
인텔리전트 빌딩을 위한 저 전력 주차관리 시스템

이창기* · 임형규**

A Low Power Parking Management System for Intelligent Building

Chang-Ki Lee* · Hyung-Kyu Im**

요 약

주차관리 시스템은 주차장에서 주차 정보를 제공하여 운전자에게 주차의 편리성을 제공한다. 동시에 다수의 센서, 디스플레이와 제어모듈을 이용하여 아주 소량의 전기 에너지만을 소모한다. 친환경 빌딩 설계의 요구가 점차 증가함에 따라 주차관리 시스템의 운용 전력 감축 문제가 이슈화 되고 있다. 본 논문에서는 주차관리 시스템의 감지기와 디스플레이 장치의 설계와 소비 전력 감축의 결과를 제시한다. 이 시스템은 무선 Park Tile 과 Park Disk를 사용하여 전력소비를 감축 시키고, 여러 개의 주차 공간 감지기와 자동차 카운터, 정보 디스플레이 장치, 안내 터미널과 제어장치로 구성되어 있다. 그리고 시스템구조 설계와 통신망 설계, 주차 정보 서비스 시나리오 계획, 배터리 수명 제어, 운영전력 평가 등이 수행되었다. 주차장당 운영전력은 0.93KW로 평가 되었으며, 이는 기존 시스템의 20%정도 이고 매년 유지비는 기존 시스템에 비해 18%에 해당된다.

ABSTRACT

The parking management system can increase driver's convenience with detailed parking information service in the parking lot. At the same time, parking management system consumes non-negligible electrical energy with large amount of sensors, displays and control modules. With the increase in the demand for green and sustainable building design all over the world, it becomes a meaningful issue for parking management system to reduce operating power. This paper presents the preliminary design and estimated results of a parking management system which is optimized to reduce the power consumption mainly on detectors and displays. The system design is based on pre-developed wireless parking detectors, Park Tile and Park Disk. The system has a number of parking space detectors, vehicle count detectors, information displays, guidance terminals and other control units. We have performed system architecture design, communication network design, parking information service scenario planning, battery life regulation and at last operating power estimation. The estimated operating power was 0.93KW per parking-slot, which is 20% of traditional systems. The estimated annual maintenance cost was 18% of traditional systems.

키워드

Parking management system, Park Tile, Park Disk
주차관리 시스템, 주차 타일, 주차 디스크

* 신경대학교 인터넷정보통신학과(lck@sgu.ac.kr)
접수일자 : 2012. 08. 10

** 교신저자: 신경대학교 인터넷정보통신학과(imh@sgu.ac.kr)
심사(수정)일자 : 2012. 11. 21

게재확정일자 : 2012. 12. 10

1. 서론

인텔리전트 빌딩은 건물의 에너지, 물, 자재 등의 자원에 대한 사용의 효율 증가를 실행하는 것으로, 동시에 건물의 사용 기간 동안 인간의 건강과 환경에 미치는 영향을 줄일 수 있도록, 또한 건축된 환경이 인간의 건강과 자연 환경에 전체적으로 주는 영향을 줄이도록 설계한다[1]. 즉, 에너지를 비롯한 자원의 효율적인 사용과 주민의 건강을 보호하고 종업원의 생산성을 향상시키고, 폐기물과 공해, 환경적인 퇴보를 줄이도록 설계해야 한다.

유사한 개념으로 '자연건축(natural building)'이 있으며, 이는 지역적으로 활용 가능한 자연자원의 사용에 중점을 두는 것을 말한다. 지속가능한 개발과 지속가능성에 관련된 개념은 친환경 빌딩에는 없어서는 안 될 요소이다. 효율적인 친환경 빌딩은 보다 적은 에너지와 물을 사용하여 생산성을 높이고 결과적으로 운용비용을 절감하여야 하고, 실내 공기의 질을 개선하여 공중과 주민의 건강을 개선하여야 하며, 환경에의 영향을 줄여야 한다. 예를 들자면, 빗물의 유출과 열섬효과를 줄이는 것이다. 친환경 빌딩을 실천하는 이들은, 지속가능한 건물의 외관과 풍채가 반드시 일반적인 건물들과 구별될 필요가 없음에도 종종 생태적일 뿐만 아니라 건물 구조와 주변의 자연경관, 인공으로 조성된 환경과의 심미적인 조화를 이루기도 한다.

