

수요자원으로서의 조명제어시스템 연구

김정욱

상명대학교 에너지그리드학과

(2015년 6월 24일 접수, 2015년 9월 9일 수정, 2015년 9월 14일 채택)

A study on the lighting control system as a demand resources

Jeong-Uk Kim

Department of Energy-Grid, Sang-Myung University

(Received 24 June 2015, Revised 9 September 2015, Accepted 14 September 2015)

요 약

본 논문은 수요 자원으로 활용이 가능한 조명제어 시스템을 연구하였다. 기존의 조명제어 알고리즘은 에너지수요에 관계 없이 에너지량을 절감하거나 수요자원으로 활용하기 위하여 수용가의 불편을 감수하면서 강제적으로 조명을 차단하는 알고리즘을 사용하고 있다 이 논문에서는 사용자의 근무 쾌적성을 유지하면서도 수요자원으로서 활용이 가능한 새로운 조명제어 알고리즘을 제시하고, 시뮬레이션을 통하여 유용성을 검증하였다.

주요어 : 조명제어 시스템, 에너지 수요, 최대수요 제어, 에너지 효율

Abstract - This paper presents the introduction plan of the renewable energy in innovation city. The introduction plan to make the condition of innovation city best should consider the economical efficiency, the quality of life and the sustainable development. The design of balanced city is demanded to build environment friendly and sustainable city. Energy efficient buildings should be designed to deal with the energy efficiency and environment problem. Therefore, in this paper, we analyze the energy efficiency and provide the method to introduce the renewable energy system, in various buildings. As a result, the renewable energy plans of each innovation city are suggested and analyzed.

Key words : lighting control system, Energy demand, Peak Control, Energy efficiency

1. 서 론

전체 국가 에너지의 22%를 건물에서 차지하고 있어 건물의 에너지 소비 합리화는 저탄소 녹색성장의 중요한 과제가 되고 있다. 최근에는 ICT 기술을 활용하여 에너지 수요를 조절하는 방법에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다[1][2]. 에너지에 대한 사회적인 관

심으로 조명에너지 절감을 위한 다양한 방안이 제시되고 있으나, 업무 생산성을 높이기 위한 조명의 질에 대한 고려가 부족한 실정이다. 건물의 운영 환경이 업무 생산성에 미치는 영향이 지대하므로 건물에서 작업 공간의 질을 결정하는 온도와 조명에 대한 질관리는 매우 중요한 사항이다. 건물 가치와 에너지 문제를 동시에 만족하기 위하여는 에너지절감 알고리즘과 함께 사용자에게 미치는 영향을 최소화하는 연구가 필요하다[3].

본 논문에서는 조명 시스템의 에너지절감 방안을 정리하였고, 건물에너지 피크수요를 저감하면서도 건

[†]To whom corresponding should be addressed.
Department of Energy-Grid, Sang-Myung Univ, 20,
Hongimun 2-Gil, Jongno-Gu, Seoul, 110-743 Korea
Tel : +82-2-2287-5327 E-mail : jukim@smu.ac.kr

물 내 근무자의 근무 환경 저하를 최소화하는 전력 수요관리 방법을 제시하고자 한다.

2. 본 론

2-1. 조명제어 시스템 구조

가. 조명회로와 조명스위치 결선

조명제어 시스템은 조명회로(또는 전등회로)와 조명스위치를 매칭하는 방법에 따라 시스템의 구조 및 배선 방법이 결정된다.

1) 조명회로와 조명스위치를 직접 연결

일반적으로 가정집에 설치되는 형광등을 제어하는 방식으로, 스위치 하나와 조명기구를 하나 또는 다수개를 연결한다. 단락 기능만을 갖는 이러한 조명스위치를 더미(Dummy) 스위치라 한다. 설치 현장(로컬)에서 직접 관리를 하므로 제어 방식이 간단하나, 대형 건물 같이 중앙 통제가 필요한 곳에서는 운영이 어렵다는 단점이 있다.

