



M2M을 이용한 스마트 공공시설물 관리시스템

오의석* · 황승훈* · 권순범**

*동국대학교 전자전기공학부
**(주) 이큐브랩

목 차

I. 서론	IV. 효율적인 통신망 구성방안
II. 산업화 동향	V. 스마트 관리시스템
III. 태양광 압축 쓰레기통	VI. 결론

I. 서론

사물지능통신 (M2M: Machine-to-Machine)은 최근 방송통신위원회에서 “통신, 방송, 인터넷 인프라를 인간 대 사물, 사물 대 사물 간 영역으로 확대 연계하여 사물을 통해 지능적으로 정보를 수집, 가공, 처리하여 상호 전달하는 서비스”로 정의하였다. M2M 통신은 어플리케이션의 요구나 목적에 따라서 주변 사물들이 각종 유/무선 네트워크로 연결되는 지능형 네트워크 기술 및 환경을 의미한다[1]. 시장조사기관 IDC는 전 세계 사물인터넷 시장은 사물 간 인터넷 연결 확산 성장세에 힘입어 2020년에는 관련 시장 규모가 8조 9000억 달러에 이를 것으로 예상하고 있다[2]. 또한 기업과 소비자 수요증가로 인해 시장의 연평균 성장률은 7.9%에 이를 것이라고 전망하고 있다. 또한 인터넷에 연결된 사물은 2010년 40억 개에서 2020년 800억 개까지 증가할 것으로 예상되면서 이와 같은 추세에 따라 사물인터넷이 발생시키는 경제적 부가가치가 1조 9000억 달러에 달할 것으로 전망된다.

이러한 사물지능통신 부분 발달에 힘입어 국가 및 지자체 주도로 교통, 물류, 보안, 환경 등 다양한 공공 영역에 이를 활용하여 새로운 성장 동력으로 떠오르고 있다. 유럽의 통신, 미디어 조사기관인 IDATE에 따르면 오는 2013년 세계 사물지능통신(M2M) 시장 규모는 약 41조원(273억 7500만 유로)으로 급성장할 것으로 예상된다[3]. 공공시설물의 경우 특히 태양광, 태

양열, 풍력 에너지와 같은 신재생 에너지를 이용하여 작동하는 사례가 급증하여, 2010년 기준 국내 태양광 가로등 시장은 500억 원이 넘었으며, 지속적인 증가 추세를 보이고 있다. 세계적으로는 태양광 가로등 뿐 만 아니라 태양광 신호등, 태양광 교통표지판, 태양광 안전등 등 다양한 태양광 응용제품이 확산되는 추세다.

그런데, 신재생 에너지는 에너지원의 특성상 날씨의 영향을 받기 때문에 방전과 같은 극단적인 문제가 발생할 수 있다. 이와 같은 문제가 발생하는 이유는 각 시설물의 충전 잔량을 관리자가 상시 파악하기 힘들기 때문이다. 따라서 각 충전지의 상태를 상시 파악하여 전력 공급 중단 현상을 방지하는 것이 중요하다. 또한 공공시설물은 특성상 도심 곳곳에 산발적으로 설치되어 있어 유선망으로 모든 시설물을 연결하는 것은 현실적으로 불가능하다. 무선 통신망을 통해 각 시설물의 전력 상태 정보를 파악할 수 있어야 하며, 전력 상태 뿐만 아니라 여러 가지 기타 작동 상태를 알려줄 수 있도록 응용된 서비스로도 발전이 가능하다. 이와 같은 서비스는 M2M을 통해 저 전력 및 고효율의 스마트한 공공 시설물 관리 시스템 구축을 통해 제공할 수 있다. 본 논문에서는 M2M 및 공공시설물의 산업화 동향을 살펴보고, 공공시설물로 이큐브랩에서 개발하고 있는 태양광 압축 쓰레기통을 소개하고, 각 시설물간의 정보 전달 방식과 수집된 정보를 관제 시스템에 전달해주는 통신 방식을 구분하여 M2M을 통한 스마트한 통신망 구성 방안 소개와 이를 실제 적용한 제품 사례에

대해 기술하고자 한다.

