

도서관의 자동 도서 관리를 위한 군집화 기반 다중경유지의 최단 경로 알고리즘 개발

Development of the Shortest Path Algorithm for Multiple Waypoints Based on Clustering for Automatic Book Management in Libraries

강효정, 전은주, 박찬정
제주대학교 컴퓨터교육과

Hyo Jung Kang(zlzh88@gmail.com), Eun Joo Jeon(wwer369@jejunu.ac.kr),
Chan Jung Park(cjpark@jejunu.ac.kr)

요약

도서관 사서의 수많은 업무 중 도서 정리 업무는 사서가 일일이 정리해야 하는 일이기 때문에, 투입되는 인적·시간적 비용이 크다. 이러한 문제를 해결하기 위해 최근 인공지능 기술을 접목한 도서 정리 로봇에 관한 관심이 증가하고 있다. 본 연구에서는 도서 정리 로봇에 적용할 수 있는 다중경유지 최단 경로 알고리즘인 K-ACO 알고리즘을 제안한다. 제안하는 K-ACO 알고리즘은 하나의 로봇이 아니라 여러 대의 로봇을 가정하고 있다. 또한, K-ACO는 개미 알고리즘을 개선하여 K개의 군집을 만들고 각 군집 별 최단 경로를 제공해준다. 본 논문에서는 제안한 알고리즘의 성능 분석을 도서 정리 시간의 관점에서 실시하였다. 제안한 알고리즘인 K-ACO 알고리즘을 한 대학교 도서관에 적용하여 현재 도서 정리 알고리즘과 비교해 보았다. 시뮬레이션을 통해 제안하는 알고리즘은 도서 정리 업무를 치우치지 않고 공평하게 배분하여 궁극적으로 전체 일이 끝나는 시간을 확연히 줄일 수 있음을 알 수 있었다. 본 연구 결과를 통하여 제안한 알고리즘의 적용으로 도서 정리에 필요한 인적·시간적 비용을 절감하여 도서관 내 양질의 서비스 향상을 기대한다.

■ 중심어 : | 경로 알고리즘 | 군집화 | 도서 관리 | 자동화 기술 | 인공지능 |

Abstract

Among the numerous duties of a librarian in a library, the work of arranging books is a job that the librarian has to do one by one. Thus, the cost of labor and time is large. In order to solve this problem, the interest in book-arranging robots based on artificial intelligence has recently increased. In this paper, we propose the K-ACO algorithm, which is the shortest path algorithm for multi-stops that can be applied to the library book arrangement robots. The proposed K-ACO algorithm assumes multiple robots rather than one robot. In addition, the K-ACO improves the ANT algorithm to create K clusters and provides the shortest path for each cluster. In this paper, the performance analysis of the proposed algorithm was carried out from the perspective of book arrangement time. The proposed algorithm, the K-ACO algorithm, was applied to a university library and compared with the current book arrangement algorithm. Through the simulation, we found that the proposed algorithm can allocate fairly, without biasing the work of arranging books, and ultimately significantly reduce the time to complete the entire work. Through the results of this study, we expect to improve quality services in the library by reducing the labor and time costs required for arranging books.

■ keyword : | Routing Algorithm | Clustering | Library Management | Automation Technology | Artificial Intelligence |

* 이 논문은 2020학년도 제주대학교 교원성과지원사업에 의하여 연구되었음.

접수일자 : 2020년 12월 03일
수정일자 : 2020년 12월 23일

심사완료일 : 2020년 12월 23일
교신저자 : 박찬정, e-mail : cjpark@jejunu.ac.kr

I. 서론

지금까지의 도서관은 정보 제공이란 기능을 수행해 왔다. 그러나 현재 도서관 대다수는 정적인 공간이 아닌 사람을 연결하는 허브와 소통의 공간으로 변화하고 있으며, 도서관의 역할이 변함에 따라 사서의 업무 또한 증가하고 있다[1]. 도서관에서 사서의 역할 중 도서 정리는 도서관에 익숙한 사서들이 하기에 시간 비용이 큰 업무이다. 그러나 현재 도서관은 많은 양의 도서에 비해 적은 사서의 수로 인하여 인력 부족을 호소하고 있으며[2], 도서 정리는 주로 도서관의 위치 및 정리 방식에 대해 익숙하지 않은 비정규직 근로자 및 봉사활동 인원으로 대체되고 있다[3][4]. 그 결과 불필요한 인적·시간적 비용이 소요되고 있으며 이러한 비용이 드는 근본적인 원인을 현 도서관 정리 시스템에서 찾을 수 있다[5].

현재 도서관에서는 도서들을 단순히 '청구 기호'별로 분류하여 정리하고 있다[6]. 이는 특정 청구 기호에 정리할 분량이 많은 경우, 봉사자들 간 정리 시간의 불균형이 나타난다. 또한, 봉사자들은 자신이 정리해야 하는 책들의 위치를 정확하게 모를뿐더러 서가마다 지정된 청구 기호의 범위도 다양하기에 모든 서가의 가이드를 확인하며 지나쳐야 한다. 만약 지나치는 서가 중 정리해야 할 도서가 없을 때는 현재 정리 방식은 불필요한 이동 동선을 만들어 내므로 전체적인 업무의 시간이 증가하게 된다.

따라서 본 연구에서는 현 도서관 정리 시스템을 개선하기 위해 군집화 기반 다중경유지의 최단 경로 알고리즘인 K-ACO 알고리즘을 제안한다. K-ACO 알고리즘에서는 개미-기반 군집 알고리즘[7]으로 최단 이동 경로를 반영한 군집을 만든 뒤, 개미 군집 최적화 알고리즘을 기반[8]으로 각 인원에게 최단 경로를 제공한다. 실제 다중경유지를 거치는 알고리즘에 대해 몇 가지 제시된 것이 있지만, 실내가 아닌 실외에 적합한 알고리즘이거나 다중인원의 요소를 고려하지 않았으며 실제 도서관에서 적용된 사례는 찾기 힘들었다.