2) 조명회로와 조명스위치를 M:N 연결

대형 사무실과 같이 조명등과 스위치의 수량이 많고, 임차인에 따라 사무실의 구조가 바뀌는 경우에 조명회로 및 조명스위치를 변경할 수 있도록 하는 방식이다. 매칭된 조명회로를 가변할 수 있는 이러한 스위치를 지능형 스위치라고 한다. 조명스위치로 제어가 가능한 조명 회로를 할당하는 로직이 필요하므로, 조명회로와 조명스위치를 연결하는 PLC(Programmable Logic Controller) 또는 조명전용 제어장치가 필요하다.

나. 조명제어 단위

조명은 동일한 운영환경을 갖는 조명등을 그룹으로 관리하는 것이 효과적이다.

1) 개별 조명제어

조명을 제어하는 최소 단위가 개별 조명등기구인 경우이다. 개별 등기구를 수동으로 동작하는 경우에는 더미스위치를 조명등기구마다 설치한다. 지능형 스위치를 이용하여 동작하는 경우에는 조명기구별로 조명전용 제어장치와 통신 결선이 필요하다. 이 경우에 DALI(Digital Addressable Lighting Interface) 또는 PLC(Power Line Controller) 기술을 이용하여 통신을 하게 된다.

2) 조명회로 제어

여러개의 조명을 하나의 단위로 묶어서 조명을 제어하는 방식이다. 조명을 제어하는 효과적인 방법이나 조명 회로를 지나치게 많이 할당하면, 소등이 되어야 하는 공간도 불필요하게 점등되어 에너지를 낭비하는 요소가 발생할 수 있다.

3) 조명스위치

지능형 조명스위치는 PLC(Programmable Logic Controller) 또는 조명전용 제어장치와 통신을 위한 결선 이외에 자체 전원 공급을 위한 결선이 추가로 필요하다. PLC(Power Line Controller) 기술은 지능형 스위치의 전원 공급에 필요한 배선을 줄이기 위하여 사용되기도 한다.

다. 관리 방식

1) 로컬제어

로컬제어는 조명회로를 이용하는 곳에서 직접 관리하는 방식으로 관리 주체가 명확한 경우에 유리하다. 더미스위치 또는 지능형스위치를 이용하여 구성이 가능하다.

2) 중앙제어

중앙제어는 로컬에서의 관리와 함께 중앙에서도 전체 조명회로를 관리하게 된다. 로컬제어를 위한 장치 이외에 조명전용 제어기 간을 연결하는 게이트웨이 장치, 게이트웨이 장치로부터 수집한 정보를 축적하고 관리하는 컴퓨터 서버, 서버에서 수집된 정보를 사용자 인터페이스를 통하여 그래픽으로 관제를 담당하는 클라이언트 소프트웨어가 필요하다. 최근에는 정보통신 기술을 활용하여 건물 군관리의 경우에 원격지 상황을 관제하기도 한다.

2-2. 조명에너지 절감 알고리즘

로컬제어 또는 중앙제어로 구성된 조명제어 시스템은 조명에너지를 절감하기 위하여 여러 가지 알고리즘을 탑재하게 된다. 일반적으로 에너지 절감 알고리즘은 Energy Efficiency 및 Energy Conservation 관점으로 구분할 수 있다. Energy Efficiency는 사용자에게 동일한 조명 환경을 제공하면서도 에너지를 절감하는 방안으로, 형광등을 LED로 변경하는 경우 등이 있다. Energy Conservation은 에너지를 절감하기 위하여 조명 환경의 질적 하락을 초래하는 방안으로, 일정 지역의

조명을 강제 차단하는 경우 등에 해당한다.

Energy Efficiency 알고리즘으로는 구역별로 점·소등시간을 설정하는 스케줄제어와 구역내의 전등을 그룹으로 묶어서 제어하는 그룹제어 또는 패턴 제어가 있다. 또한 창측 또는 내측의 조도를 감지하여 조명의 조도를 제어하거나, 재부재센서를 활용하여 근무자가 존재하지 않는 구간의 조명을 소등하는 방법이 있다. Energy Conservation 관점의 에너지절감 알고리즘으로는 조도를 낮추어 설정하거나 격등으로 제어하는 방식이 일반적이며, 전력 피크를 억제하기 위하여 해당 지역의 조명을 강제적으로 소등하는 방안이 있다.

