

# 빌딩의 방별 조명시스템 조도값 설정을 위한 강화학습 알고리즘 성능 비교 연구

김종민, 최석민, 김선용

동서대학교

{clay9502, choiseokmin}@naver.com, sykim@dongseo.ac.kr

## A Comparison between Reinforcement Learning Algorithms for Controlling Lighting Systems in Buildings

Jong Min Kim, Seok Min Choi, Sunyong Kim

Dongseo University

### 요약

본 논문은 건물 에너지의 효율적인 관리를 위해 강화학습의 기법의 하나인 Multi-Armed Bandit(MAB)을 기반으로 각 방의 조도값을 조절하여 전력 사용량을 낮추는 동시에 각 방 사용자들의 불만족도를 최소화하는 최적의 설정값을 찾는 방법을 연구하였다. MAB 기법 중 대표적인 알고리즘인 Upper Confidence Bound와 Thompson Sampling 알고리즘을 적용 및 성능을 비교·분석하였다.

### I. 서론

에너지의 효율적 관리는 '제5의 연료(The 5th Fuel)'로 불릴 만큼 상당히 높은 경제성을 가지고 있다 [1]. 환경 문제가 심각한 지금, 신재생 에너지 산업과 함께 에너지의 효율적인 관리는 주목받는 산업 중 하나이다. 특히 유례없는 IT 기술의 발전으로 AI 산업이 성장하면서 에너지를 효율적으로 사용하는 방법을 AI를 통해 찾으려는 기술 또한 개발이 활발히 이루어지고 있다. 본 논문은 전 세계 에너지 사용량의 약 20%를 차지하는 빌딩 에너지 사용량에 주목하였으며 [2], 빌딩 에너지의 주된 에너지 소모 원 중 하나인 조명시스템을 효과적으로 관리하기 위해 강화학습 알고리즘을 적용하고, 알고리즘별 성능을 비교 분석한다.

### II. 본론

본 논문에서는 건물 각 방의 전구의 조도 설정값을 조절하여 전력 사용량을 낮추기 위해 강화학습 기법의 하나인 Multi-Armed Bandit(MAB)을 사용할 것을 제안한다. MAB 기법은 Reward의 확률적 분포를 알 수 없는 여러 개의 Arm 들 중에서 최적의 Arm을 찾아주는 기법이다. 시스템 환경은 각 방에 얼마만큼 전력을 공급하여 조도 설정값을 조절할지를 조합하여 각각의 Arm으로 매핑하였다. 각 방의 사용자들은 원하는 조도값이 존재하며, 이 값과 실제 방의 조도값이랑 차가 클수록 불만족도가 증가한다. 따라서 건물 각 방의 조도 설정값을 낮추어 전력 사용량을 낮추려고 한다면 각 방의 사용자들이 불만족도가 증가하는 것은 필연적이다. 본 논문에서는 각 방의 전력 사용량과 불만족도를 합산한 값을 Reward로 정의하고 이를 최소화하는 방향으로 학습을 진행하였다. MAB 기법의 여러 가지 알고리즘 중에서 가장 대표적인 2가지 알고리즘인 Upper Confidence Bound(UCB)와 Thompson Sampling(TS)의 성능을 비교하고자 한다.

### III. 성능 평가

본 논문에서는 성능 비교를 위해 다음과 같은 방법으로 세팅하고 시뮬레이션해 보았다. 건물에는 100㎡ 크기를 가지는 방 3개가 있다고 가정한다. 각 방엔 백열등을 사용한다고 가정하여 발광효율은 15lm/W로 세팅하였고, 각 방의 최대 조도값은 1000 lux로 설정하였다. Arm은 20개의

Discrete 한 레벨(5%, 10%, ..., 100%)을 갖는 각 방의 조도 설정값의 각 조합으로 매핑하였다. 따라서, 총  $20^3 (= 8,000)$  개의 Arm을 갖게 된다. 각 방의 사용자들은 각각 500, 700, 900 lux의 선호하는 평균 조도값을 가지며, 각각 가우스 분포(Gaussian distribution)를 따른다고 가정하였다.

이러한 환경에서 UCB와 TS 알고리즘을 적용 및 학습한 결과값(Reward)은 다음의 그림 1과 같다. 그래프를 보면 TS 모델이 UCB 모델보다 최적의 Arm을 찾는 속도가 빠르나, 일정 수준의 학습이 된 이후에는 UCB 모델이 더 좋은 Arm을 찾아주는 것을 확인할 수 있다.

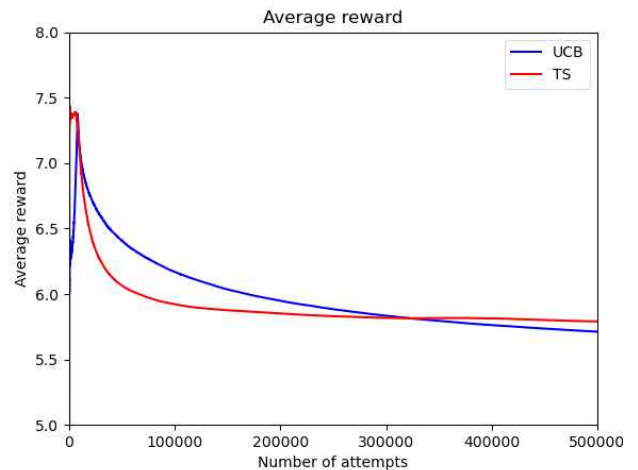


그림 1. 학습 진행에 따른 평균 Reward의 변화 비교

### ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원(No. 2022R1G1A1011513)과 2022년 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 SW중심대학사업의 연구 결과로 수행되었음(2019-0-01817)

### 참고 문헌

- [1] The Economist Special Report, "Invisible Fuel", 2015. (<https://www.economist.com/special-report/2015/01/15/invisible-fuel>)
- [2] S. Kim and H. Lim, "Reinforcement learning based energy management algorithm for smart energy buildings," Energies, vol.11, no.8, 2018.