

M2M 기반 스마트 그리드 적용 사례 및 서비스 요구사항에 관한 연구: 공공빌딩 에너지 관리

황성일*, 박태준*, 손영근**, 전근표***

Smart Grid Use Case and Service Requirement Based on M2M : Energy Management System for Public Buildings

Sung-Il Hwang*, Tae-Jun Park*, Young-Keun Sohn**, Gun-Pyo Jeon***

요 약

전 세계적인 에너지 절감 문제는 공공빌딩의 에너지 관리를 위한 주요 요소와 서비스 요구사항에 대한 연구를 요구하게 되었다. 본 논문에서는 이러한 M2M 기반의 스마트 그리드 서비스 적용 사례 및 서비스 요구사항에 대하여 연구를 수행하고자 하였다. 그 결과 에너지 관리를 위한 장치들의 운용, 네트워크, 그리고 에너지 효율화를 위한 다양한 응용 서비스에 대한 요구사항들을 프로파일 형태로 규정 하였다. 본 연구는 공공기관, 대학 및 학교 대형 빌딩 등에서 활용 가능한 M2M 기반 스마트 그리드 시스템의 선행 연구로 제공될 수 있다.

Key Words : M2M, Smart Grid, Energy Management, BEMS, Service Requirement

ABSTRACT

Problem of energy worldwide reduction had to research on the requirements of services and an important element for the energy management of public buildings and facilities. In this paper, we research the SmartGrid case studies and services requirements based on M2M service. As a result, operation of devices for energy management, network, and application services for a variety of energy-efficiency requirements for the profile was defined. In this study is possible to provide in survey of the smart grid system of M2M-based in public institutions, schools and universities, and large buildings.

I. 서 론

급속한 산업화의 발전에 따라 대형 빌딩에서 사용하는 에너지는 탄소배출과 같은 사회적 문제를 발생 시켰으며, 국가, 기업 그리고 빌딩 및 시설물 관리자에게는 막대한 에너지 비용을 초래하게 하였다. 이러한 현실에서 공공빌딩에서 사용되는 에너지의 효율적인 관리를 위한 다양한 기술이 적용되었으며, 특히 공

공빌딩은 사용하는 에너지의 주요 사용처에 대해 각종 센서로 부터 정보를 습득하고, 이를 중앙에서 관리·통제할 수 있는 BEMS(Building Energy Management System) 서비스 사업으로 발전되기도 하였다. 현재, 이러한 공공빌딩의 에너지 사용에 대한 정보 수집과 에너지 관리를 위한 여러 사례 및 관련 표준들이 활발히 연구 또는 제정되어 산업계에 적용되고 있다. 대표적으로는 유럽의 ETSI(European

※ 본 연구는 미래창조과학부의 지원을 받는 방송통신표준기술력향상사업 연구결과로 수행 되었습니다.

• 주저자 : 동아대학교 미디어디바이스연구센터, hsi2544@dau.ac.kr, 정희원

* ㈜맥서스, jaywork24hr@gmail.com

** 주식회사 케이티, mpeg@kt.com

*** 한국방송통신전파진흥원, jeongp5@kca.kr

논문번호 : KICS2013-03-143, 접수일자 : 2013년 3월 28일, 최종논문접수일자 : 2013년 7월 8일

Telecommunications Standards Institute)에서 M2M(Machine to Machine)을 기반으로 한 스마트 미터링, 헬스케어, 스마트 홈 등의 Use case, Architecture, Requirement 기술 표준이 제정되고 있으며^[1-10], 미국은 NIST(National Institute of Standards and Technology)에서 스마트 그리드 평가에 대한 표준화를 연구하고 있다^[11]. 또한 국내에서는 한국정보통신기술협회와 한국스마트그리드사업단에서 관련 표준들을 연구하고 있다.

본 논문에서는 이러한 공공빌딩의 에너지 사용량과 각종 정보를 습득하여 이를 유무선 네트워크를 통해 근거리 또는 원격지에 있는 관리 시스템으로 제공하며, 이 정보를 바탕으로 통계, 분석하고 에너지 사용량을 관리, 제어할 수 있는 M2M 기반의 스마트 그리드 서비스 적용 사례를 기술한다.

또한 에너지 관리 주요 요소와 정보들을 파악하고 M2M 기반의 공공빌딩의 에너지 관리 시스템을 위한 서비스 요구사항들을 제안함으로써, 에너지 관리를 위한 센서 및 제어 장치들의 운용과 활용, 네트워크 기술, 그리고 에너지 효율화를 위한 다양한 응용 서비스에 대한 요구사항들을 프로파일 형태로 규정한다.

본 논문의 구성은 2장에서 공공빌딩의 에너지 관리 시스템의 구성과 적용사례, 에너지 관리 서비스, M2M 서비스 플랫폼과 적용 시나리오, 서비스 요구사항 등을 제안하며, 3장에서는 결론을 제시한다.

II. 본 론

2.1. 공공빌딩 에너지 관리 시스템

M2M 기반 공공빌딩의 에너지 관리 시스템은 디바이스, 네트워크, 서비스 도메인의 3개 영역으로 구성되어 있다. 아래 그림은 공공빌딩의 에너지 관리 시스템의 일반적인 구성을 나타낸다.