각 알고리즘이 적용 가능한 시간대를 지정하기 위하여 하루를 야간(T_1), 청소(T_2), 오전근무(T_3), 점심(T_4), 오후근무(T_5) 시간대로 분리하였다. 시간대별 조명에너지 절감량을 산정하여 전체 조명에너지 절감량 산정이 가능하다. 각 알고리즘(algorithm) a의 시간대 i의 에너지 사용량을 $E_a(i)$, 에너지 절감량을 $ES_a(T_i)$ 로 표시하였다.

가. Energy Efficiency 접근

1) 스케줄제어(A)

조명을 사용하지 않는 시간을 파악해서 사용하지 않는 시간에 맞추어 조명을 소등하는 방식이다. 로컬 제어 또는 중앙제어 모두 설정이 가능하다. 모든 시간에 활용이 가능하므로 에너지 절약을 위한 가장 기본적인 방식이다. 에너지 절감량은 $ES_A = ES_A(T_1) + ES_A(T_2) + ES_A(T_3) + ES_A(T_4) + ES_A(T_5)$ 이다.

2) 그룹제어(B), 패턴제어(C)

그룹제어는 사용 환경이 동일한 조명 회로를 동일 그룹으로 묶어 관리하는 방식이다. 하나의 조명 회로는 여러개의 그룹에 소속될 수 있다. 스케줄제어 및 원격제어시의 운영을 편리하게 할 수 있다. 패턴제어는 신(Scene) 제어라고도 하며, 정해진 구역의 조명회로 중에 특정 환경 또는 시간대에 점등이 필요한 조명회로를 패턴으로 구분하여 조건에 맞는 조명만 점등하도록 한다. 동일 근무 공간에서 근무 시간의 조명과 점심 시간의 조명 패턴을 달리 유지하여 에너지를 절약하고자 하는 것이다. 그룹제어와 패턴제어는 독립적으로 적용되며 패턴은 근무 시간 이후와 청소, 점심 시간에 적용이 가능하다. 근무 시간에는 그룹제어와 패턴제어가 둘다 사용될 수 있으나, 근무 시간에 패턴제

어를 활용하는 경우는 적용 시간에 맞추어 조명회로를 지정하는 설정 작업을 추가로 하여야 한다. 따라서, 근무 시간에는 그룹제어를 적용한다고 가정한다. $ES_B = ES_B(T_3) + ES_B(T_5)$ 이고, $ES_C = ES_C(T_1) + ES_C(T_2) + ES_C(T_4)$ 이다.

3) 일광제어(D)

창측에 부착된 조도센서의 조도 변화에 따라 내측의 형광등을 제어하는 방식이다. 주간에 조명을 절약하는 효과적인 수단이나, 조도센서의 위치 선정과 조도에 따라 영향을 받는 형광등의 할당이 필요하다. 조도 센서는 구름의 변화에 따라 변화 정도가 심하므로, 조도의 변화에 민감하지 않도록 히스테리시스 조건 등을 잘 설계하여야 한다. 조도 센서의 오작동으로 인하여 활용이 잘 되지 않는 경우가 많다. 점심 시간에는 패턴제어를 활용하므로 근무 시간에만 적용이 가능하다. $ES_D = ES_D(T_3) + ES_D(T_5)$ 이다.

4) 재부재 제어(E)

스케줄제어가 정해진 시간대별로 점등을 결정하는 것과 달리 재실자의 재부재 정보에 의하여 조명을 점등하는 방식이다. 재부재를 파악하는 재실센서는 마이크로웨이브 또는 적외선, 초음파, 영상감지 기술 등을 활용하고 있으나, 운영 환경(움직임, 열, 소리 등)의 변화로 인한 오작동 요소가 존재하여 설치 이후에 활용이 잘 되지 않는 경우가 많다. 사무 공간은 스케줄제어를 기본으로 하고, 재실센서는 소등 상태에서 점등을 위한 보조 수단으로 활용한다. 따라서, 에너지 절감 효과는 스케줄 제어에서 이미 산정된 것으로 볼 수 있으며, 이 기간의 에너지 사용량은 에너지 절감효과에서 마이너스 값으로 작용한다. $ES_E = -\{E_A(T_1) + E_A(T_2) + E_A(T_3) + E_A(T_4) + E_A(T_5)\}$ 이다.

