

<https://doi.org/10.7236/JIIBC.2020.20.3.59>  
JIIBC 2020-3-9

# 사물인터넷과 빅데이터를 이용한 스포츠 시설 에너지 관리시스템에 관한 연구

## A Study on Energy Management System of Sport Facilities using IoT and Bigdata

권용광, 허준\*

Kwon. Yong-Kwang, Heo. Jun\*

**요 약** 파리기후협약에서 한국은 2030년까지 온실가스 배출전망(BAU) 대비 37% 감축이라는 의욕적인 목표를 제출하였다. 그리고 대응방안의 하나로 지능형 전력망인 스마트 그리드가 제시되었다. 스마트 그리드의 적용되기 위해서는 다양한 분야에 EMS(Energy Management System)가 설치 및 운영되어야 하는데, 수요자의 인식부족과 시스템 ROI의 한계로 보급이 지연되고 있는 상황이다. 따라서 최근에는 설치된 EMS의 효율을 높이기 위한 다양한 데이터 분석과 제어 기술이 제시되고 있다. 본 연구에서는 IoT로 수집된 빅데이터를 SARIMA 모델로 분석하여 예측함으로써 공공 스포츠 시설의 에너지 사용량을 절감하여 운영하는 예측제어 알고리즘을 제시한다.

**Abstract** In the Paris Climate Agreement, Korea submitted an ambitious goal of reducing the greenhouse gas emission forecast (BAU) by 37% by 2030. And as one of the countermeasures, a smart grid, an intelligent power grid, was presented. In order to apply the smart grid, EMS(Energy Management System) needs to be installed and operated in various fields, and the supply is delayed due to the lack of awareness of users and the limitations of system ROI. Therefore, recently, various data analysis and control technologies have been proposed to increase the efficiency of the installed EMS. In this study, we present a measurement control algorithm that analyzes and predicts big data collected by IoT using a SARIMA model to check and operate energy consumption of public sports facilities.

**Key Words** : Bigdata, Energy Management System, IoT, SARIMA model

### 1. 서 론

2021년 1월부터 적용될 파리기후변화협약(Paris Climate Change Accord)은 2020년 만료되는 교토의 정서를 대치하여 195개 당사국에게 구속력 있는 보편적 첫 기후 대책 합의이다<sup>[1]</sup>. 협약에 따라 한국은 2030년 배

출 전망치 대비 37% 감축을 목표로 하고 있으며 이를 위한 다양한 기술이 개발 및 적용되고 있다. 그리고 하나의 필수적인 대안으로 제시되는 것이 스마트 그리드(Smart Grid)이다.

스마트 그리드는 똑똑함을 의미하는 Smart와 전력망을 의미하는 Grid의 합성어로 차세대 전력망 또는 지능

\*정회원, 신안산대학교 컴퓨터정보과  
접수일자 2020년 5월 16일, 수정완료 2020년 6월 1일  
게재확정일자 2020년 6월 5일

Received: 16 May, 2020 / Revised: 1 June, 2020 /

Accepted: 5 June, 2020

\*Corresponding Author: heojun@kyungmin.ac.kr

Dept. of Information & Communication, Kyungmin Univ.

망으로 불린다. 한국스마트그리드협회에서는 스마트 그리드를 '기존 전력망에 정보통신기술을 더해 전력생산과 소비정보를 양방향, 실시간으로 주고받음으로써 에너지 효율을 높이는 차세대 전력망'이라고 설명한다. 즉, 전기 공급자와 생산자들에게 전기 사용자 정보를 제공함으로써 보다 효과적으로 전기 공급을 관리할 수 있게 해주는 에너지 이용 고효율 서비스이다. 그러므로 스마트 그리드가 효과적으로 동작하기 위해서는 EMS(Energy Management System, 이하 EMS)가 구축되어야 하며, 데이터를 실시간 수집을 위한 사물인터넷(IoT) 기술과 분석을 위한 빅데이터(Bigdata) 기술이 필요하다<sup>[2][3][4][9]</sup>.