효율적인 에너지 사용은 인간의 건강과 자연 환경에 영향을 끼치는 영향을 줄이기 위하여, 친환경 빌딩 설계에 있어서 반드시 고려해야 할 사항이다. 따라서 본 논문에서 제시하는 친환경 빌딩을 위한 주차관리 시스템은 주차 공간에서 상세한 주차 정보를 제공하여, 운전자가 편리하게 주차할 수 있도록 해주는 시스템이다. 원래 주차 안내 시스템은 많은 센서와 디스플레이 장치, 제어 모듈들을 가지고 있어서 전력소비를 무시할 수 없다는 문제를 가지고 있다. 특히, 친환경 빌딩의 주차장 설계에 있어서, 주차관리 시스템의 소비 전력 감소 문제가 반드시 고려되어야 할 사항이고, 대형 주차장을 보유해야 하는 인텔리전트 대형건물에서는 더욱 그렇다.

본 논문에서는 적은 에너지만으로 구동이 가능한 저 전력 주차관리 시스템을 제시한다. 이 시스템은 무

선 주차 감지기와 Park Tile 및 Park Disk로 이루어져 있고, 또한, 3000개의 주차 공간 감지기와 120개의 색션 디스플레이, 6개의 자동차 대수 검출기(count detector)가 있다. 따라서 II장에서는 시스템 구조 및 시스템 부품들에 대해 서술하며, III장에서는 통신망, IV장에서는 배터리 수명 규정, V,VI장에서는 소모 전력과 가격 시나리오를 제시하고 마지막으로 VII장에서 결론을 맺는다.

II. 시스템 구조

그림 1에 보인바와 같이 본 시스템은 고층 빌딩의 가상 주차 공간에 대한 주차 안내에 대해 설계되었다. 본 건물은 6개 층의 주차장으로 되어 있고 주차 공간은 3,000개와 60개의 분기점(turnoff)이 있는 건물로 가정했다[2].

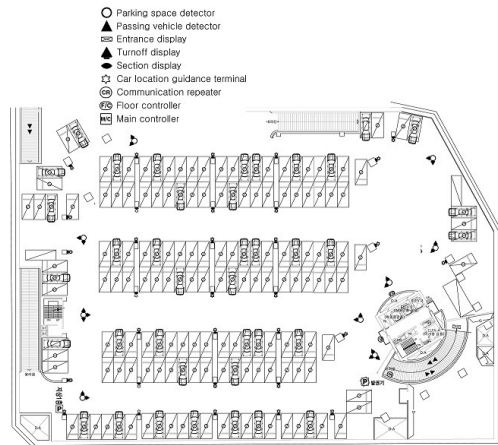


그림 1. 주차 층의 장치 위치도 전경
Fig. 1 The overview of the device location plot plan for a part of parking floor

2.1 주차 공간 감지기

주차 공간 감지기는 주차 공간 상태를 감지하여 그 데이터를 무선채널(RF channel)을 통해 통신 리피터(repeater)에 보내준다. 그림 2와 그림 3에 보인바와 같이 Park-Disk와 Park-Tile은 납작한 형태의 배터리로 작동되며, 루프코일이 장착된 일체형의 감지기로서 마이크로 전력유도 루프 감지 기술을 이용해 만들었

기 때문에 MPILD(Micro Power Inductive Loop Detect)라고 부른다.



그림 2. 주차 공간 감지기(Park Tile)
Fig. 2 Parking space detector(Park Tile)

2.2 차량 통과 감지기

차량 통과 감지기는 주차장의 주 통로에서 통과하는 자동차를 감지하여 카운트(count)한다. 통과하는 자동차를 카운트하는 감지기는 층간에 주로 부착되어 있으며, 각층 주차 공간 밖에 위치하고 있는 자동차의 대수를 측정하고 다음 층의 주차 안내 디스플레이 장치에 알려주는 역할을 한다. 통과 자동차 카운트 감지기로서 각 자동차 통로를 위해 보다 큰 D셀 리튬 배터리를 장착한 dual Park Disk를 사용한다. 통과하는 자동차를 감지하기 위해서는 Park Disk가 보다 빠른 반응속도를 요구하며, 따라서 더 많은 용량의 배터리를 필요로 한다. Park Disk는 배터리를 위한 공간은 충분하므로 배터리 형태나 용량은 선택이 가능하다.