나. Energy Conservation 접근

1) 격등 끄기(F)

정해진 지역의 조명을 강제적으로 격등으로 소등하여 에너지를 절감한다. 관공서에서 활용하는 경우가 많으며, 조명을 강제적으로 제어하면서 발생하는 문제점을 최소화할 수 있어야 한다.

2) 최소 조명(F)

특정 지역의 조명을 최소로 유지하는 에너지 절약 방법으로 격등 끄기 대신에 활용하는 방법이다. 근무

시간외에는 그룹제어 및 패턴제어로 활용하면 되므로 근무 시간에 적용하게 된다. 근무자의 조명 환경을 강제한다는 측면에서 Energy Conservation 접근이며, 근무 환경의 질적 저하를 막기 위해서 조명의 점등 상황을 원하는 근무자를 위한 환경이 보조적으로 제공될 수 있어야 한다.

3) 디밍(Dimming) 제어(G)

조명 에너지절감을 위한 위하여 LED 조명에 대하여 조명의 디밍 레벨을 조정하는 것이다. 특수 기능이 내장된 발리스터를 채택한 형광등의 경우에도 조도 제어가 가능하다. 조도 제어는 근무 환경의 질적 저하를 초래하므로 Energy Conservation 접근이며, 근무 환경의 질적 저하를 최소화할 수 있어야 한다.

다. 조명 에너지절감 알고리즘의 개선점(H)

조명제어 알고리즘의 효용성이 높아지기 위해서는 오작동을 최소화하여야 한다. 전술한바와 같이 일광제어 알고리즘의 적응성(Adaptation) 및 조도센서와 재실센서의 정확도가 향상되어야 에너지절감 알고리즘의 효용성이 높아진다. 전력 수요관리는 국가적인 관심사로 필요성이 인정되나 에너지량을 줄이는 것과 함께 조명 환경의 질적 저하를 최소화하는 방안이 제시되어야 한다. 본 논문에서는 조명 질을 고려한 조명 에너지절감 방안을 제시하여 이러한 문제점을 보완하고자 한다.

3. 수요기반 조명 에너지절감 알고리즘

3-1. 수요자원으로서의 조명에너지

전력 관리에서의 피크제어는 국가의 전력산업의 효율성이라는 공적인 측면과 건물 소유주의 전력 요금 감소라는 측면에서 필수 불가결한 측면이 존재한다. 일반적으로 통용되는 피크제어는 최대수요전력(15분 PEAK 전력)을 목표전력 이내로 조절하기 위하여 15분 주기 적산전력을 산출하고 매 1분마다 사용 전력과 목표전력을 비교하여 일정한 설정치를 초과하는 경우에 정해진 조명을 소등하여 피크 전력을 낮춘다. 피크제어가 수요시간내의 최대수요전력을 억제하는데 반하여, 전력사용량 제어 알고리즘은 하루에 소비되는 전력량을 일정수준으로 억제하는 방안이다[4][5]. 이러한 피크전력 억제 방안은 강제적인 방법을 사용하므로 근무자의 쾌적성을 저해할 수 있다는 단점이 존재한다.

3-2. 수요자원으로서의 조명에너지 절감 알고리즘

조명제어 시스템 단독으로도 에너지절감이 가능하지만 건물 내의 조명 및 설비 자동제어 시스템과 출입 통제 시스템을 ICT 기술을 활용하여 통합하면 조명을 수요자원으로 활용하는 것이 수월해진다. 시스템 간의 연계를 위하여 BACnet, Modbus, EIB 등 여러 통신 방식을 활용할 수 있다. 출입통제 시스템 또는 근무지원 시스템 등과 조명 자동제어 시스템을 연계하여 개인별 또는 소그룹별 맞춤형 조명 서비스를 제공하여 근무 쾌적성을 유지하면서 근무지역 또는 회의실 등의 조명을 점·소등할 수 있다.