따라서 본 연구에서는 실내 환경인 도서관에서 군집화 기반 다중경유지의 최단 경로 알고리즘을 제안하고자 한다. 본 연구의 알고리즘을 도서 정리에 적용한다

면 청구 기호 및 정리 체계에 능숙하지 않았던 사람도 불필요한 동선 없이 책을 정리할 수 있게 되어 전체적인 업무 시간을 단축하게 될 것이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 도서관 도서 정리 관련 기존 연구를 분석하고 최단 경로와 군집화 관련 알고리즘을 분석한다. 3장에서 제안하고자 하는 알고리즘인 K-ACO를 설계하고 구현한 후, 4장에서 도서를 정리하는데 걸리는 총 이동 경로 값의 관점에서 제안한 알고리즘의 성능을 기존의 서가 기반 순차 도서 정리 알고리즘과 함께 비교·분석한다. 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

II. 배경

1. 도서관 도서 정리 관리 시스템

1.1 오로스(Autonomous Robotic Shelf Scanning system, AuRoSS)

싱가포르의 과학 기술 연구부서인 A*STAR (Singapore's Agency for Science, Technology and Research)의 부설 연구소는 효과적인 서가 탐색을 수행할 수 있는 로봇을 개발하였다[9]. 오로스는 자동 서가 스캐닝 로봇으로 RFID와 레이저 매핑 기술을 사용하여 도서관의 서가 사이를 움직이며 자료를 스캔하는 방식이다. 오로스는 도서관 책장 사이사이를 돌며 모든 책을 스캔한다. 스캔하면서 배열 위치가 잘못된 도서에 대하여 쉽게 선반에 보관할 수 있도록 보고서를 작성한다[9]. 사서의 업무에도 도움을 줄 뿐만 아니라, 자료를 찾는 이용자에게도 도움이 된다. 하지만 이는 모든 책에 대하여 일일이 스캔 작업을 수행하기 때문에 서가의 양에 비례하여 시간이 소요된다. 또한, 만약 스캔 이후 사서가 임의로 정리를 했다면 혼선을 줄 가능성도 있다. 이뿐만 아니라, 로봇을 통해 발견된 오 배열 도서들을 사서가 모두 재정리하는 시간은 여전히 발생한다.

1.2 에어카트 (AIRCART)

네이버랩스(Naverlabs) Robotics팀에서 개발한 근력증강 웨어러블 로봇 기술(physical human-robot

interaction, pHRI)이 적용된 에어 카트는 입고되는 대량의 책들을 안전하고 쉽게 운반할 수 있도록 도와주는 전동카트이다[10]. 이를 도서관에 적용했다고 가정한다면, 사서들이 한 번에 옮길 수 있는 책은 증가할 것이 있다. 하지만 이는 책을 정리한다는 초점보다는 책을 쉽게 옮기는 도구로 간주될 수 있다. 동선을 줄이기 위한 소프트웨어 관점에서의 지능적 기능은 제공하지 않고 있다.

1.3 어라운드 (AROUND)

네이버랩스 Robotics팀에서 개발한 로봇이다[11]. 이는 자율주행의 주요 기능을 맵 로봇과 맵 클라우드로 분산하여 제작 비용을 낮추면서도 정밀한 실내 자율주행이 가능한 로봇이다. 이를 통하여, 저가의 센서와 낮은 프로세싱 파워만으로 정확도 높은 실내 자율주행 기능을 구현 할 수 있다. 핵심은 주요 기능의 분산 프로세스에 있다. 하지만 AROUND를 도서관 전체에 도입한다면, 가격 측면과 데이터 수집 등의 문제가 있어서 현 시스템에 도입하기에는 어려움이 따를 것으로 보인다.

지금까지 분석한 도서관 도서 관리 시스템에서는 주로 로봇을 이용한 자율주행과 손쉬운 도서의 이동에 초점을 두고 있다[9-11]. 도서의 이동 경로를 최소화하거나, 여러 로봇이 함께 도서 관리에 사용이 될 때, 균등하게 일을 배분하게 할 수 있는 방법 등을 제안한 연구는 드물다. 본 연구에서 도서의 목적지가 여러 곳임을 기반으로 다중경유지 최단 경로 알고리즘이 제안된다면, 향후 도서 정리 시간을 줄이는 개선된 도서 관리 시스템 구축을 이룰 수 있다.

2. 최단 경로 알고리즘

이 절에서는 기존의 최단 경로 알고리즘을 분석하여 도서 관리를 위해 본 연구에서 제안한 알고리즘의 기본적인 개념을 소개하고자 한다.

2.1 외판원 문제

외판원 문제(traveling salesman problem, TSP)는 판매 사원이 물건을 판매하기 위해 출발지에서 모든 도시를 한 번씩만 방문한 후, 출발지로 다시 돌아오는 문제 상황에서 가장 최소한의 비용과 시간을 들이는 경로

를 구하는 문제로 잘 알려져 있다[12][13]. 이러한 특성으로 인해 TSP 알고리즘은 우편물 수거, 가전 수리 서비스 콜의 스케줄링, 건축 시공에서의 배관 및 전선 배치, 운송 및 택배 사업의 차량 운행 등 다양한 분야에서 활용되고 있다[14]. 하지만, TSP 기반의 도서관 경로 배정과 연관된 연구는 미흡하였다. 따라서, TSP 기반의 택배 배달에 관한 연구를 통하여 본 연구에서 제안한 알고리즘에서 적용할 수 있는 부분을 파악하고자 하였다. 택배물동량의 증가로 인하여 택배 배송 직원들은 제한된 시간 내에 더욱더 빠르고 많은 양을 안전하게 배송해야 하는 문제가 발생하고 있다.