그림 3. 자동차 통과 감지기(Park Disk)
Fig. 3 Passing vehicle detector(Park Disk)

2.3 입구 디스플레이 장치

그림 4에 보인바와 같이 입구 디스플레이 장치는 주차장의 주입구에 위치하고 있고, 각층의 남아있는 주차 공간을 표시해준다. 이 장치는 야간에 소비 전력을 줄이기 위해 디밍(dimming) 조절기능을 가지고 있다.

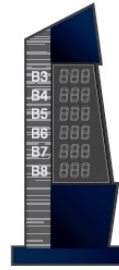


그림 4. 입구 디스플레이 장치
Fig. 4 Entrance display device

2.4 분기점 디스플레이 장치

그림 5에 보인바와 같이 분기점 디스플레이 장치는 주차장의 각 분기점에 위치해 있으며, 각 방향의 남아 있는 주차 공간을 표시해준다. 이 장치는 여러 가지 자유로운 메시지를 표시해줄 수 있으며 디밍 조절 장치도 가지고 있다.

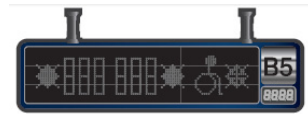


그림 5. 분기점 디스플레이 장치
Fig. 5 Turnoff display device

2.5 섹션 디스플레이 장치

그림 6에 보인바와 같이 섹션 디스플레이 장치는 주로 주차장의 기둥에 위치해 있고 좁은 섹션을 위해 주차 가능 정보를 표시해준다. 이 장치는 정보를 표시하는 두 가지 방법이 있는데 하나는 LED로 표시하는 방법이고, 다른 하나는 반사를 이용한 플립(flip) 플레이트(plate) 방법이다. 또한 주변 주차 공간 감지기로 부터 데이터들을 수집하는 부가적인 기능도 가지고 있다. 따라서 자동차가 플로어에서 움직일 때 섹션 디스플레이 장치의 LED 디스플레이 기능은 타임아웃(timeout)때 까지 작동될 수 있다.

섹션 디스플레이 장치의 반사 플레이트는 언제든 지 운전자나 보행자에게 전력소비 없이 메시지를 줄 수 있다. 플립형태의 저 전력 섹션 디스플레이 장치는 Park Flip이라는 이름으로 개발 중에 있다.

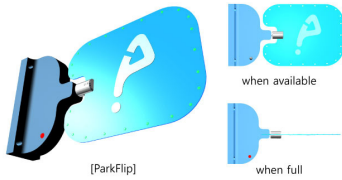


그림 6. 섹션 디스플레이 장치(Park Flip)
Fig. 6 Section display device(Park Flip)

2.6 자동차 위치 안내 터미널

자동차 위치 안내 터미널은 키패드와 LCD 디스플레이로 되어 있다. 운전자는 자신의 전화번호나 자동차운전면허 번호 등으로 주차 섹션 번호를 찾을 수 있다. 자동차 위치 안내 터미널은 터미널을 조작할 때만 전력을 소비하고 그 외에는 장시간 전력 절약(save) 모드로 동작한다. 이러한 운영 특성 때문에 시스템은 배터리 운영에 있어서 항상 양호한 상태를 유지한다.

2.7 통신 리피터(Repeater)

통신 리피터는 시스템의 각 장치 간 무선데이터 통신을 위해 중계하는 역할을 한다. 거의 모든 장치는 무선 채널을 이용해 데이터 통신을 하며, 채널은 1GHz~2.4GHz 밴드 사이의 주파수를 선택한다. 한국의 지역 규정을 따르기 위해 기본 시스템 설계는 424MHz 협대역 밴드를 선택하고 채널수는 21개, 데이터 속도는 2400bps로 디자인 했다.

