

Design and Implementation of Distributed Parking Space Management Service in Scalable LPWA-Based Networks

Shinyeol Park[†] · Jongpil Jeong^{††} · Dongbeom Park^{†††} · Byungjun Park^{††††}

ABSTRACT

Due to the development of cities and the increase of vehicles, effective control of parking space management service in cities is needed. However, the existing parking lot management system does not provide limited or convenient service in terms of space and time. In this paper, we propose distributed parking space management service based on large scale LPWA (Low-Power Wide-Area). The parking sensor collects parking space information from the parking lot and is transmitted over a low-power wide network. All parking data is processed and analyzed in the IoT cloud. Through a parking space management service system in all cities, users are given the temporal convenience of determining the parking space and the area efficiency of the parking space.

Keywords : LPWA, IEEE 802.15.4k, IoT Cloud, Smart Parking, Distributed Parking Space Management Service

대규모 LPWA기반 네트워크에서 분산된 주차 공간 관리서비스의 설계 및 구현

박 신 열[†] · 정 종 필^{††} · 박 동 범^{†††} · 박 병 준^{††††}

요 약

도시의 급속한 발전과 인구유입에 따른 차량의 증가로 부족한 도시의 주차 공간에 대한 효율적인 관리가 필요하고 사용자에게 보다 편리함을 제고할 필요가 증대되고 있다. 그러나 기존의 주차장 관리시스템은 공간적 및 시간적으로 제한되어 있거나, 편리함을 제공하지 못하고 있다. 본 논문에서는 광역의 분산된 주차 공간 관리서비스에 LPWA기반의 통신, IoT 클라우드를 구축하여 주차 공간 관리서비스에 대한 효율화 및 편리성을 높이도록 제안한다. 주차 센서는 주차장의 주차 공간 정보를 수집하며 저전력 광역 네트워크를 통해 전송되며, 모든 주차 데이터는 IoT 클라우드에서 처리되고 분석되어, 주차 공간관리 서비스 시스템을 통하여, 도시의 사람들에게 주차 가능 면적을 확인하도록 하여 시간적인 편리함과 주차 공간에 대한 면적 효율화를 제공한다.

키워드 : LPWA, IEEE 802.15.4k, IoT 클라우드, 스마트 주차, 분산된 주차 공간 관리 서비스

1. 서 론

산업과 교통의 급속한 발전으로, 도시차량 유입이 계속 악화되면 재해된 도시공간을 개발하고 유지하는 장치의 비용이 정부에 큰 부담이 될 수 있다. 최근에는 이용 가능한 주차 공

간을 발견하는 것이 항상 운전자들에게 어렵고, 점점 더 많은 자가용 이용자들이 늘어나면서 더 어려워지는 경향이 있다. 전통적으로 주차 공간은 건물구축 및 시설에 대한 비용이 높고, 기존 거주시설과의 민원이 발생하는 등 도시계획관리 차원에서 개선이 요구되는 사항이었으며, 정확한 측정 결과를 위해서는 시간과 비용 및 절차 등이 소요된다. 이에 주차 공간에 대한 관리 모니터링 스테이션으로 효과적인 면적 및 공간관리 및 대국민 편리성을 제고시켜, 삶의 만족도를 높일 필요가 있다[1].

IoT (Internet-of-Things) 기술의 급속한 발전으로 인해 주차가능 여부가 감지되고 해당 데이터가 WSNs(무선 센서 네트워크)와 같은 무선 네트워크를 통해 서버에 전송하는 연구는 지속되어 왔다[2-5]. 하지만, 단거리 전송 기술로서의

* 이 논문은 교육부의 지원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구 사업(No. 2017R1A6A3A11035613)과 (No. NRF-2016R1D1A1B03933828).

** 이 논문은 과학기술정보통신부 및 정보통신기술진흥센터의 대학HCT연구센터지원사업의 연구결과로 수행되었음(IITP-2018-08-01417).

† 준 회 원: 성균관대학교 스마트팩토리융합학과 석사과정

†† 경 회 원: 성균관대학교 스마트팩토리융합학과 교수

††† 비 회 원: 파워보이스 R&D Lab 실장

†††† 비 회 원: 성균관대학교 체력과학연구소 리서치펠로우

Manuscript Received : May 23, 2018

Accepted : July 26, 2018

* Corresponding Author: Jongpil Jeong(jpjeong@skku.edu)

WSNs은 매우 제한된 커버리지 만을 제공할 수 있으며, 이는 넓은 갑지 영역에 걸쳐 방대한 수의 주차 공간 센서의 통신 요건을 충족시킬 수 없다는 한계점이 있다. 상기 문제를 해결하기 위해, LPWA(저전력 광역)기술, 새로운 M2M (Machine-to-Machine) 통신 기술을 사용할 수 있다. 제한된 데이터 전송 속도로 메시지를 보내거나 수신하지 않는 장치에 대해 유비쿼터스 범위, 낮은 에너지 소비 및 비용을 제공하도록 특별히 설계되었다[6-9].

일반적으로 LPWA 네트워크는 교외 및 20km 이상의 시골 범위와 약 5km의 전형적인 도시 범위 또한 LPWA 기술은 10년 이상 긴 배터리 수명으로 장치를 작동시킬 수 있다. 이러한 LPWA 기술의 특징은 주차상태 모니터링과 같은 전형적인 스마트 도시 어플리케이션에 특히 유용하다. LPWA 기술과 주차상태 모니터링 시스템을 통합함으로써 주차상태 모니터링 노드를 도시 지역의 모든 구석에 널리 분산시켜 모니터링의 공간적 및 시간적 해결을 크게 향상시킬 수 있다. 또한 LPWA 네트워크의 스타토풀로지 및 장시간의 배터리 수명은 주차상태 모니터링 시스템의 유지 보수 및 배치 비용을 줄일 수 있다[10].

본 논문에서는 LPWA 네트워크를 기반으로 한 주차상태 모니터링 시스템을 제안한다. 첫째, 제안 된 시스템의 아키텍처를 간략하게 제시한다. 그런 다음 하드웨어 및 소프트웨어 설계에 대해 자세히 설명한다. LPWA 액세스 포인트(AP) 오픈 소스 SDR (Soft-Defined Radio) 플랫폼에서 구현된다. 주차상태 모니터링 노드는 자체 개발한 센서, MCU (마이크로 컨트롤러 유닛), 배터리 등으로 구성된다. 감지된 데이터를 처리하고 분석하기 위해 다양한 종류의 서버가 있는 IoT 클라우드가 구축되었다. 사용자는 웹 사이트 또는 모바일 응용 프로그램(APP)을 통해 주차장의 가용상태 정보에 액세스 할 수 있다. 제안된 주차관리 시스템이 현장에 설치되고 운영되어, 주차 공간에 대한 정확하고 편리한 주차 및 과금 방식을 보여주고 있으며, 이는 도심에서 주차장 공간 활용에 대한 패턴변화를 어느 정도 밝혀내는 데 도움을 줄 수 있다[10].

논문은 다음과 같이 구성되었다. 2절에서는 제안된 방법론의 기초로서 LPWA 통신기술의 주요특성을 정의하고, 주차 관리시스템에 대한 기준연구 사례를 조사하고, 다양하게 시도되고 있는 스마트시티의 프로젝트 사례와 지능형 주차관제 시스템의 기술 로드맵에 대하여 파악한다. 3절에서는 시스템 아키텍처에 대한 구성을 살펴보고, 4절에서는 시스템 구현에 필요한 H/W 및 S/W에 대하여 설명한다. 5절에서는 국내에서 구축된 지능형 주차상태관리시스템에 대한 구현사례를 설명하고, 마지막으로, 6절에서는 본 논문의 결론과 향후 연구의 범위를 제안한다.

