

Stable Marriage 알고리즘에 기반한 드론택시 승객 스케줄링 기법

김중헌, 정소이*, 조성래**

고려대학교, *한림대학교, **중앙대학교

joongheon@korea.ac.kr, sjung@hallym.ac.kr, srcho@uclab.re.kr

Adaptive Passenger Scheduling using Stable Marriage Matching for Drone-Taxi Allocation Applications

Joongheon Kim, Soyi Jung*, Sungrae Cho**

Korea University, * Hallym University, ** Chung-Ang University

요 약

최근 드론택시 개념이 미래 교통망 설계의 대표적인 기술로써 논의되고 있다. 해당 드론택시의 시스템이 분산적이고 확장성 있게 운영되기 위해서는 승객과 드론택시 간에 분산적으로 매칭이 될 수 있는 알고리즘이 필요하다. 따라서 본 논문서는 분산적이고 확장성 있게 승객과 드론택시를 매칭 할 수 있는 알고리즘을 Stable Marriable Matching 알고리즘에 근거하여 제안한다.

I. 서 론

최근 자율 주행 연구가 산업계와 학계에서 많은 관심을 받고 있다 [1]. 해당 관련된 알고리즘을 설계함에 있어서 다양한 인공지능 및 딥러닝 알고리즘이 활용되고 있다 [1], [2], [3], [4], [5], [6], [7]. 이러한 자율 주행 이동체는 지상에서 운용되는 Autonomous Ground Vehicle (AGV)와 함께 Autonomous Aerial Vehicle (AAV)함께 많이 논의되고 있다. 이와 함께 Urban Air Mobility (UAM) 연구 및 서비스에 대한 국내외 적인 관심이 폭발적으로 증가하고 있다.

이와 같은 UAM 응용 시나리오에서 드론택시는 승객을 자율적으로 공중망을 통해서 운송함으로써 트래픽을 완화하는 효과가 있어 미래 공공교통망의 주된 연구 방향 중 하나이다 [3]. 이러한 환경에서 승객과 드론택시 간의 매칭을 수행하는 알고리즘은 필수 불가결하며 본 고에서는 Stable Marriage Matching 알고리즘을 활용하여 해당 문제에 대한 해결책을 제안한다. 이와 같은 Stable Marriage Matching 방식이 도입될 경우에는 분산적이고 확장성 있는 알고리즘의 설계가 가능하다 [8].

II. 분산 드론택시 승객 스케줄링 기법

2.1 개요

본 고에서 제안하는 알고리즘은 Stable Marriage Matching 기법을 활용하여 다수의 승객과 다수의 드론택시가 있을 때 이들 간의 안정적인 스케줄링을 수행한다. 더불어 Stable Marriage Matching 이론에 근거하여 그 연산복잡도도 매우 낮아 실시간 연산이 가능한 알고리즘이다.

2.2 알고리즘 세부사항

본 고에서 제안하는 알고리즘의 근본이 되는 Stable Marriage Matching 이론은 위성 시스템에서 공중망과 무인이동체 간의 스케줄링을 목적으로 제안된 바 있다 [8]. 이 이론에 근거하여 제안하는 알고리즘은 다음과 같이 동작한다.

N 명의 드론택시를 이용하고자하는 대기승객과 M 대의 드론택시가 해당 스케줄링을 위해 존재한다. 더불어 이 M 대의 드론택시는 각각 허용가능한 승객의 수(즉 비어있는 좌석의 수)는 P_i 이, $i=\{1,2,\dots,M\}$ 이다. 이 때에 모든 P_i 의 합을 P 라 하자. 이 때에 N 과 P 중에서 큰 값을 K 라 정의한다. 이러한 기본 세팅에서 각각의 N 명의 대기승객과 P 의 비어있는 각각의 좌석은 Stable Marriage Matching에 근거하여 자신만의 Preference List를 구성한다. 이러한 Preference List는 대기승객의 경우에는 드론택시와 승객간의 거리를 기반으로 구성한다. 드론택시의 각 좌석은 현재 가고자하는 목적지의 방향을 고려하여 각각의 승객을 볼 때에 각각의 승객의 목적지의 방향과의 유사도와 그 승객과의 거리를 기반으로 정한다. 이러한 각각의 Preference List를 구성함에 있어서 대기승객의 수와 드론택시의 수가 동일해야하는데, N 이 P 보다 크다면(즉, 대기승객의 총 수가 비어있는 드론택시 좌석의 수보다 많다면) 대기승객은 $N-P$ 만큼의 가상의 좌석이 더 있다고 생각하고 그 가상의 좌석을 Preference List의 최하위로 넣어 리스트를 완성한다. 반대로 N 이 P 보다 작다면(즉, 대기승객의 총 수가 비어있는 드론택시의 좌석의 수보다 적다면), 각 드론택시의 좌석들은 $P-N$ 만큼의 가상의 승객이 더 있다고 생각하고 그 가상의 승객을 Preference List의 최하위로 넣어 리스트를 완성한다. 이렇게 각각의 대기승객과 대기좌석들이

Preference List 를 구성을 완료하면, Gale-Shapley 알고리즘 [8]으로 해당 스케줄링을 수행한다.

