<Mar 29, 2015>

Title

Elements and Structure of the Smart Lighting Design in the Office

ABSTRACT

Objective: The purpose of this research is to extract factors affecting office lighting and their relations, and then develop a framework that helps designers research and design smart lighting systems

Background: Due to the highly specialized usages of offices, the lighting system within offices also varies according to space, work, user, etc. A framework which considers these various factors and their relations is necessary for understanding and developing smart lighting systems.

Method: First we extract factors affecting office lighting conditions, and select factors that can be controlled. We then analyze and develop a structure which reflects the relations among these factors from procedural perspective.

Results: We divide factors affecting office lighting into physical and social factors, and then conceptualize their relations using a circular model. We then develop our framework from procedural perspective by dividing these factors into three levels, namely Subject, Action and Object.

Conclusion:

The developed framework organizes various factors affecting office lighting and their relations, and helps understand the procedural and structural aspects of lighting system.

Application:

Our framework helps designing and refining smart lighting system for complicated office spaces by helping people understanding the overall structure of office lighting

Keywords

Office lighting, Structure of smart lighting, Smart lighting process, Smart lighting

1. Introduction

오피스는 다목적 활동을 동시다발적으로 수행하는 공동 공간이기 때문에 오피스의 온도, 습도, 조도 등과 같은 작업 환경들은 다양한 요인에 종합적인 영향을 받는다. 요인들 간에는 유기적으로 연결되기도 하며, 때로는 상충 되기도 하는 등 고려해야 할 변수가 많지만 대다수의 오피스에서는 환경 조절 장치를 일률적으로 컨트롤한다. 이는 일괄적으로 조작되는 시스템적의 한계 때문 일수도 있으나, 공간 구역별 세부조작이 가능하다 하더라도 상황은 별반 다르지 않다. 그 이유는 작업을 수행하고 있는 재실자가 시시각각 변하는 작업환경을 최적화 하기 위해 일일이 장치를 조절할 수 없으며, 개방되어 있는 공동 공간을 특정 개인이 판단하고 조작하는 것이 쉽지 않기 때문이다. 특히 조도는 온도와 습도에 비해 적정 정도와 변화여부를 알아채기 쉽지 않으며, 설령 인지했더라도 재실자가 조명을 세밀하게 조작하는 것은 거의 불가능하다.
Pack (2006)는 조명 자체가 작업생산량과 직결되지는 않지만, 이는 작업자가 불편함이나 산만함 없이 대상의 세부를 보기 쉬우며, 색을 구별하기 쉽게 하는 것이라고 하였다. 즉, 조명으로 인해 대상을 보고 파악하는 것이 한결 쉬워지게 되고, 작업자는 동기와 능력만 있다면 생산성을 높일 수 있다는 것이다. 또한 Steelcase (1999)의 업무공간 연구에 따르면 바람직하지 못한 작업공간의 조명은 생산력을 떨어지게 하는 원인이 되기도 하며, 직장내의 조명환경 개선은 근무자의 눈의 피로도와 두통을 86%까지 감소시키는 것으로 나타났다. 이처럼 오피스의 조명은 단순히 실내를 밝혀주는 기능뿐만 아니라 그 안에서 일하는 사람들의 능률과 컨디션에도 영향을 미치게 되며 목적과 의도가 부여될수록 복잡도가 증가한다.
오피스는 명확한 목적성을 지닌 공동공간이기 때문에 상황 변화에 따른 실내 구조 및 용도의 변동 폭이 크며, 각 공간의 목적에 걸맞은 환경을 조성하는 것이 중요하다. 하지만 대부분의 조명은 건물에 매입되어 있기 때문에 공간에 변화가 생길 때 마다 새로 구성하는데 물리적 제약이 따른다. 이런 이유로 최근 센서의 종류와 기술이 발전함에 따라서 오피스의 인공광원을 자동으로 조절하는 스마트 조명시스템을 구축하고자 하는 시도가 늘어나고 있다. 이때 스마트 조명이 업무의 효율성을 높이고 근무환경을 향상시키는데 일조하기 위해서는 해당 공간과 작업자의 컨텍스트에 최적화된 시스템의 형태와 구조가 고려되어야 한다. 본 연구에서는 오피스의 스마트 조명을 조명과 관련된 기초 연구를 바탕으로 하여 조명 시스템의 프로세스를 구조화하여 실질적인 시스템을 구상하는데 활용할 수 있는 프레임을 제공하고자 한다.