2. 관련 연구

2.1 LPWA기술

사물인터넷(Internet of Things)이란 모든 사물들이 인터넷에 연결되어 상호 간에 직접 통신하는, 향후 정보통신의 미

래 인프라 및 서비스이다. 사물인터넷은 크게 셀룰러 이동통신 기반의 IoT와 비셀룰러 기반의 IoT로 분류된다. 사물인터넷 서비스의 활성화를 위해서는 보안문제, 법 제도 문제, 개방형 공통 플랫폼의 구축 등 선결되어야 할 문제가 있지만, 가장 걸림돌은 배터리 수명문제, 통신거리, 솔루션 가격과 월 사용료 등의 비용문제 등이다. Fig. 1은 IoT의 무선 커넥티비티를 나타낸다. 응용분야에 따라 다양한 모든 커넥티비티가 사용되고 있다. 예를 들면 커넥티드 자동차와 같은 실시간, 광역 응용분야에는 셀룰러 기반의 솔루션이, 홈, 오디오, 비디오와 관련된 응용분야에는 WLAN (Wireless Local Area Network), WPAN (Wireless Personal Area Network)이 적합하며 스마트 시티, 스마트 미터링과 같은 분야에는 LPWA와 같은 솔루션이 적합하다[6]. 위에서 업급한 문제를 해결하기 위한 기술개발 및 표준화가 다양하게 연구되고 진행되고 있다. 즉 저전력 광역 통신(최대 40km)이 가능하여, 상대적으로 설치해야 할 인프라 수를 대폭 축소하여 솔루션 구축비용의 절감이 가능하며, 월 사용료가 디바이스 당 1달러 정도의 비용으로 저렴하게 사물인터넷 서비스 제공이 가능한 솔루션에 대한 기술개발 및 표준화 연구가 진행되고 있다.

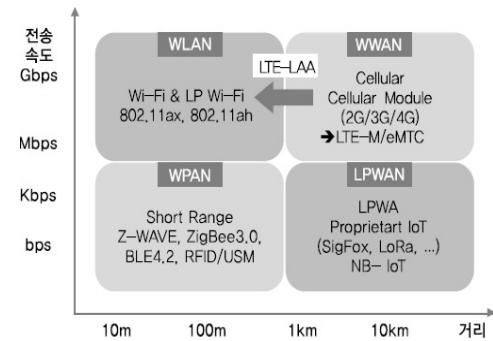


Fig. 1. Wireless Connectivity in IoT (Source: ETRI)

Fig. 2는 비면허대역의 표준을 나타낸다. 비면허대역 광역 IoT 기술에 대표적인 표준은 2014년 9월에 완료되었으며, LTN 001 유스케이스, LTN 002 기능구조, LTN 003 프로토콜 및 인터페이스 표준으로 구성된다. 이 표준에는 크게 대역 확산에 의한 협대역 펄스에 의한 UNB (Ultra Narrow Band) 표준과 DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum) 표준이 있다. SigFox와 LoRa의 멤버가 의장과 부의장을 맡아서 작성된 표준으로서, 이들 표준에 준하여 작성된 대표적인 표준은 2014년 9월에 완성된 UNB기반의 SigFox라는 전용 Proprietary 표준과 IEEE 802.15.49기반의 DSSS 방식으로 LoRa Alliance에서 2015년 6월에 완성된 개방형 LoRa 표준이 있다. LoRa는 2015년 초에 결성된 IBM, Semtech, Actility, Microchip 등을 멤버로 구성된 LoRa Alliance에 2015년 6월 16일 발표한 LoRaWAN R1.0 개방형 표준이고, IEEE 802.15.49기반의 표준이며 비동기식 저전력 원거리 통신망이다[11].

한국은 PHY 규격이 추가된 V1.0.2가 2016년 10월 배포되었으며, Fig. 3은 LoRa를 상용화한 SK 텔레콤의 LoRa 네트워크 구성도이다.

구분	LTE-M(Cat.1)	NB-IoT(Cat.2)	LoRa
표준화	3GPP Rel8 표준화 완료	3GPP Rel13, '16년 표준화 완료'	비표준
상용	'16년 상반기 상용화(한국)	'17년 4월 상용화 예정	'18년 하반기
속도	[DN] 1Mbps, [UP] 1Mbps	[DN] 200kbps, [UP] 128kbps	[DN] 5.5kbps, [UP] 3.0kbps ~ 5.5kbps
영방향	불가	eDRX 기능을 통한 영방향 송신	불가
주파수 대역(QoS 보장)	한화통신 LTE 주파수	한화통신 LTE 주파수	비대역 대역 917~923.5MHz
Battery life	PoM 적용시 10년	PoM 적용시 10년	10년
Cell 커버리지	1~2km	15km	1km
커버리지	전국망 (LTE 커버리지 1.2)	전국망 (LTE 커버리지 1.2)	특정지역 서비스 (16,000km ² , 10월 기준)
서비스 성공률(율집)	99% 이상	99% 이상	20%~40% (기준)
단말 생태계	한국통신 네트워크 협회	LTE 3GPP 표준화 협회	모토 Semtech 품질 소수 협회
보안	기부자인증, NAS, security, MME 무선망 통제 및 암호화, AS security, UE 암호화, 무선망 통제 및 암호화	글로벌 표준으로 기술 혁신화, 글로벌 표준 수용	망 인증 있는 단말간 통신으로 단말에게 불가
글로벌 표준	글로벌 표준으로 기술 혁신화, 글로벌 표준 수용	LoRa Alliance 대상 한정 로밍 수용	고급 협회 보험 미동자 지원
이동성	지속/초고속 모노위즈	UDN (CoMP)	-
프로토콜	TCP/HTTP	UDN (CoMP)	불가
통화 가능(핸드오버)	지원	불가	불가

Fig. 2. Standards for Non-handled Band Wide Area (LPWA)(Source: ETRI)

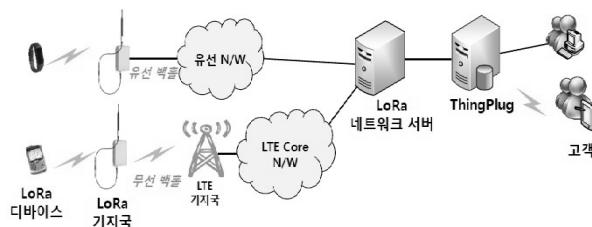


Fig. 3. Configuration diagram of SK Telecom LoRa Network (Source: SK Telecom)

LoRa 디바이스는 IP 없이 LoRa 규격에서 정의된 단말 고유 ID로 구분되며, 기지국과 물리 계층 간에 송수신을 수행하고, N/W서버와 LoRa MAC 계층 간에 프로토콜로 연동이 된다. LoRa 기지국은 단말의 무선 신호를 Bit Stream으로 복조하고, 메시지 디코딩 없이 그대로 N/W 서버에 단순 전달하는 역할을 수행한다. 네트워크 서버는 단말과 LoRa MAC 프로토콜로 연동하여 단말의 망접속, 재전송 등의 신호처리 기능을 수행하고, One2M2M 규격에 맞추어 IoT 플랫폼(ThingPlug 7)으로 단말기의 데이터를 전달한다[12].

