

강화학습 기반 교통량에 따른 적응형 교차로 신호제어 연구

김종민, 이민수, 김선용

동서대학교

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

Reinforcement Learning-Based Adaptive Traffic Signal Control in 4-Way Intersection

Jong Min Kim, Minsu Lee, Sunyong Kim

Dongseo University

요약

본 논문은 지능형교통체계(Intelligent Transport Systems)의 적응형 신호체계에 강화학습 기법인 Q-Learning 알고리즘을 사용하여 교통량에 따라 방향별 도로의 신호를 제어하는 방법을 제안한다. Unity Engine 기반의 가상환경을 통한 시뮬레이션 결과, 본 논문에서 제안한 적응형 신호제어 기법이 기존의 고정형 신호체계보다 개선된 성능을 제공함을 확인하였다.

I. 서론

원활한 교통의 흐름은 현대 사회에서 매우 중요한 요소이다. 2018년 전국의 교통혼잡비용은 약 68조 원으로, 이는 매년 꾸준히 증가하고 있다 [1]. 또한, 교통 체증은 차량의 공회전으로 인해 환경에 악영향을 끼치는데, 교통체증 지수가 높을수록 미세먼지가 증가한다는 연구 결과도 있다 [2]. 이와 같은 문제들을 해결하기 위한 정책 중 하나로 인공지능을 활용한 지능형교통체계(Intelligent Transport Systems, 이하 ITS)가 주목받고 있다. 본 논문은 교차로 환경에서 ITS의 핵심 요소 중 하나인 적응형 신호체계에 강화학습 알고리즘을 적용하여 기존의 고정형 신호체계와의 성능을 비교 분석한다.

II. 본론

본 논문에서는 적응형 신호체계 알고리즘으로 강화학습 기법의 하나인 Q-Learning(QL) 알고리즘을 사용할 것을 제안한다. QL 알고리즘은 특정 상태(State)에서 특정 행동(Action)을 수행하는 때의 다음의 상태가 될 확률을 예측하는 Q 함수를 학습함으로써 Agent를 개선하는 기법이다 [3]. 그림 1과 같이 Agent를 학습시킬 시뮬레이션 환경을 Unity Engine을 활용하여 구축하였으며, 유동적인 차량 흐름을 표현하기 위해 시간대별로 방향별 도로의 교통량은 다르게 설정하였다. 차량 정체의 정도를 수치화하기 위해, 각 차량이 도로에 진입한 이후 교차로를 벗어나기까지의 소요 시간 제곱에 비례하여 불쾌지수가 상승하도록 설정하였다. 시뮬레이션 환경의 신호체계는 동시 신호를 기준으로 Agent는 방향별 도로의 신호를 제어하며, 청신호를 보내는 시간은 모두 일정하도록 설정하였다. 환경 전체의 불쾌지수를 Reward로 정의하였으며, Agent는 Reward를 최소화하도록 신호를 할당하는 것을 목표로 한다.

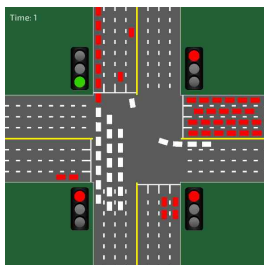


그림 1. Unity Engine으로 구축한 가상 시뮬레이션 환경

III. 결론

본 논문에서는 제안한 알고리즘을 적용한 적응형 신호체계와 시계방향으로 신호를 할당하는 고정형 신호체계와의 성능을 비교 분석하고자 시뮬레이션 환경을 다음과 같이 정의하였다. 교차로는 사거리로 가정하고, 교통량은 방향마다 시간대별로 패턴화된 수치를 가지며, 이 수치는 불확실성을 위해 가우스 분포(Gaussian distribution)를 따른다고 가정하였다. 하루를 10시간으로 가정하고 총 35일간 시뮬레이션한 결과값(Reward)은 다음 그림 2와 같다. 약 1주일 정도 학습이 이루어진 이후에는 시계방향으로 신호를 보내는 고정형 신호체계보다 평균 불쾌지수가 낮은 것을 확인할 수 있다.

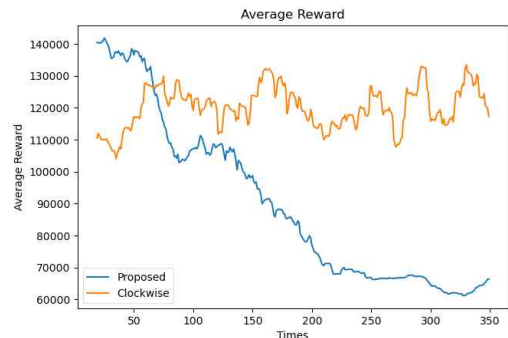


그림 2. 학습 진행에 따른 평균 Reward 값 변화 비교

ACKNOWLEDGMENT

“본 연구는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원(No. 2022R1G1A1011513)과 2023년 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 SW중심대학사업의 연구결과로 수행되었음”(2019-0-01817)

참고 문헌

- [1] 한국교통연구원(보도자료), “2018년 교통혼잡비용, 명목 GDP의 3.6%에 달해”, 2021.
- [2] 진정규, 전장익, “서울시 교통체증이 미세먼지 농도에 미치는 영향 : 빅데이터를 활용하여”, 대한민국·도시계획학회지, vol. 56, no. 1, pp. 121-136, 2021.
- [3] C. J. Watkins and P. Dayan, “Technical note: Q-learning,” *Machine Learning*, vol. 8, pp. 279 - 292, 1992.