2. Literature Review

Jung and Lee (2009)는 작업환경에서 시각 작업의 효율(visual performance)에 영향을 미치는 요인으로 개인차(individual deference), 조명의 양(quantity of illumination), 조명의 질(quality of illumination), 작업 요구조건(task requirements) 등 4 가지를 꼽았으며, 각 요인을 간단히 살펴보면 다음과 같다. 연령과 같이 시각적 능력을 특정 기준으로 집단화 할 수 있는 경우에는 그 특성에 맞게 조명환경을 조성함으로써 작업 효율을 높일 수 있다. 그리고 인공적으로 작업장의 환경을 조작하고 조절할 수 있는 조명의 양과 질을 위해 광원의 밝기(광도, luminous intensity), 광원이 표면에 닿는 양(조도,

illumination), 비춰진 물체의 밝기(휘도, luminance), 광원의 직사광 반사광으로 인한 눈부심(휘광, glare), 광원의 방향(orientation of lights), 색온도(color temperature), 미학 (esthetics)적 측면들을 고려할 수 있다고 하였다. 또한 작업에 따라 빛 수용 정도에 영향을 미칠 수 있으며 대상물의 크기, 대비, 노출시간 등이 조건에 해당된다고 하였다. 이는 같은 조명환경이라도 단시간과 장시간의 작업은 작업자가 느끼는 피로도나 안정감이 다르기 때문에 작업방식에 적합한 값으로 각기 다르게 설정되어야 하는 것을 의미한다. Yeo (1999)는 공간의 유형에 따라 달라지는 조명의 역할을 구분하기 위해서 오피스 공간의 용도를 구분하고 오피스 조명의 주된 목적인 명시성과 쾌적성을 공간의 용도에 적합하게 분류하였다.(Table 1) 그리고 명시성과 쾌적성 향상을 위한 조명의 요건을 추출하였다. 명시성의 조건으로는 적절한 조도, 조도의 균제도, 직사 글레어 방식, 반사 글레어와 광막반사 반지, 색채의 올바른 보임 여부가 있으며, 쾌적성 향상을 위한 조명의 요건으로는 적절한 수직면 조도, 조도의 연속성, 불쾌 글래어의 방지, 적절한 광색과 연색성, 적절한 휘도 분포, 입체감과 질감의 표현, 인공광과 주광의 조화를 꼽았다.

Table 1. The purpose of the lighting in accordance with each office space (Yeo, 1999)

Usage of space	Utility room	Office	Meeting room	Cafeteria	Lounge
Purpose of lighting	Clarity	Clarity	Clarity, Comfort	Comfort	Comfort

Choi(2004)는 시쾌적성(Visual comfort)에 대해 광원의 휘도와 크기, 시야내의 물체의 위치, 재실자의 눈의 순응과 관련 있으며 시야의 중심으로 접근할수록 일반적인 밝기는 제한 해야 한다고 하였다. 즉, Figure 1 와 같이 현휘의 광원과 수평시선 사이의 각도가 클수록 불쾌감은 감소하게 되는 것이다.

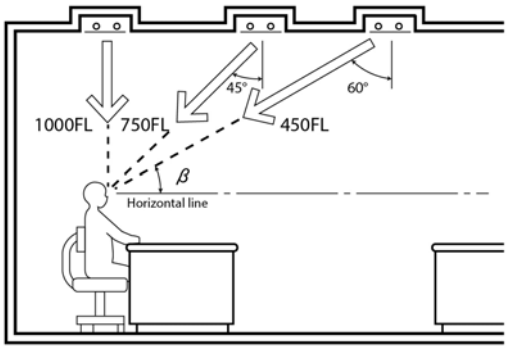

Figure 1. Luminance and visual comfort in office (Egan, 2000)

오피스에서 수행하게 되는 작업의 유형에도 여러 행태가 있는데, 그 중에서 강한 시각자극에 장시간 노출되는 VDT 작업은 조명과 관련성이 높으며, 그 비중이 절대적 우위를 점하고 있다. Choi (2004)는 CRT(Cathode Ray Tub)등의 화면에 대한 반사연상 방지 및 실내 각 부분의 휘도분포, 연직면 조도 및 공간 조도 등에 대한 검토가 필요하게 된다고 하였으며, CIE 에서는 작업공간이 갖추어야 할 조명의 기준으로 키보드와 VDT 의 위치, 휘도, 발광판, 실내 구조물의 반사율, 수평면의 조도 등에 관한