2.2 주차관제시스템 프로젝트

주차관리에 대한 연구는 지난 20년 동안, 많은 도시(헬싱키, 퀼른, 마인츠, 슈투트가르트, 비스바덴, 알보그, 헤이그)의 운전자에게 실시간 변동되는 정보를 제공하여, 편리한 주차가 되도록 연구가 지속되어 왔다. 주차관제 시스템은 운전자가 최종 목적지에 접근 할 때, 빈 주차 공간을 찾도록 도와주고 있으며, 주차 예약 시스템 및 주차 수익 관리시스템의 개념을 연구하였다[13]

바르셀로나 스마트시티는 Les Corts District의 Gran Via de Carles III 내에 약 500 대의 주차 무선 Fastprk 센서를 포함하여 적용되었다. 이 프로젝트는 SigFox 통신 기술을 사용하여, 도심지역의 혼잡을 줄이고 CO₂ 배출량을 줄이면서 운전자의 경험을 향상시키는 것을 목표로 한다. World Sensing은 무선 감지 네트워크를 기반으로 하는 솔루션을 통해 교통 관

리 및 산업계에 혁명을 불러 일으켜 실시간으로 교통 탐지 및 데이터 캡처를 가능하게 한다[10]. 스마트 파킹은 주차 공간에 대한 예약, 경로안내, 결제 등을 위해 센서, 주차 분석, 파킹 앱 프로바이더가 모바일 앱을 통합하여, 파커(Parker), 패켓마이 하우스(Parkat-my House), 파크모바일(Park mobile), 쿼크페이(QuickPay)와 같이, 주차를 하는데 있어서 많은 부분을 간소화시키고 국가재정 비용을 절감하도록 하고 있다. 영국의 패켓마이 하우스는 주차하려는 사람에게 가용한 주차 공간을 연결해주도록 디자인된 온라인 서비스로 공유경제 비즈니스 모델이다. 북미지역의 가더파크(GottaPark)는 고객을 대상으로 P2P(Peer-to-Peer) 주차 비즈니스 모델을 활용하여 지난 6년 간 10,000여 명의 운전자들에게 편의를 제공하였다. 미국과 유럽에서 스트리트라인(Streetline)은 노상과 노외 주차 관련 시정부 및 교통관리 센터, 통근자들을 위하여 혁신적으로 실시간 주차 솔루션을 제공한다[14-16].

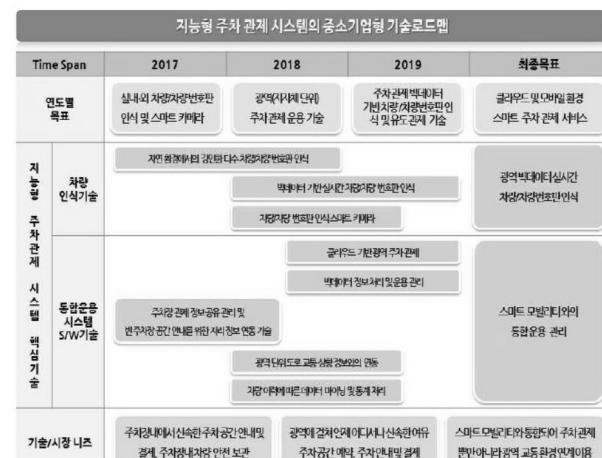


Fig. 4. Technology Roadmap of Intelligent Parking Control System (Source: Government)

지능형 주차관제 시스템의 기술로드맵은 영상 데이터 및 센서 데이터를 사용하여, 차량 번호판 인식, 차량 인식 등을 수행하고 이에 기반을 두어 주차장 출입통제, 빈 주차 공간으로 주차 유도, 주차 위치 확인, 주차 요금 정산 등의 서비스를 제공하는 차량인식 기술과 통합운영시스템 S/W기술로 구분되며, 장기적인 로드맵을 설정하여 기술개발을 진행한다. 확정된 요소기술은 차량 및 차량번호판 인식과 관련한 자연 환경에서 다양한 형태 차량 및 차량 번호판 영상 인식기술, 빅데이터 차량 및 차량 번호판 영상 인식 기술, 차량 및 차량 번호판 인식 스마트 카메라 개발 기술 등이 설정되었으며, 통합 운용 시스템 S/W기술에는 주차장 관제 정보 공유 관리 및 주차 예약 관리 운용, 여유 주차장 공간 안내를 위한 지리 정보 및 교통 정보 연동기술, 관리자용 지도 제작 및 주차장 내 차량 위치 정보 제공 기술, 주차 이력에 따른 데이터 마이닝 및 통계 처리, 클라우드 기반 광역 주차 관제 데이터 정보 처리 및 운용 관리, 스마트 모빌리티와의 연동기술 등이 설정되어 년차별로 개발된다[16-20].

2.3 스마트시티 프로젝트

스마트시티(Smart City)는 경제수준과 국가의 도시정책에 따라 정의가 상이하지만, 일반적으로 정보통신 기술을 활용하여 도시의 경쟁력 및 삶의 질을 향상시키고 도시의 지속 가능성은 추구하는 도시로 정의된다. 스마트도시 추진목표는 에너지 효율화가 36%로 가장 높은 비중을 차지하며, 신도시 개발 및 도시 관리 부문이 27% 정도를 차지하고 있다. 그 외에 융·복합적 특징을 반영하여 정보통신기술 혁신, 데이터의 개방, 통합적 도시 관리를 위한 지능화, 시민참여 등에 관심을 두고 있다[21].



Fig. 5. IBM Smart City Concept (Source: IBM)

Fig. 5와 Fig. 6은 스마트시티에 대한 개념 및 국가별 스마트시티 진행 형태를 나타낸 것으로, 국가별로 목표에 따라 다양한 형태로 추진되고 있다.

구분	스마트시티 개념
EU	• 디자일 기술을 활용하여 시민을 위해 더 나은 공공서비스를 제공, 자원을 효율적으로 사용, 환경에 미치는 영향을 최소화해야 시민의 삶의 질 개선 및 도시 지속가능성을 높이는 도시
Birmingham City Council	• 인적자원과 사회 인프라, 교통수단, 그리고 첨단 정보통신기술(ICT) 등에 투자하여 지속적인 경제발전과 삶의 질 향상을 이루는 도시
인도	• 상하수도, 위생, 보건 등 도시의 공공서비스를 제공할 수 있어야 하며, 투자를 유인할 수 있어야 하고, 행정의 투명성이 높고 비즈니스하기 쉬워, 시민이 안전하고 행복하게 느끼는 도시
Gartner	• 다양한 서비스시스템 간 지능형 정보교류를 기반으로 하며, 스마트기어네스 운영 프레임워크를 기반으로 지속적인 정보교환을 수행
Forrester Research	• 스마트도시는 주요 인프라 구조요소 및 도시서비스를 만들기 위해 스마트 컴퓨팅 기술을 사용하여 좀 더 지능적이고 성호연결되어 있으며 효율적인 도시 관리, 교육, 의료, 공공안전, 부동산 교통 및 유저리더를 포함

Fig. 6. Concept of Smart Cities by Country (Source: National Building Policy Committee (2016))

Fig. 7과 같이, 정부(대한민국)에서도 사회·경제적 파급력이 높아 신속하고 집중적인 지원이 필요한 “대 국가 전략 프로젝트” 중 하나로 성장동력 확보를 위해 “스마트 시티”를 선정하고, 기존의 법(U-City법)을 스마트 도시 법으로 개정하는 등 적극적 지원하고 있으며, 스마트도시(U-City)의 기반시설을 통신망, 지능화된 기반 시설, 도시통합운영센터로 신도시를 개발할 때 추진하고 있다[22].