2.8 제어장치

제어장치를 통해 시스템의 각 기능이 운영된다. 제어장치는 ARM9 하드웨어를 기반으로 하여 설계되었고, 임베디드 리눅스 운영체제를 채택하였다. 이 제어장치는 멀티 시리얼 포트와 다른 시스템(BIS, ITS etc.)과의 인터페이스를 위해 LAN 포트를 가지고 있다. 전체 시스템용으로 1개, 각종 제어용으로 6개의 제어장치가 있다.

III. 통신망

무선통신망 설계를 위해 각 통신 노드에 이름을 붙이

고 적당한 운영 방법을 만들었다. 감지기는 이 시스템에서 많은 분량을 차지하고 있고 시스템 소비 전력에 직접적인 영향을 미친다. 시스템 운영전력을 줄이기 위해 감지기는 장시간의 감지 시간과 이벤트 단위의 통신 기능을 갖도록 했다[3]. 표 1과 그림 7에서 보인바와 같이 설계된 통신망은 감지기를 위해서 S-NODE, 센서 데이터 수집과 일반적인 중계를 위해서 R-NODE, 환경설정을 위해 X-NODE, 기능 장치를 위해 F-NODE 등을 갖는다. R-NODE는 주기적으로 무선 신호의 강도를 점검 체크하고, 무선 신호가 없으면 슬립(sleep)상태로 들어간다[4]. 또 F-NODE에게 신호를 주어 깨우고 데이터의 목적지 ID가 맞으면 직렬 인터페이스를 통해 F-NODE에게 데이터를 전송한다. R-NODE와 F-NODE는 같이 단일 장치에 있을 수 있다.

표 1. 통신 노드 정의
Table 1. Communication NODE definition

노드	장치이름	내용
1	S-NODE	감지기
2	R-NODE	중계기 (S-NODE와 X-NODE를 제외한 모든 무선 노드)
3	F-NODE	모든 장치 구성
4	X-NODE	장치 구성

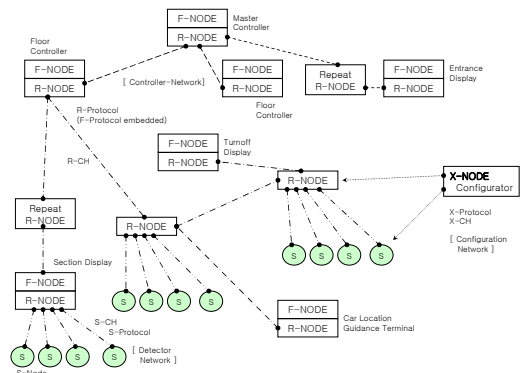


그림 7. 통신망 설계
Fig. 7 Communication network design

IV. 배터리 수명

장치들의 운영전력을 줄이기 위해서는 배터리가 사용될 수 있다. 배터리를 사용하여 이 장치들을 작동시키면 인스톨이 쉽고 가격이 저렴하다는 장점이 있는 반면에 주기적으로 배터리를 교체해야 한다는 부담이 있다. 배터리 교환 시기는 5년을 목표로 하고 있으며 이 조건을 충족시킬 수 없는 장치들은 유선 전원 사용 그룹에 함께 연결한다. MP-ILD 감지 장치와 Park Tile, Park Disk 등은 다음과 같은 전력 소모 특성을 가지고 있다.

$$I_{average}(mA) = \frac{(I_d \times T_d) + ((D_{int} - T_d) \times I_s)}{D_{int}} + \frac{((V_{pass} + V_{lor}) \times I_c \times T_c)}{3.6 \times 10^6}$$

- Is : 정지 전류 (mA ; 0.020)
- Id : 루프 감지 전류 (mA ; 28)
- Ic : 무선통신 전류 (mA ; 45)
- Dint : 감지 사이클 (msec)
- Vpass : 평균통과 자동차/시간
- Vlor : 표준시간 초과한 지체 자동차/시간
- Td : 감지 기간 (msec ; 2.5)
- Tc : 무선통신 기간 (msec ; 120)