가이드를 제공한다. 이처럼 오피스 공간의 목적과 용도, 작업의 유형 등에 따라 조명환경의 목적도 달라지며 조명의 형태와 구체적인 권장 사항도 변경된다. 다시 말하면 조명을 어떻게 설정하느냐에 따라 작업의 효율을 높일 수도 있으며 반대로 저해할 수도 있는 것이다.
오피스 조명의 또 다른 특성을 살펴보면, 공간의 반복적인 사용 패턴이 있으며, 동일한 공간에서 장시간에 걸쳐 작업한다는 점이다. 이 때문에 조명환경을 구상할 때는 재실자의 이동 및 움직임에 관한 패턴을 반영해야 하며, 장시간 근무하는 재실자를 위해 인공광원과 주광(daylight)과의 관계에 대해서도 고려해야 한다. Yum (2013)은 LED 조명의 블라인드 조광제어에 따라 재실자의 밝기 변화 인식에 영향을 미치는 요소를 파악하였는데, 조광 제어속도, 주광에 따라 조명의 밝기 조절 인지에 차이를 보였고, 상관색온도별로 조광을 제어하는데 있어서도 구간에 따라 불편함을 인지하는 구간이 달랐으며, 이는 제어속도와 연관된다는 것을 밝혔다. 즉, 조명의 변화로 인해 재실자의 작업을 저해하지 않도록 하는데 인공광원과 주광의 상호보완적 조율이 중요하며, 인공광원의 변화 속도 또한 영향을 미친다는 것을 알 수 있다. (Figure 2)

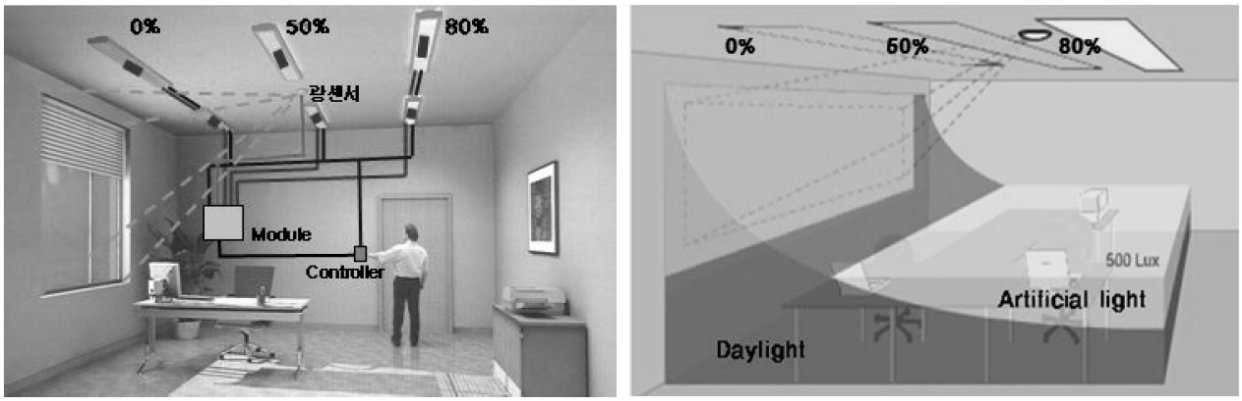

Figure 2. The concept of energy saving lighting control system (Yum, 2013)

Lee (2013)는 오피스의 조명 현황을 파악하기 위해 실제 오피스 11 곳의 공간별 조도와 색온도를 측정하고 이를 KS 기준의 권장조도와 비교 분석하였는데, 실제 오피스의 조명환경을 살펴본 바 권장조도에서 크게 벗어났으며 기준치보다 월등히 상향하고 있음을 확인하였다. 이렇게 공통적인 현상이 발생한 이유는 오피스의 관리주체가 내부의 조도에 대한 지속적인 관심을 갖기 어렵고, 재실자는 이미 그 공간에 익숙해져서 빛의 적정여부를 인지하고 반응하는데 둔감하여 현 환경에 순응했기 때문이다.

3. Design structure of the smart lighting

3.1 Factors affecting lighting in office

2 장에서 조명환경을 구성하는 다양한 요인을 살펴보았으며, 이를 기반으로 오피스의 조명환경에 영향을 미치는 요인을 물리적 요인과 사회적 요인으로 나누어 재구성하고 그 속성을 파악하였다.