정부에서도 U-시범사업, U-Eco City사업, 지능형 전력망(스마트그리드) 사업, 자동차 전용도로 자율 주행 핵심기술 개발사업 등 Fig. 8과 같이 다양하게 스마트시티 프로젝트가



Fig. 7. U-City Integrated Operations Center (integrated Platform) Model (Source: KRIHS)

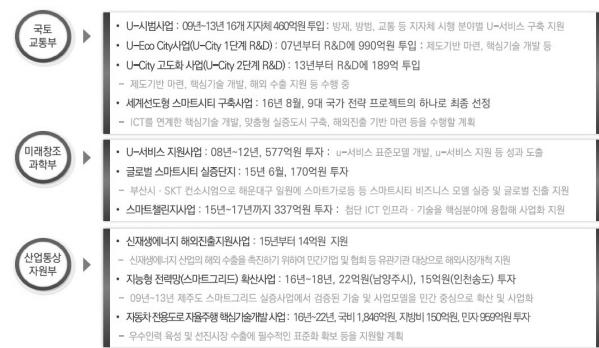


Fig. 8. Current Status of Smart City Projects in Korea
(Source: KRIHS)

추진중에 있으며, 주차 관제 시스템도 그중에 하나의 스마트 시티 프로젝트로 진행되고 있다[23-25].

3. 분산된 주차 공간 관리 서비스

3.1 아키텍처

분산된 주차 공간 관리 시스템은 Fig. 9, Fig. 10과 같이 IoT 기술 기반으로 운전자에게 주차장 위치와 요금, 주차 가능 면수 등 맞춤형 정보를 모바일 앱 및 웹으로 운전자에게 제공하며 내비게이션과도 연동하도록 시스템을 구축하며, 이러한 서비스를 운영하기 위해서는 3개의 계층적 IoT 아키텍처가 채택되며, Sensor 계층, Network 계층, Application 계층의 아키텍처가 구축된다[10, 26, 27].

3.2 구성

1) 센서 계층(Sensor Layer)

Sensor Layer는 분산 주차 관리 시스템의 Base로 차량의 주차상태 감지 및 데이터를 센싱하는 역할을 한다. 감지 계층의 주요 Entity로서, 분산된 주차 노드는 배터리 전원을 사용하여 넓은 노상변의 무인주차 영역에 광범위하게 설치된다. 따라서 이러한 노드에서 대규모 광역의 주차 데이터를 수집

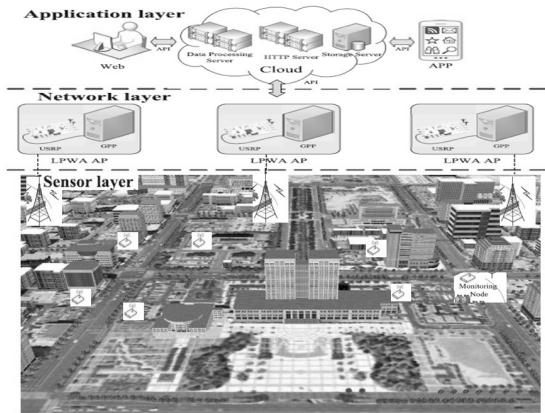


Fig. 9. Architecture of the LPWA-based Distributed Parking Space Management System

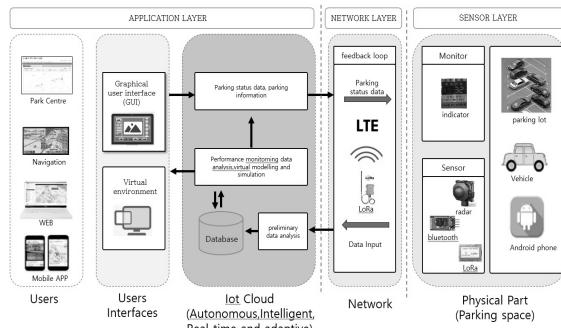


Fig. 10. Modelling of Parking Space Management System

할 수 있다. 차량 인식율을 제공하는 Radar 센서를 통해 차량 입·출차 Event를 실시간 감지할 수 있도록 설계하며, 바닥면에 설치되어 주차면의 차량 점유 여부를 감지한다.

2) 네트워크 계층(Network Layer)

Network Layer는 IEEE802.15.4k 사양에 기반을 둔 LPWA 네트워크로 모니터링 노드와 AP (Access Point) 간에 유비쿼터스 연결을 한다. 커버리지(통신 도달 범위) 성능을 높이고, 수신 감도를 높이기 위해 물리 계층에 특정 DSSS 기법이 적용된다. AP는 유연하고 비싸지 않은 프로토콜 방식을 적용하여 오픈 소스 SDR을 기반으로 개발된다[28-29].

3) 어플리케이션 계층(Application Layer)

Application Layer은 감지된 데이터를 처리하고 사용자에게 상호 작용 서비스를 제공하기 위해 필요하다. 이 Layer는 IoT 클라우드, 클라이언트 어플리케이션 등 두 부분으로 나눠진다. AP는 센서 노드에서 수집된 차량주차 상태 데이터를 수신하면 먼저 IoT 클라우드의 데이터베이스에 데이터를 저장한다. 수집된 차량 주차정보 데이터는 IoT 클라우드에서 집계, 처리, 분석한다. 또한 IoT 클라우드는 API(Application Programming Interface)를 통해 컴퓨터 기반 웹 디스플레이 시스템이나 스마트 폰 기반의 모바일 APP 같은 클라이언트 애플리케이션에 의해 Triggered 정보 전달 및 서비스를 지원

한다. 사용자는 클라이언트 Application의 도움을 받아 IoT 클라우드에서 주차 가능한 빈 공간 정보를 쉽게 얻을 수 있다.

4. 시스템 구현

4.1 하드웨어 구현(Hardware Implementation)

시스템의 하드웨어에는 주로 1) Monitoring Node 2) AP Node로 구성된다. 모니터링 노드는 실시간 주차 데이터를 수집하고 무선 채널을 통해 이러한 데이터를 AP로 전송한다. AP는 무선 신호를 수신하고 주차 상태 데이터를 정확하게 탐지한다. 두 가지 구성 요소에 대한 상세 내용은 다음과 같다.

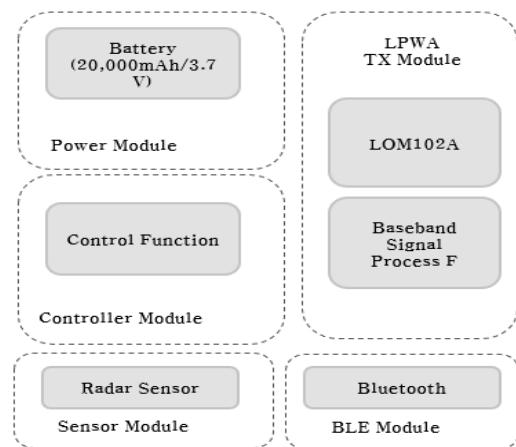


Fig. 11. Main Functional Components of the Monitoring Node

Table 1. Specifications of the Monitoring Node

Description	Part Number	Manufacturer
LPWA Module	LOM102A-LoRa	WISOL
Radar Sensor	A111-R2A/FCCSP	Acconeer
Bluetooth Module	BGM113	Silicon Labs
MCU	STM32L475VGT6	STMicro
Battery (Lithium ion)	ER18505, 3.6V/4000mA x 8ea(Max)	Energy Very Endure)

1) 모니터링 노드(Monitoring Node)

Fig. 11과 Table 1과 같이, 각 Monitoring Node는 다섯 가지 기능 구성 요소(즉, 전원모듈, 센서모듈, 컨트롤러, LPWA 모듈, Bluetooth 모듈)로 구성된다. 센서 모듈은 자동차 주차 상태정보를 감지하고 USART(병용 동기식/비동기식 수신기 / 송신기) 인터페이스를 통해 이를 컨트롤러 모듈로 전송한다. 그런 다음 컨트롤러는 차량주차상태 데이터를 샘플링하여 IEEE 802.15.4k 사양에 따라 기저 대역 신호 처리 절차에 부합하는 무선 전면 RF 모듈을 통해 데이터를 전송한다. 또한 노드 내에서 모든 제어 워크 종료를 수행한다. Monitoring Node는 장기적인 사용을 지원하는 배터리 시스템(DC 12V, AMP 100Ah)으로 구동된다.