이러한 문제를 해결하기 위하여 김희영은 배송 순서 알고리즘에 바탕을 둔 택배 배송 직원 전용 모바일 택배 배송 시스템을 설계 및 구현하였다[15]. 김희영은 TSP 문제인 택배 배송 순서 안내 문제를 최근접 이웃 탐색(nearest neighbor search, NNS) 알고리즘[15]을 통하여 접근하였다. 하지만, 해당 알고리즘의 해결 시간은 문제 속의 링크와 교점의 수에 크게 영향을 받는다는 단점이 있다[14]. 또한, 타 직원과의 동선이 겹쳐 불필요한 이동 경로가 발생할 수 있다. 알고리즘은 모든 정점을 방문하지만, 최단 경로는 아닌 문제점도 있었다[16].

2.2 개미 군집 최적화 알고리즘

개미 군집 최적화(ant colony optimization, ACO) 알고리즘은 실제 개미의 이동 형태를 모방한 것으로, TSP 문제를 위해 고안되었다[8]. 개미가 개미집에서 먹이로의 경로를 찾을 때, 먹이를 발견한 첫 개미가 페로몬을 남기며 집으로 돌아온다. 다음 개미도 역시 페로몬을 뿌리면서 앞선 개미의 페로몬을 따라 먹이를 찾는 데, 이 과정에서 희미한 페로몬 때문에 경로가 조금씩 바뀌며 여러 가지 경로가 쌓인다. 페로몬은 시간이 지나면서 증발하고 결국, 최적의 경로에만 페로몬이 남게 되는 것이다[8].

개미 군집 최적화 알고리즘은 다른 알고리즘과 비교했을 때, 매개변수 선정이 크게 민감하지 않다. 이 알고리즘에서 증가하는 경우의 수 대비 상대적으로 계산 시간이 빠르고, 경우의 수가 증가할 때 더 안정적으로 우수한 결과를 얻는 장점을 갖고 있다[17]. 본 연구에서는

NNS 알고리즘이 아닌 개미 군집 최적화 알고리즘[8]을 이용하여, 모든 정점을 지날 수 있는 최단 경로를 안내해주고자 한다. 본 연구에서는 이미 배정된 도서에 대한 최단 경로 안내가 아닌, 정리해야 할 책들을 각 인원수에 맞춰 배정해주는 서비스까지 제공하고자 한다.

III. K-ACO 알고리즘 설계 및 구현

1. 도서 관리를 위해 최단 경로를 찾기 위한 군집 분석의 필요성

군집 분석을 위한 알고리즘으로는 대표적으로 k-means 알고리즘[18], DBSCAN[19] 등이 있다. 최근 단순 군집화를 넘어 이동 경로까지 고려한 연구들이 활발히 진행되었다. Pizzagalli[20]는 밀도를 기반으로 중심을 추출하고, 그 중심들을 주축으로 모든 정점을 지나는 경로를 생성한다. 이때, 두 중심을 잇는 경로 중 그 가중치가 가장 큰 경로를 끊음으로써, 군집을 이룬다. Binh[21]은 생성된 군집을 대상으로 군집 속 최단 경로와 군집 간 최단 경로를 고려하여, 모든 군집에 대해 각 군집 내 정점을 순회하는 최단 경로 알고리즘을 개발하였다. Song[22]은 이미 생성된 최단 경로에 대해, 일부 군집을 형성하여 몇 가지 정점을 군집 처리함으로써, 전체 이동 경로 값이 더욱 더 줄어들도록 하였다.

이처럼 다중경유지의 최단 경로 알고리즘에서 어떻게 군집을 형성해야 하는가에 대한 논의는 진행됐다. 하지만, 대표적인 클러스터링 방법인 k-means 클러스터링 알고리즘을 단순히 본 연구에 적용하기에는 다음 그림 1과 같은 문제가 발생한다. [그림 1]은 총 488개의 정점 데이터를 군집의 수가 4($k=4$)일 때, k-means에 적용해 본 결과이다. k-means 클러스터링은 단순히 거리값이 가까운 점들의 합으로 클러스터를 판단하기 때문에 다음과 같이 ‘최단 경로’는 적용되지 않은 결과가 나오게 된다.

최근 개미 기반의 군집화 알고리즘(ant-based clustering algorithm)이 주목받고 있다[23]. 이 알고리즘은 개미가 먹이를 군집화하는 개미의 행동으로부터 영감을 얻었다[24]. Deneubourg[7]는 실제 개미의 사체 쌓기 과정을 반영하여 에이전트들이 데이터들을

주변과의 유사성에 따라 줍기(pick-up) 또는 내려놓기(drop) 행위를 하도록 하는 알고리즘을 제안하였다.

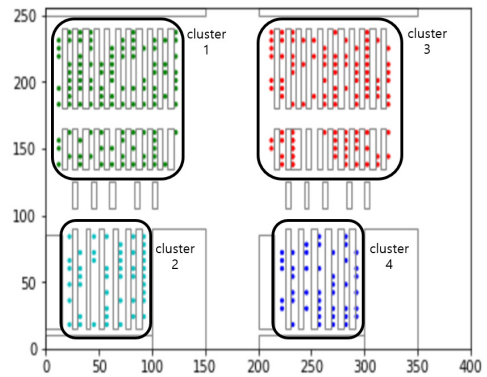


그림 1. 488개의 샘플 데이터를 대상으로 k-means 알고리즘을 수행할 결과

이후에는 현실에 가까운 개미의 형태를 고려하여, 탐색 개미와 일개미로 분류한 연구[25], 개미 기반의 군집화 알고리즘의 성능 향상을 위해 k-means를 적용한 Reddy의 연구[26], DBSCAN 알고리즘을 적용한 Shang Liu[27] 연구가 있다. 하지만, 이들은 전체 정점을 어떻게 군집해야 하는 지에는 초점을 두어, 각 군집별 이동 경로는 제시하지 않았다.