Table 2. Factors affecting office lighting preference

Physical factor	Direct factor (lighting source)	Artificial light · Illumination, Luminance · Color temperature, Color rendering · Light distribution, Type of the lighting · Glare Natural light · Daylight (Nearly buildings, Direction of the window) · Blind
	Indirect factor (Indoor environment)	· Indoor structure · Reflectance of the interior finishing materials · Obstacle (Furniture, Partition) · Location and Direction of the desk
Social factor		· Purpose of space · Working method · Use pattern

물리적 요인의 직접요인은 공간을 밝히는데 있어 빛의 주체가 되는 광원을 의미하며, 의도에 따라 빛을 조절하거나 조작 가능하다. 단, 예외적으로 주광(daylight)은 발산되는 빛을 통제할 수 없으므로 블라인드를 통해 빛의 양을 조절한다. 간접요인은 주로 실내를 구성하는 환경적 요인으로 광원에서 발산된 빛이 대상까지 전달되는 과정에 영향을 미치게 되는데, 조명환경을 조성하는데 있어서 직접요인과는 달리 컨트롤이 쉽지 않으며 변수가 많고 복합적인 현상이기 때문에 사전에 모든 것을 예측하여 설정하는데 어려움이 있다. 마지막으로 사회적 요인은 해당 공간의 빛을 평가하는 기준이 되는 요인으로 빛이 공간의 목적과 용도에 적당한지, 조명의 어떤 속성을 얼만큼 조정해야 적정한지 판가름하는 기준이 된다.
물리적요인의 직접요인과 간접요인 그리고 사회적요인 간의 관계를 정리해보면 다음과 같다. 공간의 목적에 맞게 최적의 환경(사회적 요인)을 고려하여 공간의 빛을 설정하고 빛(직접요인)을 밝힌다. 발산된 빛은 실내의 각종 장애물과 반사체(간접요인)의 영향을 받아 최종 작업면에 도달한다. 이 과정에는 조작이 가능한 것부터 불가피한 것에 이르기까지 다양한 요인이 복합적으로 영향을 미치기 때문에 모든 요인의 인과관계를 고려하여 작업환경을 제공하는 것은 매우 어려우며, 의도했던 조명환경과의 오차범위도 클 수 있다. 따라서 공간과 빛의 사이를 인과관계가 아닌 상관관계로 인식해야 하며, 스마트 조명환경을 조성하기 위해서는 작업자에게 최종적으로 도달하는 빛의 환경(cf, 조도, 색온도)을 기준으로 최적의 작업환경을 역으로 추적하며 찾아가는 방식으로 접근해야 한다.

3.2 Conceptual model of smart lighting

광원에서 발산된 빛이 전달되는 과정에서 실내의 벽이나 파티션과 같은 장애물을 만나면서 반사되고 굴절이 생기게 된다. 이처럼 빛은 주변환경적 영향을 받기 때문에 조명등이 적정한 광속과 광도를 구현하는 것과

실제 작업 면에 닿는 빛(휘도, 조도)에는 차이가 발생한다. 빌딩의 조명을 설계할 때에는 이를 모두 고려하여 설계하지만 오피스 내부의 구조와 배치가 변경될 때마다 비용이 발생하고 번거로움이 가중되기 때문에 매번 반영하기가 힘들고 유지관리에 한계를 갖는다. 반면 스마트 조명은 명령을 내리고 적용하는 일방향의 수동 조명과 달리 순환적 구조가 가능하기 때문에 이러한 문제의 대안이 될 수 있다. 이러한 특성을 반영하여 스마트 조명의 순환형 모형을 Figure 3 과 같이 구성하였다. 스마트 조명은 작업 면에 도달한 빛의 세기와 양을 측정하여 광원에 수시로 피드백을 제공할 수 있기 때문에 오피스에 구조적 변화가 생기더라도 이를 조명에 반영하는 것이 용이하다.