EMS는 건물과 공장에서 사용하는 에너지 관리 시스템으로 각종 센서 장치를 통해 건물의 에너지 사용 현황과 설비운전 이력을 수집 또는 분석하고, 건물 에너지 기기에 대해 운전 정보를 제공하여 사용되는 전기에너지를 절감하게 된다<sup>[5][6]</sup>. 이러한 이유로 EMS는 세계적인 기후 변화 위기에 따라 각국이 온실가스 감축을 위해 추진하는 정책으로 에너지 효율화 해법 중 하나로 제시되고 있으며, 한국 정부도 변화에 맞추어 2016년부터 1만m<sup>2</sup> 이상 신축 공공시설물은 건축물 에너지 관리 시스템(BEMS: Building EMS)을 구축하도록 의무화하였다. 그리고 최근 다양한 분야(건물, 공장, 주택 등)에서 에너지 관리의 필요성을 인식하고 산업체를 중심으로 에너지절감 기술의 개발과 에너지관리시스템 도입을 적극적으로 추진하고 있다<sup>[7]</sup>.

EMS는 다양한 추가 시설이 요구되므로 건축물을 신축할 때 시공하는 것이 일반적이거나 기존 건축물에 추가적으로 설치하는 경우도 필요하다. 그러나 기존 건축물에 EMS를 도입하는 것은 비용적/공간적 지출을 신규 건축물보다 더 높게 요구하게 되는데 수요자 입장에서는 RIO(Return On Investment)를 고려할 때 쉽지 않은 선택이다. 따라서 RIO를 낮추어 EMS 보급을 활성화하기 위해서는 효율이 높은 시스템 설계가 요구되며, 하드웨어와는 별도로 전기절감을 위한 예측 알고리즘의 개발이 필수적이다.

이러한 사회적 변화 속에, 스포츠 분야에서도 스포츠 시설의 효율적인 에너지관리를 위한 적극적인 관심과 노력이 요구된다. 전국의 공공 스포츠 시설은 26,927개소(2017년말 기준)<sup>[8]</sup>인데, 2016년 기준 1만 명 이상을 수용할 수 있는 대형 공공체육시설 100여 곳 중 85% 이상이 매년 적자를 기록하고 있으며, 특히 전기와 기타 에너지 사용료는 인건비 다음으로 운영비에 큰 부담이 되는 요인으로 지적되었다. 이처럼 에너지 사용료로 인한 운영

상의 어려움이 가중되고 있음에도 불구하고 스포츠시설의 에너지사용량에 대한 정확한 통계조차 파악되지 않고 있는 것이 현실이다.

본 논문에서는 예측 알고리즘을 공공 스포츠 시설에 접목하여 에너지를 보다 효과적으로 관리하기 위한 방법을 제시하고자 한다. 예측 알고리즘은 예측 엔진과 예측 제어 엔진으로 구성되는 서버에 위치한 예측 엔진에는 고정 데이터, 외부 데이터, 내부 데이터 등의 Cloud 기반으로 하는 Big Data를 통해 SARIMA 모델을 이용하여 사용 전력을 관리할 수 있도록 제안하는 예측 알고리즘이 동작한다. 클라이언트에 위치한 예측제어 엔진에는 서버에서 예측된 데이터를 기반으로 SARIMA 모델을 이용하여 서버보다 좀 더 세밀한 예측을 통해 에너지 사용량을 절감하여 운영하는 예측제어 알고리즘이 동작한다.

본 논문에서는 제안하는 SFEMS(Sport Facilities Energy Management System)을 설명하기 위하여 2장에서 기존 LMS의 특징을 나열하고 3장에서 SARIMA 모델과 이를 적용한 SFEMS를 설명한다. 그리고 4장에서 결론을 전개하였다.

## II. Energy Management System

스마트 그리드는 기존 전력망에 IT 기술을 이용하여 전력 공급자의 공급량과 소비자의 소비에 대한 정보를 확보하여 양자 간의 소비와 공급을 대응시킴으로써 전력을 스마트하게 제어하는 기술이다. 그림 1에서 이용자는 스마트 그리드를 통해 사용시간과 사용량을 조절할 수 있으며 공급자는 필요한 시기에 필요한 양을 생산하여 필요한 곳에 공급할 수 있게 된다. 따라서 세계 여러 나라에서 차세대 전력망으로 구축하기 위한 사업으로 추진하고 있다.