II. 산업화 동향

2.1. 사물 인터넷 산업 [3]

네트워크 사업자인 시스코(Cisco)는 현재 전 세계에 분포한 각종 물리적 사물 중에 99.4%가 아직 인터넷에 연결되어 있지 않은 상황을 지적하면서 그 성장 가능성을 강조하고 있다[4]. 스마트폰 및 태블릿 PC 프로세서 시장을 주도하고 있는 반도체 회사인 ARM은 2013년 영국 캠브리지 본사에 주차장 조명과 회의실 및 온도, 물 관리 시스템 정보를 효율적으로 제어하기 위한 600여개의 센서와 네트워크 기술을 접목시켜 사물인터넷 환경을 구축하기 시작하였으며 M2M 관련 기술을 보유한 센시노드를 인수하여 시장 주도 확보에 힘을 쓰고 있다. 센시노드의 사물인터넷 솔루션을 이용해 자사 모바일 칩셋을 무선 센서, 스마트 가전, 홈 헬스케어 단말, 웨어러블 단말 등 다양한 분야에 적용할 수 있을 것으로 예상된다. 이외에도 IBM이나 시스코와 같은 주요 사업자들이 대량의 데이터가 발생하는 사물인터넷 환경에 최적화된 하드웨어부터 데이터 분석 솔루션까지 다양한 제품을 개발하고 있다. 서비스 측면에서 보면 생체 데이터를 수집 분석하여 실시간으로 전달하는 헬스케어 부문이 가장 활발한 응용 분야이며 일상생활에서 사용가능한 가정용이나 에너지 분야에서도 등장하고 있다.

2.2. M2M 기반의 공공시설물

국제적인 동향을 먼저 소개하면 미국의 ITS (Intelligent Transportation Systems, 지능형 교통시스템) 사례로 캠브리지대학, 볼로냐대학, 캘리포니아대학이 공동으로 트랙픽데이터를 사용하는 지능형 교통시스템을 개발한 사례가 있다. 해당연구진들은 CATE(Computer-Assisted Traveling Environment)라고 부르는 새로운 네비게이션 시스템을 설계하였는데, 기존의 다른 네비게이션들이 고정식 카메라나 고정식 센서를 통해 정보를 취합하는 데 반해, CATE 시스템에서는 모든 차량이 교통량 데이터를 전송하는 센서역할을 하며, 도로를 진입하는 시점, 빠져나가는 시점 등을 무선네트워

크를 통해 다른 차량으로 전달하는 방식으로 데이터를 수집한다. 이 수집된 데이터를 통해 모든 도로를 모니터링 할 수 있고, 각각의 차량이 상황에 맞는 정보를 받을 수 있으며, 결과적으로 빠른 정보전달 및 교환을 통해 차량들이 특정 경로로 몰리는 것을 방지하고, 교통량을 분산시켜 차량의 혼잡을 방지할 수 있다. 또한, 스페인의 지능형 가로등 시스템 사례를 들 수 있는데 스페인은 거리에 적절한 시간대의 교통 흐름에서 사람과 자동차에 맞게 가로등 조명을 제어하는 LUIX 시스템을 개발하여 시범적으로 적용하고 있다. 이 시스템 하의 가로등은 사람 및 자동차의 방향과 이동을 예측하여 점차적으로 소등하며, 사람과 자동차의 양에 따라 각 시점의 요구에 필요한 조명의 양을 조정하게 된다. 또한 가로등이 소등되거나 사고가 발생한 시점에 시스템이 원격으로 운영자와 고객에게 이를 알려 수리 시간을 최소한으로 줄이고 인프라시설의 유지보수 비용을 절감하며, 즉각적인 해결 또한 가능하다. LUIX 시스템은 스페인의 여러 지역 (스페인 내 가브리아, 기푸스코아, 톨로사 지역)에서 시험 및 설치가 진행되고 있으며 상당부분의 비용과 에너지 절감을 달성하고 있다.