주차 공간 감지기인 Park Tile의 동작 조건은 AA 셀 리튬 배터리(3.6V-2,400mAh)를 사용하고, Vpass = 0.5, Vlor = 0.5, Dint = 5000와 평균 작동 전류는 35.49uA, 배터리 수명은 7.7년 정도이다[5]. 통과 자동차 감지 장치인 Park Disk의 동작 조건은 두 개의 D 셀 리튬 배터리(2 x 3.6V-16,500mAh)를 사용하고, Vpass = 360, Vlor = 36, Dint = 250와 평균 작동 전류는 446.49uA, 배터리 수명은 8.4년 정도이다. 위치 안내 터미널의 동작 조건은 평균 동작 전류 10mA, 평균 동작 시간 30sec, 하루 10회, 1년 평균 전류 304mAh, 그리고 수명이 7년 정도인 AA셀 리튬 배터리를 사용한다. 주차 공간 감지기와 통과 자동차 감지기, 위치 안내 터미널등과 같은 장치는 배터리로 작동되고, 전체 배터리 교환 주기는 안전한 동작을 보장할 수 있는 범위에서 교체한다.

V. 정보 서비스 시나리오

설계된 저 전력 주차관리 시스템의 정보 서비스 시나리오는 기존 시스템과 거의 같다. 자동차가 주차장에 도착하면 설계된 주차 안내 시스템이 입구의 디스플레이 장치가 주차장 전체의 상태정보를 보여준다. 자동차가 각 주차장 층에 접근하면 이 시스템은 분기점 디스플레이 장치를 통해 각 방향별 주차 공간 정보를 보여주고, 섹션 디스플레이 장치의 전체 디스플레이 모드를 통해 상세한 섹션상태 정보를 보여준다. 어떤 자동차도 주차 층에 접근하지 않으면 모든 디스플레이 장치들은 새로운 자동차가 통과 자동차 감지기에 접근이 감지될 때 까지 전력 세이브 모드로 작동된다. 어떤 운전자가 등록과 주차된 자신의 자동차 위치를 시스템으로 찾고자 하면, 이 시스템은 자동차 위치 안내 시스템을 통해 주차 위치를 알려 준다. 처리된 주차 정보는 인텔리전트 빌딩 시스템을 위해 제공될 수 있다. 인텔리전트 빌딩 시스템은 조명 에너지를 줄이기 위해 주차장 조명 조절장치에 이러한 데이터를 사용할 수 있다.

VI. 운영전력과 비용 평가

본 시스템의 총 전력 소비의 추정결과는 표 2에 보인바와 같이 0.93KW였으며, 주차 공간 평균 소비 전력은 0.39W였다. 각 장치의 배터리는 교체기간인 5년 동안 사용이 가능하고, 섹션 디스플레이는 에너지 효율적 디스플레이로서 평균전력 5V-50mA로 작동되며, 감지기 데이터 수집을 위해 추가적으로 5V-50mA 가 소요될 것으로 예상된다.

유사한 방법으로 기존 주차 안내 시스템을 기준으로 가상의 초음파 자동차 감지기를 사용하여 전력 소비를 평가하였다. 표 3에 보인 바와 같이 기존 시스템의 총 소비 전력은 4.5KW였던 반면 주차 공간 평균 소비 전력은 3.6KW였고, 주차 공간 감지기는 지속적으로 12V-100mA를 소비할 것으로 예상된다. 이 시스템은 유선 통신 시스템이라는 가정 하에 통신 중계기는 제외했다.

표 2. 설계된 시스템의 전력 소비 평가
Table 2. Power consumption estimation of designed system

	항목	수량	평균소비전력 (Watts)		
			소스	단위평균	소계
1	Parking space detector	3000	Bat.	0.000128	0.3833
2	Passing vehicle decoder	6	Bat.	0.001607	0.0096
3	Entrance display	1	Wired AC	50	50
4	Turnoff display	60	Wired AC	10	600
5	Section display	120	Wired DC	0.5	60
6	Communication repeater	120	Wired AC	0.25	37.5
7	Floor controller	6	Wired AC	25	150
8	Main controller	1	Wired AC	35	35
총계					932.89
주차 공간 평균					0.3929