스마트 그리드를 운영하기 위해서는 종단 사용자의 소비 내용을 원격으로 파악하여야 하는데 이 역할을 하는 것이 EMS이다. EMS는 ICT 및 제어기술을 기반으로 빌딩이나 공장 등에서의 에너지 흐름과 사용 최적화를 위한 통합 에너지 관리 솔루션이다. 그리고 적용 분야에 따라 HEMS(Home EMS), BEMS(Building EMS), FEMS(Factory EMS)가 있는데, 표 1에서 그 유형에 따른 세부기술과 특징을 나열하였다.



그림 1. 스마트그리드  
 Fig. 1. SmartGrid

표 1. EMS의 유형별 기술과 특징  
 Table 1. EMS type-specific technology and features

유형	세부 기술	특징
HEMS	스마트 미터 AMI	-실시간 사용량, 요금 표시 -대단위 APT 중심 적용 -절전형 장비 위주 -비용대비 효율성 제고가 문제
BEMS	ESS 센서 계측	-공급 전기 상황기반 조합 사용 -대형 건물 중심 -계측 정보 수집, 설비 제어가능
FEMS	ESS 센서 계측	-BEMS와 시스템 규모, 비용 차이 -계측, 제어 필요 설비 다수 -정부주도의 대형 공장 중심 -정부의 블랙아웃에 대비한 전력차단 우선 순위
CEMS	스마트 미터 도시 인프라	-하류측 설비 감시 제어 -HEMS, BEMS, FEMS 포함 솔루션

HEMS는 가정의 에너지 관리를 통해 절약. 주택의 주 에너지 소비원인 조명, 가전 등을 네트워크 화하여 자동 제어를 통해 가정마다 다른 전력소비패턴에 따라 에너지 소비를 예측 제어하는 방식으로 발전하고 있는데, 아직은 ROI(Return On Investment) 문제로 주로 대단위 APT를 중심으로 적용되고 있다.

BEMS는 가장 활발하게 응용되는 분야로 빌딩 내에 다양한 설비나 장치에 대한 효율적 관리를 지원하는 시스템이다. 작은 구역으로 나뉘어 있는 빌딩에서 에너지 사용량, 실내 환경, 탄소 배출량 등을 관리하는데 평균 10~30%의 에너지 절감을 보이는 것으로 알려져 있다.

FEMS는 에너지 소비 및 제품 생산에 대한 다각적인 현황 분석을 통해 개선이 필요한 요소를 발견하여 문제 해결 방법을 제시하는 것을 목적으로 한다. 따라서 에너지 절약의 주요 소비 대상인 생산 시스템의 관리에 초점이 맞추어져 있으며, 따라서 설비와 센서의 계측값과 과거 데이터의 환경 변화 등의 종합적인 정보를 기반으로

에너지 소비 변동에 따른 시뮬레이션을 진행하여 생산 스케줄링 및 설비 교체와 같은 개선 활동을 수행할 수 있도록 한다.

그 외에도 CEMS(Cluster/Community Energy Management System)이 있는데, 이는 스마트 그리드의 핵심 시스템으로 일정지역 전체에 대한 전력 계통 설비에 대한 감시/제어와 개별 수요자에 대한 에너지를 관리한다.

설명된 기존 EMS는 단순히 상황 인지를 이용한 EMS로 내부 환경 정보(실내온도, 설정온도 및 조도 등)와 외부 환경 정보(외부 날씨, 시간 등)를 수집하고 에너지 사용 이력 정보를 이용하여 에너지 소비량을 최소화하는 정도의 시스템을 운영한다. 즉, 단순히 과거 경험에 따라 에너지 소비를 조절하는 방식으로 운영된다. 따라서 기존 시스템이 시설 사용 시간과 인원이 랜덤한 공공 체육시설에 적용되어, 데이터의 흐름을 통하여 순차적으로 발생된 데이터를 제어하는 일방적인 제어장치로 제공되는 데이터의 오류로 인한 경우에는 상당한 어려움을 가질 수 있으며 차세대 전력망와는 무관하게 사용될 수 있다.

### III. SFEMS

본 연구에서는 공공 스포츠 시설의 사용/관리 특성을 고려하여 SARIMA 모델을 예측 알고리즘으로 사용하는 SFEMS(Sport facilities Energy Management System)를 제안하여 효율적인 에너지 관리 방법을 제안한다.