국내에서는 교통·환경·기상 등의 정보를 실시간 융합, 다양한 매체를 통해 제공하고 생활밀착형 서비스 모델이나 교통·의료·방범 등 사회안전망 구축 등에 활용되고 있다. 실제로 서울시 컨소시엄은 와이브로망을 사용해 유동인구가 많은 종로 일대의 4km 구간에 노면·기상·정류장 정보를 제공하고 있으며, 교통방송과 센싱 정보를 연계한 IPTV서비스, 이동형 기상환경 모니터링 서비스까지도 제공하고 있는 상황이다. 또한 법무부가 도입한 전자 발찌 시스템이나 독거노인 건강관리를 위한 U-실버 분야에도 적용되고 있다.

III. 태양광 압축 쓰레기통

태양광 압축 쓰레기통이란 태양전지를 통해 얻은 전기 에너지를 이용하여 쓰레기를 정기적으로 압축시켜 적재된 쓰레기의 부피를 줄여주는 야외용 쓰레기통 제품군을 뜻한다. 태양광 압축 쓰레기통 기술을 활용한 사업은 북미와 유럽지역에서 주요선진국을 중심으로 성장하고 있다. 화석연료 가격 상승과 인건비의 지속적인 상승과 기후변화로 인한 탄소배출량 저감 압력

이 전 세계적으로 증가하고 있는 상황에서, 관리 예산을 효율적으로 활용하고, 동시에 환경개선 효과까지도 가져갈 수 있는 혁신적인 본 사업에 대한 예상 수요가 증가하고 있다. 실제로 태양광 압축 쓰레기통은 2012년 현재 세계적으로 총 30개국에 걸쳐 750여개의 지역에서 13,000대 가량의 제품이 설치되어 운영되고 있다. 그런데, 현재 태양광 압축 쓰레기통 판매 경험을 가진 회사는 전 세계에서 미국의 '빅벨리 솔라' 사가 유일한 상황이라고 볼 수 있다.

본 논문에 고려된 공공시설물은 태양광 압축 쓰레기통이며 본 장에서는 이큐브랩이 개발하고 있는 태양광 압축 쓰레기통에 대한 소개를 하고자 한다. 그림 1의 ①은 실제 거리에 설치되어 있는 태양광 압축 쓰레기통의 사진, ②는 단순화 된 내부 도면이며, ③은 압축

원리를 간략히 나타내는 개념도이다. 길거리에서 흔히 볼 수 있는 가로변 쓰레기통과 같은 용도로 사용되며, 용량 역시 100L로 같다. 쓰레기가 가득차면 충전된 태양광 에너지를 이용하여 약 500kgf의 힘으로 쓰레기를 압축하여 결과적으로 약 400리터의 쓰레기를 넣을 수 있다. 압축된 쓰레기양, 압축 횟수 등을 고려하여 수거 시점을 관리자에게 알려주는 솔루션을 함께 이용할 수 있으며, 모든 기기는 WCDMA 모듈을 탑재하여 각각 직접 통신을 통해 상태를 전달한다.