본 연구에서는 개미 군집 알고리즘을 사용하여, 군집을 찾고, 각 군집 별 최단 경로를 제공하는 알고리즘을 개발하고자 한다. 즉, 본 논문에서는 개미 군집 알고리즘을 이용하여 요구하는 군집 수만큼 군집을 형성한 후, 개미 군집 최적화 알고리즘을 이용하여 각 군집 별 최단 경로를 제공하는 K-ACO 알고리즘을 개발하였다. K-ACO 알고리즘은 도서관 내 도서 정리를 위한 알고리즘으로, 다수가 하는 도서 정리의 전체 시간을 줄이기 위해 각 군집 별 이동 경로의 표준편차가 작아지도록 하였다.

2. 디지털도서관 정보 기반 데이터 생성

본 연구에서는 알고리즘을 제안하고 실험을 위해서 실제 J 대학교 디지털도서관에서 [그림 2]와 같이 제공하고 있는 도서 정보를 활용하였다. 하지만 위치 정보는 제공하고 있지 않아, 다음 [그림 3]과 같이 서가의

연 위치 데이터를 생성하였다. 이때, 도서관에서는 청구 기호를 서가의 연(bookshelf)을 기준으로 배정한다. 따라서 이를 반영하여 연의 위치를 마주 보는 연의 중심 좌표로 설정하여 데이터를 생성하였다.

청구기호	저자	도서명	출판사명	자료실 명	권/권차
800.09-경원대c	경원대학교 아시아문 연구소	동아시아 지식사회와 문화 커뮤니케이션 : 언어매체의 소통과 확산	역락	참고자료실	2
800.09-박성창b	박성창	비교문학의 도전 (파울루 코일류와 칼릴지브란의) 신비 주의 사상	민음사	참고자료실	3
800.09-박원복s	박원복	한국학술 정보	한국학술 정보	참고자료실	5
800.09-진상범s	진상범	서양예술 속의 동양 탐색	집문당	참고자료실	1
801-김성곤g	김성곤	경계를 넘어서는 문학	민음사	참고자료실	1
801-김유정G	김유정단상 100주년 기념사업추진회	한국의 웃음문화	소명출판	참고자료실	1
801-김종희	김종희(최혜실(공))	문학으로 보는 성	김영사	참고자료실	2
... 중략 ...					

그림 2. J 대학교 디지털도서관의 도서 정보 데이터

bookshelf_id	x	y
서가의 연 기호	정점 x 좌표	정점 y 좌표
bookshelf_m0_0	12.5	138
bookshelf_m0_1	12.5	144
bookshelf_m0_2	12.5	150
bookshelf_m0_3	12.5	156
bookshelf_m0_4	12.5	162
bookshelf_b0_0	12.5	183
... 중략 ...		

그림 3. 서가의 연 데이터

본 연구의 알고리즘에서 사용한 데이터는 다음 [그림 4]와 같다. 이는 [그림 2]에서 실험에 필요한 도서 정보만을 가져왔으며, 각 도서의 위치 정보 [그림 3]의 데이터와 연결하였다. [그림 5]는 [그림 4]의 데이터 스키마이다.

3. K-ACO : 군집화 기반 다중경유지의 최단 경로 알고리즘

본 연구에서 제안한 알고리즘, K-ACO는 개미 알고리즘(ACO)을 이용하여 K 개의 클러스터링을 만드는 알고리즘이다.

book_id	autor	book_nm	publish_nm	bookshelf_id	book_loc_x	book_loc_y
청구기호	저자	도서명	출판사명	서가의 연 기호	정점 x 좌표	정점 y 좌표
800.09-경원대c	경원대학교 아시아문 연구소	동아시아 지식사회와 문화 커뮤니케이션 : 언어매체의 소통과 확산	역락	bookshelf_m0_0	12.5	138
800.09-박성창b	박성창	비교문학의 도전 (파울루 코일류와 칼릴지브란의) 신비 주의 사상	민음사	bookshelf_m0_0	12.5	138
800.09-박원복s	박원복	한국학술 정보	한국학술 정보	bookshelf_m0_0	12.5	138
800.09-진상범s	진상범	서양예술 속의 동양 탐색	집문당	bookshelf_m0_0	12.5	138
801-김성곤g	김성곤	경계를 넘어서는 문학	민음사	bookshelf_m0_0	12.5	138
801-김유정G	김유정단상 100주년 기념사업추진회	한국의 웃음문화	소명출판	bookshelf_m0_0	12.5	138
801-김종희	김종희(최혜실(공))	문학으로 보는 성	김영사	bookshelf_m0_0	12.5	138
... 중략 ...						

그림 4. J 대학교 디지털도서관의 도서 정보 데이터

컬럼 이름	자료형	설명	예
book_id	String	청구기호	800.09-박성창b
autor	String	저자	박성창
book_nm	Integer	도서명	비교문학의 도전
publish_nm	Integer	출판사명	민음사
bookshelf_id	Integer	서가의 연 기호	bookshelf_m0_0
book_loc_x	Integer	정점 x 좌표	12.5
book_loc_y	Integer	정점 y 좌표	138
... 중략 ...			