#### 1. 공공 스포츠 시설의 EMS 요구

스포츠 시설은 일반 건축물과는 달리 EMS 구축에서 특수성이 고려되어야 한다. 먼저, 시설 내 공간의 다양성이다. 스포츠 시설은 시설별 대상(수영장, 농구장, 야구장, 테니스장, 다목적 체육관, 일반 체육관 등)과 시설 내 대상(종목별 운동공간, 워밍업룸, 샤워실, 탈의실, 관중석, 미디어룸, 관리실 등)으로 다양하다. 둘째, 시간에 따른 에너지 수요의 변화가 크며, 특정 기간에 집중되는 경향이 있다. 셋째, 스포츠 시설의 종류와 이용 형태에 따라 다양한 환경 조성이 필요하다. 넷째, 소유의 방식에 따라 운영 목적과 형태가 다양하다. 마지막으로 타 시설에 비해 매우 넓은 공간을 운영하게 된다.

스포츠 시설의 비용구조에서 A/S, 인건비 다음으로 전기료가 많은 비중을 차지하는데, 현재 하드웨어 중심의 에너지 절감 방법(LED 조명 디머, 에너지 고효율 냉/난

방 시스템 등)으로 운영되는 상황에서는 한계가 있다. 기존의 EMS는 센서로부터 수집되는 데이터를 통합관제센터의 서버로 전송하고 이를 통해 통합관제센터의 관계사나 시설관리자의 판단에 의해 자동 또는 수동으로 제어하게 된다. 이러한 관리방법은 전체 또는 일정 공간에 대한 온도와 조도를 제어함에 있어 상당히 비효율적이며 인적요소(시설담당자의 직무능력 및 절전의식 등)에 따라 에너지 관리 효율이 상당히 유동적이다. 특히 많은 시스템들이 공조 시설 관리에서 실효적인 성과를 보이지 못하고 어려움을 보이는 것으로 나타났다. 예를 들어, 대형공간을 사용하는 스포츠 시설의 경우에는 경기시작 전 에너지 시스템을 제어하여 필요한 환경으로 조성되어야 하는데, 현재는 인적 요소의 경험에 따른 수동적인 방식으로 운영됨으로 여기에 따른 에너지 낭비도 무시될 수 없다.

이러한 시설 운영의 공간적, 시간적 특수성으로 적용하기 위한 경험과 기술을 확보하는 것이 어려우며 특히 제한된 적은 인력으로 운영됨에 따라 지능적인 EMS 도입이 요구된다.

## 2. SARIMA를 이용한 예측알고리즘

이러한 스포츠 시설의 운용 특수성을 고려할 때 기존의 인적요소에 의지하는 EMS를 대체할 필요성이 있다. 일반적으로 다양한 산업/사회 분야에서 수요예측을 위하여 ARIMA 모형을 사용하고 있으나 시계열 자료의 주기적인 특성을 반영하기 힘든 문제가 있다. 반면에 본 논문에서 적용하고 하는 스포츠 시설에서는 계절별, 시기별로 주기적 특성에 따라 에너지 사용이 가변적이며 시설에 따른 운용 방식이 다양하다. 따라서 자료의 주기적인 특성(계절)을 지닌 경우에 ARIMA모형을 적용하기는 다소 무리가 있어 ARIMA모형을 보완한 SARIMA(Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average)모형을 사용한다.

식(1)은 ARIMA모형의 기본 형태로 다음과 같다.

$$(1 - \phi_1 L - \phi_2 L^2 - \dots - \phi_p L^p)(1 - L)^d Z_t = \delta + (1 - \theta_1 L - \theta_2 L^2 - \dots - \theta_q L^q) \epsilon_t \quad (1)$$

자기회귀 (AR) :  $\phi_p(L) = 1 - \phi_1 L - \phi_2 L^2 - \dots - \phi_p L^p$   
 이동평균 (MA) :  $\theta_q(L) = 1 - \theta_1 L - \theta_2 L^2 - \dots - \theta_q L^q$

ARIMA(p, d, q)모형을 간단히 하면 식 (2)로 표현된다.

