

AI 기반의 무인항공기 임무 경로계획 기법 설계 및 성능평가

김형진¹, 김동성², 이재민*

금오공과대학교 IT융복합공학과

{khj951007¹, dskim², ljimpaul*}@kumoh.ac.kr

Design and Performance Evaluation of Technique on the Mission Path Planning based on AI

Hyeong-Jin Kim¹, Dong-Seong Kim² and Jae-Min Lee*

Dept. of IT Convergence Engineering, Kumoh National Institute of Technology

요약

본 논문은 AI기반의 무인항공기의 통신 커버리지를 고려한 감시정찰 경로계획 기법을 제안한다. 기존 무인항공기를 이용한 감시정찰에 대한 연구는 모든 데이터 수집 공간을 직접 경유하는 방법으로 진행되고 있다. 하지만 지상 관제소와 무인항공기 간의 통신 커버리지를 고려하지 않고 경로계획을 수립하기 때문에 통신 커버리지를 벗어날 문제가 있고, 데이터 수집 공간을 직접 경유하기 때문에 임무수행 시간과 무인항공기의 에너지 관리가 비효율적이다. 따라서 본 논문은 회귀 분석 방법 중 다항 회귀법을 이용해서 무인항공기가 데이터 수집 공간을 전부 거치지 않고 최소 접근 거리를 가정하여 최초 경로를 계획한 뒤 퍼지 알고리즘에 적용하여 지상 관제소와 무인항공기 간의 통신 반경을 고려한 경로계획을 수립한다. 또한 시뮬레이션을 통해 기존 경로계획 기법과 제안하는 경로계획 기법을 비교하며 성능평가를 진행한다.

I. 서론

최근 무인항공기(UAV)에 대한 연구는 전장 환경에서 감시정찰 및 중계 등 무인항공기를 이용해 험난한 지역 또는 사람이 갈 수 없는 지역에 대한 데이터를 수집하고 해당 데이터를 지상 관제소에 송신하는 방법에 대해 활발히 진행되고 있다[1][2]. 기존 무인항공기 경로계획에 관한 연구는 형상 공간 개념을 활용해 무인항공기의 경로계획에 활용하거나[3] 모든 데이터 수집 공간을 직접 경유하는 방법으로 진행되고 있다[4]. 그러나 기존 연구는 지상 관제소와 무인항공기 간의 통신 커버리지를 고려하지 않고 경로계획을 수립하기 때문에 무인항공기가 통신커버리지를 벗어날 문제가 있고, 데이터 수집 공간을 직접 경유하기 때문에 임무수행 시간과 무인항공기의 에너지 관리가 비효율적이다.

따라서 본 논문은 회귀 분석 방법 중 다항 회귀(Polynomial Regression)법을 이용해서 무인항공기가 데이터 수집 공간을 전부 거치지 않고 최소 접근 거리를 가정하여 최초경로를 계획한다. 이후 퍼지 알고리즘에 적용하여 지상 관제소와 무인항공기 간의 통신 반경을 고려한 경로계획을 수립한다. 시뮬레이션을 통해 기존 연구의 경로계획과 제안한 경로계획의 거리 차이를 비교하여, 제안한 기법의 임무 수행 시간과 무인항공기 에너지 관리가 더 효율적이고 지상 관제소와 무인항공기 간의 통신 성능 향상을 보인다.

II. 무인항공기 경로계획 기법 설계

다항 회귀는 수집 대상 위치에 대한 특성을 거듭제곱하여 새로운 특성을 추가하고 확장된 특성을 포함한 데이터 셋에 선형 모델을 훈련시키는 것으로 원하는 회귀모델을 얻을 수 있다[5]. 다항 회귀는 무인항공기의 위도와 경도를 이용한다. 회귀는 2차항 이상의 n 차항이며 무인항공기의 경로에 대한 위도를 다항회귀 방정식으로 정의한다. 이에 대한 회귀분석 학습의 결과로 도출된 식을 최초 무인항공기의 경로로 설정할 수 있다. 회귀에 대한 식은 식(1)로 표현된다.

$$E(x) = \sum_{t=0}^n w_n x^{n-t} \quad (1)$$

$$L(x) = \sum_{t=1}^n \frac{1}{n} \theta_n (Z_t - E(x_t))^2 \quad (2)$$

$E(x)$ 는 무인항공기의 경로 x 에 대한 위도를 표현한 식이고, n 차항에 대한 곡선을 나타내는 다항식이다. w 는 수집 대상 공간에 대한 학습을 통해 무인항공기의 경로를 수정할 가중치이다. w 가 학습을 통해 수정되기 위해서는 $E(x)$ 에 대한 손실함수를 정의해야 한다. 손실함수는 경로가 되는 $E(x)$ 와 데이터 수집 대상의 위치 데이터 사이의 거리를 최소화 하는 함수 $L(x)$ 로 정의한다. $L(x)$ 를 통해 데이터 수집 대상과의 거리가 최소화된 무인항공기의 경로는 최종적으로 통신 커버리지 고려함수 $C(x)$ 의 입력값으로 넣어진다.

