

확장성표기언어 기반의 LED 조광제어 플랫폼에 관한 연구

(A Study on LED Dimming Control Platform Based on XML)

최종인* · 고원석**

(JungIn Choi · WonSuk Ko)

Abstract

In the study, an XML based platform is presented for LED dimming control. The XML platform is designed in an open architecture, providing with interoperability and scalability. Also, it enables the accommodation of off-the-shelf wired and wireless communication protocols and make it fast and easy to implement various application programs for LED dimming, comparing to the legacy platforms. In the study, a test best has been built for demonstration of the merits of the XML platform with dimming control by responding to the scenario of demand response event. Benefit calculation of the power saving and incentive from demand response shows the applicability and usefulness of the XML platform.

Key Words : XML, Open Architecture, LED, Platform, Dimming, Demand Response, OpenADR

1. 서 론

1.1 연구의 배경

IEA(International Energy Agency)에 따르면 전 세계적으로 우리가 사용하는 전기의 17.5[%]를 조명이 사용하고 있으며, 그 소비량은 연간 2,200[TWh]으로 약 \$175 B(200조원)에 이른다. 이러한 조명 사용량은 2030년까지 80[%] 이상 증대되며, Lawrence Berkely National Labs 의 연구에 따르면 LED등 새로운 조명

기술의 적용으로 이를 50[%] 이상 줄일 수 있는 것으로 조사되었다[1]. Pike Research 에 따르면 미국의 조명등 시장에서 LED가 차지하는 비중은 점점 증가하여 2020년에는 전체의 50[%]에 육박하는 \$2 B(2.2조원)의 시장이 예상되고 있다[2]. 조명 부하를 효율적으로 줄이는데 있어, 조광제어(dimming)가 중요한 기술 중 하나이다. 조광제어 기술의 적용은 비용상의 문제로 사실상 크게 확산되지 못하고 있으나, 최근 들어 LED 조명설비의 확대로 기술 적용이 용이하여지고 비용부담이 상대적으로 적어져 보급이 증가되고 있다.

또한 지속적으로 전력망 운용에 따른 빌딩 등의 수요 반응(demand response)의 요구가 증대하고 있다. Pike Research에 따르면 미국의 수요반응 시장은 2010년 \$1.5 B에서 그림 1과 같이 매년 17[%]씩 증가하여 2020년에는 \$8.1 B 에 이를 것으로 예측하고 있

* 주저자 : 가천대학교 에너지IT학과 교수
** 교신저자 : 가천대학교 가천에너지연구원 책임연구원
Tel : 031-750-8557, Fax : 031-750-8571
E-mail : kwssjy@gachon.ac.kr
접수일자 : 2011년 11월 7일
1차심사 : 2011년 11월 9일
심사완료 : 2012년 3월 19일

대[3]. 수요반응에 따른 조명제어는 현재는 수동 혹은 On-Off 작동으로 하고 있지만, 향후 팽창하는 수요반응 시장에서 조광제어가 절대적으로 필요하게 될 것이다.

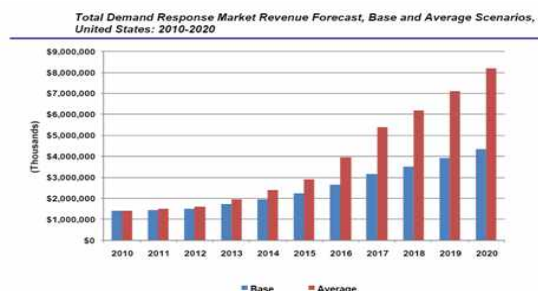


그림 1. 미국의 수요반응시장 동향
Fig. 1. Demand Response Market trend, U.S.A

따라서 본 연구는 수요반응시 조광제어를 위한 서비스 플랫폼을 개발하는 연구로서 개방형구조임과 동시에 상호 운용성 및 확장성이 있는 XML 기반의 플랫폼을 고려하고 있는 것이다.