IV. 효율적인 통신망 구성방안

그림 2는 공공시설물 네트워크 구성의 형태를 나타낸 것이다. 각 지역에서는 공공시설물의 장치작동 정보 및 전력 공급 현황 정보 등을 상호간에 전달할 수 있으며, 최종적으로는 해당지역의 제어부에 보낸다. 제어부는 지역 네트워크 내에 존재하는 공공시설물 단말들의 정보를 취합하여 효율적으로 서버와 데이터를 송수신 할 수 있는 기능을 가진다. 서버는 각 공공시설 단말로부터 받은 정보들을 관리자가 효율적으로 저장하고 처리할 수 있도록 하며, 관리 도구를 포함하여 인터넷 페이지 및 스마트폰 어플리케이션에서 실시간으로 각 공공시설의 상황을 확인 할 수 있도록 하는 일련의 중앙 관리센터로 활용할 수 있다. 기술 개발에 필요한 네트워크의 구성은 여러 가지 통신 방법이 있을 수 있다. 하나의 섹터 내에서 공공 시설물 간의 통신은 기존의 기기 간 통신에 사용되는 Bluetooth, Zigbee 등을 사용하여 통신할 수 있고, 공공 시설물과 제어부 간의 통신의 경우 기기 간 통신 방식이나 WLAN, 3G/4G등을 사용하여 통신을 할 수 있다. 마지막으로 서버와 제어부의 통신의 경우 다소 먼 거리의 서버의 위치를 고려하기 때문에 제어부로부터의 유선 인터넷망 혹은 3G/4G 망을 이용하여 통신이 가능하다. 따라서 각자 상황에 맞는 통신 방식을 선택하여 효율적인 네트워크 구성 방안을 모색하여야 한다.

효율적인 통신망 구성을 위해서는 다양한 종류의 근거리 통신방식과 원거리 통신방식이 존재하는데, 어떤 통신방식을 적용하여 단일 혹은 조합하여 구축하는에 따라 정보 전달 효율성과 안정성이 달라질 수 있다. 또한 태양광 에너지를 이용하므로 전력 소모가 심

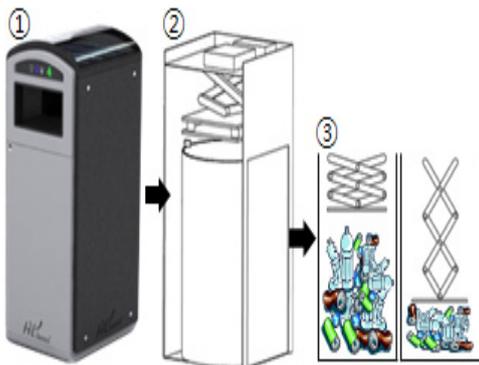


그림 1. 태양광 압축 쓰레기통 사진 및 구성 도면

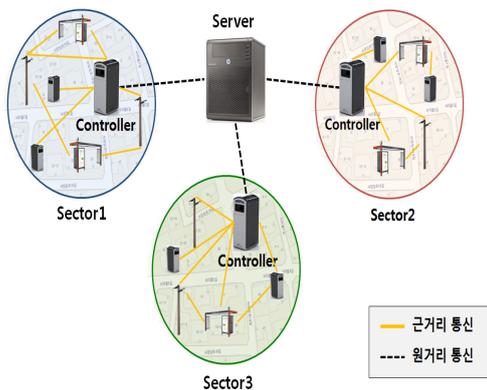


그림 2. 공공시설물 네트워크 구성

한 통신방식은 적용가능성이 떨어지며, 도심의 대부분 지역을 커버함과 동시에 구축 및 유지비용이 얼마나 합리적인가에 따라 실현가능성이 크게 좌우되므로, 다양한 조합의 통신방식을 테스트하여 이론적/실증적으로 결과를 도출해 내는 것이 반드시 필요하다. M2M 통신은 Zigbee, bluetooth, Wi-Fi Direct 등과 같은 단거리 무선 기술, WLAN, 셀룰러 2G/3G/4G 등의 기존의 통신방식과 연계하여 데이터 전송이 가능하다. 사용가능한 통신 방법으로는 Wi-Fi direct와 IEEE802.15.4g, 3GPP 3G/4G를 고려하였다. Wi-Fi direct는 Wi-Fi Alliance에서 P2P(Peer-to-Peer)기능이 가능하도록 제정한 표준으로 기존의 AP 중심의 통신 방식을 벗어난 기기 간의 직접 접속을 통하여 데이터를 송수신 할 수 있다[6]. Wi-Fi direct는 기존의 기기 간 직접 통신에 사용되는 Zigbee, Bluetooth 등에 비교하여 빠른 전송속도 및 넓은 거리의 통신이 가능하다. IEEE802.15.4g의 경우 무선 개인 영역 네트워크에서 통신시스템을 지칭하는 표준으로써 달리 SUN(Smart Utility Network)지칭하는 표준을 제정하였다[7]. SUN은 낮은 데이터 전송속도와 보다 넓은 범위의 데이터 통신이 가능하게 하였으며 다양한 3가지의 PHY를 제공할 수 있다.