그림 5. J 대학교 디지털도서관의 도서 정보 데이터 스키마

이때, 제안하는 알고리즘의 목적은 전체 정리 소요 시간을 줄이기 위함에 있기에 각 군집 별 이동 경로 값의 표준편차가 작아지도록 하였다. K-ACO 알고리즘에 관한 개념을 예를 들어 설명하면 다음 [그림 6]과 같다.

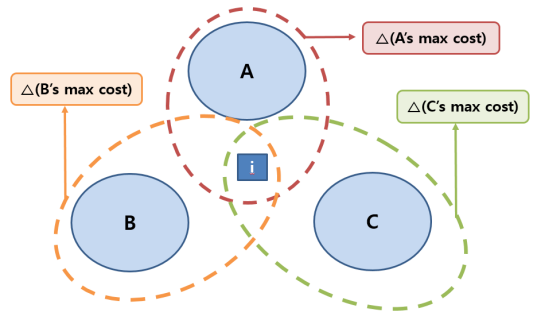


그림 6. K-ACO 알고리즘의 예시

우선, 정점 i 의 군집을 찾는 상황이라 가정하자. 이때, $K=3$ 이며, 현재 A, B, C라는 군집이 형성되어 있다. K-ACO 알고리즘은 정점 i 를 군집 A에 넣기 전과 후의 최대 변화량을 도출한다. 이후, 클러스터 B와 C에서도 동일한 작업을 진행한다. 정점 i 는 도출된 변화량의 값이 가장 작은 군집에 포함된다. 이러한 K-ACO 알고리즘을 Nassi-Shneiderman(NS) 도표로 나타내면 다음 [그림 7]과 같다.

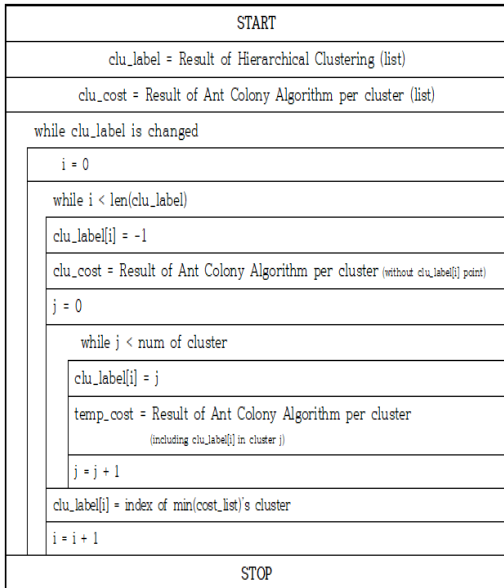


그림 7. K-ACO 알고리즘의 NS 도표

IV. 성능 분석

본 연구에서 제작한 K-ACO알고리즘을 J 대학교 디지털도서관 2층에 적용하였다. 그 결과를 기존의 도서 정리 알고리즘과 비교하여 클러스터링과 최단 경로 각각에 대해 나누어 설명하고자 한다.

1. 최단 경로를 반영한 클러스터링 결과-비교

1.1 기존 서가의 연-기반 군집화

도서관에서 반납대의 도서를 나누는 것부터 도서 정리 방식은 다음과 같다. ① 청구 기호를 확인하여 정리

해야 할 도서를 층별로 분류한다. ② 층별로 분리된 책들을 같은 청구 기호별로 분류한다. ③ 인원별로 나누어 정리하기 위해 같은 청구 기호로 나누고 '도서 기호-저자 기호'를 참고하여 서가 위치가 비슷한 도서끼리 재분류한다. 이때 마지막 단계는 서가의 연을 기반 군집화가 이루어지므로 이를 '연-기반 군집화'라고 정의하였다.

1.2 군집화 결과 비교

J 대학교 디지털도서관 2층에는 총 264개의 연이 있다. 이 중에서 임의로 25개를 선택하여 연-기반 군집화 알고리즘과 K-ACO 알고리즘에서 사용한 군집 알고리즘 결과를 분석하였다. 기존의 군집 알고리즘에 의하면, 총 25개의 책을 3명이 정리한다고 가정하였을 때 다음 [그림 8]과 같다. 동일 데이터를 이용하여 제안한 알고리즘으로 군집화를 하면, 다음 [그림 9]와 같은 결과를 보인다.

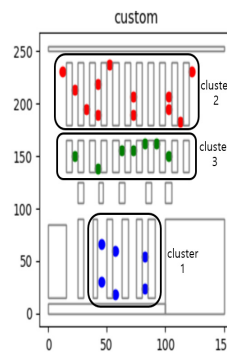


그림 8. 임의의 25개 연을 대상으로 수행한 연-기반 군집화 알고리즘의 결과화면

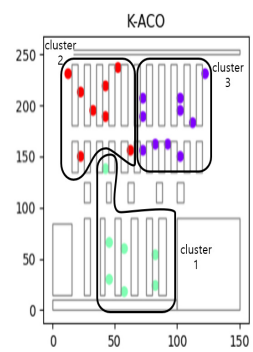
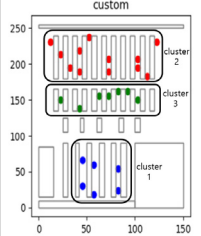
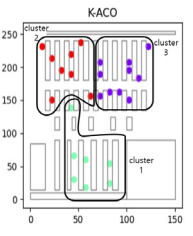
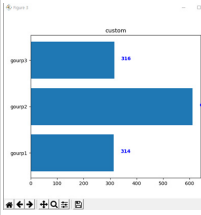
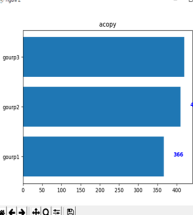


그림 9. 임의의 25개 연을 대상으로 수행한 연구 알고리즘의 결과화면

각각의 군집화 결과에 대하여 개미 알고리즘을 수행하면 다음 [표 1]과 같다. 기존 연-기반 군집화 알고리즘을 적용하면 612만km의 이동 거리가 소요되나 K-ACO를 사용하면 420만km의 이동 거리가 소요된다. 특히 K-ACO 적용 시, 기존 연-기반 군집화에 따른 도서 정리 알고리즘과 비교하면, 표준편차가 약 5배 감소한다. 즉, 일을 공평하게 나눠 가장 오래 소요되는 자의 시간이 줄어들음을 알 수 있었다.

