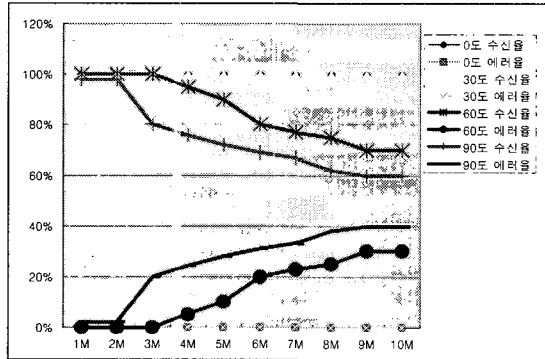


그림 11. 센서노드와 중계노드 간 거리와 각에 따른 '패킷 수신율 및 에러율'
Fig. 11. Packet Receiving and Error Rate

측정 결과에서 보는 바와 같이 각이 0도에서 30도까지는 거리에 상관없이 에러없이 데이터가 수신되지만 60도에서는 3미터 이후부터 에러가 발생되며 90도에서는 2미터 이후부터 에러율이 증가하여 10미터 거리에서는 40%까지 증가하는 것을 확인할 수 있다.

VI. 결 론

거주자우선주차장은 도시에서 주차 공간을 효율적으로 확보할 수 있는 좋은 방안임에도 불구하고 개별 주차 구역이 작고 별도의 출입구가 없어 관리가 쉽지 않았다. 본 논문에서는 무선 센서 네트워크를 이용하여 별도의 관리인 없이 저렴한 비용으로 거주자우선주차장을 중앙에서 관리할 수 있는 인증시스템을 설계하고 구현하였다.

특히, 실험을 통하여 저전력 소모를 위한 슬립 주기별 센서 노드의 수명을 측정하였고, 측정된 조도값의 변화만으로 주차 여부를 판단하기 위하여 시간대별로 주차 유무에 따른 조도값의 변화를 실험하여 그 오차범위가 최소 45 이상이면 주차 여부를 확인할 수 있음을 보였다.

또한, 주차된 차량으로 인한 무선 통신 방해정도를 실험하여 조도 센서와 중계노드간의 거리 및 각도에 따른 수신율 및 에러율을 측정하였다.

향후 연구과제로는 태양 전지 모듈을 이용하여 센서 노드의 배터리 교체 주기를 늘릴 수 있는 방안과 보다 정확한 주차 확인을 위하여 현재 조도센서만으로 주차 여부를 확인하도록 하였는데 야간에는 상대적으로 인식률이 떨어질 수 있으므로 자기센서 등 다양한 센서를 추가할 필요가 있다.

참고문헌

- [1] 강영모, 김재영, 남중호, "교통 상황 감시 시스템을 위한 미들웨어 인터페이스의 설계 및 구현," 한국 컴퓨터종합학술대회, vol. 32, No. 1 (A), pp.739-741, 2005.
- [2] 통계청, 교통통계, <http://kosis.nso.go.kr/>.
- [3] 이우승, 서진수, "주차환경개선지구 지정 및 관리 방안 연구," 서울시정개발연구원, 2005
- [4] M.H.O Ruhe, C. Dalaff, R.D. Kuhne, "Traffic monitoring and traffic flow measurement by remote sensing systems," IEEE Intelligent Transportation Systems, 2003.
- [5] P. Basu, T.D.C. Little, "Wireless Ad Hoc Discovery of Parking Spaces," MobiSys 2004 Workshop on Applications of Mobile Embedded Systems, 2004.
- [6] P. Basu, T.D.C. Little, "Networked Parking Spaces: Architecture and Applications," IEEE VTC, 2002.
- [7] S. Miura, Y. Zhan, T. Kuroda, "Evaluation of Parking Search Using Sensor Network," 1st International Symposium on Wireless Pervasive Computing, 2006.
- [8] 조규전, 공종덕, 류준희, "GIS를 활용한 거주자우선주차 운영시스템에 대한 연구-부산광역시 지역을 중심으로-," 한국지적학회지, 18권 1호, 2002.
- [9] 김병호, "IEEE 802.15.4 MAC 프로토콜의 성능 평가 및 실험," 해양정보통신학회논문지, 11권 1호, 2007.
- [10] 옥타컴, NANO-24, <http://www.octacomm.net/product/product02.php>, 2006.
- [11] Atmel, AVR 8-bit RISC, <http://www.atmel.com/products/AVR/>, 2006.
- [12] Chipcon, SmartRF CC2420 ZigBee Development Kit User Manual, 2004.

저자소개



박 준 식(Jun-Sik Park)

1988년 동아대학교 전자공학과
공학사
1991년 경남대학교 전자공학과
공학석사

2001년 강원대학교 전자공학과 박사수료
1991년-1996년 한국통신기술 전자교환기감리실 차장
1997년-현재 강릉영동대학 사이버경찰과 조교수
※관심분야: 컴퓨터네트워크, 컴퓨터포렌식



권 춘 자(Chun-Ja Kwon)

1986년 한양대학교 전자공학과
공학사
1991년 한양대학교 전자계산학과
공학석사

2005년 강원대학교 컴퓨터정보통신 공학과 공학박사
1991년-1993년 한국과학기술정보연구원 연구원
2007년-현재 강원인력개발원 메카트로닉스과 교수
※관심분야: VOD 시스템, 마이크로프로세서



김 현 천(Hyun-Chun Kim)

1988년 부경대학교 전자공학과
공학사
1991년 경성대학교 산업정보학과
공학석사

2003년 부경대학교 전자공학과 공학박사
1993년~1997 KT 연수원
1997년~현재 (주)은세통신
※관심분야: 멀티미디어 정보보호, 컴퓨터 통신망



김 병 호(Brian Kim)

1990년 연세대학교 전산학과 졸업
1997년 KAIST 전산학과 공학박사
1997년-1998년 포스데이타 주식회사
1998년-2005년 (주)Brain21 대표이사

2007년-현재 경성대학교 컴퓨터공학과 전임강사
※관심분야: 무선센서네트워크, 컴퓨터네트워크