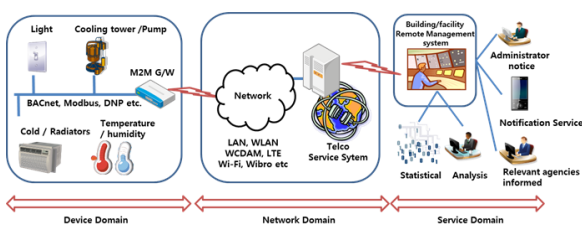


Fig.1 Energy Management System for Public Buildings

디바이스 도메인은 공공빌딩에서의 에너지 사용을 실제 계측하는 센서와 기기들 그리고 이를 유무선 네트워크와 연결하기 위한 M2M 게이트웨이로 구성된

다. 이러한 디바이스는 ETSI TS 102 689[6], “M2M High Level System”에서의 디바이스 도메인과 유사한 구성을 가지게 된다. 이 영역은 기존 표준과 기술들에 기반하고 있으며, 전력계측용 표준인 BACnet(Building Automation and Control NETworks) 그리고 기타 디바이스 연계 표준 기술인 DNP(Distributed Network Protocol), PLC(Power Line Communication), Zigbee 등이 사용될 수 있다.

네트워크 도메인은 분산되어 있는 공공빌딩의 주요 에너지 사용에 대한 계측 정보를 유무선 통신 기술을 이용하여 관리 시스템으로 전송하기 위한 구간으로 LAN, WAN, WCDMA, LTE 등의 유선통신망 및 이동통신망으로 구성된다. 이러한 통신 방법은 사용되는 현장의 상황에 따라 단독 또는 혼합하여 구성될 수 있다.

서비스 도메인은 전송된 각 디바이스 요소들의 에너지 정보를 가공하여 다양한 통계 정보와 에너지 절감 방안 등의 분석정보를 제공하기 위한 서비스 시스템과 디바이스 관리, 제어, 이벤트 제공 등의 관제 및 모니터링을 위한 시스템으로 구성된다. 또한 사용자, 관리자, 유관기관 등에 정보 제공을 위한 연계 서비스와 SMS, 스마트 앱 등의 방법으로 실시간 메시지 및 상태 정보를 제공하며 주요 서비스를 요약하면 다음과 같다.

- 센서 디바이스 관리 및 제어 서비스
- M2M 게이트웨이 서비스
- 네트워크 서비스
- M2M 플랫폼 서비스
- 실시간 에너지 모니터링 서비스
- 에너지 효율화 정보 서비스

2.2. 적용사례

2.2.1. 냉각기 시스템

공공빌딩에서 사용되는 냉각기 시스템은 보통 냉각기, 펌프, 냉각탑들로 구성되어 있으며, 구조와 용량에 따라 다양한 요소들을 가지고 있다. 이러한 요소에는 냉각기 모터 전력, 냉수 공급과 반환 온도, 응결기 물 공급과 반환 온도, 유량률, 냉방 부하율, 냉각기 효율(kW/RT) 등이 있으며, 냉각기 시스템 모든 장치들의 상태를 모니터링하고, 작동을 조작하며, 최적의 효율을 제공하도록 운영 및 배열하는 것이 주요 목표이다. 냉각기 시스템의 효율적 운영을 위한 주요 기능으로 계측 정보, 냉수와 응결기의 물 온도 재조정, 물 흐름량 균형 유지 등이 있으며, 제공해야 하는 정보들은

모터 전력, 냉수 온도, 반환 온도, 유량률, 냉방 부하율 등이 있다. 공공빌딩에 설치되는 냉각기의 기본 제어 방법은 압축기로 가는 냉매 흐름을 냉방부하의 변화에 맞게 조절하여 냉수 공급 온도를 유지하는 것이며, 충분한 냉수와 응결기의 물 흐름을 보장해주는 흐름 감지기로 효율적 냉수 공급을 유지한다. 냉각기 시스템에 설치되어 있는 각종 센서에서 전력, 유량, 수온 등의 정보를 받아 M2M 게이트웨이를 통하여 관리시스템으로 전송하며, 관리 시스템에서는 냉각기 에너지 효율 및 제어를 위하여 On/Off, 유량률, 부하율 등의 제어 정보를 전송한다. 이러한 시스템을 통해 관리자는 냉각기 에너지 관리를 위한 상태정보, 전력, 온도, 유량률, 시스템 효율 등의 정보를 서비스 할 수 있다.

2.2.2. 공기조화기 시스템

공공빌딩에서 사용되는 공기조화기 시스템은 공기를 흡입하여 조화시킨 후 내보내는 시스템으로 각각의 공간으로 공급되는 공기량을 온도조절장치와 가변풍량기기를 이용해 부하에 맞게 변경하여 효율을 제어할 수 있다. 공기조화기 시스템의 효율을 관리하기 위한 주요 요소로는 팬 모터 전력, 팬 속도, 작동 시간, 팬 고정 압력, 공기 공급과 반환 흐름량, 냉수 공급과 반환 온도, 반환 공기 온도 및 관련 습도, 외부 공기 온도 및 관련 습도 등이 있으며, 이러한 요소를 바탕으로 공기조화기 시스템의 구동 방식, 풍량 제어, 분배 제어 기능을 효율적으로 운영할 수 있다. 통풍 제어를 할 경우에는 인원 점유에 맞추어 각 분배 시설로 가는 공기의 균형을 조절함으로써 최적화 할 수 있다. 일반적인 공기조화기 시스템의 구동 원리는 코일을 통과하는 냉수 흐름을 부하의 변화에 맞추어 조절하는 것으로, 이를 위해 공급공기 관 안의 정지압력을 감시하고 팬의 속도를 다양화하여 정지 압력을 고정된 수치로 유지하여 작동한다. 공기조화기 시스템에 설치되어 있는 각종 센서로부터 전력, 팬 속도, 압력, 온습도 등의 정보를 받아 M2M 게이트웨이를 통하여 관리시스템으로 전송하며, 관리 시스템에서는 공기조화기 에너지 효율 및 제어를 위하여 On/Off, 흐름량, 속도, 온습도 등의 제어 정보를 전송한다. 이러한 시스템으로 관리자는 공기조화기 에너지 관리를 위한 상태정보, 전력, 온습도, 공기 흐름량, 압력 등의 정보 제공 서비스가 가능하다.

