

효율적 드론봇 전투체계를 위한 드론 편제소요 도출에 관한 연구

차도완

육군3사관학교 무기시스템공학과 교수

A study on the requirement of drone acquisition for the efficient dronebot combat system

Dowan Cha

Assistant Professor, Department of Weapon System Engineering,
Korea Army Academy at Yeongcheon

요 약 본 논문에서는 현재 육군에서 추진하고 있는 드론봇 전투체계에서 부대단위별 효율적 감시정찰 임무를 수행하기 위한 드론의 편제소요를 도출할 수 있는 방법을 제안한다. 본 논문에서는 육군의 대대 및 중대의 감시정찰 임무와 관련된 정면과 중심, 중요감시지역 수의 문제를 실제 작전환경을 고려하여 가정하였으며 first, next, valid, output 4단계의 Brute Force 알고리즘을 적용한 시뮬레이션을 통하여 대대 및 중대의 감시정찰에 필요한 최소한의 드론 대수를 도출하였고 각각 드론의 경로계획을 수립하였다. 그 결과, 육군의 드론봇 전투체계에서는 본 논문에서 제안한 방법을 적용하여 부대별 임무에 특성에 따라 보다 간단하고 빠르게 임무수행에 필요한 드론의 편제소요를 도출할 수 있을 것이다. 향후에는 본 논문에서 제안한 방법을 이용한 편제소요 도출방안의 신뢰성 검증에 대한 연구를 진행하도록 하겠다.

주제어 : 융합, 드론봇 전투체계, Brute Force 알고리즘, 편제소요, 드론, 경로계획

Abstract In this paper, we propose an approach to get the requirement of drone acquisition for the efficient dronebot combat system using brute force algorithm. We define parameters, such as width, depth, and important surveillance area for the surveillance mission in the Army battalion and company units based on real military operation environment and brute force algorithm with 4 steps including first, next, valid, output is applied to get the requirement of drone acquisition and each drone's path planning using computer simulation. As a result, we could get the requirement of drone acquisition and each drone's path planning, the Army could utilize our proposed approach in the Army dronebot combat system. In the future research, we will study on the reliability of our proposed approach to get the requirement of drone acquisition for the efficient dronebot combat system.

Key Words : Convergence, Dronebot Combat System, Brute Force Algorithm, Requirement of Acquisition, Drone, Path Planning

1. 서론

드론(Drone)은 조종사가 직접 탑승하지 않고 공기역학적 힘에 의해 부양을 하며 원거리에서 원격조종장치를

통해 조종을 하거나 자율적으로 비행을 하고 항로를 변경할 수 있는 비행체로 정의한다[1,2]. 1849년 7월, 오스트리아가 오늘날 이탈리아의 베네치아를 공격시에 열기구에 사람을 탑승시키지 않고 폭탄을 탑재하여 베네치아

*Corresponding Author : Dowan Cha (chadowan@kaist.ac.kr)