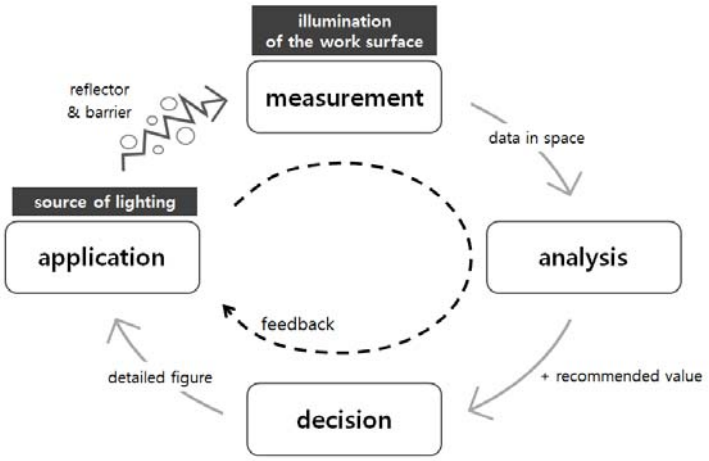

Figure 3. Circular flow of the smart lighting system

조명환경의 지표가 되는 조도는 물리적으로 산출되는 절대값이기 때문에 수치 자체는 정확하지만 작업자의 파티션 구조, 컴퓨터 화면 등 환경에 따라 실제로 느끼는 빛의 밝기는 달라질 수 있다. 즉, 작업자가 느끼는 빛의 밝기는 절대값이 아닌 상대성을 띄기 때문에 스마트 조명의 피드백과 현상이 반복적인 순환과정을 통해 패턴화되면서 일반적인 권장 값과 실제 조명환경의 적정 값의 격차를 좁혀갈 수 있다.

3.3 The structure of the smart lighting process

스마트 조명은 다양한 기기와 기술들이 복합적으로 연결되어 하나의 시스템을 구축하게 되는데, 오피스의 목적과 유형에 따라 다양한 형태로 변용될 수 있다. 따라서 이들간의 상호관계를 정의하고 시스템의 상세 과정을 순차적으로 정립함으로써 다양한 형태의 스마트 조명의 구조를 적용하고 구체적으로 활용할 수 있도록 단계를 구조화 하였다.

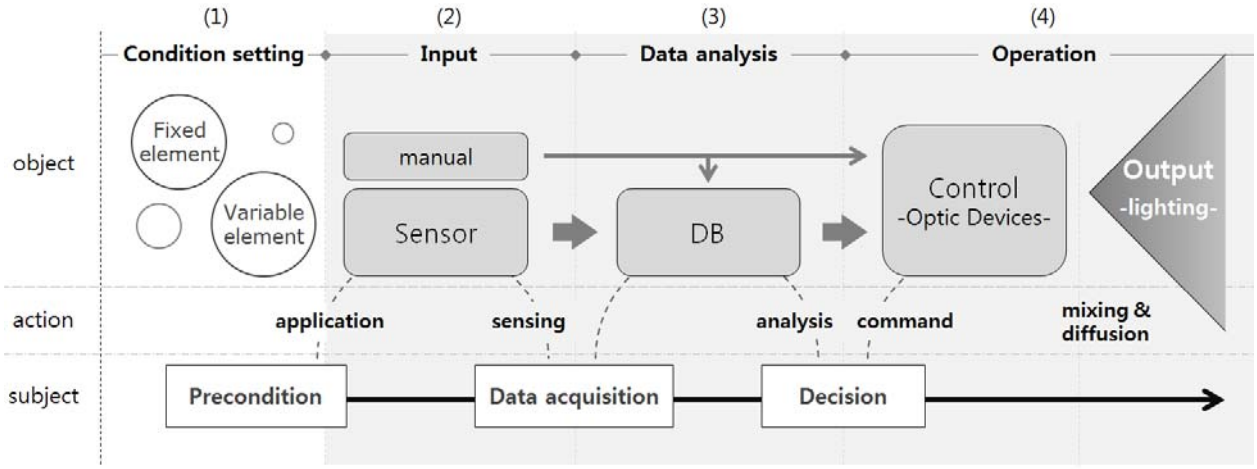

Figure 4. The structure of smart lighting process

사무실에 설치되어 있는 센서를 통해 공간 안의 데이터를 수집하게 되는데, 이는 무선 센서 네트워크(wireless sensor networks:WSN)를 통해 제어할 수 있으며, 인공지능 기법을 적용하여 그 효과를 극대화 할 수 있다. 다양한 변수와 불확실성을 지니고 있는 현장의 상태를 파악한 후에 시스템에 구성된 조건과 기준을 거쳐 의사결정(decision making)을 내리게 된다. 과정을 자세히 살펴보면, 공간의 목적과 용도에 적합한 조명환경을 조건(precondition)으로 설정하고(1), 공간의 데이터를 수집할 수 있는 센서로부터 작업장의 조도와 색온도를 측정하여 데이터를 확보한다(2). 수집된 데이터는 네트워크를 통해 DB 에 축적되고, 이는 센서융합과 분석과정을 거쳐 데이터를 확장시킨다. 이때 발생한 데이터 가운데 유효한 데이터를 추출한 후, 의사결정 분지도(decision tree)를 통해 복잡한 현상과 조건들을 순차적으로 처리한다(3). 유의미 하지 않았던 개별적인 날 데이터를 확률과 통계의 과정을 거쳐 가공하면서 정보의 확실성이 높아지게 되고, 이렇게 도출된 수치 값을 조명등에 적용한다.(4). 조명등은 수치 값에 맞는 빛을 구현하기 위해 내부적으로 혼합(mixing)과 발산(diffusion)을 하며 광원을 조절하고 이를 외부로 발산한다.