2.3. 원격 관제 및 에너지 관리 서비스

공공빌딩의 원격 관제 서비스는 에너지 관리를 위해 디바이스에 부착한 센서 및 제어장비를 유무선 네

트워크를 이용하여 원격에서 감시/제어가 가능한 환경으로 구축하는 서비스이다. 이를 M2M 기반으로 구현하여 보다 효율적으로 공공빌딩의 주요 에너지 정보를 측정하거나 제어, 관리할 수 있다.

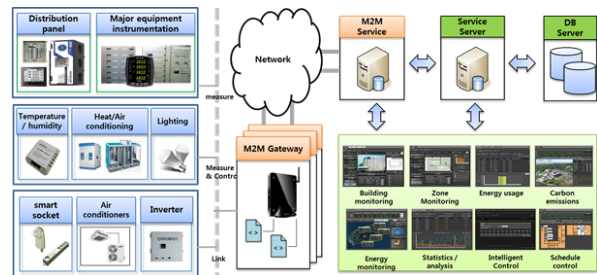


Fig.2. Energy Management Service Structure

공공빌딩의 에너지 관리를 위해 원격에서 관제 가능한 항목은 각 시스템의 전력량 정보와 장비 가동상태, 실내·외 온습도 정보 등이며, 수집된 정보에 대하여 전력 사용량 프로파일, 건물의 쾌적 지수 및 성능 지표 등을 분석하여 효율적인 제어가 가능해야 한다. M2M 기반으로 공공빌딩 및 시설물의 에너지를 관리하는 목적은 실시간으로 측정된 다양한 계측 정보를 바탕으로 효율적 에너지 관리를 위한 통계, 분석, 운영 방안 등의 부가적인 정보를 제공하기 위함이다. 공공빌딩의 효율적인 에너지 관리를 위하여 제공해야 하는 주요 기능은 다음과 같으며, 이러한 기능을 위한 정보의 흐름과 처리를 M2M 기술 기반으로 수행하여야 한다.

- 공공빌딩 에너지 계측정보 전송 및 디바이스 제어
- 공공빌딩 에너지 사용량 추이, 상태 등을 모니터링
- 에너지 낭비요소 파악을 위한 에너지 통계 및 분석
- 원격 전력 사용량 절감 방안 서비스 제공

2.4. M2M 서비스 시스템 구조

공공빌딩 에너지 관리를 위한 M2M 기반 스마트 그리드 서비스 시스템은 ETSI TS 102 689[6]의 M2M 서비스 구조를 바탕으로, 에너지 사용량 측정 데이터 제공을 위한 디바이스 도메인, 데이터 전송을 위한 유무선 네트워크 서비스인 네트워크 도메인, 실시간 에너지 사용 모니터링과 제어 및 각종 통계 및 분석 자료 제공을 위한 서비스 도메인의 3가지 도메인으로 구성되어 있다.

디바이스 도메인은 공공빌딩 에너지 관리를 위해 계측, 제어하고자 하는 각종 디바이스와 연결이 이루어지는 곳으로 기존 공공빌딩 관리를 위하여 산업 표준으로 사용되고 있는 BACnet, Modbus, PLC 등과

연계가 가능하다. 또한 별도 네트워크상에 존재하는 디바이스는 M2M 게이트웨이를 통해 연계가 가능한 구조이다.

네트워크 도메인은 ETSI의 Access Network 영역에 해당하는 곳으로 실제 유무선 네트워크를 통하여 데이터들이 연결되는 물리적인 영역이다. 다양한 네트워크 기술이 적용될 수 있으며, 단독 혹은 그룹으로 연결되어 서비스 될 수 있다.

서비스 도메인은 일반적으로 알려진 건물 에너지 관리 서비스인 BEMS와 3차 사업자를 위한 어플리케이션, 그리고 M2M 서비스를 위한 PC, Web, 모바일 적용 어플리케이션으로 구성되어 있으며, ETSI의 M2M 표준 서비스 구조[5-8]상에 있는 M2M 어플리케이션 층과 연결되는 부분이다. 어플리케이션과 서비스 계층은 상위단과의 서비스 연계를 위한 SDK (Software Development Kit), Open API, 고객 관리 기능, 연계 기능, 이동통신망 이용에 따른 비용 과금 서비스 제공 영역으로 ETSI의 M2M Service Capabilities[7] 영역에 해당한다. 네트워크 계층은 각종 시스템 드라이버와 게이트웨이의 관리, 연결, 보안 처리를 담당하며, 실제 물리적인 네트워크 연결에 대한 보장을 제공하는 곳으로 ETSI의 Core Network 영역에 해당한다.