표 1. 임의의 25개 연(정점)을 대상으로, 연-기반 군집화 방식과 K-ACO 알고리즘을 사용한 군집화 및 경로 값 비교표

항목	연-기반 군집화	K-ACO	
결과화면			
그룹별 경로 값 (동일 비교를 위해, 기존의 방식은 ACO알고리즘을 사용함)	그래프		
	3	316	420
	2	612	410
	1	314	366
	최대값	612	420
최소값	314	366	
평균	414	398.66	
표준편차	171.45	28.72	

2. 최단 경로 결과 비교

이 절에서는 K-ACO 알고리즘으로 도출된 최단 경로 결과를 기존의 연-기반 군집화 알고리즘을 이용한 이동 탐색 알고리즘과 비교하고자 한다.

2.1 기존의 연-기반 군집화 알고리즘을 적용한 경로

탐색 방법 : 서가 기반 순차 이동 알고리즘

현재 도서관은 책장의 시작마다 '청구 기호 가이드'를 제공하여 도서관 지리를 모르는 사용자에게 편의를 제공한다. 사서 또한 책장을 지나칠 때마다 매번 '청구 기호 가이드'를 참고하여 도서를 정리하는데 이는 다량의 도서가 어느 책장에 정리되어야 하는지 숙지할 수 없기 때문이다. 이를 반영한 도서관 정리 이동 알고리즘을

[그림 10]의 예로 설명하고자 한다.

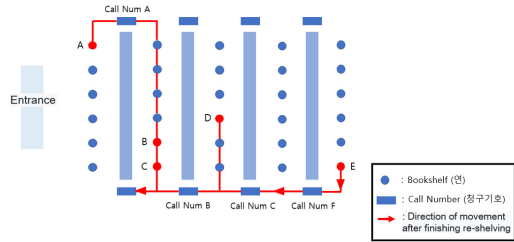


그림 10. 서가 기반 순차 이동 알고리즘

[그림 10]에서 Bookshelf는 [그림 3]의 서가의 '연' 데이터를 노드로 표시한 것이고, Call Number는 앞서 언급한 청구 기호 가이드이다. 정리 이동 방향은 입구를 시작으로 왼쪽에서 오른쪽이며 정리를 마치면 처음 정리한 도서의 서가 위치로 이동하여 마무리한다고 가정하였다.

도서관 특징과 가정을 반영한 이동 방식은 다음과 같다. A와 B, C를 연이라 하자. 처음 정리하게 되는 책의 위치는 입구에서 가장 가까운 도서를 정리하기에 A이다. 이후 B에 도서를 정리하고 Call Num B의 청구 기호 가이드를 확인한 후 C에 도서를 정리한다. 이때, 직전에 정리한 연에서 가까운 청구 기호 가이드위치로 이동하여 다음 정리할 도서의 위치를 확인한다. 만약, 현재 위치한 서가에 정리할 도서가 없을 경우, 오른쪽 서가로 이동하게 된다. 도서를 다 정리한 예는 처음 방문했던 A연의 서가로 이동하게 된다.

이러한 서가 기반 순차 이동 알고리즘을 NS 도표로 나타내면 다음 [그림 11]과 같다.

2.2 군집화 결과에 따른 이동 경로 비교

본 연구에서 제안한 알고리즘과 비교가 될 경로 탐색 알고리즘은 서가 기반 순차 이동 알고리즘이다. 표 2는 서가 기반 순차 이동 알고리즘과 K-ACO알고리즘을 사용했을 때의 군집화 및 각 군집 별 이동 경로를 비교한 것이다. 서가 기반 순차 이동 알고리즘에는 청구 기호 가이드 확인 작업으로 인하여, 불필요한 동선이 발생함을 알 수 있다. 또한, 이 알고리즘을 사용할 때보다 K-ACO를 통하여 도출된 정리 알고리즘을 사용하면

START
book_df = Open book information to be re-shelved data file
point_df = Open Call Numbers guid data file
callNum_id = list(point_df.query('point_id'))
remained_books = list(book_df.query('bookshelf_id'))
books_toReshelve = 'books_data' to be re-shelved by bookshelf (list) # Detailed description is omitted for convenience
visited_point = re-shelved 'books_data' and 'visited_callNum' (list)
Append the 'remained_books' closest to the entrance and the 'callNum_id' to 'visited_point' # Detailed description is omitted for convenience
while visited_point is not 'done'
visited_callNum = 'callNum_id' of the next Call Number guide #Change position from left to right #if all books have been reshelved 'done' is saved in visited_callNum
visited_callNum == 'done'
False
Append the 'visited_callNum' to 'visited_point'
start_p = First visited 'callNum_id'
books_toReshelve = 'books_toReshelve' to re-shelve at 'visited_callNum' (list) # Detailed description is omitted for convenience
last_p = Last visited 'callNum_id'
y coordinate of != y coordinate of 'start_p' 'last_p'
True
Append the 'books_toReshelve' to 'visited_point'
return when 'books_toReshelve' is empty
Change the y coordinate of 'start_p' to the y coordinate of last_p'
Append the 'start_p' to 'visited_point'
Go back to the beginning of the loop #continue
False
STOP

그림 11. 서가 기반 순차 이동 알고리즘의 NS 도표

이동 경로 면에서 효율적임을 알 수 있다.