Received January 28, 2019

Accepted March 20, 2019

Revised March 06, 2019

Published March 28, 2019

상공에서 폭탄을 투하시킨 이후 드론은 1차 세계대전과 베트남전, 그리고 아프가니스탄전 등을 거쳐 오늘날 눈부신 발전을 보이고 있다[3]. 특히 최근에는 배터리와 센서 그리고 모터 등의 눈부신 발전에 기인하여 드론은 점차 소형화되고 있으며 탐사, 방송촬영, 통신중계, 산불감시 등과 같은 민간분야 뿐만 아니라 군사분야에서도 감시 및 정찰, 군수지원, 기만 공격 등을 위한 목적으로 드론을 활용한 운영개념에 대하여 다양한 논의와 연구가 진행되고 있다[4]. 한편, 군사분야에서 드론은 최근 육군에서 추진하고 있는 드론봇 전투체계에서 핵심적인 전투요소로서 고성능 센서와 네트워크 및 통신 기술 등을 바탕으로 다양한 제대에서 운용되기 위한 연구가 진행되고 있는데 그 가운데에서도 드론을 이용한 감시 및 정찰은 드론봇 전투체계의 전 제대에서 공통적으로 요구되어지고 있다[5]. 드론을 이용한 감시 및 정찰을 위해서는 운용되는 드론간의 협업, 드론에 대한 임무할당, 장애물 회피, 그리고 최적의 비행계획 등이 요구되어지는데 이 중 드론에 대한 최적의 비행계획은 운용제대별 드론의 효율적인 운용을 위한 편제소요와 연관이 있다. 따라서, 드론의 최적의 비행계획에 대한 과학적 접근방법이 제시된다면 드론봇 전투체계 내에서 제대별 효과적으로 운용될 수 있는 드론의 편제소요를 도출할 수 있다. 한편, 드론의 최적의 비행계획은 다음과 같은 연구방법들을 통하여 이루어지는데 중앙제어방식의 Travelling Salesman Problem(TSP)과 분산제어방식의 Consensus Based Auction Algorithm(CBAA)이 대표적인 방법이다. 중앙제어 방식의 TSP는 주어진 N개의 노드들을 한번씩만 통과한 후, 최초 출발지점을 돌아오는 경로 중 가장 적은 비용이 소모되는 경로를 찾아내는 것으로써 복잡한 문제들을 해결하고자 하는 경우에는 K-optimal 알고리즘, 유전 알고리즘 등을 통해 최적의 해를 찾는 방법이 사용되고 있다[6,7]. 그러나 노드가 증가할수록 급격히 증가하는 가능성의 수는 TSP를 이용한 드론의 임무할당 및 최적의 비행계획을 수립함에 있어서 단점으로 평가받는다[8]. 분산제어 방식의 CBAA는 드론의 최적의 비행계획을 위한 가장 일반적인 방법으로 평가받는 가운데 최초 경매 과정과 합의과정을 통하여 다수의 드론 중 가장 효율적인 드론에 대해 임무를 할당하고 최적의 비행계획을 수립하며 경매에서 탈락한 드론에 대해서는 재경매 과정을 거치면서 임무를 할당하고 경로를 최적화 한다[9]. 그러나 이 방법에서는 드론간의 임무할당과 비행경로 최적화

를 위한 규칙을 세울 때에 이와 관련한 다양한 구속조건을 수립해야 하고 이에 만족하는 경우에만 확장성이 좋기 때문에 보다 다양한 상황이 고려된 복잡한 알고리즘의 개발이 요구되어진다[10].

따라서, 본 논문에서는 물류 등과 같은 다른 분야에서는 최적의 수송로 등을 간단하게 구하기 위해 사용되는 Brute Force 알고리즘을 적용하여 TSP, CBAA 등과 같이 기존 연구에서는 필요한 복잡한 알고리즘 또는 다양한 구속조건 없이 보다 간단하게 드론의 최적의 비행계획을 수립하고 이를 통해 부대 임무에 부합한 드론 편제소요를 도출하는 방안을 제안하고자 한다. 이를 위해, 본 논문에서는 부대 임무에 부합한 드론 편제소요 도출을 위해서 일정한 부대 단위를 가정하고 드론을 활용한 감시정찰 임무를 수행하기 위한 문제를 정의하였다. 이후 Brute Force 알고리즘을 적용한 시뮬레이션을 실시함으로써 드론의 임무에 따른 최소의 드론 대수를 구하고 각 드론의 경로계획을 수립하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 드론의 임무달성을 위한 문제를 정의하고 드론 편제소요 도출을 위한 부대단위를 가정하며 3장에서는 Brute Force 알고리즘 및 Brute Force 알고리즘을 적용한 시뮬레이션 결과를 4장에서는 드론의 편제소요를 도출하는 방안에 대해 논의한다. 마지막으로 5장에서는 본 연구의 결론을 다룬다.

2. 문제 정의

2.1 감시정찰 개요

감시정찰이란 ‘적의 기습을 방지하고 전장의 불확실성을 최소화할 목적으로 적의 의도와 능력을 파악하고 필요한 정보를 제공하기 위해 수행하는 작전’으로 정의한다[11]. 이러한 감시정찰은 일반적으로 병력에 의해 이루어지기도 하며 다양한 장비들을 이용해 이루어지기도 하는데 작전을 수행하는 제대별 운용수준에 따라 수단들이 결정된다. 본격적으로 드론이 감시정찰의 목적으로 운용되기 시작한 시기는 베트남전 및 중동전쟁으로 베트남전에서는 미국의 ‘AQM-34 Ryan Firebee(Fig 1, 좌)’가 C-130 항공기를 이용하여 공중으로 투입되어 주·야간 감시정찰을 수행하였다[12]. 중동전에서는 이스라엘이 미국의 ‘AQM-34 Ryan Firebee’를 개조하여 개발한 Firebee