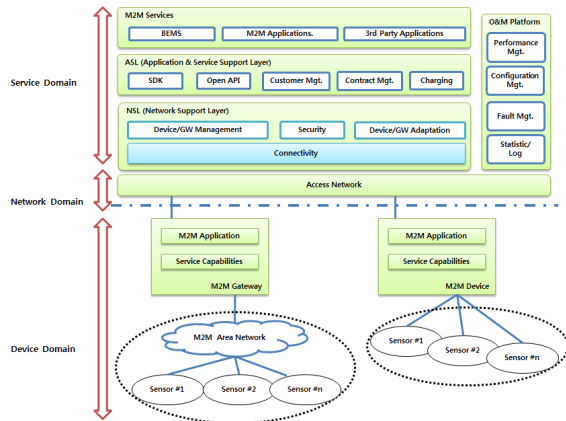


Fig.3. M2M Service System Structure

2.5. M2M 서비스 플랫폼 개선

기존 이동통신사에서 보유하고 있는 M2M 서비스 플랫폼은 M2M 디바이스와 게이트웨이, 유무선 네트워크, 미들웨어, 어플리케이션 서비스 제공을 위해 디바이스/게이트웨이 제조사, 통신사업자, 플랫폼 사업자, 서비스 제공자 등의 다수의 공급자가 상호 협력할 수 있도록 구성되어 있다. 본 논문에서 제안하는

M2M 기반의 공공빌딩 에너지 관리를 위해서는 현 ETSI M2M 서비스 플랫폼에서 권장하는 서비스 기능을 준용하면서, 기존 건물 또는 새로이 건설하는 건물의 효율적인 에너지 관리를 위한 특징적인 서비스 기능이 추가로 요구된다.

예를 들어 공공빌딩의 에너지 계측 및 제어를 위한 산업 표준으로 다양한 프로토콜과 서비스들이 제공되고 있으나, M2M 기술 적용을 위하여 일부 기능은 삭제 또는 변경이 이루어져야 하며, 또한 새로이 추가되어야 하는 기능들이 있다. 이러한 특정 서비스 분야에 비종속적인 M2M 플랫폼 개발을 위해서는 디바이스 연동과 어플리케이션 서비스 간에 표준화된 플랫폼 기능 및 인터페이스 규격이 필요하다. 또한, 에너지의 효율적 관리를 위하여 특정 디바이스와 분리된 별도의 네트워크 구조와 통계, 분석, 제어 등의 복합적인 서비스 제공이 가능한 플랫폼 기능과 인터페이스 규격이 필요하다.

M2M 기반 공공빌딩 에너지 관리를 위한 서비스 플랫폼 표준화를 위하여 기존 이동통신사의 M2M 서비스 플랫폼을 개선하였다. 이동통신사 M2M 서비스 플랫폼 기능 중 공공빌딩 에너지 관리를 위한 서비스 기능 구현 위주로 구성하였으며, 일부 기능은 삭제 또는 추가되었다.

개선된 M2M 서비스 플랫폼은 네트워크 연계 부분, 서비스 제공, 서비스 지원, 운영/관리 기능으로 구분되어 있으며, 특히 M2M 서비스 부분에서 공공빌딩 에너지 관리를 위하여 빌딩 에너지 관리 시스템으로 널리 서비스되고 있는 BEMS 서비스를 연계하였다.

ETSI M2M 스마트 그리드 표준[4]은 Energy, Control & Communication, Service의 3개 층으로 구성되어 있다. 이런 구조는 대부분의 시스템에서 널리 사용되고 있는 구조로 신뢰성과 효율성에 대해 많은 검증이 이루어진 바 있다. 본 논문에서 제안하는 M2M 기반 공공빌딩 에너지 관리를 위한 시스템 역시 ETSI의 표준안을 준용하여 구성되어 있으며, 에너지 계측을 위한 장비 연계와 제어, 이동통신사 네트워크와 M2M 서비스 플랫폼을 이용함에 따른 과금 처리, 장애 관리, 부하 제어 등의 서비스를 제공할 수 있도록 구성하였다. 또한 스마트 그리드 운영을 위하여 에너지 정보의 분석을 통한 통계, 절감 방안, 이벤트 검출, 스케줄, 운영관리 등의 서비스 제공이 가능한 기존 BEMS의 솔루션 기능을 서비스할 수 있게 하였다.

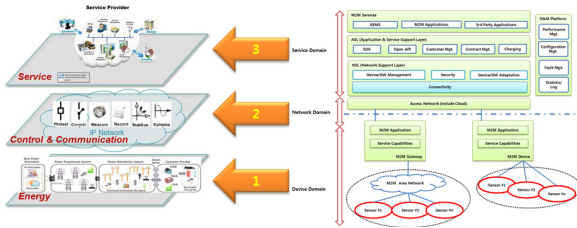


Fig. 4. Compare M2M Service System Structure with ETSI Model

본 논문에서 제안하는 M2M 기반 공공빌딩 에너지 관리 시스템은 위의 서비스 요구사항을 수용할 수 있는 구조로 ETSI M2M 스마트 그리드 표준의 Energy 계층은 디바이스 도메인으로, Control & Communications 계층은 네트워크 도메인으로, Service 계층은 서비스 도메인으로 비교될 수 있다.

2.6. 서비스 시나리오

공공빌딩의 에너지 관리 서비스를 위한 계측 요소로는 실내 온습도, 외기 온습도, CO2, 전력, 유량 등이 있으며 다음과 같은 방법 및 요구 기능들을 수행할 수 있어야 한다.

- 실내 온습도는 바닥으로부터 약 1.2m 높이에서 측정하며, 대표 온습도는 가중 산출 평균으로 한다.
- 실내 온습도 측정 주기와 저장 기간을 설정할 수 있어야 한다.
- CO2는 공기 유동이 있는 재실 인원이 많은 장소에서 측정하며, 측정 주기와 저장 기간을 설정할 수 있도록 한다.
- 전력회사 전력계에서 발생하는 펄스량을 측정하여 전력 및 전력량을 산출할 수 있어야 하며, 전력산출 주기를 설정할 수 있어야 한다.
- 유량 측정은 직선구간의 환수되는 배관에서 측정하며, 적산값이 아닌 순시값을 측정하고, 측정 주기와 저장 기간을 설정할 수 있어야 한다.