표 3. 기존 시스템의 전력 평가
Table 3. Operating power estimation of traditional system

	항목	수량	평균소비전력 (Watts)		
			소스	단위평균	소계
1	Parking space detector	3000	Wired DC	1.2	3600
2	Passing vehicle decoder	6	Wired DC	1.2	7.2
3	Entrance display	1	Wired AC	50	50
4	Turnoff Display	60	Wired AC	10	600
5	Section display	120	Wired DC	0.5	60
6	Communication repeater	-	-	-	0
7	Floor controller	6	Wired AC	25	150
8	Main controller	1	Wired AC	35	35
총계					4502.2
주차 공간 평균					3607.2

제안된 시스템의 평가 결과는 기존 시스템 에너지의 20%로 동작이 가능하다. MKE(Ministry of Knowledge Economy)의 가정용 전원을 사용한 가전제품

에 대한 CO₂ 변환 기준(1Wh=0.425g)[6]에 의해 설계된 본 시스템은 총 전력 감축의 비율로 CO₂ 방출량을 줄일 수 있다.

표 4에 보인 바와 같이 매년 유지보수 비용은 기존 시스템에 비해 18%로 운영이 가능하다.

리튬 배터리의 가격은 AA셀의 경우 2.6\$, D셀의 경우는 15\$ 그리고 배터리교체 인건비는 셀당 3\$로 계산하며 교체주기를 5년으로 본다.

표 4. 매년 유지보수 가격변환 결과
Table 4. Annual maintenance cost converted result

	항목	매년 유지보수 가격 (us\$)				
		실비용	인건비	소계	총계	
1	제안 시스템	Battery	1560	1800	3360	7442
		Wired	4082	-	4082	
2	기존 시스템	Wired	39437	-	39437	39437

Ⅶ. 결론

본 논문에서는 인텔리전트 빌딩을 위해 에너지를 줄일 수 있는 주차관리 시스템의 설계에 대해 서술하였다. 이 시스템은 무선 주차 감지를 위한 Park Tile과 Park Disk를 기본으로 설계하였고, 또한 3,000개의 주차 공간 감지기와 120개의 색선 디스플레이, 120개의 통신 리피터 그리고 6개의 자동차 카운트 감지기로 설계되었다. 통신망 설계, 정보 서비스 시나리오 계획, 배터리 수명 규정 및 운영전력 평가가 수행되었다.

주차관리 시스템의 동작 전력은 0.93KW로 기존 시스템에 비해 20%에 불과 했고, 매년 유지비용은 기존 제품의 18% 정도로 추정된다. 저 전력을 위해 설계된 본 시스템은 이산화탄소 방출량 감소에도 크게 일조할 것으로 기대된다.

참고 문헌

- [1] A. Pedrini, F.S. Westphal, R. Lamberts, "A methodology for building energy modeling and calibration in warm climates", Building

- and Environments, Vol. 37, pp. 903-912, 2002.
- [2] T. B. Hodel, S. Cong, "Parking space optimization services, a uniformed web application architecture", ITS World Congress Proceedings, pp. 16 - 20, 2003.
- [3] 이현재, 이현택, 신현식, "유비쿼터스 센서 네트워크 기술에 관한 연구", 한국전자통신학회논문지, 4권, 1호, pp. 68-74, 2009.
- [4] Bi Yan-Zhong, Sun Li-Min, "A parking Management System Based on Wireless Sensor Network", Acta Automatica Sinica, Vol. 32, No. 6, pp. 968-977, 2006.
- [5] Korea Traffic Information Engineering Society, "Traffic Information Engineering", pp. 46-48, 2008.
- [6] Ministry of Knowledge Economy, "Standard for CO₂ emission indication of electric home appliances", [Online] http://www.kemco.or.kr/nd_file/kemco_eng/MKE_Notice_2010-124.pdf

저자 소개



이창기(Chang-Ki Lee)

1988년 전북대학교 전자공학과 졸업
(공학사)

1990년 전북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)

1994년 전북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)

2005년~현재 신경대학교 인터넷정보통신학과 교수

※ 관심분야 : 컴퓨터 네트워크, 근거리통신(NFC)



임형규(Hyung-Kyu Im)

1982년 전북대학교 전자공학과 졸업
(공학사)

1985년 전북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)

1996년 전북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)

2007년~현재 신경대학교 인터넷정보통신학과 교수

※ 관심분야 : 신호처리