공공시설물의 설치 패턴과 그 특성을 파악해보면 정부 권고안 기준 가로등 평균 설치 간격은 약 30미터, 쓰레기통은 약 150미터이다. 각 시설물들이 전력 정보, 작동 정보, 위험 경고 정보 등을 관제시스템에 실시간으로 전달하고자 한다면, 현실적으로 각각 Wi-Fi, Wibro, WCDMA 등과 같은 원거리 통신모듈을 탑재한 후 통신사의 망을 이용할 수밖에 없다. 하지만 이 방식은 공공시설물을 관제하는 목적으로 사용하기엔 그 비용이 지나치게 높다. 또한, 증가하고 있는 태양광 에너지 사용 공공시설물을 관리하기엔 원거리 통신모듈에서 소모되는 전력이 부담스러운 상황이다. 앞서 설명한 통신모듈에서 소모되는 전력을 해결방안으로 그림 3과 같이 가까운 거리에 설치된 공공시설물 간에는 ①통신사 망을 이용할 필요 없는 통신방식으로 정보를 전달하고, 같은 형태로 반복 전달되어 릴레이 형태로 누적 전달된 정보를 해당 지역의 리더(leader) 혹은 관리자(controller) 역할을 하는 하나의 시설물만이 ②통신사 망을 이용하여 관제시스템에 정보를 전달하는 것이다. 그림3은 이와 같은 형태로 망을 구현한 상황을 개념도로 표현한 것이다. 다양한 방식의 근거리/

원거리 모듈을 비교하여 최적의 조합을 도출하는 것이 선행되어야 하나, 활용도 및 경제성 추정치가 높은 모듈을 임의로 선택하여 우선 위의 통신망 구성이 경제성, 효율성 개선에 기여함을 검증하고자 한다. 위의 ①에 해당하는 통신 방식으로는 Wi-Fi direct 채택하였다. Wi-Fi direct는 IEEE 802.11n 규격을 사용하며, 최대 250Mbps 및 평균 150Mbps의 전송속도를 가지며, 연결반경은 200m로 근거리 통신 방식이라 불리기에 상당히 넓다. Wi-Fi direct는 관제시스템과 직접 통신이 가능한 AP에 연결되어 통신을 할 수 있을 뿐만 아니라, 상황에 따라서는 스스로가 AP의 역할을 하여 다른 기기와 고효율로 정보를 교환할 수 있어 양방향 역할을 다 할 수 있는 장점이 있기에 본 검증작업에 사용되었다. 물론 그 만큼 상대적으로 전력소모량이 클 것으로 예상되며, 향후 이를 상용화하고자 한다면 전력소모를 보완할 방안을 마련하는 것이 필요할 것으로 보인다. ②에 해당하는 통신 방식은 WCDMA모듈을 채택했다. 그 이유는 가능한 광범위한 지역에서 각 개체가 무리 없이 원거리 통신을 사용할 수 있도록 시스템을 구현하기 위함이다.