M2M 서비스는 현장의 계측 정보를 수집하고, 취합하여 에너지 관리 서비스 제공을 위한 서비스 도메인 영역으로 전송하는 기능과 에너지 효율성 향상을 위하여 각종 디바이스의 On/Off, 동작 제어, 상태 확인 등의 관제를 위한 정보 전송 기능, 그리고 데이터 보완, 네트워크 구성, 프로토콜 등의 네트워크 관리 기능을 수행한다. 이러한 기능 수행을 위하여 다음과 같은 주요 기능들이 요구된다.

- M2M 응용과 M2M 디바이스 또는 M2M 게이트웨

이 간의 통신을 지원

- 다양한 유선 및 무선(WCDMA, Wi-Fi, LTE 등)망을 지원
- 디바이스/게이트웨이를 제어하기 위한 명령의 전송 기능을 지원
- 패킷 보안, 암호화 알고리즘, VPN 등의 적절한 보안조치 지원
- 디바이스 및 게이트웨이 네이밍으로 접근 가능

M2M 기반 공공빌딩 에너지 관리 서비스는 수집된 계측 정보들을 활용하여 실시간 에너지 사용량 모니터링, 피크량 제어, 에너지 절감 방안, 비효율 기기 제어, 스케줄 관리, Zone 및 그룹 관리 등의 서비스 제공이 가능하여야 한다. 이러한 서비스 제공을 위해 다음과 같은 주요 기능들이 요구된다.

- Group/Zone별 실시간 에너지 모니터링 정보
- 실시간 또는 누적 탄소 배출 현황 정보
- 전력, 배관, 설비 계통별 실시간 모니터링 정보
- 에너지 사용량, 누적량, 절감도 통계 정보
- 에너지 피크량, 이용량 경보, 알람 및 제어 이력 정보
- 기간별 요금 및 사용량, 대비/면적 사용량 통계 정보
- 건물, 제어기기, 계측기기, 통신기기 시설 관리 정보
- 목표량, 사용량, 이벤트, 스케줄 등 서비스 운영 정보
- 사용자, 접속/조작이력 사용자 서비스 정보

공공빌딩에 설치되어 있는 전력, 유량, 온습도 등의 계측기들은 네트워크에 직접 연결되거나 지역 네트워크에 속해 있는 경우 M2M 게이트웨이를 통하여 정보를 수집·취합하여 로컬 또는 원격지에 있는 서버 시스템으로 전송하게 된다. 로컬 지역인 경우 내부 네트워크를 이용하여 유선 또는 무선으로 데이터를 전송할 수 있으며, 원격지인 경우 이동통신사의 WCDMA, LTE, WiBro 등의 무선 통신을 이용하여 데이터를 전송한다. 이 때 발생하는 데이터 처리 비용과 네트워크 장애 및 부하 관리를 위해 서비스 시스템에서는 이들을 관리하게 된다. 서비스 도메인에서는 수집된 정보를 분석하여 통계 및 운영 정보를 제시하며, 이를 기반으로 에너지 사용 기기들의 제어 및 스케줄 관리 등을 수행할 수 있다.

2.7. M2M 스마트 그리드 서비스 요구사항

본 논문에서 제안하는 M2M 기반 공공빌딩 에너지 관리 서비스 요구사항은 일반 요구사항, 기능 요구사

항, 보안 요구사항으로 구분된다. 일반 요구사항은 에너지 관리 서비스를 위한 사업 지원, 서비스 계획, 서비스 확장 및 기술 지원 방안에 대한 요구사항을 정의하며, 기능 요구사항은 디바이스, 네트워크, 서비스 도메인 영역에서의 서비스 요구사항으로 구성되어 있다. 보안 요구사항은 인증, 데이터 전송 보안, 데이터 무결성 및 오용방지로 나눌 수 있다.

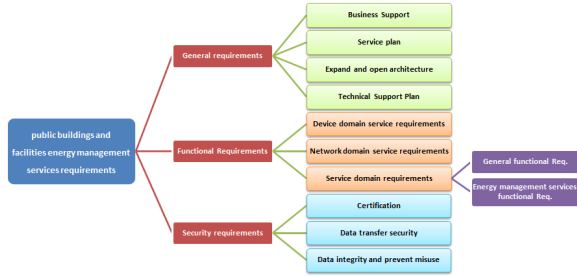


Fig. 5. M2M Smart Grid Service Requirement

먼저, 일반 요구사항 중 사업 지원 항목은 M2M 서비스 플랫폼 임대 사업 및 서비스 제공 사업, 통신사 인프라를 활용한 제3자 서비스 임대 사업 형태의 서비스 제공이 가능해야 한다.

서비스 계획 항목은 서비스 대상이 되는 고객 또는 어플리케이션 별로 분류하여 서비스 사업계획을 수립할 수 있어야 한다. 이러한 서비스 사업 계획은 제3자 서비스 제공자 참여, 고객 및 소비자 맞춤형 서비스 위한 Open API 및 SDK 제공, 고객 맞춤형 서비스 시스템 구축 및 인프라 구축 사업 등을 포함하여야 한다. M2M 기반의 공공빌딩 에너지 관리의 주요 목적인 데이터 분석에 의한 에너지 절감 방안을 제공할 수 있어야 하며, 이를 위해 다음과 같은 서비스 제공이 요구된다.