본 연구의 동인이 된 수요자원으로서의 조명 활용에 대한 연구에 의하면 Lux가 10% 이하 변화되면 20% 이하의 사람만이 변화를 알아차린다[6]. 반면에 15% 이상의 조도가 변화하는 경우에는 조도 변화 방법에 무관하게 대부분의 사람들이 변화를 인지할 가능성이 높다는 것이다. Fig. 1은 조도변화와 인지율의 관계를 보인다[6].

최근 에너지 비용을 통제하기 위한 여러 알고리즘이 제시되고 있으며, [4][5]에서는 냉난방 및 조명에 사용되는 건물의 전체 에너지사용량을 일정하게 유지하도록 하는 알고리즘을 제시하였다. 이 연구에서 빌딩 전력사용 예측곡선이 $e(t)$, 일일 전력사용량 목표가 Q 인 경우에 목표전력 곡선 $q_0(t)$ 를 다음과 같이 제시하였다.

$$q_0(t) = a \times e(t) \quad (1)$$

$$Q = \Sigma q_0(t) = a \Sigma e(t) \quad (2)$$

$$q_0(t) = \frac{Q}{\Sigma e(t)} \times e(t) \quad (3)$$

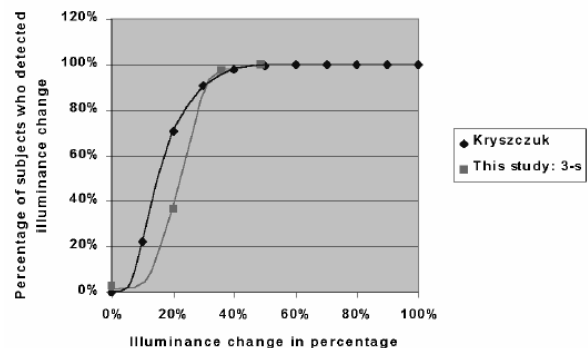


Fig. 1. Percentage of subjects who detected illuminance changes vs. the degree of illuminance changes in percentage

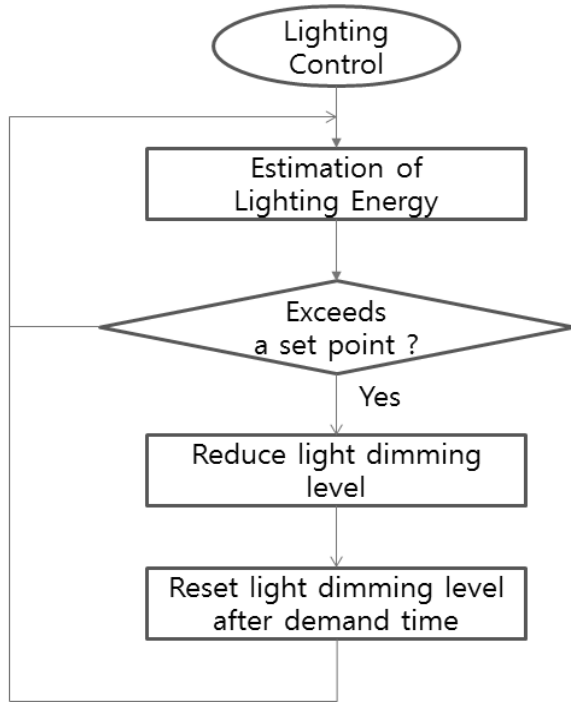


Fig. 2. Lighting control algorithm based on demand response

동 알고리즘에서는 수요시한 동안 피크제어를 수행하고 실제 전력사용량에 따라 다음 수요시한의 목표 전력량을 재설정한다. 이 알고리즘은 전력사용량 목표를 만족하기 위한 방안은 제시되었으나, 사용자의 근무 환경을 고려하지 못하는 측면이 존재하였다.