$$\phi_p(L)(1 - L)^d Z_t = \delta + \theta_q(L) \epsilon_t \quad (2)$$

$Z_t$  : 원시계열 자료  
 $t$  : 시간을 나타내는 연산자  
 $\epsilon_t : N(0, \sigma^2)$ 을 따르는 오차항, 백색잡음  
 $L$  : 후향연산자  
 $p$  : 자기회귀 (Autoregressive)항의 차수  
 $q$  : 이동평균 (Moving Average)항의 차수  
 $d$  : 차분의 차수  
 $\delta$  : 상수

SARIMA모형은 계절분석 기법 중에서도 시계열 자료가 계절성이나 혹은 주기적 특성을 지니고 있는 경우에 적합한 기법이다.

식(3)는 SARIMA(p,d,q)(P,D,Q)s모형이다.

$$\phi_p(L)\Phi_P(L^s)(1 - L)^d(1 - L^s)^D Z_t = \delta + \theta_q(L)\Theta_Q(L^s)\epsilon_t \quad (3)$$

$P$  : 계절AR항의 차수  
 $Q$  : 계절MA항의 차수  
 $D$  : 계절차분의 차수

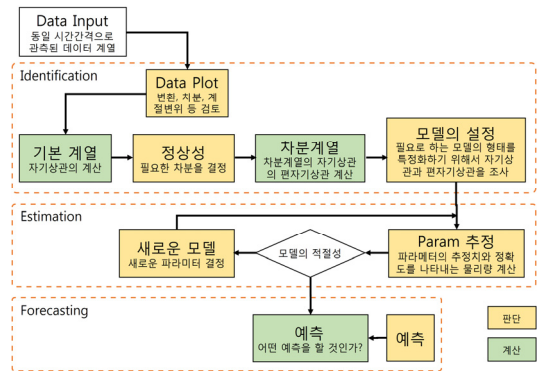


그림 2. SARIMA 모델  
 Fig. 2. SARIMA Model

SARIMA모형(그림 2)은 설정, 추정, 예측으로 나누어진다. 설정(Identification)단계는 입력된 데이터를 변환, 차분, 계절변동 등의 검토를 하여 필요로 하는 모델의 형태를 특성화 하여 설정한다. 추정(Estimation)단계는 파라미터의 추정치와 정확도를 나타내는 통계량으로 계산으로 모델이 적절한가를 체크하여 어떤 예측(Forecasting)을 할 것인지 결정을 하게 된다.

## 3. SFEMS (Sport Facilities Energy Management System)

본 연구에서는 그림 3의 SFEMS를 제안하였다. 제안 시스템에서는 각 스포츠 시설의 종단에서 수집된 환경데이터(온도, 습도, 수질, CO<sub>2</sub>, 조도, 전력계 등)와 제어정보(컨트롤러, 스마트폰 등)를 원격으로 수집하여 클라우드

드름 통해 빅데이터화한다. 그리고 그림 4의 데이터 분석 플랫폼에서 SARIMA 모델을 이용하여 누적된 데이터와 정보를 분석하여 추정치를 도출하고 예측 결과의 적용을 판단한다.

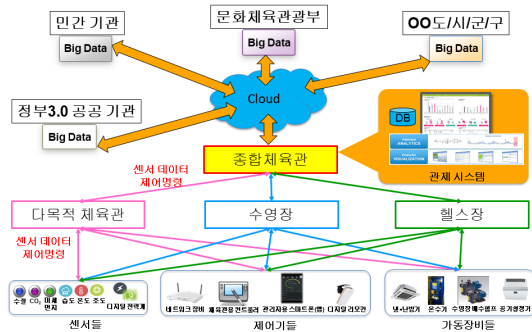


그림 3. SFEMS 구성도  
 Fig. 3. SFEMS Configuration



그림 4. 데이터 분석 플랫폼  
 Fig. 4. Data Analysis Platform

#### IV. 결론 및 향후 연구 방향

인류의 생존을 위해서는 에너지의 소비가 필요하다. 그러나 지나친 에너지의 사용으로 인한 환경파괴는 우리의 생존을 위협하고 있다. 이제 세계는 환경 보호라는 대전제를 놓고 다양한 시도를 하고 있는바, EMS는 범세계적인 요구에 따라 반드시 추진되어 하는 과제라고 판단된다. 에너지 절약은 작은 것부터 아끼는 마음에서 출발한다. 효과적이고 친환경적인 에너지 생산방식이 등장하지 않는 한 에너지 절약은 우리의 생존과 직결된다고 할 수 있다.