3.3.1 Information for Condition setting

스마트 조명을 구축하기 위해서는 시스템에 기준 값과 조건이 우선적으로 설정되어야 하는데, 이 조건을 구성하기 위해서는 조명환경을 조성하기 위한 필요 데이터와 인식가능 여부가 고려되야 한다. 따라서 오피스의 조명환경을 조절하는데 의미가 있는 입력(Input)요소를 추출하였고, 이를 가변요소와 고정요소로 분류하였다.

Table 3. Condition setting element of the lighting system

(a) Variable element	Illumination, Color temperature
	Movement, Movement route, Whether using or not, Time of stay
(b) Fixed element	Suitable illumination & Color temperature for the use of space
	Work type (VDT, Detail work, Production work, etc.)

가변요소는 실질적인 작업 면의 시시각각 변화하는 조명 정보를 의미하며 실제 작업이 이루어지는 지점의 조도, 색온도와 같은 작업환경의 조명환경과 작업자의 움직임, 공간사용여부, 작업패턴 등 사용자의 공간 이용 정보 등 직접적인 정보를 측정한다. 반면 고정요소는 해당 공간에 최적화된 조명환경을 적용하기 위한 기준이 되는 정보로서 공간의 유형에 맞는 권장조도 및 색온도를 지정하고, 그 밖의 변동성이 낮거나 인식하기 어려운 정보를 사전에 입력하여 설정한다. 이는 공간의 용도, 작업의 목적 및 유형에 따라 권장하는 조도와 색온도가 다르며 조명방식에도 차이를 지니지만 컨텍스트과 관련된 정보는 센싱으로 인식하기 어려고 데이터의 정확도가 확보되지 않은 경우에는 오류범주가 넓기 때문에 수동으로 설정한다.

3.3.2 Input type

시스템에 데이터와 명령이 입력되는 과정에는 센서를 통해 자동으로 데이터가 생성되고 입력되는 방식과 사용자가 직접 조작하는 방식이 있다. Rebekah (2003)의 연구에 의하면 사용자는 조명의 문제를 감지하기 전까지는 기본 설정 값을 사용하는 것을 선호하며, 자동화 조명으로 인해 타인의 존재를 쉽게 파악하고 사람의 수에 따라 다른 환경을 조성하는데 유용했다고 밝혔다. 반면 자동화 조명에 설정되지 않은 작업을 수행해야 하는 상황에서는 가끔 불편했으며, 조명의 사용여부와 별개로 조명을 직접 컨트롤 할 수 있는 옵션을 원했다. 사용자는 자동화 조명을 기본으로 설정하고, 수동 조명의 빛과 컨트롤러가 추가되는 것을 가장 선호했다. 스마트 조명시스템은 센싱과 자동인식을 통해 재실자가 일일이 조작하는 번거로움을 해소해주는 것이 중요한 목적이지만, 오피스와 같이 다변적 환경에서 완전한 자동화는 역으로 불편을 초래하기도 한다. 또한 실제로 수동 조작을 잘 사용하지 않더라도 사용자가 직접 컨트롤 할 수 있는 여지가 있는 것과 없는 것에서 느끼게 되는 부담감의 차이는 크다는 것을 알 수 있다. Figure 5 는 이러한 관계를 도식화 한 것으로 수동조작, 혼합조작, 자동조작으로 분류된다.

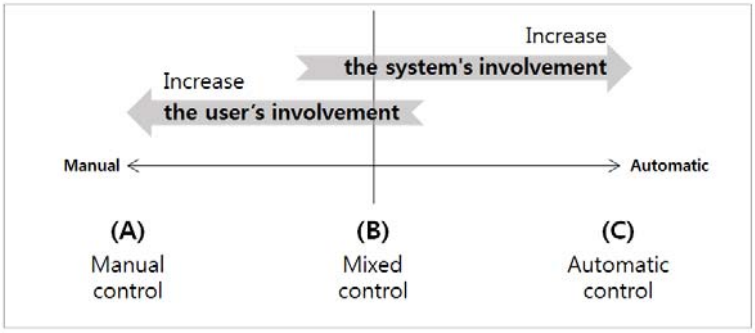

Figure 5. Degree of manual control

자동화 조명의 가장 큰 장점은 재실자가 작업환경을 의식하지 않고도 지속적으로 최적의 환경에서 작업을 할 수 있다는 점으로 빛이 자연스럽게 변화하며 재실자의 집중도를 저해하지 않아 업무 지속력을 높이는데 도움이 된다. 하지만 이는 결과적으로 중앙 제어 시스템의 의사결정이기 때문에, 개별적 의사판단에 의한 조작은 제약된다. 혼합 조작은 자동화 조명이 수행되는 동시에 개인의 의사판단에 의한 조작도 가능한 상태를 말하는 것으로 시스템이 작업장에서 발생하는 다양한 상황과 컨텍스트를 완벽하게 파악하기 어려운 부분을 보완할 수 있으며 개인의 능력과 기호에 따라 달라질 수