본 논문의 새로운 알고리즘(Fig. 2)에서는 기존 연구를 보완하여 전력 수요관리에 따른 사용자의 불편을 최소화하도록 설정된 전력 목표치를 초과하면 기존 조명의 조도를 줄여서 피크수요를 줄이도록 한다. [5]의 알고리즘이 최초의 설정치를 사용자가 임의로 설정하는 반면에 이 알고리즘은 부하관리사업자(또는 Load Aggregator)의 DR(Demand Response) 프로그램에 의하여 목표 전력 설정치를 결정하게 된다. 피크 설정치를 초과하는 경우에 특정 구역의 조명을 제어하는 방안에 비하여 조도가 일정 부분 낮아지지만 조명 환경이 유지된다는 측면에서 현실성이 더 높다고 할 수 있다.

형광등 또는 LED의 디밍제어는 펄스폭변조 또는 주파수변조, 전류량 조절에 의하여 조도제어를 하는 제품으로 다수의 제품이 시중에 출시되어 있다. 발광 효율 η 인 조명의 경우에 면적 A인 지점의 조도 $Ev(\text{lux})$ 와 소비전력 P의 관계는 다음과 같으므로 전력 절감량은 조도 절감율과 비례하게 된다.

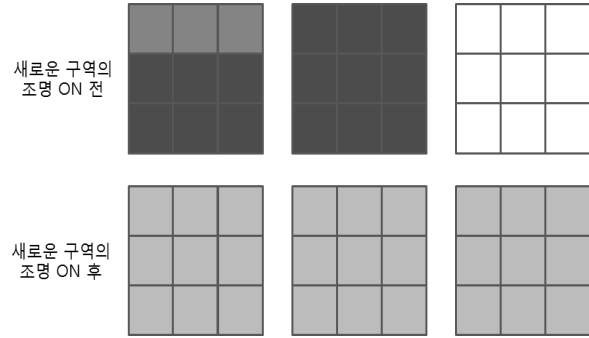


Fig. 3. Lighting control based on demand response

$$P(W) = Ev(\text{lux}) \times A(m^2) / \eta(\text{lm/W}) \quad (4)$$

중앙집중형의 조명제어시스템을 채택하고 있는 건물에서는 조명 스위치와 등기구가 별개의 회로로 구축되게 되므로 새로운 점등 요구가 있는 경우에 조명에 의한 전력소비량을 사전에 예측하는 것이 가능하다. Fig.2의 에너지 절감을 위한 조도 수준은 새롭게 점등 요구가 있는 지역을 포함한 전체 전력에너지량을 산정하여 조도를 최소한으로 낮추도록 한다. [6]에 의하여 80%의 사람이 인지하지 못하는 조도 변화율 10%가 조도 설정치의 한계가 된다.

Fig. 3은 음영으로 표시된 구역의 조명이 점등되어 있는 상태(피크설정치 초과)에서 소등 구역의 조명이 새롭게 점등되는 경우에 전체 조명의 조도를 조금 낮추는 상황을 표시한다. 조도 10% 절감제어는 수요시한 내에 조명 에너지사용량 예측치가 설정치를 넘는 경우에만 조명의 조도를 10% 절감한다.

본 알고리즘은 조명제어 시스템과 출입통제 시스템의 연계를 통하여 효율적인 구축이 가능하다. 출입통제 시스템에 의하여 출입 요구가 발생하면 전체 조명 전력량을 예측하여 새로운 점등 지역에 적용할 조도를 계산하여 조명을 제어하게 된다. 인원의 출입이 빈번한 출퇴근 시간 및 점심 시간 전후에 더욱 효과가 높을 것으로 생각된다. 본 알고리즘은 다수 건물의 에너지를 원격지에서 관리하는 군관리 체계에서 조명제어에 유용하게 활용이 가능하다. 군관리 체계에서는 수요반응 연계를 위하여 Polynomial 시간안에 수행이 가능한 부하배분 알고리즘[2]에 의하여 각 수용가의 피크 설정치를 결정하여 수요반응 연계를 수행할 수 있다.