2. 본 론

2.1 XML 기술

XML은 W3에서 정한 국제표준의 확장성표기언어로서 문서에 대한 메타데이터를 표준으로 정한 태그로 표기함으로써 구조화된 문서를 작성하여 전송할 목적으로 설계된 언어인 것이다[4]. 이러한 특성은 문서의 상호 운용성을 보장하고 또한 새로운 태그를 정의함으로써 적용 영역을 확장시킬 수 있다. XML 문서의 구성요소는 처리지시문, 주석, 태그 그리고 속성으로 구성되어 있다.

(예)

```
<?xml version =“1.0”>
<! -- This is a Sample XML Document>
<부하정보>
  <조명기기>
```

```
<LED 밝기 =“50[%]”, 컬러 =“20[%]” >
  </LED>
</조명기기>
</부하정보>
```

첫줄이 처리지시문이고, !로 시작되는 둘째줄이 코멘트 문장이다. 그리고 <부하정보>, <조명기기> <LED> 등이 데이터를 구조적으로 정의하는 태그이며 <LED 밝기 =“50[%]”, 컬러=“20[%]” >에서 밝기, 컬러 등의 LED의 속성 값을 정하는 것이다.

따라서 XML 기반의 문서는 내용은 물론 구조화를 통하여 모델링이 가능하며 이를 표준으로 채택하는 경우 데이터의 상호 운용성을 가지게 되어 LED의 제조사에 따른 다양한 특성에도 불구하고 데이터의 교환이 가능하게 되는 것이다.

2.2 개방형 구조의 플랫폼

서비스 플랫폼 여러 가지 비즈니스 모델이 구현될 수 있도록 여러 가지 DB나 시스템들을 연동하도록 공통적으로 사용할 수 있는 미들웨어 솔루션을 의미한다. 개방형 구조의 플랫폼이란 이러한 연계 방법에 대하여 누구나 사용할 수 있도록 표준 기술에 따라 구현함으로써 새로운 비즈니스 모델을 이러한 플랫폼 하에서 독립적으로 개발할 수 있게 되는 것이다. 즉 서비스 개발과 플랫폼 개발을 분리할 수 있게 되는 것이다. 이에 반하여 기존의 폐쇄적 전용기술로 만들어진 서비스 플랫폼은 오로지 플랫폼 개발자만이 새로운 서비스를 개발 할 수 있는 구조인 것이다[5].

본 연구에서 개발하고자 하는 조광제어를 위한 개방형 플랫폼인 경우에도 수요반응 서비스와 같이 아직 정해지지 않은 여러 가지 요소들을 수용할 수 있도록 차후에 제3의 업체를 통하여 조광제어 서비스가 개발될 수 있도록 하기 위한 것이다.

2.3 XML 기반의 LED 조광제어 플랫폼

LED 조광제어 플랫폼은 XML 기반으로 다음과 같

이 구성되어 있다.

2.3.1 하드웨어 시스템

범용 LED 조명장치의 뒷단에 조광제어를 할 수 있는 제어보드를 제작하여 부착시켰다.



그림 2. LED 조명등과 통신모듈
Fig. 2. LED Lighting, Communication Module

그림 2 에 범용 LED 조명장치와 LED 조명장치에 부착되어 통신기능을 수행하는 제어보드를 보였다.

이 제어보드는 RS485 유선통신 모듈과 Zigbee 무선 통신 모듈이 모두 부착되어 있어 설치 상황에 따라 유선 혹은 무선 통신 방법을 선택할 수 있도록 하였다.

본 연구의 테스트베드에 6개의 LED조명을 사용하였으며, 3개는 RS485 유선통신으로 3개는 Zigbee 무선통신으로 연동하는 XML플랫폼을 게이트웨이 내에 구현하였다.