a) 센서 노드(Sensor Module)

센서는 Radar 센서 및 Loop센서, Magnetic 센서를 포함한 여러 개의 센서로 구성된다. Radar 센서(60GHz)를 통해 다른 방식 센서에 대비하여 월등히 높은 정확도(98% 이상)의 주차면 차량을 인식한다. Radar 센서는 비접촉 방식으로 차량 입·출차 이벤트를 감지하고, 유기체에 대한 고유 특성을 데이터화하여 판별한다. 기존 Loop 안테나의 디자인이나 방식과 달리 바닥면에 설치되어 주차면의 차량 점유 여부를 실시간 감지하여 정밀한 데이터를 얻을 수 있다. 또한, Radar 센서는 Self Diagnosis, 주기 상태 보고를 통해 센서 이상여부 모니터링 기능을 제공한다.

b) 컨트롤 노드(Control Module)

Control module의 모든 제어 기능은 80MHz 주파수, 고속 임베디드 메모리(최대 512KB의 플래시 메모리 및 최대 32KB)에서 작동하는 ARM® Cortex®-M4 32-bit RISC, 컨트롤러인 STM32L47-5VGT6 MCU, SRAM (최대 128 Kbyte) 및 3 개의 APB Buses에 연결된 광범위한 I/O 및 주변 장치를 제공한다. 이 MCU는 최대 2개의 고속 12비트 ADC(5Msps), 2개의 Comparators, 2개의 작동 Amplifiers, 2 개의 DAC채널, 내부 전압 기준 버퍼, 저전력 RTC, 2개의 범용 32비트 타이머, 2개의 16비트 PWM 타이머와 표준 및 고급 통신 인터페이스를 제공한다. 또한 MCU는 DFSDM (외부 시그마 델타 변조기)에 대해 4개의 디지털 필터를 지원한다. 이러한 특징으로 인하여 STM32L475-VGT6 마이크로 MCU는 시스템 적용에 유리하다[30]. 전원을 켜거나 재설정한 후에 모니터링 노드가 RUN모드에 있게 된다. 전력 소비를 줄이기 위해 일반적으로 낮은 전원 모드에서 대기하다가 작동 모드로 진입한다. 일반적으로 낮은 전력 소비 모드는 세 가지가 있다. 즉, Sleep, Stop 및 Standby 모드이다. Sleep, Stop 모드에서는 모든 I/O핀이 Run 모드와 동일한 상태를 유지하며 SRAM과 레지스터의 내용이 유지되어 어느 정도 전력을 소비한다. Standby 모드에서는 최소한의 전원만 필요하며 SRAM 및 레지스터에 저장된 콘텐츠가 손실된다. 반면에, LPWA 시스템에서의 전송을 위해서는 최대 32768까지의 SF를 갖는 확산 시퀀스를 계산하는데, 많은 시간과 전력 소비가 필요로 한다. 노드 전원이 켜지면, 확산 시퀀스는 주어진 사용자 ID로 한번만 계산한 다음 플래시 메모리에 저장된다. 플래시 메모리의 내용은 모든 모드에서 유지된다. 그런 다음, 노드가 Standby 모드에서 깨어 난 후에 추가 계산 없이 사용하기 위해 확산 시퀀스를 읽을 수 있다. 추가적인 에너지 절약을 위해 어댑티브 듀티 사이클 조정노드에 사용된다. PD기능(사물인지기능)은 대개는 변동하지 않으므로, 차량상태를 감지하고 1분마다 데이터를 전송하기 위해 노드가 웨이크업 된다. 감지 데이터의 연속 블록 두개가 주어진 임계값보다 큰 경우 듀티 사이클은 대기 시간을 모니터링하기 위해 듀티 사이클을 낮춘다. 그렇지 않으면 절전 기간이 기본값으로 증가할 수 있다.

c) LPWA 송신 모듈(Transmitter Module)

LPWA 송신모듈은 SKT LoRa 모듈을 적용한다. 이모듈은 LoRa Alliance의 LoRaWAN Specification 국제 규격을 준수하여야 하며, LoRa Alliance Certification 인증을 획득하거나 LoRa Alliance Certification 인증에 규정된 항목들을 준수한다. 또한, IEEE 및 RFC, ETSI 표준을 준수하여야 하며, 관련 국내법(전기통신 기본법, 전기통신 사업법, 전파법, 무선국 기술기준 등)을 준수하여야 한다. LoRa 모듈은 32-bit ARM Processor 외 32-bit Intel Harvard x86 (Quark), 32-bit MIPS 등 MCU 구성되었으며, 메인칩의 외부 인터페이스는 UART, I2C, SPI, GPIO, ADC 등 I/O port를 통하여 저전력 작동으로 설계된 무선 송수신 칩을 통해 전송된다[31].

d) 전원 모듈(Power Module)

전원노드는 황산화 리튬 배터리로 구동되며 태양 전지판을 통해 충전할 수 있다. 태양열 발전의 문제 중 하나는 태양열 패널의 출력 전압이 종종 가변적이고 배터리를 충전하기에는 너무 크다는 것이다. 태양열 충전 컨트롤러는 전압을 낮추고 전기 에너지를 안전하게 배터리에 저장하는 역할을 한다. 또한 과 충전 또는 과 방전으로부터 배터리를 보호하기 위해 배터리 레벨을 실시간으로 모니터링 한다. 태양열 충전 컨트롤러의 도움을 받아, 배터리는 모니터링 노드의 각 모듈에 안전하고 안정적인 전원을 공급한다.

2) AP 노드(Access Point Node)

Network layer 의 AP노드는 컴퓨터와 USRP (범용 소프트웨어 무선 주변 장치)로 구성된 오픈 소스 SDR 플랫폼 기반의 GPP(범용 프로세서)을 사용하여 구현된다. Ettus USRP B210은 IEEE802.15.4K의 모든 작동 주파수 대역을 포괄하는 70MHz에서 6GHz까지의 넓은 주파수 범위 때문에 일반 RF 장치로 선택된다. USRP B210의 주파수 변환 및 디지털화 후, 수신된 신호는 USB 3.0 인터페이스를 통해 GPP와 함께 일반 컴퓨터로 전송된다. 이어서, 수신기의 기저 대역 신호 처리부의 기능은 실시간 GNU 라디오 기반의 신호 처리 구조를 사용하여 실현된다. 수신기에서 주파수 및 위상 오프셋의 영향을 제거하기 위해 시스템 중복 제거를 위해 비 응축 감지가 먼저 사용된다. 다음으로, 방대한 수의 모니터링 노드에서 동시 데이터 전송을 처리하기 위한 병렬적인 전문 탐지 체계가 채택된다. 각 가공 스레드에는 FFT(고속 푸리에 변환)기반 알고리즘이 사용되어 전방위 검출을 위한 상관관계 프로세스를 구현하며, 동적 타이밍 조정 알고리즘을 사용하여 최적의 샘플링 시간을 추적한다[31].

4.2 소프트웨어 구현

Fig. 10과 같이, 프로세스 시스템에서 제공하는 서비스를 사용자가 최대한 활용할 수 있도록 IoT 클라우드 뿐만 아니라 클라이언트에도 많은 소프트웨어 프로그램이 필요하다.