있는 차이를 반영할 수 있다. 또한 수동으로 조작된 데이터가 시스템에 누적되면서 시스템의 의사결정 기준으로 반영될 수 있다.

3.3.3 Analysis

어떠한 현상(event)이 발생하여 시스템이 이를 인지하고 그 현상이 유의미한 것인지를 판단하고 분석하기 위한 방식으로 두가지가 있다. 첫 번째 방법은 직접적인 상세 조건을 제시하여 조건의 충족여부에 따라 결정하는 것으로 비교적 단순한 분석과정이다. 현상(event)과 수행(action)의 인과관계가 명료하며, 명확한 기준치와 조건을 적용할 수 있을 때 유용하다. 예를 들면 (Event) '작업공간 A 의 조도는 350lx 이다' , (Condition 1) '작업 공간 A 의 조도는 600lx 을 기준으로 오차범위 50lx 내외로 유지한다' , (Condition 2) '작업자가 빛의 변화를 인지하지 않도록, 5(%/s)속도로 서서히 변화한다' , (Action) 'A 사무공간 조명의 조도를 5(%/s) 속도로 200lx 높인다'와 같다. 이처럼 현상(event)을 인식하고, 조건(condition)에 충족하도록 실행(action)에 옮긴다. 두 번째는 누적된 데이터를 통해 기대 값을 보충하고, 합리적 판단의 확률을 높이는 방식으로서 의사결정 분지도(decision tree)를 통해 표현할 수 있다. 지속적인 학습을 통해 현상과 밀접하게 관련되어 영향을 미치는 요인과 판단기준을 반영하고, 이 모든 것이 고려된 기대 효용을 기준으로 결정하며, 데이터가 누적될수록 사용자의 다양한 상황을 고려할 수 있다. 이때 자동으로 센싱하는 데이터뿐만 아니라 수동으로 조작된 정보도 학습할 수 있기 때문에 실제 오피스를 사용하는 재실자의 패턴, 기호, 행태와 특성을 반영하여 맞춰갈 수 있다. 결과적으로 의사 판단의 정확도가 증가하고 사용자의 의도와 목표에 더 가까운 의사결정을 내릴 수 있다.

3.3.4 Application

시스템의 의사결정 후, 실제로 빛을 발현하기까지 조명등 내부의 기계적인 처리과정을 거치게 된다. 시스템 또는 직접 조작을 통해 조명등에 명령이 내려지면, 구동장치가 작동하고 LED 로 에너지가 이동한다. 이렇게 각종 조절장치를 거치면서 LED 램프에서는 혼합(mixing)과 발산(diffusion)의 과정을 거치면서 광학장치를 통해 빛이 발현된다. 조명등에서 직접적으로 조절 가능한 수치는 조도와 색온도 값이 있지만 조명 방식과 설치방법에 따라 조작할 수 있는 조명의 요소는 균제도, 글레어 등과 같이 확장가능하다.

4. Case study

필립스 LED 조명시스템을 설치한 런던의 Citigroup Centre EMEA 의 사례를 살펴보면 다음과 같다. 이 빌딩은 디밍이 가능한 LED 조명으로 교체하고 제어 시스템을 구축하였다. 빌딩의 각 층의 1/3 이상이 자연채광을 강하게 받고 있었기 때문에 시스템 제어를 통해 자연채광과 인공광의 균형을 맞춤으로서 에너지 소비를 줄이고, 설계 조도 수준을 유지하였다.