- BEMS 서비스를 이용한 에너지 분석 및 절전 제어 서비스 제공
- 에너지 최적 제어 정책 결정과 운영 정보 제공
- 실시간으로 에너지 사용량을 모니터링하여 불필요한 에너지의 사용처를 찾아 낭비 최소화
- 과거 에너지 사용 패턴 분석을 통한 에너지 종별, 용도별 소비상태 파악으로 에너지 절감 대책 수립
- 지능형 에너지 제어 및 설비 운전의 최적 제어

서비스 확장 항목은 다양한 디바이스와 네트워크, 서비스 방법을 수용해야 하므로 유연한 형태의 확장 가능한 구조를 가져야 하며, 개방형 구조로 제3자의 서비스 참여가 용이해야 한다. 이를 위해 다음과 같은 구조를 가져야 한다.

- 시스템의 하드웨어 및 소프트웨어 구성 요소가 확장 가능한 구조
- 데이터 증가에 따른 시스템 확장성과 성능 보장
- 플랫폼 단위의 모듈화 및 유지보수 용이성
- 제3의 서비스 제공자 및 기타 사업자의 참여가 용이한 개방형 구조

다음으로, 기능 요구사항을 살펴보자. 디바이스 도메인 측면에서의 기능 요구사항은 에너지 계측 장비와 M2M 장비와의 연결 및 제어를 위한 기능 요구사항이다. 본 논문에서 명시하지 않은 일반적인 요구사항은 ETSI 디바이스 도메인의 기능 요구사항을 준용한다. 그리고 전력, 온습도, 유량 등 공공빌딩 및 시설물의 에너지 계측을 위한 센서 기능 요구사항은 산업 표준을 준용하며 본 논문에서는 따로 정의하지 않는다.

- 디바이스/게이트웨이 제어 명령 전송 기능
- 메시지 송수신, 메시지 에러 체크, 메시지 변환 및 메시지 라우팅 처리 기능 지원
- 디바이스/게이트웨이 상태 감시/관리 기능
- 디바이스/게이트웨이 구성 관리 기능
- 디바이스/게이트웨이 성능 감시/제어/관리 기능
- 디바이스/게이트웨이 송수신 메시지 트래픽 감시/제어/관리 기능
- 디바이스/게이트웨이 장애 감시/제어/관리 기능
- 디바이스/게이트웨이 세션 유지/관리 기능
- 디바이스/게이트웨이 원격 유지 보수 및 OTA 기능
- 디바이스/게이트웨이 로그 저장/관리 기능

네트워크 도메인의 기능 요구사항은 M2M 디바이스와 서비스 제공 시스템 또는 M2M 게이트웨이와 서비스 제공 시스템간의 네트워크 연결을 위한 영역의 기능 요구사항으로 이동통신사의 네트워크를 주로 활용한다. 본 논문에서 언급하지 않은 기능 요구사항은 ETSI 네트워크 도메인의 기능 요구사항을 준용한다.

- 다양한 유선 및 무선(WCDMA, Wi-Fi, LTE 등)망 지원
- 디바이스 접속을 위한 Wake-up 기능 및 제어 명령, 정보 전송, 리셋 명령 전송
- 양방향 통신 환경에서 Always-On 디바이스를 지원
- 모든 기기에 동시 메시지 전송 기능 지원
- 다양한 통신 프로토콜을 지원 및 국내/외 표준 프로토콜을 수용할 수 있는 유연한 구조
- 실시간 수신 신호 강도 등 무선망 상태 관리 가능
- 메시지 QoS 보장을 위한 재전송 기능 지원

- 대기 모드 상태의 M2M 디바이스와 통신 기능
- 애니/유니/멀티 캐스트 및 브로드 캐스트 지원
- 네트워크 액세스 스케줄링 및 메시지 전송 스케줄
- 최적화된 메시지 통신 경로 선택
- 디바이스/게이트웨이의 무결성 확인 기능

서비스 도메인의 기능 요구사항은 일반 기능 요구사항과 에너지 관리 서비스 기능 요구사항으로 구분할 수 있으며, 네트워크를 통해 전송된 M2M 디바이스와 게이트웨이 수집 정보를 원하는 형태의 서비스로 제공하기 위한 기능들을 정의한다.

서비스 도메인 일반 기능 요구사항은 운영 및 관리를 위한 요구사항, 이동통신사 네트워크 관리 기능 요구사항으로 구분한다. 운영 및 관리 서비스를 위한 기능 요구사항은 다음과 같다.

- 제3자 서비스 제공자의 프로파일 정보 관리 기능
- 사용자 프로파일 정보 관리 기능
- 서비스 등록/삭제 및 버전 관리 기능
- 사용자 서비스 가입/변경/해지 정보 관리 기능
- 서비스 사용량, 과금 정보 관리 기능
- 장애 감지 및 장애 이력 관리 기능
- 관리/로그/통계/리포팅을 위한 기능 및 UI 제공
- 실시간 에너지 정보 이중화 방안
- 사용자 및 관리자의 접근 권한 제어 기능
- 장애 내역 운영자 통보 기능
- SMS/MMS 알림 메시지 전송 기능
- 상태 감시 및 관리 기능에 대한 API 제공
- On/Off/Reset 및 환경 설정 API 제공
- 송수신 이벤트 이력 추적 API 제공

이동통신사의 네트워크 관리를 위한 기능 요구사항은 다음과 같다.