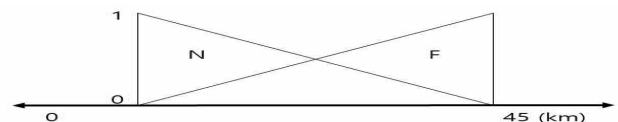


그림 1 C의 소속 함수

$C(x)$ 의 소속함수는 그림 1과 같고 지상 관제소의 통신 커버리지 범위에 대한 소속 함수이다. 소속함수 C 는 추론 규칙에 해당하는 N (Near), F (Far)로 2개의 뉴런으로 구성되고 무인항공기의 최종 경로계획에 반영된다. 해당 규칙은 입력 값으로 받은 무인항공기의 경로가 지상 관제소의 통신 커버리지에서 멀어지거나 벗어날 경우 경로를 수정한다. 그림 2는 제안하는 무인항공기 경로계획 흐름도이다. 무인항공기의 데이터 수집 공간의 좌표를 통해 다항 회귀 분석방법으로 최초 무인항공기의 대략적인 경로를 수립하고 손실함수를 적용해 수집 대상과의 거리를 최소화하도록 수정한다. 수정된 경로는 퍼지 분석 기법의 입력값이며 최종적으로 통신 커버리지를 고려한 무인항공기의 경로를 계획할 수 있다.

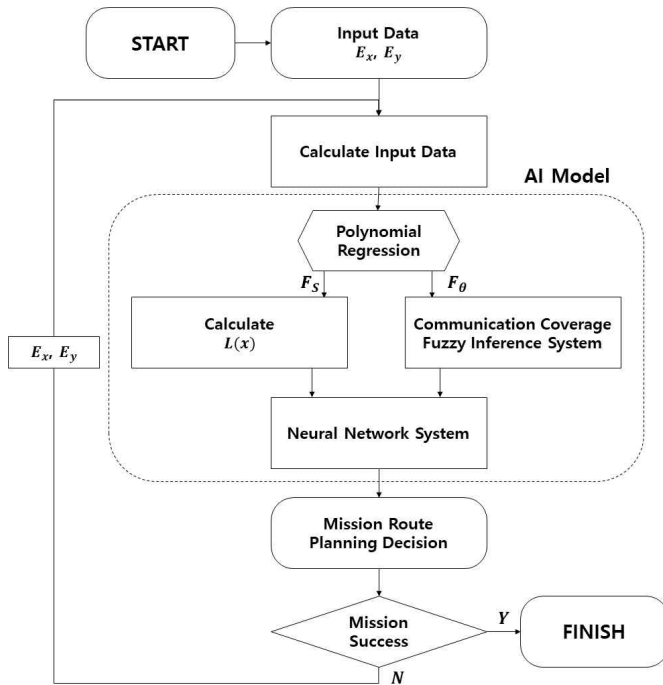


그림 2 경로 계획 설정 기법

III. 시뮬레이션

시뮬레이션은 python 기반의 오픈소스 머신러닝 플랫폼인 텐서플로우를 이용하여 진행하였다. 임무 경로 대상의 좌표는 0~20 사이의 값으로 설정하였다. 학습반복은 500번, 데이터 수집 대상과의 거리는 3이하로 설정하였다. 그림3은 제안하는 알고리즘과 기존 알고리즘을 비교한 그림이다. 기존 경로계획 기법은 데이터 수집 대상에 직접 경유하기 때문에 임무 수행시간과 무인항공기의 에너지 관리효율이 비효율적이다. 하지만 제안하는 경로계획 기법은 1차적으로 다항회귀를 통해 대략적인 경로를 형성하고 통신 커버리지를 고려한 퍼지함수를 거치기 때문에 기존 경로계획 기법에 비해 임무수행시간이 짧고 배터리 전력소모율이 효율적이다. 그림4는 제안하는 알고리즘과 기존 알고리즘의 무인항공기 경로에 임무 지점과의 거리를 비교한 그림이다. 시뮬레이션 결과로 제안한 경로계획으로 도출된 경로의 거리는 20.6km, 기존 알고리즘으로 도출된 경로의 거리는 35.7km이다. 이는 기존 알고리즘으로 만들어진 경로에 비해 제안한 방법의 거리가 57.7% 감소시킬 수 있다는 것을 나타낸다.