2.3 알고리즘 활용 방안

본 고에서 제안하는 알고리즘은 다양한 방면에서 확장 활용 가능하다. 먼저 개별 드론택시 들이 데이터를 지엽적으로 학습에 활용한 후에 그 결과를 취합하는 연합학습 형태의 활용이 가능하다 [9]. 더불어 개발 드론들이 캐싱 역할을 하여 승객 뿐만 아니라 캐시에 있는 자원 및 자료를 전달하는 역할 역시 고려 가능한 시나리오이다 [10], [11], [12], [13]. 마지막으로 신뢰성 있는 시스템을 구성하기 위하여 블록체인 등의 기술이 추가적으로 고려 가능하며 추후 연구 방향으로 고려할 가치가 있다 [14].

III. 결론 및 향후 연구 방향

본 연구에서는 다수의 드론택시가 승객들의 선호도에 맞게 스케줄링하는 방식을 제안하였다. 본 논문에서 제안하는 방식은 Stable Marriage Matching 을 기반으로 하여 분산적이고 확장성 있는 동작이 가능하도록 설계되었다. 본 논문에서 제안하는 방식은 실질적인 시스템 요구사항을 고려한 성능평가가 진행될 예정이며 다양한 에너지 관련 제약사항도 고려될 예정이다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 2022 년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원(No. 2022-0-00907, (2 세부) AI Bots 협업 플랫폼 및 자기조직 인공지능 기술개발), 정보통신기획평가원(IITP-2022-2017-0-01637), 그리고 한국연구재단(2022R1A2C2004869 및 2021R1A4A1030775)의 지원으로 수행되었음. 본 논문의 교신저자는 정소이와 조성래임.

참 고 문 헌

[1] MyungJae Shin and Joongheon Kim, "Randomized Adversarial Imitation Learning for Autonomous Driving," in *Proceedings of IJCAI*, Macau, P.R. China, August 2019.

[2] Jihong Park, Sumudu Samarakoon, Anis Elgabli, Joongheon Kim, Mehdi Bennis, Seong-Lyun Kim, and Merouane Debbah, "Communication-Efficient and Distributed Learning Over Wireless Networks: Principles and Applications," *Proceedings of the IEEE*, vol. 109. No. 5, pp. 796-819, May 2021.

[3] Joongheon. Kim, "Joint Distributed Scheduling and High-Quality Streaming for Autonomous Aerial Mobility in Drone-Taxi Applications," in *Proceedings of IEEE VTC Workshop on Intelligent IoT Connectivity, Automation and Applications*, Helsinki, Finland, June 2022.

[4] Won Joon Yun, Dohyun Kwon, Minseok Choi, Joongheon Kim, Giuseppe Caire, and Andreas F. Molisch, "Quality-Aware Deep Reinforcement Learning for Streaming in Infrastructure-Assisted Connected Vehicles," *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 71, no. 2, pp. 2002-2017, February 2022.

[5] Soyi Jung, Won Joon Yun, MyungJae Shin, Joongheon Kim, and Jae-Hyun Kim, "Orchestrated Scheduling and Multi-Agent Deep Reinforcement Learning for Cloud-Assisted Multi-UAV Charging Systems," *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 70, no. 6, pp. 5362-5377, June 2021.

[6] MyungJae Shin, Joongheon Kim, and Marco Levorato, "Auction-Based Charging Scheduling With Deep Learning Framework for Multi-Drone Networks," *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 68, no. 5, 4235-4248, May 2019.

[7] Won Joon Yun, Soohyun Park, Joongheon Kim, MyungJae Shin, Soyi Jung, David Mohaisen, and Jae-Hyun Kim, "Cooperative Multi-Agent Deep Reinforcement Learning for Reliable Surveillance via Autonomous Multi-UAV Control," *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, vol. 18, no. 10, October 2022.

[8] Hyunsoo Lee, Haemin Lee, Soyi Jung, and Joongheon Kim, "Stable Marriage Matching for Traffic-Aware Space-Air-Ground Integrated Networks: A Gale-Shapley Algorithmic Approach," in *Proceedings of IEEE ICOIN*, Jeju, Korea, January 2022.

[9] Hankyul Baek, Won Joon Yun, Yunseok Kwak, Soyi Jung, Mingyue Ji, Mehdi Bennis, Jihong Park, and Joongheon Kim, "Joint Superposition Coding and Training for Federated Learning over Multi-Width Neural Networks," in *Proceedings of IEEE INFOCOM*, Virtual, May 2022.

[10] Minseok Choi, Andreas F. Molisch, and Joongheon Kim, "Joint Distributed Link Scheduling and Power Allocation for Content Delivery in Wireless Caching Networks," *IEEE Transactions on Wireless Communications*, vol. 19, no. 12, pp. 7810-7824, December 2020.

[11] Minseok Choi, Albert No, Mingyue Ji, and Joongheon Kim, "Markov Decision Policies for Dynamic Video Delivery in Wireless Caching Networks," *IEEE Transactions on Wireless Communications*, vol. 18, no. 12, pp. 5705-5718, December 2019.

[12] Minseok Choi, Joongheon Kim, and Jaekyun Moon, "Wireless Video Caching and Dynamic Streaming Under Differentiated Quality Requirements," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol. 36, no. 6, pp. 1245-1257, June 2018.

[13] Joongheon Kim, Giuseppe Caire, and Andreas F. Molisch, "Quality-Aware Streaming and Scheduling for Device-to-Device Video Delivery," *IEEE/ACM Transactions on Networking*, vol. 24, no. 4, pp. 2319-2331, August 2016.

[14] Muhammad Saad, Jinchun Choi, DaeHun Nyang, Joongheon Kim, and Aziz Mohaisen, "Towards Characterizing Blockchain-based Cryptocurrencies for Highly-Accurate Predictions," *IEEE Systems Journal*, vol. 14, no. 1, pp. 321-332, March 2020.