3-3. 시뮬레이션

본 알고리즘의 효율성을 검증하기 위하여 시뮬레이션을 수행하였다. 전체 구역이 n개의 소지역으로 구분되어 있고, 피크 설정치는 C개의 소지역이 전부 점등이 된 경우의 에너지량으로 가정한다. 각 소지역의 공간 점유율이 변하는 경우에 전체 에너지량이 C를 초

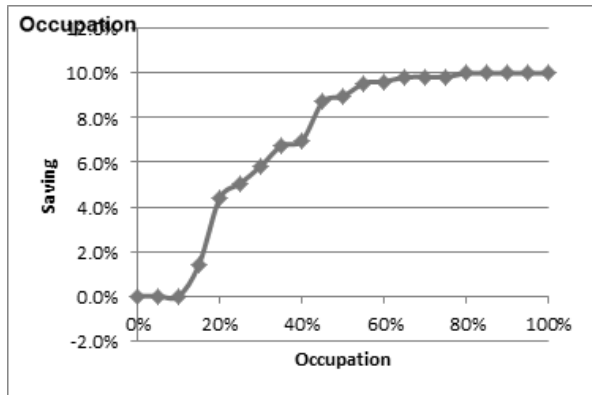


Fig. 4. Energy Saving(n=6, C=4)

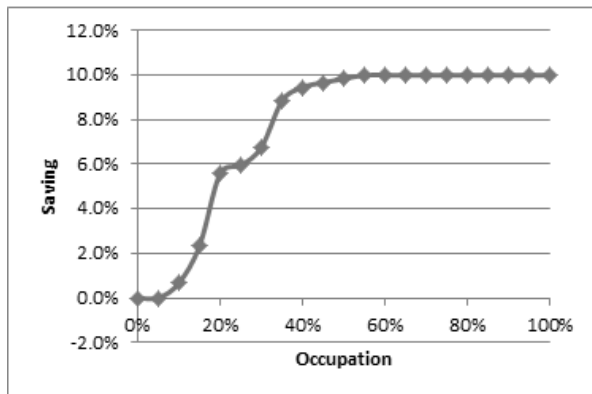


Fig. 5. Energy Saving(n=8, C=4)

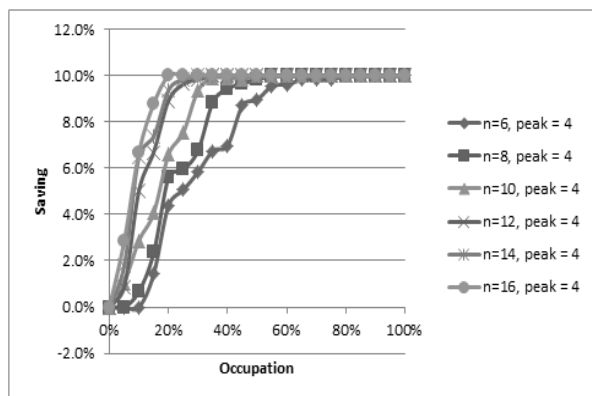


Fig. 6. Energy Saving(n=6,8,10,12,14,16)

과하는 경우에만 에너지 절감제어를 수행한다. Fig.4 과 Fig. 5는 n 값이 6과 8인 경우에 4개의 소지역에 전체 점등된 경우를 피크 설정치로 하였다.

소지역의 점유율에 따른 시간별 분포는 랜덤으로 생성하였으며, 점유율이 높을수록 에너지 절감 효과가 커짐을 알 수 있다. Fig. 6은 n을 변화하면서 절감 효과를 측정하였다. n이 커지고, 점유율이 높을수록 에너지 절감 효과가 커짐을 알 수 있다.

4. 조명 에너지절감 알고리즘의 절감량 산정

조명 제어 시스템의 에너지 절약 효과를 산정하기 위하여 표준화된 측정 방법이 필요하다. 건물의 종류(사용 형태에 따른 구분)에 따른 시간대별 표준 점유율을 기준으로 조명 에너지절감 알고리즘의 효과를 측정하는 것이다. 유럽의 EN15232(Energy performance of buildings Impact of Building Automation, Controls and Building Management)는 건물의 종류별로 시간대별 점유율을 제시하고 있다. 우리나라도 이러한 기준의 제시가 필요하나, 이러한 논의는 본 논문의 범위를 벗어나는 문제이므로, 본 논문에서는 표준 조건하에서 조명 에너지절감량을 산정하는 방법을 제시하도록 한다.