2.3 단일 군집 상황에서 기존 도서 정리 알고리즘과 K-ACO 알고리즘으로 도출된 경로 값(cost) 비교

도서 정리를 위하여 방문해야 하는 정점의 개수를 n 이라고 하자. 동일한 n개의 정점에 대하여 단일 군집, 즉 한 사람이 정리한다고 가정하여, 기존의 도서 정리 알고리즘과 K-ACO를 사용했을 때 경로 값(cost)을 각각 산출·비교하였다.

서가의 '연'간 거리 데이터 생성을 위하여, J 대학교 디지털도서관의 연의 개수를 측정하였다. 이를 도서관 측에서 제공하는 도면에 적용하여 좌표를 얻고 도서관 특징에 맞는 이동을 고려하여 연간 거리 데이터를 자체 제작했다.

표 2. 임의의 25개 연을 대상으로, 기존 도서 정리 알고리즘과 K-ACO를 사용했을 때, 군집화 및 이동 경로 결과 비교표

항목	서가 기반 순차 이동 알고리즘	K-ACO
결과화면		
그룹별 최단 경로	3	328
	2	420
	1	736
	482	410
		366

방문해야 하는 정점의 수인 n을 증가해가며, 각각의 방법으로 경로를 산출·비교한 그래프는 다음 [그림 12]와 같다.

본 연구에서 사용한 개미 알고리즘을 이용하였을 때, 방문해야 하는 정점의 수가 증가함에 따른 경로 값의 변화량이 서가 기반 순차 이동 알고리즘의 결과보다 작다. 이를 통하여, 본 연구 알고리즘을 사용하면 적은 양의 책 정리는 물론, 많은 양의 책 정리 시에도 적용 가능함을 알 수 있다.

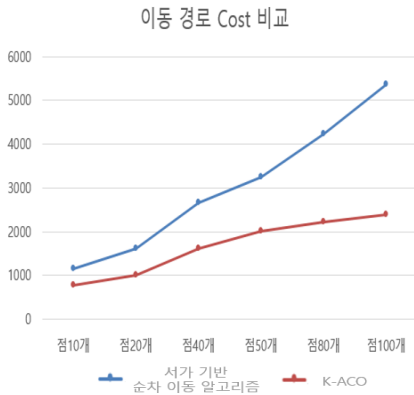


그림 12. 임의의 n개에 점을 대상으로 단일 군집인 상황에서 각각의 방식으로 산출된 이동 경로 값을 비교한 그래프

V. 결론

본 연구에서는 개미 군집 최적화(ACO) 알고리즘을 이용하여 다중인원-다중경유지의 최단 경로 알고리즘을 개발했다. 이때, 개미-기반 군집 알고리즘을 먼저 적용하여 원하는 수의 군집을 만든 후, 각 군집에 대해서 최단 경로를 도출하였다. 층별 정리해야 할 정보가 입력되면, 개발한 알고리즘을 통하여 인원별 정리해야 할 책들과 서가의 방문 순서를 안내해준다. 이때, 정리 인원 중 어느 한쪽에 책의 수량, 이동 경로 등이 치우쳐지지 않고 공평한 책의 분배를 위하여, 클러스터링 과정에서 개미 알고리즘을 사용한다. 이후 각각의 인원에서 개미 알고리즘을 통해 산출된 다중경유지의 최단 경로를 제공한다.

기존의 선행 연구에서는 찾아볼 수 없었던 개미 알고리즘을 도서관에 적용해 보았다는 점과 성능 분석 결과, 기존 정리 알고리즘과의 차이가 극명하여 본 연구가 앞으로의 관련 연구에 영향을 미칠 뿐만 아니라, 자동화되어가는 도서관 시스템에 이바지될 것으로 기대한다. 또한, 사서들의 업무량 및 도서 정리에 필요한 추가 인력과 이에 따른 비용 감소를 통한 도서관 내 양질의 서비스 향상의 도모를 기대한다. 단, 사서의 최초 위치를 고려하지 않은 점, 본 알고리즘의 시간복잡도가 크다는 점, 그리고 다양한 데이터와 상황에 대한 시뮬

레이션이 부족한 점은 향후 개선할 예정이다.

참고 문헌

- [1] 정강훈, 노태학, 최일, "사회적 기능과 역할변화에 따른 공공도서관의 공간구성 특성에 관한 연구," 대한건축학회 학술발표대회 논문집, pp.333-336, 2006.
- [2] <https://www.jjan.kr/news/articleView.html?idxno=2047170>
- [3] <http://www.libsta.go.kr>
- [4] 김혜주, 안인자, 박미영, 김호연, "국내 도서관 자원 봉사자 활동 현황 분석 - 공공도서관 및 학교도서관을 중심으로," 한국비블리아학회지, 제20권, 제1호, pp.5-7, 2009.
- [5] 윤희윤, "공공도서관 직원 배치 기준 개정안 연구," 한국문헌정보학회지, 제46권, 제1호, pp.2-7, 2012.
- [6] https://www.suwonlib.go.kr/bkid/html/01_guide/guide0303.asp
- [7] J. L. Deneubourg, S. Goss, N. Franks, A. Sendova-Franks, C. Detrain, and L. Chrétien. 1991. The Dynamics of Collective Sorting Robot-like Ants and Ant-like Robots. In Proceedings of the First International Conference on Simulation of Adaptive Behavior on From Animals to Animats, MIT Press, Cambridge, MA, USA, pp. 356-363, 1990.
- [8] R. S. Parpinelli, H. S. Lopes, and A. A. Freitas, "Data Mining With an Ant Colony Optimization Algorithm," IEEE Transactions on Evolutionary Computation, Vol.6, No.4, pp.321-332, 2002.
- [9] R. Li, Z. Huang, E. Kurniawan, and C. K. Ho, "AuRoSS: An Autonomous Robotic Shelf Scanning system," 2015 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), Hamburg, 2015, pp.6100-6105, doi: 10.1109/IROS.2015.7354246.
- [10] <https://www.naverlabs.com/aircart>
- [11] <https://www.naverlabs.com/storyList?storySeq=&keyword=AROUND>
- [12] 카일 루든, *C로 구현한 알고리즘*, 한빛미디어, p.564, 2000.