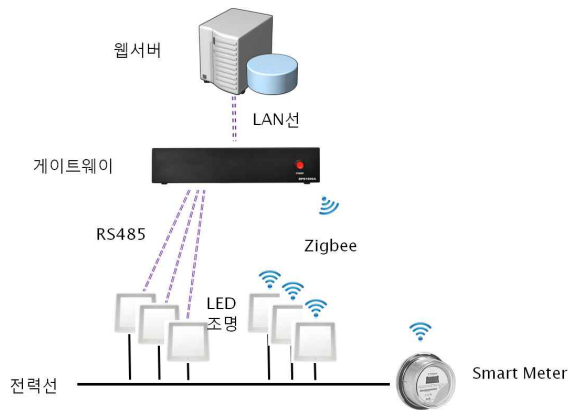


그림 3. XML 기반 조광제어 플랫폼 테스트베드
Fig. 3. Lighting Control Platform based on XML

그림 3에 XML 기반의 조광제어 플랫폼 테스트베드의 계층구조를 보여주었다. 게이트웨이는 유선통신을

위한 RS485 포트와 무선 통신을 위한 Zigbee 모듈을 장착하여, 이를 통하여 LED 조명의 제어보드와 통신을 할 수 있도록 하고 있다. 또한 LED 조명의 전력사용량을 실시간으로 측정해서 이를 Zigbee 통신을 통해 게이트웨이로 전송하는 스마트미터도 설치하였다. 이러한 게이트웨이는 LAN 선을 통하여 상위 웹서버와 연동할 수 있도록 구성되었다.

2.3.2 소프트웨어 솔루션

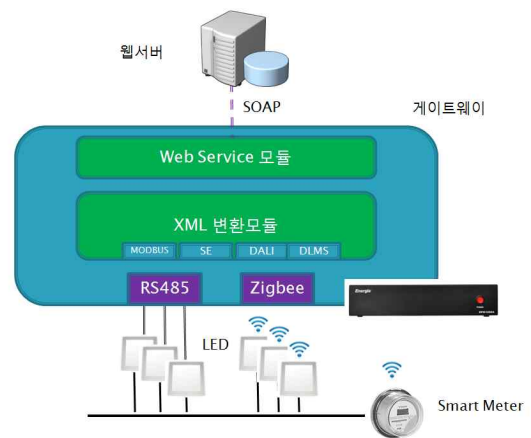


그림 4. XML 조광제어 플랫폼 게이트웨이 솔루션
Fig. 4. Gateway solution for Lighting Control Platform based on XML

그림 4에 게이트웨이에 설치된 솔루션의 계층구조도를 보여주었다. 게이트웨이에 장착된 XML 플랫폼의 소프트웨어 솔루션은 다음과 같이 구성된다. 먼저 통신 포트를 통하여 연동되는 LED와 스마트미터의 데이터 교환 프로토콜을 XML 형태로 변환시켜주는 XML 변환모듈이 개발되었다. 이는 자동 제어에 많이 사용되는 MODBUS, 그리고 Zigbee의 에너지 관련 특화된 프로토콜 SE(Smart Energy), 조명제어에 사용되는 DALI 그리고 국내 전력량계 표준프로토콜인 DLMS를 수용할 수 있도록 개발되었다. 또한 이 모듈은 향후 새로운 프로토콜을 추가할 수 있는 개방형 구조로 개발되었다. 이를 통해서 변환된 XML 데이터를 웹서비스로 제공하기 위한 웹서비스 모듈을 개발하였다. 이는 바이너리 형태의 LED 상태 및 제어 신호를

XML의 태그와 속성으로 변환시켜서 웹서버로 보내는 것이다. 이는 XML 데이터를 SOAP(Simple Object Access Protocol)라는 용기에 담아서 전송하는 것이다. 이는 WSDL(Web Service Description Language)로 규약된 방식으로 서비스에 등록하고 이를 필요로 하는 서버에서 이 규약에 따라 사용하도록 하는 것이다[6].

그림 5는 보다 다양한 기능을 수행하기 위해 실제로 구현된 웹서버의 계층구조도이다. 웹서버는 Linux 운영체제하에서 Java 기반으로 개발되었다. 데이터베이스는 MySQL을 사용하였고, 이 플랫폼 상단에 여러 가지 응용 프로그램을 개발하여 장착하였다. 먼저 스마트미터의 전력사용량을 실시간으로 측정하기 위한 응용프로그램, 그리고 다양한 조광제어 알고리즘을 구현하는 응용프로그램, 스케줄링을 위한 응용 프로그램, 수요반응(DR)을 위한 응용프로그램, OpenADR 해석을 위한 파서, XML 해석을 위한 파서, 그리고 관리 및 통계분석 모듈을 개발 설치하였다.