이러한 접근에서, 본 연구는 EMS의 사각지대에 있는 스포츠 시설에 적용할 수 있는 SFEMS를 제안하였다. 제안한 시스템은 예측 알고리즘을 적용하여 현장의 경험과

센서 데이터를 분석하고 이를 현장에 예측하여 반영하여 에너지를 절감하는 것이 가능하다. 기존의 다른 응용분야의 EMS가 10~30%의 에너지 절감을 보인 것처럼 제안 시스템도 10%이상의 절감효과를 기대한다. 이 시스템은 SARIMA 모델을 활용하여 기존의 데이터를 이용하여 1시간 이후 또는 10분 이후의 추정 데이터를 예측하는 기능을 가지고 있으며, 이 예측결과를 이용하여 전기사용 장치를 제어할 수 있게 된다. 더불어 정제되고 있는 국내 EMS 보급 확대를 위하여 고려사항이 있다. 첫째, 규제와 지원체계 정비를 통한 시장 조성이 필요하다. 둘째, 수요자 시장의 조성 및 서비스 기업의 육성이 요구된다. 셋째, 기술개발의 지원과 공급 기반 확대할 필요가 있다. 마지막으로 홍보와 전문 기술 교육을 통한 전문 관리 인력의 양성이 필요하다.

#### References

- [1] G.S. Ryu, A.G. Jeong, S.H. Lee, "Paris Climate Change Convention", BSNAC, Vol. 56, No. 4, pp. 25-29, Dec 2019
- [2] Y. Saleem, N. Crespi, M.H. Rehmani, R. Copeland, "Internet of Things-Aided Smart Grid: Technologies, Architectures, Applications, Prototypes, and Future Research Directions", IEEE Access, Vol. 7, pp. 62962-63003, Apr 2019  
 DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2913984>
- [3] A.R. Al-Ali, I.A. Zualkernan, M. Rashid, R. Gupta, M. Alikarar, "A smart home energy management system using IoT and big data analytics approach", IEEE TCE, Vol 63, No. 4, pp. 426-434, Nov 2017  
 DOI: <https://doi.org/TCE.2017.015014>
- [4] Y.S. Lee, J. Heo, Y.H. Choi, "A Study for Space-based Energy Management System to Minimizing Power Consumption in the Big Data Environments", Vol 13, No 6, Dec 2013
- [5] W. K. Park, Y. K. Jeong, I. W. Lee, "Management Technology for High Energy-Efficient Building", ETRI Electronics and Telecomm. Trend 26(6), 2011.
- [6] Y. K. Jeong, W. K. Park, J. S. Han, C. S. Choi, H. J. Yoon, I. W. Lee, "An architecture of the remote building management and control platform for high-efficient low-cost building energy management", ETRI Electronics and Telecomm. Trend, 2010.
- [7] Jong-Hyun Kim, Jin-Ho Kim, "A Study on the Comparison for Energy Consumption Characteristics between G-SEED certified and non-certified Office Buildings in Korea", KAIS, Vol. 20, No. 11 pp. 33-43, 2019.  
 DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2019.20.11.33>

- [8] "Status of public sports facilities nationwide on 2018", Ministry of Culture, Sports and Tourism, Feb 2019.
- [9] K. J. Lee, J. A. Park, J. M. Park, "Active Monitoring and Control System of EMS Based on the Environment Factors of Solar Power Generation"JKIIT, Vol. 17, No. 2, pp.53-62, Feb 2019  
DOI: <https://doi.org/10.14801/jkiit.2019.17.2.53>

### 저 자 소 개

#### 권 용 광(정회원)



- 1998 : 관동대학교 공학사
- 2002 : 동국대학교 공학석사
- 2008 : 동국대학교 공학박사
- 2010~현재 : 신안산대학교 컴퓨터정보과 교수

#### 허 준(정회원)



- 2000 : 서강대학교 공학사
- 2002 : 서강대학교 공학석사
- 2013 : 광운대학교 공학박사
- 현재 : 경민대학교 정보통신과 교수