- 가입자별 설정 M2M 서비스 기능 정보 파악 기능
- 서비스 활성/비활성화 수단 제공
- 활성/비활성화된 서비스를 파악할 수 있는 기능 제공
- 서비스 기능의 활성을 제한할 수 있는 수단 제공
- 데이터 트래픽 감소 수단 제공
- 데이터와 시그널링을 제한하는 수단 제공

에너지 관리 서비스 기능 요구사항은 운영 관리, 시설물 관리, 모니터링, 통계 분석, 성능 분석 및 예측 등의 기능을 제공하는 요구사항이다. 운영 관리의 대상은 시설, 에너지, 사용자 등이 포함되며, 공공빌딩의 도면 및 시설코드 관리와 일정관리 기능이 요구된다.

- 공공빌딩 관리 : 건물관리, 장치관리, 계량/계측기 관리, 센서 관리
- 에너지 정보 관리 : 예정량 목표관리, 에너지 사용량 관리, 실시간 이벤트 정리
- 사용자 관리 : 사용자 관리, 접속 이력 정보, 조작 이력 정보

공공빌딩의 실시간 에너지 모니터링 기능 요구사항은 다음과 같다.

- 실시간 모니터링 : Group 모니터링, 건물 모니터링, Zone 모니터링, 실시간 데이터 분석, 날씨정보(일간/주간), 등
- 탄소 배출량 : 탄소 배출 현황
- 설비 모니터링 : 전력 계통도 모니터링, 설비 계통도 모니터링

에너지 사용에 대한 세부적인 통계 분석 정보를 제공하기 위한 기능 요구사항은 다음과 같다.

- 에너지 사용 정보 : 에너지 사용량, 날씨 정보, 에너지 절감도, 시간대별 사용량
- 에너지 경보관리 : 에너지 사용량에 따른 알람 이력, 제어 이력 정보
- 에너지 효율화 정보 : 에너지 사용 트렌드, 빌딩 비교, 계산 요금 검증, 전년 대비 사용량, 면적별 비교, 에너지 컨설팅

효율적 에너지 관리를 위한 시설물 또는 장비들의 성능 분석 및 예측을 위해서는 다음과 같은 기능이 요구된다.

- 에너지 성능 지표 : 표준/환산 성능지표, 탄소배출 성능지표, 에너지 Baseline, 최대수요 전력 성능 지표, 에너지 수요 및 최대 수요 예측 지표
- 전력 에너지(kWh, kW_peak) 분석 지표 : 시간별 분석, Baseline, 일간/월간/주간/연간 시간별 분석 도표, 시간별 최대수요 자료(발생 시각)
- 가스(kNm³, kNm/h) 분석 지표 : 일간 분석, Baseline, 일간/월간/주간/연간 시간별 분석 도표, 시간별 최대수요 자료(발생 시각)
- 개별 장비 부하 특성 분석 : 에너지 분석 Baseline 모델링 절차 제공

마지막으로, 보안 요구사항은 디바이스들의 인증과 데이터 전송시 암호화 등의 보안 알고리즘 적용, 네트워크에서 발생하는 각종 트래픽과 서비스 거부 공격에 대한 대처, 데이터 무결성 보장, 개인 정보보호를

위한 기능을 제공하여야 한다. M2M 서비스 플랫폼의 네트워크 도메인 계층과 M2M 디바이스 혹은 M2M 게이트웨이간의 상호 인증을 지원해야 한다. 또한, 네트워크 도메인에서 M2M 디바이스 및 M2M 게이트웨이의 단방향 인증도 제공해야 한다. 전송되는 모든 데이터에 대하여 다음과 같은 적절한 보안조치를 반드시 취해야 한다.

- 자체 프로토콜에 의한 Packet 보안
- 암호화 알고리즘 지원 (WEP, WAP, AES 등)
- 비대칭 키 암호화 알고리즘 지원 (SEED 등)
- 디바이스/게이트웨이/응용간 End-to-End 보안
- VPN을 통한 보안

또한, 송수신되는 데이터의 무결성에 대한 검증 기능을 지원해야 한다. 승인되지 않은 접근의 제한과 서비스 거부 공격에 대한 기능을 제공하여야 한다.

- 승인되지 않는 접근에 대한 허용 불가
- 승인되지 않는 접근에 대한 대처 방안 제공
- 승인되지 않는 접근에 대한 로그 기록 저장
- 서비스 거부 공격 등의 불법 외부 침입에 대한 대책 방안 제공
- 개인 사생활 정보 보호 방안 제공

2.8. M2M 스마트 그리드 시험/검증 서비스 평가

M2M 기반 스마트 그리드의 시험 및 인증체계는 미국 NIST에서 주도하고 있다^[11]. NIST는 스마트 그리드 표준 상호운용성 시험 및 인증 체계의 개발 및 시행이 중요하다는 점을 인지하고 있으며, 스마트 그리드 제품들의 상호 호환 체계와 부합되도록 엄격한 표준 적합성 및 상호운용성 시험 절차를 개발하고 있다.

본 논문에서는 이러한 M2M 기반 스마트 그리드 서비스의 시험/검증을 위한 표준 프로파일에 대한 사전 연구까지 진행하였다. M2M 서비스 요구사항에 대한 정량적 평가로는 기기 신뢰성 및 통신 안정성 등에 대한 평가방법이 있으며, 현재는 이동통신사의 망 적합성 인증 시험 등을 통하여 정량적인 평가를 하고 있다. 그러나 M2M 기반의 스마트 그리드 서비스를 위한 각 요구사항에 대한 평가항목과 평가방법 등에 대한 연구는 추후 활발한 연구가 필요한 상황이다.