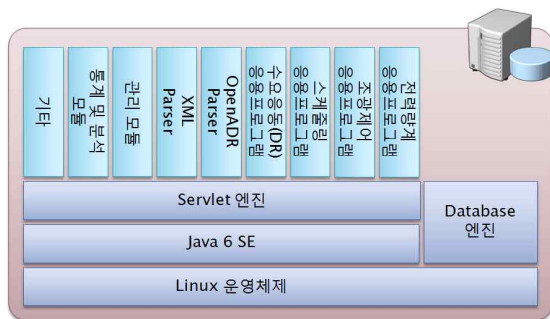


그림 5. XML 조광제어 플랫폼 서버 솔루션
Fig. 5. Server solution for Lighting Control Platform based on XML

여기서 OpenADR 이란 수요반응 자동화를 위하여 제정된 표준으로 전력서비스사가 제공하는 수요반응 프로그램을 바로 연동시킬 수 있도록 하는 표준 프로토콜이다[7]. 따라서 이러한 OpenADR 해석 기능을 갖추으로써 표준방식의 수요반응 서비스를 하는 모든 전력사의 서비스와 연동이 가능하도록 설계된 것이다. 이렇게 구축된 서비스 플랫폼을 기반으로 LED 조광제어 기능을 구현하였다.

2.4 조광제어 서비스 구현 및 평가

XML 플랫폼 기반으로 만들어진 웹기반의 조광제어 UI(사용자 연계) 모듈을 이용해서 LED 조광제어 서비스를 구현하였다.



그림 6. XML 조광제어 플랫폼 사용자환경 모듈
Fig. 6. User Interface for Lighting Control Platform based on XML

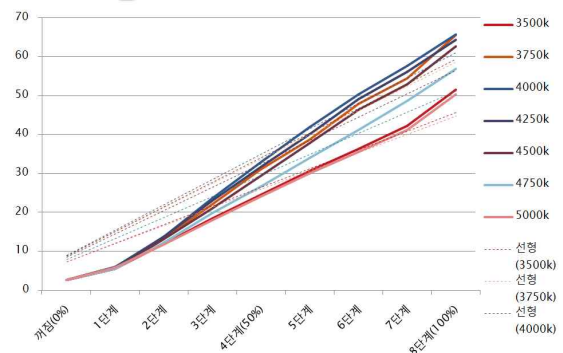


그림 7. 모듈LED 밝기와 컬러에 따른 전력사용량[W]
Fig. 7. Power Usage according to Brightness and Color of LED

LED 조광바를 통하여 1단계 0%(꺼짐)에서 8단계 100%(최대밝기로 켜짐)로 다양한 컬러에 대하여 시험을 하면서 이에 따른 전력소모량을 살펴봐왔다. 결과에서 보는 바와 같이 조광 등급과 전력사용량은 거의 선형 성능그래프(점선)과 유사하게 변화함을 보여주고 있다. 컬러의 변화에 따른 전력사용량은 밝기가 증가할수록 차이가 발생함을 알 수 있었다.

이러한 기능을 테스트베드에 설치된 조광제어에 대한 웹 UI 모듈에서 PC나 스마트폰을 통하여 원격에서 LED 조광제어를 신뢰성을 가지고 구현됨을 보여주고 있다.