1) 서버(Server)

IoT 클라우드에는 서로 다른 기능을 가진 3개의 서버로 구성된다.

a) 데이터 프로세스 서버(Data Processing Server)

감지된 주차상태 데이터는 IoT 클라우드에 지속적으로 제공된다. 하지만, 다음과 같은 이유로 인해 Low데이터를 직접 사용할 수 없다. 가능한 전송 오류 및 기계 고장의 존재. 데이터 무결성과 신뢰성을 보장하기 위해 “dirty data”를 탐지하고 필터링하려면 사전 처리 절차가 필요하다. 다음으로 여과된 데이터를 분석하여 데이터 처리 서버에 의한 주차상태의 경향을 나타낸다. 예를 들어 사용자가 지난 1주일 또는 심지어 한달동안 특정 지리적 위치의 주차상태 정보를 알고자 할 때 처리된 데이터가 Low 데이터 대신 전송될 수 있다. 이러한 방식으로, 전송 지연 시간을 줄이기 위해서는 적은 양의 데이터가 필요하다.

b) 저장 서버(Storage Server)

필터링된 원시 데이터뿐만 아니라 분석 결과도 저장소 서버의 데이터베이스에 저장된다. 또한 새로운 분석 결과를 사용할 수 있게 되면 사용자에게 알리는 트리거 기능이 있다. 새로운 감지 데이터가 클라우드에 도착하는 즉시 데이터 처리 서버에서 새로운 분석 결과를 생성하여 데이터베이스에 저장한다. 또한 Web Socket 프로토콜을 사용하여 사용자에게 전송된다. Web Socket은 서버와 클라이언트간의 효율적이고 안정적인 통신을 제공 한다. 반복적인 HTTP헤더가 없으면 주차상태 데이터의 전송 지연 시간을 어느 정도 줄일 수 있다. 이렇게 하면 서버는 너무 많은 동시요청을 방지하면서 주차 상태 정보를 실시간으로 업데이트할 수 있다.

c) HTTP Server

HTTP 프로토콜은 사용자에게 서비스를 제공하기 위해 사용되며, 따라서 HTTP서버는 Servlet 및 JSP (Java Server Page)를 사용하여 개발된다. 서블릿의 수명 주기를 관리하는 웹 컨테이너에 배포된다. HTTP서버 인터페이스는 Post 및 Get등의 양방향 요청 모드를 통해 클라이언트와 작동한다. 또한 고객이 웹 브라우저나 모바일 APP를 사용하여 주차상태 정보를 요청할 수 있도록 API를 제공한다.

2) Display Applications

웹 사이트나 모바일 APP을 사용하여 최종 사용자에게 주차상태 정보를 표시할 수 있다. 홈페이지는 HTML, JavaScript, CSS를 이용하여 개발된다. 디스플레이 응용 프로그램을 통해 Fig. 12와 같이 주차 상태정보를 실시간으로 표시할 수 있다.

5. Best Practice of Use Cases

5.1 실험구성(Experimental Configurations)

운전자에게 주차장 위치와 요금, 주차 가능 면수 등 맞춤형 정보를 제공하는 서비스를 제공하기 위하여, IoT, 센서, 통신, 서버, 디스플레이 등 IoT 기술 기반으로 플랫폼 구축한다. 사용자에게 주차장 상황을 실시간 제공하고 관련 정보를 APP, 웹으로 표시하며 내비게이션과도 연동하도록 구축한다.

주차상태현황									
주차장 명	주차면	주차별 구분	당차기 종류	최종 감지 일시	주차여부	한차기 상태	배터리 전원(%)	주차 시작 일시	주차시간
DOP-동작(A)	1	일반	-	2018-04-30 18:57:42	주차	정상	마이너음	2018-04-30 13:29:49	5시간5분
DOP-동작(A)	2	일반	-	2018-04-30 18:57:42	주차	정상	보통	2018-04-30 16:29:49	2시간29분
DOP-동작(A)	3	일반	-	2018-04-30 18:57:42	길에	정지	보통	-	-
DOP-동작(A)	4	일반	-	2018-04-30 18:57:42	주차	정상	보통	2018-04-30 18:57:42	1분
DOP-동작(A)	5	일반	-	2018-04-30 18:47:09	주차	정상	보통	2018-04-30 18:47:09	12분
DOP-동작(A)	6	일반	-	2018-04-30 18:56:16	주차	정상	보통	2018-04-30 17:07:35	1시간51분
DOP-동작(A)	7	일반	-	2018-04-30 18:56:16	주차	정상	보통	2018-04-30 09:25:13	13시간31분
DOP-동작(A)	8	일반	-	2018-04-30 18:56:16	주차	정상	보통	2018-04-30 18:56:16	2분
DOP-동작(A)	9	일반	-	2018-04-30 18:57:42	주차	정상	교통	2018-04-30 18:29:26	2시간38분
DOP-동작(A)	10	일반	-	2018-04-30 18:57:42	주차	정상	교통	2018-04-30 18:39:21	2시간28분
DOP-동작(A)	11	일반	-	2018-04-30 18:57:42	주차	정상	보통	2018-04-30 18:57:42	36분
DOP-동작(A)	12	일반	-	2018-04-30 18:20:14	주차	정상	보통	2018-04-30 18:12:33	48분
DOP-동작(A)	13	일반	-	2018-04-30 18:20:14	주차	정상	마이너음	2018-04-30 18:00:38	49분
DOP-동작(A)	14	일반	-	2018-04-30 18:20:14	주차	정상	보통	-	-
DOP-동작(A)	15	일반	-	2018-04-30 18:20:14	주차	정상	보통	2018-04-30 17:59:57	1시간49분
DOP-동작(A)	16	일반	-	2018-04-30 18:47:09	주차	정상	보통	2018-04-30 17:09:39	1시간49분
DOP-동작(A)	17	일반	-	2018-04-30 18:47:09	주차	정상	보통	2018-04-30 18:21:16	37분
DOP-동작(A)	18	일반	-	2018-04-30 18:47:09	주차	정상	보통	2018-04-30 17:02:19	1시간56분
DOP-동작(A)	19	일반	-	2018-04-30 18:56:16	주차	정상	보통	2018-04-30 17:55:51	1시간5분
DOP-동작(A)	20	일반	-	2018-04-30 18:56:16	주차	정상	보통	2018-04-30 18:29:45	33분

Fig. 12. Examples of GUI Interface in the Parking Space Monitoring System



Fig. 13. Monitoring Node Installation Cases

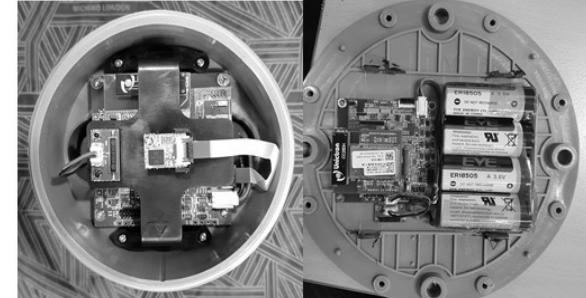


Fig. 14. In side of Monitoring Node Cases

Monitoring Node는 지면에 인입하는 형태로 2가지 종료로 개발되어 Fig. 13과 Fig. 14와 같이 설치된다.

AP Node는 SK텔레콤의 저전력 IoT서비스를 적용한다. Fig 15와 같이, 이 AP는 LoRa Alliance Release 1.0 and LoRaWAN Server Release 2.0.2를 적용하며, IEEE 및 RFC, ETSI 표준을 적용한다. 또한 917~923.5 MHz 무선설비 기술기준 표준규격에 따라 중심주파수 및 공중선 전력 등 상용하는 최신 표준규격을 준수한다[32].