III. 결 론

본 논문에서는 공공 빌딩의 효율적인 에너지 관리를 위한 M2M 기반의 스마트 그리드 기술 적용 사례

와 서비스 요구사항에 대하여 알아보았다.

M2M 서비스는 2000년대 이후 급속한 성장을 통하여 산업 및 생활 전 분야에 걸쳐 다양하게 적용되고 있으며, 향후에도 그 적용 범위와 사업 모델이 급속하게 확대될 것으로 예측하고 있다. 특히, 본 논문에서 제안한 공공빌딩 및 시설물의 에너지 관리 시스템은 탄소배출 및 최근 이슈화되고 있는 전력 부족 사태에 대비하기 위한 필수적인 요소 기술로 인식됨에도 불구하고 아직까지 그 실효성과 성과에 대한 연구 사례들이 부족한 실정이다. 기존 BEMS 서비스가 M2M과 결합하여 원격에서 각종 정보를 모니터링하고 제어가 가능한 형태로 발전할 경우 에너지 관리를 위한 효율성은 극대화될 수 있을 것이다.

본 논문은 이러한 M2M 기반의 스마트 그리드 서비스, 특히 공공빌딩의 에너지 관리에 적용하기 위한 사례들을 살펴보았으며, 이를 통하여 M2M 스마트 그리드 적용을 위한 서비스 시나리오, 서비스 요구사항들을 도출해 보았다. 해외 표준연구기관에서는 수년전부터 이와 관련된 연구 및 산업계의 사례와 요구사항들을 수집하여 표준기술 제안 및 산업화에 적용하고 있으나 국내는 최근에 관련 연구를 활발히 진행 중이다.

앞으로 M2M 서비스 시장의 성장을 위하여 홈/가전, 사회/안전, 의료, 건설, 교통/물류, 에너지 등 전 산업 분야에 걸쳐 다양한 형태의 정부 지원과 시범사업이 요구되며, 동시에 관련 기술 표준 제정을 위한 oneM2M 등 국제 표준 단체들과 유기적인 협력하여 국내 기술이 표준에 반영될 수 있도록 적극적인 연구 및 표준화 활동이 수행되어야 할 것이다.

References

- [1] ETSI, *Machine-to-Machine communications (M2M); Smart Metering Use Cases*, ETSI TR 102 691 V1.1.1, 2010.
- [2] ETSI, *Machine-to-Machine Communications (M2M); Use cases of M2M applications for eHealth*, ETSI TR 102 732 V0.4.1, 2011.
- [3] ETSI, *Machine-to-Machine Communications (M2M); Use cases of M2M applications for Connected Consumer*, ETSI TR 102 857 V0.3.0, 2010.
- [4] ETSI, *Machine-to-Machine Applicability of M2M architecture to Smart Grid Networks Impact of Smart Grids on M2M platform*,

ETSI TR 102 935 V0.1.3, 2010.

- [5] ETSI, *Machine-to-Machine Communications (M2M); Interworking between the M2M Architecture and M2M Area Network technologies*, ETSI TR 102 966 V0.1.3, 2012.
- [6] ETSI, *Machine-to-Machine communications (M2M); M2M service requirements*, ETSI TS 102 689 V1.1.1, 2010.
- [7] ETSI, *Machine-to-Machine communications (M2M); Functional architecture*, ETSI TS 102 690 V1.1.1, 2011.
- [8] ETSI, *Machine-to-Machine communications (M2M); m1a, d1a and m1d interfaces*, ETSI TS 102 921 V1.1.1, 2012.
- [9] D. Yousef, N. Dmitry, and S. Manfred, "M2M standards: possible extensions for open API from ETSI," *European J. Sci. Research*, vol. 72, no. 4, pp. 628-637, 2012.
- [10] I. J. Choi, B. S. Park, H. Y. Choi, N. G. Myung, and S. Y. Lee, "Case study on auto meter reading protocol certificate system for smart grid and standardization," *J. Korea Inform. Commun. Soc. (KICS)*, vol. 37B, no. 1, pp. 75-85, Jan. 2012.
- [11] NIST, *NIST Framework and Roadmap for Smart Grid Interoperability Standards, Release 1.0*, NIST Special Publication, Jan. 2010.

황 성 일 (Sung-Il Hwang)



2000년 2월 동아대학교 산업공학과 학사
 2010년 8월 동아대학교 산업경영공학과 박사
 2011년 10월~현재 동아대학교 재직
 <관심분야> RFID/USN,

M2M/IoT, MIS

박 태 준 (Tae-Jun Park)



1993년 2월 성균관대학교 전기공학과 학사
 1995년~1999년 (주)Hynix
 2000년~2006년 IXI Mobile
 2006년~2010년 (주)대우전자부품
 2011년~2013년 (주)비츠로시스

<관심분야> M2M, WCDMA/LTE, Wi-Fi

손 영 근 (Young-Keun Sohn)



1984년 2월 서울대학교 전자공학과 학사
 1986년 2월 서울대학교 전자공학과 석사
 1996년 4월~현재 KT 재직
 <관심분야> 전자공학, 통신공학, M2M 응용

전 근 표 (Gun-Pyo Jeon)



2002년 2월 성균관대학교 전자공학과 학사
 2004년 2월 서울대학교 전기컴퓨터공학부 석사
 2004~2007년 5월 LG전자 주임연구원
 2007년 6월~현재 한국방송통신

신전파진흥원 선임

<관심분야> 사물인터넷(IoT), M2M, 이동통신