2.5 수요반응 서비스 구현 및 평가

6개의 LED 의 조광제어를 수요관리를 위한 수요반응(DR) 서비스를 위한 시범 이벤트에 대하여 적용함으로써 그 효과를 평가하였다. 전력사는 OpenADR 형태의 DR 신호를 XML 플랫폼으로 보내면, 이 신호를 해석하여 이에 다른 조광제어 신호를 생성하여 이를 게이트웨이 통신 모듈을 통하여 6개의 LED로 보내서 밝기를 줄이도록 설정하는 것이다. 이를 수행한 후에 전력사용량의 변화를 통하여 DR 이벤트 참여에 따른 인센티브를 계산하여 이 효용성 및 투자 적절성을 평가한다. 그림 9는 2011년도 10월에 측정된 테스트베드의 LED 조명 전력사용량을 일별로 보여주고 있다.



그림 8. 테스트베드 LED 설치현황
Fig. 8. LED Lights in Testbed

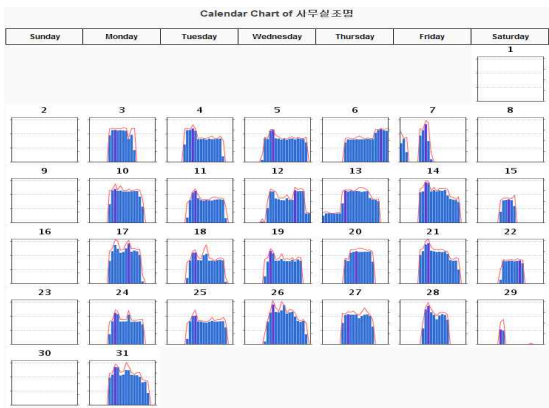


그림 9. 테스트베드 LED 10월 일별 전력사용량
Fig. 9. Daily Power Usage of LED in Oct.

그림 10, 그림 11, 그림 12, 그림13 은 각각 2011년 10월 4일, 11일, 18일 그리고 25일 4일간 정오시부터

오후 6시까지 6시간 수요반응 이벤트를 실시하여 이에 조광제어 시스템이 작동하여 반응함으로써, 즉 LED 조명의 밝기를 60[%]로 줄임으로써 수요반응 인센티브를 얻도록 하는 시험이다.

수요반응 참여에 대한 인센티브는 이전 동일시간대의 부하량에 대비하여 줄어든 부분에 대하여 계산하여 지급되는 것이다. 상기 전력사용량 이력 차트에서 오른쪽 차트가 이를 보여주고 있다. 즉 녹색부분(이전)과 적색부분(현재)과의 차이면적이 에너지 절감 총량이 되며 이량 만큼의 전력요금이 감소함은 물론이고 더 나아가 이를 수요반응 요구에 맞추어 수행함으로써 절감 요금의 10배 정도의 수요반응 인센티브를 받게 되는 것이다. 한 예로서 10월 11일의 경우 LED 조광제어를 통해 약 1.2[kWh]의 전력을 절감하였다. 이는 120원의 전력요금(100원/[kWh])을 절약하는데, 수요반응에 참여함으로써 1,200원(1,000원/[kWh])의 인센티브를 받게 되어 사실상 1,320원을 절약하게 되는 것이다.

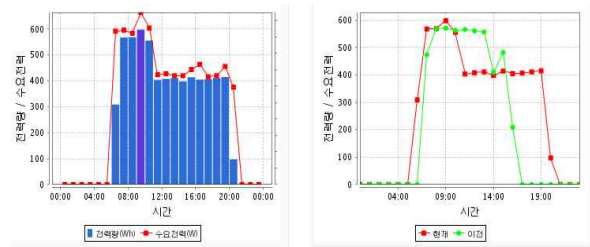


그림 10. 테스트베드 LED 조광제어의 수요반응(10월 4일)
Fig. 10. Demand Response of Testbed LED Lighting Control(Oct. 4)

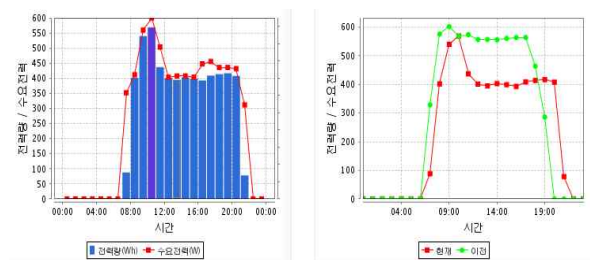


그림 11. 테스트베드 LED 조광제어의 수요반응 (10월 11일)
Fig. 11. Demand Response of Testbed LED Lighting Control(Oct. 11)