주차관리 운영시스템은 주차장 위치와 요금, 주차 가능 면수 등 맞춤형 정보를 클라우드로 구축한다. 주차장 상황을 실시간 파악하고 관련 정보를 APP, 웹으로 운전자에게 제공하며 내비게이션과도 연동하도록 구축한다. 실시간 주차 공간 정보 제공으로 운전자 편의성 향상 및 유휴 공간 발생과 부정 주차 문제를 해결 할 수 있게 된다. 주차면적의 50% 이상을 효율화하고, 주차장 상활 및 요금, 공간 등 1차정보와 다



Fig. 15. Access Point Node Installation Cases

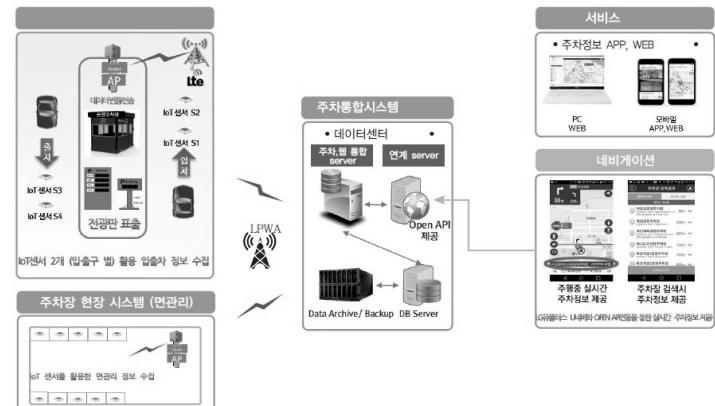


Fig. 16. Configuration of the Parking System Model

서울시 주차 정보 시스템

작업중 닌 반갑습니다. [LOGOUT]														
기준일시 : 2018-04-30 19:06:53 주차 : 860 면 장기 : 392 면 장애 : 4 건 통신이상 : 61 건														
주차현판 ▾ 주차장정보 ▾ 등록정보 ▾ 양방대역 ▾														
[조회]														
[다운로드]														
주차장	Int0시	Int1시	Int2시	Int3시	Int4시	Int5시	Int6시	Int7시	Int8시	Int9시	Int10시	Int11시	Int12시	Int13시
DDP등록(시)	10	2	3	0	1	0	3	4	2	1	6	4	6	5
DDP등록 대망호(시)	2	0	0	0	0	1	0	1	2	2	1	3	1	2
국제화재빌딩동 노상광장주차장(구)	0	0	0	0	0	7	4	0	1	1	0	1	0	3
그린빌딩동 노상광장주차장(구)	2	2	2	3	1	8	6	6	0	1	1	2	2	1
남대문 시장(시)	1	0	1	2	0	0	1	0	0	3	4	5	0	3
남대문 죽당(시)	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	1	3
남대문 괴곡동 노상광장주차장(구)	0	0	0	0	0	0	1	11	20	2	1	2	4	4
남대문 회화조도 주차장(시)	0	0	0	0	0	0	4	2	1	9	5	10	6	4
남인릉동 스포츠(시)	0	0	0	0	0	1	1	1	3	3	1	2	1	4
남인릉동 소고회(시)	0	0	1	0	2	2	6	1	13	3	2	11	11	5
남인계동 불가동(시)	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1
남인계동 불가사(시)	4	3	1	0	0	3	4	10	11	11	13	7	8	12
남인계동 소암(시)	3	1	1	0	0	4	2	7	4	7	8	8	7	6
남인한복동(시)	0	3	1	0	1	3	1	1	11	2	1	2	8	6
당고개간월동(시)	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	2	6	2	3
동대문도 노상 충정주차장(시)	12	6	7	2	5	3	6	17	19	5	4	11	11	9
동대문동(시)	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	1	1	0
방화동(시)	1	0	0	1	0	3	1	0	0	0	4	3	5	0

(17A)

서울시 주차 정보 시스템



(17B)

서울시 주차 정보 시스템



(17C)

Fig. 17. A Case Study on the Operation of the Stem in Parking Condition Management
(A: Number of parking per hour, B: Usage rate Per hour, C: Parking status on Map)

양한 정보제공으로 서비스 도입 후 개선이 된다. Fig. 16은 주차관리시스템의 서비스 모델로 주차관리 통합센터에서 주차장 현장관리 및 주차정보 모바일 App, 웹 서비스 모델을 보여준다.

도심의 광역의 주차면적에 대하여 LPWA 네트워크를 기반으로 주차상태 모니터링 시스템을 활용함으로써, Fig. 17과 같이, 주차면적의 시간대별 주차 상황 및 광역지역의 주차상태 및 주차면적별 상태 등 다양한 정보에 대한 데이터를 통합센터에 전송함으로써 도심의 주차 공간을 효율적으로 개선하는 효과를 나타낸다.

6. 결 론

이 연구는 대규모 LPWA 기반 네트워크에서 분산된 주차 공간 관리서비스에 대하여 구현하는 새로운 방법을 제안한다. 기존연구에 따르면 운전자들이 “주차관리시스템의 주차 공간 서비스 기능”을 이용해 주차 공간을 찾는데 50%의 시간을 절약하고 있다[15]. LPWA 기반의 네트워크를 활용하여, 넓은 주차공간의 주차면에 대한 효율적인 관리를 가능하게 하고, 주차 센서는 주차장의 주차상태 정보를 적시에 수집하고, 저전력의 광역 네트워크를 통해 전송되며, 클라우드에서 데이터를 처리되고 분석됨을 구현 하였다. 이로서 주차상태 모니터링 시스템은 LPWA 네트워크의 Star Topology 및 모니터링 노드 등을 통하여 유지 보수 및 배치 비용을 줄일 수 있을 뿐 아니라, 주차상태에 대한 모니터링 관리에 있어서도 공간적 및 시간적으로 편리성을 크게 향상 시킨다. 또한, 많은 자가용 이용자들은 도시 지역의 구석에 분산되어 있는 주차 가능 공간에 대한 정보를 제공 받아, 편리하게 서비스를 이용할 수 있다.

향후 연구는 첫째, 본 연구의 결과를 객관적으로 증명하기 위하여 스마트 주차관리 시스템의 효율성 지표를 도출하고 성능평가를 진행하고, 적용 이전과 이후의 변화에 대한 비교 분석을 수행할 계획이다. 둘째, 본 연구에서는 무인 주차면의 주차차량은 일반적인 범용기준의 차량 무게를 감안하여 설계되었지만 도심의 주차 차량은 다양한 차량의 무게를 예상하여야 하며, 대형차량 및 트럭 등 상용차량도 주차할 수 있음을 감안하여 견고한 모니터링 노드 확보가 필요하도록 시스템을 재설계할 계획이다.