VI. 스마트 관리 시스템

4.1. 스마트 관리 솔루션

그림3은 각 쓰레기통으로부터 전달받은 쓰레기 적재량, 압축 횟수, 센서 상태, 배터리 충전량, 수거 필요 개체 등의 데이터를 관리자들이 이용하기 편한 지도 기반의 웹페이지로 구성한 것이다. 임의의 지자체를 대상으로 설정한 후 가상의 데이터를 입력하여 지도상에 여러 가지 정보들을 표현해줄 수 있는 솔루션 페이지로써, 현재 태양광 압축 쓰레기통에 최적화된 구성과 정보들을 제공하고 있으나 간단한 수정작업을 통해 다양한 응용시설물의 모니터링에 적용이 용이하다. 모니터링 솔루션은 실시간으로 제공받는 데이터뿐만 아니라 주간, 월간, 연간 단위로 축적된 데이터를 보기 쉽게 가공하여 제공할 수 있게 구축하고 있다. 태양광 응용 시설물의 종류와 성격에 따라, 그리고 사용하는 사용자별 선호도에 따라 제공받을 수 있는 데이터는 쉽게 변경이 가능하게 구축되었다. 태양광 응용 시설물

관리는 특히 축적된 데이터를 통해 유의미한 정보들을 얻는 것이 중요하다. 충전 효율의 시계열적 분석, 위치별 충전 경향, 태양광 응용 시설물의 효율적 운영 상태 등 공공기관에서 운용하는 측면에서 여러 가지 유의미한 데이터를 제공할 수 있는 시스템을 구축 중이다.

그림4는 실시간 관제 시스템에서 주기적으로 수신한 신호를 지속적으로 추적 및 가공하여 차트로 표현해주는 화면이다. 본 관리 시스템을 이용하면서 점점 수거 효율이 좋아지고 있는지, 쓰레기 수거 횟수가 줄

어지고 있는지, 배터리 충전량은 위치별로 불안정한 곳은 없는지 등의 종합적인 정보를 한눈에 볼 수 있다. 이와 같은 솔루션은 주기적으로 쓰레기를 수거하는 수거차량 운전자, 실시간으로 쓰레기통을 관리하는 환경미화원, 전체 운영 관리를 맡는 시/군/구 담당 공무원 등 실시간으로 쓰레기 적재 정보를 공유할 수 있어 효율적으로 쓰레기 수거가 가능하도록 도와준다. 이를 응용해 가로변 폐기물 수거 분야 외에도 건축폐기물, 병원폐기물, 음식물 쓰레기 수거 등으로 확장하여 적용할 수 있다. 또한 폐기물 분야 뿐 만 아니라 교통, 보안, 물류 시스템에 개선 적용한다면 효율성 증대를 기대할 수 있을 것으로 예상된다.

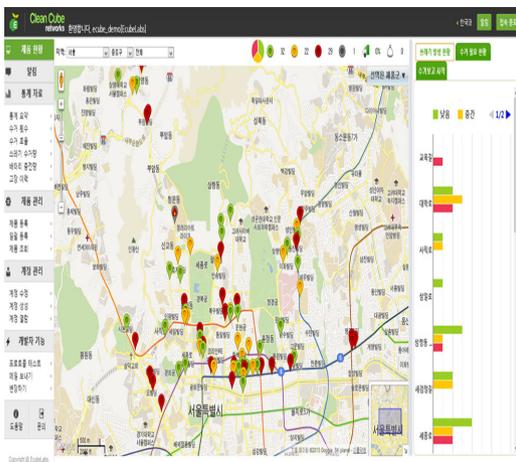


그림 3. 지도 기반의 실시간 모니터링 페이지

4.2. 스마트 관리 시스템의 효율성 분석

본 절에서는 네트워크 통신망 구성 방안에 따라 효율성, 경제성 개선 효과를 분석하여 보이고자한다. 먼저 ①전통적인 방식의 쓰레기 수거 시스템이 가지는 수거 효율 및 비용과 ②현재 구현된 개별 통신 방식으로 구성된 관제 시스템을 이용할 때의 수거 효율 및 비용, 그리고 마지막으로 ③향후 이상적인 근거리/원거리 통신 방식이 조합된 최적의 네트워크 통신망 구성을 통해 구현한 관제 시스템의 수거효율 및 비용을 비교해보았다. 본 검증에 데이터는 현재 서울대학교, 연세대학교, 고려대학교, 동국대학교에 설치된 60개 개체를 기반으로 2012년 9월부터 2013년 2월까지 모니터링한 결과를 바탕으로 계산된 값이다.