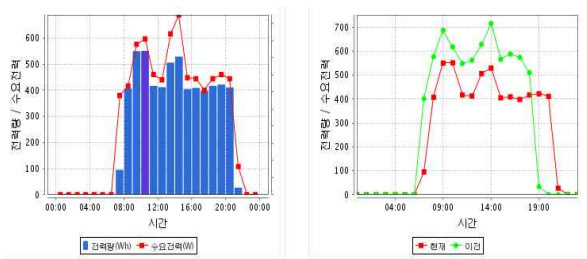


그림 12. 테스트베드 LED 조광제어의 수요반응 (10월 18일)

Fig. 12. Demand Response of Testbed LED Lighting Control(Oct. 18)

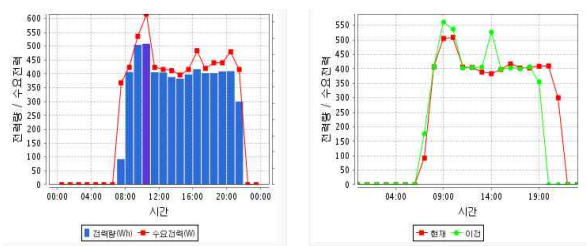


그림 13. 테스트베드 LED 조광제어의 수요반응 (10월 25일)

Fig. 13. Demand Response of Testbed LED Lighting Control(Oct. 25)

3. 결 론

본 연구에서는 개방형 구조의 XML 기반의 LED 조광제어를 위한 서비스 플랫폼을 개발하였고, 이를 LED가 6개 달린 테스트베드에 적용하였다. 이를 통하여 웹기반의 다양한 조광제어 서비스를 구현을 가능하게 하였으며, 이를 통하여 수요반응 서비스를 자동화하는 기능을 구현하여 보여주었다. 해당 연구는 조광제어의 구현을 목적으로 수행하였기에 사용자의 근무환경을 고려하지 않았으므로, 향후 조명제어에 따른 조도환경에 관한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

불규칙적인 전력사의 수요반응 요청에 따라 상시적으로 LED 조광제어를 하기란 매우 어려운 일이다. 따라서 본 연구의 결과물인 XML 플랫폼을 적용하여 웹 서비스 기반으로 전력사의 수요반응 서버와 연동함으로써 OpenADR에 의한 수요반응 자동화가 가능함을 보여 주었다. 특히 전력망이 스마트그리드 환경으로 발전하면, 핵심 서비스인 수요반응의 자동화에 본 연

구 결과의 활용성이 더욱 증가할 것으로 기대된다.

References

- [1] "The \$230-billion Global Lighting Energy Bill", Evan Mills, Lawrence Berkeley National Lab, 2002.
- [2] "Energy Efficient Lighting for Commercial Markets," Pike Research, 2010.
- [3] "Demand Response: Curtailment Services, Systems Integration and Consulting Services, and Outsourcing Services for Commercial, Industrial, and Residential Markets: Global Market Analysis and Forecas", Pike Research, 2011.
- [4] <http://www.w3.org/XML/> W3C
- [5] "개방형 홈서비스 플랫폼", 박호진 외, 전자과학, 2006.
- [6] <http://www.w3schools.com/webservices/>, W3C.
- [7] OpenADR-Version 1.0 Report, Piette, MA. et. al, CEC, LBNL, 2009.

◇ 저자소개 ◇



최중인(崔重仁)

1956년 10월 7일생. 1979년 서울대학교 공과대학 졸업(원자핵 전공). 1987년 미국 MIT 졸업(PhD, 계측제어 전공). 1993년 ~현재 가천대학교 에너지IT학과 정교수.



고원석(高源錫)

1971년 8월 20일생. 2007년 Univ. of Central Florida 졸업(박사). 2008년~현재 가천대학교 가천에너지연구원 책임연구원.