References

- [1] D. Teodorovic and P. Lucic, “Intelligent parking systems,” *European Journal of Operational Research*, Vol.175, No.3, pp. 1666–1681, Dec. 2006.
- [2] C. Peng, K. Qian, and C. Wang, “Design and application of a VOC-monitoring system based on a ZigBee wireless sensor network,” *IEEE Sensors Journal*, Vol.15, No.4, pp.2255–2268, Apr. 2015.
- [3] S. He, J. Chen, X. Li, X. S. Shen, and Y. Sun, “Mobility and intruder prior information improving the barrier coverage of sparse sensor networks,” *IEEE Transaction on Mobile Computing*, Vol.13, No.6, pp.1268–1282, Jun. 2014.
- [4] J. Chen, W. Xu, S. He, Y. Sun, P. Thulasiraman, and X. Shen, “Utility-based asynchronous flow control algorithm for wireless sensor networks,” *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, Vol.28, No.7, pp.1116–1126, Sep. 2010.
- [5] L. Lei, Y. Kuang, X. Shen, K. Yang, J. Qiao, and Z. Zhong, “Optimal reliability in energy harvesting industrial wireless sensor networks,” *IEEE Transactions on Wireless Communications*, Vol.15, pp.5399–5413, Aug. 2016.
- [6] X. Xiong, K. Zheng, R. Xu, W. Xiang, and P. Chatzimisios, “Low power wide area machine-to-machine networks: Key techniques and prototype,” *IEEE Communications Magazine*, Vol.53, No.9, pp.64–71, Sep. 2015.
- [7] SIGFOX. (2016). Online Available at: <http://www.sigfox.com>
- [8] New WI Proposal: Narrow Band IoT, document 3GPP RAN Tdoc RP-151621, RAN Plenary #69 Meeting, Sep. 2015.
- [9] L. Lei, Y. Kuang, N. Cheng, X. Shen, Z. Zhong, and C. Lin, “Delay-optimal dynamic mode selection and resource allocation in device-to-device communications Part II: Practical algorithm,” *IEEE Transactions On Vehicular Technology*, Vol.65, No.5, pp.3491–3505, May 2016.
- [10] S. Andreev, O. Galinina, A. Pyattaev, M. Gerasimenko, T. Tirronen, J. Torsner, J. Sachs, M. Dohler, and Y. Koucheryavy, “Understanding the IoT connectivity landscape: A contemporary M2M radio technology roadmap,” *IEEE Commun. Mag.*, Vol.53, No.9, pp.32–40, Sep. 2015.
- [11] S. Y. Kim, S. K. Park, and H. D. Choi, “LPWA Based Wide Area IoT Technology and Standardization,” *Electronics and Telecommunications Trends*, Vol.32, No.2, Apr. 2016.
- [12] E. R. Ko, “Low Power Wide Area Technology Trend for the Small Internet,” *OSIA S&TR Journal*, Vol.29, No.3, Sep. 2016.
- [13] D. Teodorovic and P. Lucic, “Intelligent parking systems,” *European Journal of Operational Research*, Vol.175, No.3, pp.1666–1681, Dec. 2006.
- [14] S. Madakam and R. Ramachandran, “Barcelona Smart City_The Heaven on Earth(Internet of Things Technological God),” *ZTE Communications*, Vol.13, No.4, Dec. 2015.
- [15] Editor, “Speed up parking with sensors,” Electronic science, Feb. 2014. [Internet], <http://www.elec4.co.kr/article/articleView.asp?idx=5785>.
- [16] J. Shin and H. Jun, “A study on smart parking guidance algorithm,” *Transportation Research Part C*, Vol.44, pp. 299–317, Jul. 2014.
- [17] 2016_Technical Roadmap Strategy Report for Small and Medium Business_09_safety of living.
- [18] J. M. Seo, H. H. Ho, I. K. Jang, and S. M. Lee, “Parking Management System Using Automatic Identification of the Number Plate,” *Korea Multi Media Association, Journal of*

- the Korea Multi Media Association, pp. 494–497, May 2008.
- [19] H. M. Jang, D. J. Son, and Y. G. Kim, "Parking control program in IBS building," *Journal of AIK Conference*, pp. 465–468, Nov. 2011.
- [20] S. H. Lee, J.W. Park, and M. S. Kang, "Design of Parking Management System using RFID and USN based Smartphones," *Korean Electronic Engineering Association*, pp.1826–1829, Jun. 2012.
- [21] H. S. Lee, "The Concept and Policy Trends of Smart City," *Convergence Research Policy Center*, Vol.84, Aug. 2017.
- [22] J. Y. Lee and H. S. Sagong, "Trends and Implications of Smart Cities," *National Territory Policy Brief*, Vol.529, pp.1–8, Aug. 2015.
- [23] J. Y. Lee, "The Direction and Strategy of Smart City Policy," *National Institute of Land, Infrastructure and Technology Seminar, Monthly Transport*, Vol.228, pp.6–12, Feb. 2017.
- [24] S. H. Lee, J. W. Park, and B. H. Kim, "Parking Information Service System Using Deep Learning-Based Image Recognition," *Korea Computer Information Association Journal of KCIS*, Vol.23, No.2, pp.19–22, Jul. 2015.
- [25] "2017 Smart City Service Catalog," Korea Regional Information Development Institute, May 2017.
- [26] S. H. Park and J. Yoo, "Design of IoT-based parking management system," *Journal of Information and Control / Information And Control Symposium*, pp.156–159, Apr. 2017.
- [27] S. Kubler, J. Robert, and A. Hefnawy, "IoT-based Smart Parking System for Sporting Event Management," *International Conference on Mobile and Ubiquitous Systems*. pp.104–114, Dec. 2016.
- [28] K. Zheng, S. Zhao, Z. Yang, X. Xiong, and W. Xiang, "Design and Implementation of LPWA-Based Air Quality Monitoring System," *IEEE Access*, Vol.4, No.1, pp.3238–3245, Jul. 2016.
- [29] S. He, J. Chen, X. Li, X. S. Shen, and Y. Sun, "Mobility and intruder prior information improving the barrier coverage of sparse sensor networks," *IEEE Transactions Mobile Computing*, Vol.13, No.6, pp.1268–1282, Jun. 2014.
- [30] IEEE Standard for Local and Metropolitan Area networks Part 15.4:Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs) Amendment 5:Physical Layer Specifications for Low Energy, Critical Infrastructure monitoring Networks, IEEE Standard 802.15.4k–2013, Aug. 2013.
- [31] Ultra Low Power Microcontroller Specification, <http://www.st.com/en/microcontrollers/stm32l475vg.html>.
- [32] LoRa Device Development Guide, [Internet], https://www.skktiot.com/iot/developer/guide/guide/lorA/menu_01/page_02.
- [33] LoRa IoT Station(Kerlink) [Internet], https://inbusiness-ict.nl/media/wysiwyg/2016-08-18_11_26_55-Start.png.



박 신 열

<https://orcid.org/0000-0002-7314-5716>

e-mail : parkshinyeol@gmail.com

1989년 경희대학교 경상학부(학사)

2006년 ~현 재 에스플러스컨설팅 사업부

책임연구원

2018년 ~현 재 성균관대학교

스마트팩토리융합학과 석사과정

관심분야 : IoT (Internet-of-Things) & Smart-factory

Methodology



정 종 필

<https://orcid.org/0000-0002-4061-9532>

e-mail : jpjeong@skku.edu

2008년 ~2009년 성균관대학교

컨버전스연구소 연구교수

2015년 ~현 재 전자부품연구원

IoT융합연구센터 전문연구위원

2010년 ~현 재 성균관대학교 정보통신대학/산학협력단 교수
2016년 ~현 재 성균관대학교 스마트팩토리융합학과 교수

관심분야 : 스마트팩토리, 모바일융합컴퓨팅, 센서 네트워크,

차량 모바일 네트워크, 네트워크 보안, IT융합,

인터넷사이언스, 스마트 헬스케어, IoT/M2M,

웨어러블 컴퓨팅



박 동 범

<https://orcid.org/0000-0002-4733-9103>

e-mail : dbpark@kpvoice.com

2017년 ~현 재 파워보이스 R&D Lab 실장

관심분야 : Smart-Parking & Smart-city

Methodology



박 병 준

<https://orcid.org/0000-0003-4675-891X>

e-mail : bjunpark@skku.edu

2004년 ~2006년 삼성전자 그룹장

2006년 ~2007년 L&I 컨설팅 부사장

2017년 ~현 재 성균관대학교

체력과학연구소 리서치펠로우

관심분야 : Smart Factory, Industrial IoT, Industrial Networking,

Big Data Analysis