표 1은 각 방식에 따른 월간 평균 쓰레기통 수거 횟수를 나타낸 표이다. 표1의 값을 보면 기존 방식(①)과 나머지 새로운 방식들(②,③) 간의 차이가 약 2.6배로 큰 것을 알 수 있다. 이는 통신을 통한 효율적 관리 측면도 반영이 되었겠지만, 태양광 압축쓰레기통을 기계적 효율에 의한 결과가 크게 반영되었다고 판단된다. 또 다른 시사점으로는 개별 통신 방식과 통신 조합 방식의 수거 횟수가 크게 차이가 없는 것으로 보아 ②와 ③은 비용적인 측면을 제외하고는 사용자가 느끼는 효



그림 4. 수거 효율성 추이를 볼 수 있는 통계 요약 페이지

표 1. 각 방식에 따른 월간 평균 수거 횟수 변화

	① 기존방식	② 개별 통신방식	③ 조합 통신방식
월간평균 수거횟수	62.4	24.1	23.5

표 2. 각 방식에 따른 초기 설치비용 및 연간 운영비용

60대 기준 (단위:천원)	①기존방식	②개별 통신방식	③ 조합 통신방식
초기 설치 비용	600*60대 = 36,000	2,500 * 60대 = 150,000	2,300 * 60대 = 138,000
연간 통신비	0	100 * 60대 = 6,000	100 * 3대 = 300
연간 인건비	30,000*10명 = 300,000	30,000*10/2.6명 = 약 115,000	30,000*10/2.6명 = 약 115,000
연간 차량 및 기타 운영비	10,000*3대+ 62.4*12*2 = 31,497	10,000*3/2.6대 + 24.1*12*2 = 11,538	10,000*3/2.6대 + 24.1*12*2 = 11,538
3년간 비용 총계	1,030,491	547,614	518,514

용은 크게 다르지 않음을 알 수 있다. 표2는 6개월간의 운영 결과를 토대로 추정된 각 방식의 경제성 분석표이다. 새로운 방식들(②,③)의 경우 기존 방식 대비 초기 설치비용이 약 4배 정도 클 뿐만 아니라 기존에 들지 않았던 통신비용 역시 추가로 발생한다. 하지만 수거 효율 측면에서 인건비 및 차량유지비, 종량제 봉투 구매비 등 운영비용 항목에서 큰 폭으로 절감되어 3년간 운영비용을 종합적으로 계산해보면 통신을 이용한 모니터링 방식의 경제성이 뛰어남을 알 수 있다. 더 나아가 M2M 통신 조합 방식을 이용하게 된다면 모든 개체에 처음부터 원거리 통신 모듈을 탑재 하지 않아도 되기 때문에 초기비용을 절감할 수 있을 뿐만 아니라, 통신사 망을 이용해야 하는 개체 수가 급격히 줄어들어 3년간 약 300만원의 비용을 추가로 절감할 수 있음을 알 수 있다. 이는 60대 설치를 기준으로 추산한 결과 값으로 개체수가 많아지면 많아질수록 각 방식간의 비용 격차는 더욱 커질 것으로 보인다.