- [13] 임재걸, 이강재, “여행지 최적 경로를 제공하는 웹 시스템의 설계와 구현,” 한국컴퓨터정보학회논문지, 제12권, 제5호, pp.19-27, 2007.
- [14] 양성봉, *알기 쉬운 알고리즘*, 생능출판사, p.256, 2013.
- [15] 김희영, *배송 순서 알고리즘에 바탕을 둔 모바일 택배 배송 시스템의 설계 및 구현*, 서울여자대학교 일반대학원, 석사학위논문, 2014.
- [16] 이영해, 이태연, 조동원, “시간 종속 재고 경로 문제를 위한 최적화 모델,” 교통연구, 제19권, 제1호, pp.39-56, 2012.
- [17] 이성열, 박영한, 이정민, “개미 알고리즘을 이용한 택배 배송 최단 경로 탐색 시범 시스템의 개발,” 한국산업정보학회논문지, 제12권, 제4호, pp.89-96, 2007.
- [18] T. Kanungo, D. M. Mount, N. S. Netanyahu, C. D. Piatko, R. Silverman, and A. Y. Wu, “An Efficient K-means Clustering Algorithm: Analysis and Implementation,” *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol.24, No.7, pp.881-892, 2002.
- [19] M. Ester, H. P. Kriegel, J. Sander, and X. Xu, “A density-based algorithm for discovering clusters in large spatial databases with noise,” In *Proceedings of the Second International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (KDD'96)*. AAAI Press, pp.226-231, 1996.
- [20] D. U. Pizzagalli, S. F. Gonzalez, and R. Krause, “A shortest-path based clustering algorithm for joint human-machine analysis of complex datasets,” *arXiv preprint arXiv: 1812.11850*, 2018.
- [21] H. T. T. Binh, P. D Thanh, and T. B. Thang, “New Approach for Solving The Clustered Shortest-Path Tree Problem Based on Reducing The Search Space of Evolutionary Algorithm,” *Knowledge-Based Systems*, pp.12-25, 2019.
- [22] Y. Song, T. Jeon, J. Ahn, and D. H. Im, “Design and Implementation Algorithm of Efficient Travel Time for Mobility Groups Using Hierarchy Clusters,” 2020 온라인 추계학술발표대회 논문집, 제27권, 제2호, pp.777-780, 2020.
- [23] O. M. Jafar and R. Sivakumar, “Ant-Based Clustering Algorithms: A Brief Survey,” *International Journal of Computer Theory and Engineering*, Vol.2, No.5, p.787, 2010.
- [24] M. Kang and Y. Choi, “Ant Colony Hierarchical Cluster Analysis,” *Journal of Internet Computing and Services (JICS)*, Vol.15, pp.95-105, 2014.
- [25] 심규석, 이희상, 김윤배, 박진수, 김재범, “탐색개미-일개미 군집화 알고리즘,” *대한산업공학회 춘계공동학술대회 논문집*, pp.313-319, 2006.
- [26] T. N. Reddy and K. P. Supreethi, “Optimization of K-means Algorithm: Ant Colony Optimization,” 2017 International Conference on Computing Methodologies and Communication (ICCMC), Erode, pp.530-535, doi:10.1109/ICCMC.2017.8282522, 2017.
- [27] S. Liu, Z. T. Dou, F. Li, and Y. L. Huang, “A New Ant Colony Clustering Algorithm Based on DBSCAN,” *Proceedings of 2004 International Conference on Machine Learning and Cybernetics (IEEE Cat. No.04EX826)*, Shanghai, China, pp.1491-1496, Vol.3, doi:10.1109/ICMLC.2004.1382009, 2004.

저 자 소 개

강 효 정(Hyo Jung Kang)

준회원



■ 2018년 3월 ~ 현재 : 제주대학교 컴퓨터교육과 학부생

〈관심분야〉 : 데이터 사이언스, 디지털 콘텐츠 제작, 컴퓨터교육

전 은 주(Eun Joo Jeon)

준회원



- 2018년 3월 ~ 현재 : 제주대학교 컴퓨터교육과 학부생

〈관심분야〉 : 데이터 사이언스, 컴퓨터 시스템, 컴퓨터교육

박 찬 정(Chan Jung Park)

종신회원



- 1988년 2월 : 서강대학교 전자계산학과(공학사)
- 1990년 2월 : KAIST 전산학과(공학석사)
- 1998년 2월 : 서강대학교 대학원 전자계산학과(공학박사)
- 1998년 2월 ~ 1999년 9월 : 한국

통신 멀티미디어연구소 전임연구원

- 1999년 9월 ~ 현재 : 제주대학교 컴퓨터교육과 교수
- 2011년 1월 ~ 2011년 12월 : 미국 UC Berkeley 방문 학자
- 2013년 4월 ~ 2015년 2월 : 제주대학교 교육과학연구소 소장
- 2020년 3월 ~ 현재 : 한국컴퓨터교육학회 수석부회장

〈관심분야〉 : 융합 교육과정, 기술기반 교육, 에듀테크, 원격 교육 방법