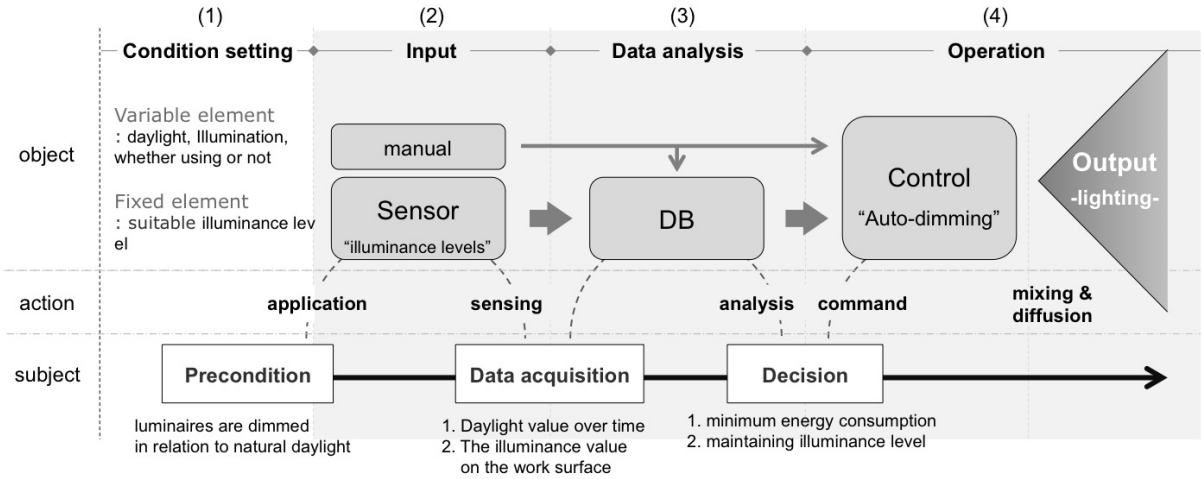

Figure 7. Smart lighting of Citi-Group Building

빌딩 에너지 소비의 20~25%를 차지하는 것으로 추정되는 조명의 에너지를 절약하고, 근무자들에게 높은 수준의 조명을 제공하기 위해 시스템을 설치하였는데, 결과적으로 디밍 기능으로 인해 보다 정확한 구역과 작업자의 기호에 맞는 영역 내에서 조명을 조절할 수 있게 되었으며, 주광을 활용한 조명 시스템으로 인해 36%의 에너지를 절감하였다.

5. Conclusion

본 연구에서는 오피스의 조명환경에 관한 전반적인 과정을 구조화하였다. 이를 위해 가장 먼저 조명환경에 영향을 미치는 요인에 대해 다방면에서 접근하였으며 이를 속성에 따라 물리적요인의 직접요인, 간접요인 그리고 사회적 요인으로 분류하고 각 요인간의 연결 관계를 분석하여 정리하였다. 또한 출력된 빛이 전달되는 과정에서 발생하는 데이터를 재 인식하여 자체적인 피드백을 주고 받는 과정을 도식화하였으며, 이 순환형 개념모형은 전체적인 그림을 그리고 체계를 구축하는데 활용할 수 있다. 마지막으로 스마트 조명 시스템의 수행과정을 Condition setting – Input – Analysis – Operation 의 4 단계의 순차적 과정을 구조화 하였으며, 각 단계의 세부 이슈를 Object, Action, Subject 를 기준으로 구분하였다. 이로서 다양한 목적과 형태의 스마트 조명을 적용 할 수 있는 프레임을 만들었으며 이를 통해 다양한 변수로 인해 인과관계가 복합적으로 얽히게 되는 조명환경의 현상을 설명하고 구조화 할 수 있다.

References

Pack, G.S., Ergonomics -Working Economics, Youngchi, 2006.

Steelcase knowledge library, Workplace Index Survey, www.steelcase.com (retrieved May 24, 1999)

Jung, B.Y. and Lee, D.G., Ergonomics and Human Factors, Minyoung Publishing Co, 2009.

Yeo, I.S., Office lighting, Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, 13(1), 9-12, 1999.

Choi, H.H and Ha, M.G., A Study on the Status of Illumination Environment in Workplaces, Journal of Korean Institute of Interior Design, 13(6), 167-174, 2004.

Egan, M.D., Concepts in architectural lighting, Gimundang, 2000.

Yum, H.J., A Study on the Perception of the Brightness Change According to according to Daylight Responsive LED Dimming Systems in the Office installed Venetian Blind, Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, 27(12), 44-53, 2013. doi:10.5207/JIEIE.2013.27.12.044

Yi, Y.S. and Ha, M.G., A Study on the Lighting Plan Characteristics of Office Buildings, Journal of the Korean Institute of Interior Design, 22(1), 47-54, 2013.

Rebekah, Y.E., Economic, energy and user needs analysis of intelligent lighting systems. Master's report, University of California at Berkeley, Berkeley, CA. 2003.