V. 결 론

본 논문은 공공시설물 관리 영역에서 M2M 기술을 활용한 스마트 관리 시스템을 소개하고 효율성과 경제성을 고려하여 보았다. 특히 효율적인 통신망 구성을 통해 저전력/고효율이 요구되는 신재생 에너지를 활용한 공공시설물의 관리가 가능함을 볼 수 있었다. 본

논문에 소개된 내용을 유사한 형태로 적용한다면 저비용, 고효율의 M2M 기술을 활용한 다양한 공공 관리 시스템들의 실용화가 보다 앞당겨 질 것으로 예상된다. 향후 저전력, 저탐색시간이 요구되는 단말 및 통신망 구성방법에 대한 연구가 추가적으로 진행될 예정이며 정보 보안 이슈도 해결되어야 할 사안으로 생각된다.

참고문헌

- [1] Yan Zhang, Rong Yu, Shengli Xie, Wenqing Yao, Yang Xiao, Guizani, M., " Home M2M networks : Architectures, standards, and QoS improvement," IEEE Communications Magazine, vol.49, no.4, pp.44-52, April 2011.
- [2] IDC, "The internet of things is posed to change everything, says IDC", 2013.10.
- [3] "사물인터넷 산업의 주요동향" 해외 ICT R&D 정책동향, June, 2013
- [4] Cisco, "Birth of new class of data in the internet of everything", 2013.5
- [5] D. G. Kim, H. J Kim, D. S. Hong, "Technology and development for 3GPP M2M Communication", KICS Magazine vol. 28 no.9, pp.21-28 2011
- [6] IEEE Draft Std. 802.15.4g/D4, Part 15.4: Low-Rate Wireless Personal Area Networks (WPANs) - Amendment 4: Physical Layer Specifications for Low Data Rate Wireless Smart Metering Utility Networks, April. 2011.
- [7] Wi-Fi Peer-to-Peer (P2P) Technical Specification Version 1.1, October 2010.
- [8] Afanasyev, Mikhail; Chen, Tsuwei; Voelker, Geoffrey, M.; Snoeren, Alex, C.(2010), "Usage patterns in an urban WiFi network", IEEE/ACM Transactions on Networking (TON), October 2010, Vol.18(5), pp.1359-1372
- [9] Lucero, Andre's; Jokela, Tero; Palin, Arto; Aaltonen, Viljakaisa; Nikara, Jari; (2012), "EasyGroups: binding mobile devices for collaborative interactions", Human Factors in Computing Systems: CHI '12 Extended Abstracts, (CHI EA '12), 2012, pp.2189-2194

[10] Trifunovic, Sacha; Distl, Bernhard; Schatzmann, Dominik; Legendre, Franck Legendre, (2011), "WiFi-Opp : ad-hoc-less opportunistic networking", Challenged networks: Proceedings of the 6th ACM workshop, (CHANTS '11), 2011, pp.37-42

[11] 권순범, 이창훈, 황승훈, "M2M을 이용한 공공시설물의 효율적 관리시스템" 한국통신학회 하계종합학술발표회, 2013
[12] 이큐브랩 홈페이지(<http://ecubelabs.com/x/>)



오의석(Eui-Seok oh)

2012년: 동국대학교 전자공학과 학사 졸업
2012년~현재: 동국대학교 전자공학과 석사과정
※관심분야: 무선통신, 이동통신



황승훈(Seung-Hoon Hwang)

1999년: 연세대학교 박사
1999년~2005년: LG전자 이동통신기술연구소 책임연구원
2003년~2005년: 영국 사우스햄턴대학교 Visiting Research Fellow
2010년: 미국 스탠퍼드대학교 Visiting Professor
2005년~현재: 동국대학교 교수
※관심분야: 무선 및 이동통신 시스템 및 요소기술, cognitive radio, M2M통신



권순범(Sun-beom Gwon)

2006년~현재: 연세대학교 전자공학과 학사과정
2007년~2009년: Bitweb Korea 기술연구소 연구원
2009년~2010년: Wifefn 기술연구소 연구원
2011년~현재: (주)이큐브랩 대표이사
※관심분야: 무선통신, 신재생 에너지, 폐기물 처리