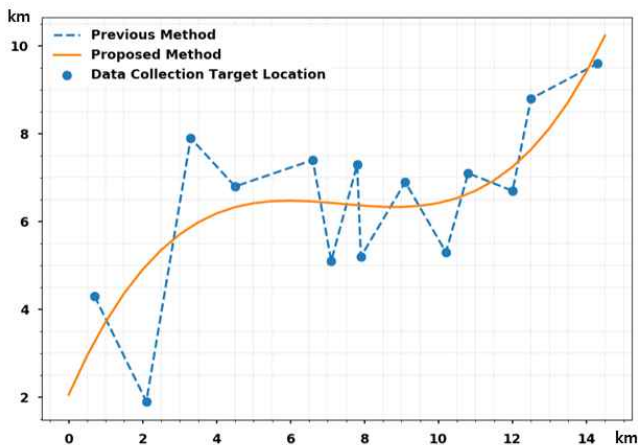


그림 3 제안하는 경로계획 기법 시뮬레이션 결과

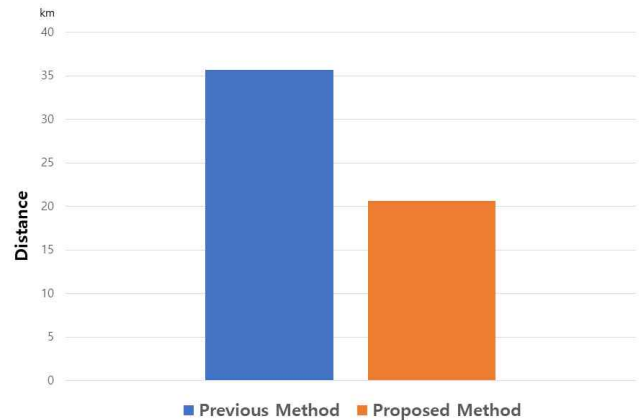


그림 4 제안하는 경로기법과 기존 경로기법의 임무경로 거리 비교

IV. 결론

본 논문에서는 회귀분석 방법중 다항회귀 분석방법을 이용하여 무인항공기의 통신 커버리지를 고려한 감시정찰 경로계획을 설계하고 시뮬레이션을 진행하였다. 다항회귀와 퍼지분석을 통해 기존 알고리즘으로 만들어진 무인항공기의 임무경로에 비해 제안한 방법의 임무경로가 57.7% 감소시킬 수 있음을 보였다. 향후에는 수집 대상의 좌표가 더욱 복잡한 환경에서 무인항공기의 임무경로를 설정할 수 있는 방법에 대해서 연구하고자 한다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 Grand ICT연구센터지원사업의 연구결과로 수행되었음(IITP-2020-2020-0-01612).

참 고 문 헌

- [1] Trung-Thanh Ngo, Abdukhakimov Asatilla and Dong-Seong Kim, "Long-range Wireless Tethering Selfie Camera System using Wireless Sensor Network", IEEE Access, Vol. 7, pp. 108742-108749, 2019
- [2] Muhammad Rusyadi Ramli, Dong-Seong Kim and Jae Min Lee, "Hybrid MAC Protocol for UAV-Assisted Data Gathering in a Wireless Sensor Network", Internet of Things Engineering Cyber Physical Human Systems, 2019
- [3] Min-Ji Bae "UAV Path Planning for ISR Mission and Survivability", Korea Academy Industrial Cooperation Society Journal, Vol. 20, No.7, pp. 211-217, 2019
- [4] Sanghyuk Park, Ju-Hyeon Hong, Hyun-Jong Ha, Chang-Kyung Ryoo and Wonyoung Shin, "Determination of Waypoints to Maximize the Survivability of UAV against Anti-air Threats", Journal of the Korean Society for Aeronautical & Space Sciences, Vol. 42, No.2, pp. 127-133, 2014
- [5] Ramji Venkataramanan, Antony Joseph, Sekhar Tatikonda, "Lossy Compression via Sparse Linear Regression: Performance Under Minimum-Distance Encoding", IEEE Transactions on Information Theory, Vol. 60, Issue: 6, June 2014