전체 에너지 절감량은 시간대별 에너지 절감량의 합이므로, $ES = ES(T_1) + ES(T_2) + ES(T_3) + ES(T_4) + ES(T_5)$ 이다. 근무자에게 열악한 조명 환경을 제공할수록 절감 효과가 커지기 때문에 조명의 질적 수준이 보장되지 않는 상태에서의 에너지절감 효과 산정은 무의미하다. 따라서 기존의 에너지 Conservation 알고리즘인 격등 끄기, 최소 조명, 기존의 디밍 제어는 산정에서 제외한다.

Table 1. 조명 제어 알고리즘의 적용

	야간 (T ₁)	청소 (T ₂)	오전근무 (T ₃)	점심 (T ₄)	오후근무 (T ₅)
스케줄(A)	○	○	○	○	○
패턴(B)	○	○		○	
그룹(C)			○		○
일괄(D)			○		○
재부재(E)	○	○	○	○	○
격등/최소(F)					
디밍(G)					
수요 기반(H)			○		○

시간대별 조명에너지 절감량은 다음과 같다.

$$ES(T_1) = ES_A + ES_B - E_E$$

$$ES(T_2) = ES_A + ES_B - E_E$$

$$ES(T_3) = ES_A + ES_C + ES_D - E_E + ES_H$$

$$ES(T_4) = ES_A + ES_B - E_E$$

$$ES(T_5) = ES_A + ES_C + ES_D - E_E + ES_H$$

5. 결론

본 논문에서는 기존의 조명 에너지절감 알고리즘을 에너지 Efficiency와 Conservation 관점으로 정리하였다. 전력 수요관리라고 하는 국가적인 필요성이 있으나 조명이 근무 효율에 끼치는 영향이 크므로 에너지 Conservation 방안이 가지는 비효율성을 개선할 필요가 있으며 조명의 질적 수준이 보장되지 않는 상태에서의 에너지절감 효과 산정이 가지는 문제점을 보완할 수 있도록 수요 기반의 새로운 조명에너지 절감 알고리즘을 도입하였다. 또한 논문에서는 표준화된 시간대별 점유율 조건하에 조명 제어 시스템의 에너지절감 효과를 산정할 수 있는 방법론을 제시하였다.

사 사

본 연구는 2012학년도 상명대학교 교내연구비를 지원받아 수행하였음

References

1. Seung-Kwon Yang, Dae-Young Kim, "A Study on the Cost Effective DSM Method for Lighting Power Control through Pilot Test Based on Pre-Verified Methodologies", Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol. 27, No. 2, pp. 7~13, 2013
2. Jin-Ho Kim, Seong-Cheol Kim, Jong-Bae Park,, "A Demand-side Valuation and Application of Office lighting Dimming Control in Electricity Markets", Journal of the Korean institute of illuminating and electrical installation engineers, Vol. 22, No. 2, pp. 35~41, 2008
3. Jeong-uk Kim, Chang-Jin Boo, Jeong-Hyuk Kim, Seong-Bo Oh, and Ho-Chan Kim, "A Study on the

Effective M&V Method for the Lighting Control System", Journal of Energy Engineering, Vol. 20, No. 3, pp. 216~223, 2011

4. Jeong-uk Kim, "Building AHU Load Control Algorithm based on Demand Response", The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers, Vol. 60, No. 9, pp. 1658~1662, 2011
5. Jeong-uk Kim, "A New Load Control Algorithms based on Power Consumption", The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers, Vol. 59, No. 9, pp. 1658~1662, 2010
6. Yukio Akashi, Jason Neches, Andy Bierman, Energy Savings for load shedding ballast for fluorescent lighting systems, Lighting Research Center, 2002
7. Jeong-uk Kim,, "A New Load Allocation Algorithms of Direct Load Control", The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers, Vol. 59, No. 2, pp. 407~410, 2010