Fig. 1. Surveillance drones used in Vietnam War and Middle East War

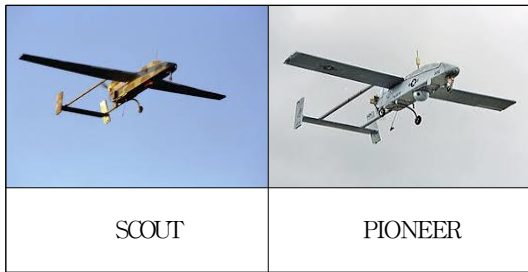


Fig. 2. Surveillance drones used after 1980 years

1241(Fig 1, 우)을 통하여 적의 레이더를 방해함과 동시에 이스라엘군의 지대지 유도탄을 표적에 유도하며 정찰 임무를 수행하였다. 그 결과, 'Firebee 1241'은 1973년 제4차 중동전쟁시 적의 방공레이더를 방해함으로써 이집트 방공군의 미사일 32발을 무력화시키고, 이집트군의 방공기지 및 전차에 이스라엘 유도탄 공격을 유도함으로써 표적을 파괴하는데 큰 기여를 하였다[13]. 1980년대 이후에는 드론의 기술적 진보를 바탕으로 드론은 더욱 소형화되며 감시정찰의 기능들을 더욱 강화시키며 전투현장에서 많은 효과를 가져왔는데 대표적인 드론이 이스라엘의 'SCOUT'과 미국의 'PIONEER'이다. 1982년 이스라엘과 시리아 사이에서 벌어진 베카계곡 전투에 투입되어 시리아의 17개 미사일 기지 중 15개의 미사일 기지를 파괴한 'SCOUT(Fig 2, 좌)'은 세계 최초로 경량화·소형화에 성공하여 지상으로부터의 격추를 어렵게 하였으며 광학장비를 이용한 360도 모니터링을 통해 감시정찰 활동과 데이터 링크를 통해 데이터 전송이 실시간 가능하였다[13]. 미국의 'PIONEER(Fig 2, 우)'는 함상에서 전개하는 세계 최초의 드론으로 1991년 걸프전에 투입되어 이라크 주요 군사시설에 대한 감시 및 정찰을 실시하고 연합군의 지상군 투입 이전 주요 방공망 및 주요 군사시설에 대한 화력을 유도하였다[13,14]. 이후 현재까지 드론은

운용목적별, 운용제대별 개발 및 전력화가 이루어져 운용되고 있는데 현재 우리 육군에서 추진하고 있는 드론봇 전투체계에서는 병력에 의해 수행되고 있는 감시정찰 활동에서 드론을 통하여 감시정찰을 실시함으로써 감시정찰의 효과를 더욱 높이고자 할 뿐만 아니라 병력을 대체하여 운용함으로써 시간, 공간적인 측면에서 병력에 의해 수행될 경우 발생하는 제한사항들을 극복하고자 한다. 이러한 노력들은 근접전투를 수행하는 대대급 이하 제대에서 보다 효과적으로 운용될 수 있는데 드론을 이용한 감시정찰은 대대, 중대 책임지역 내 중요지역 감시, 주요 접근로 감시, 의심지역 정찰 등으로 이루어 질 수 있다.

2.2 감시정찰 임무환경

대대 및 중대에서 감시정찰 임무를 위한 실제 전장 환경 사례는 Fig. 3에서 보는 바와 같이, 대대 및 중대별 책임구역이 가로×세로의 크기로 할당이 된다. 이후 예상되는 적의 지휘시설 위치, 포 진지 위치, 부대 배치, 주요 접근로 등을 분석하여 반드시 감시해야 하는 지역을 선정하고 이에 대한 감시정찰 활동을 실시한다.

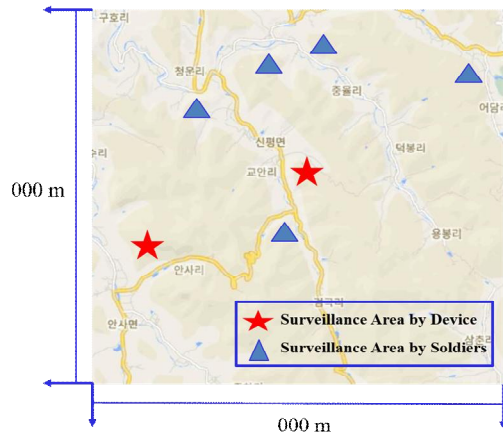


Fig. 3. Real environment for surveillance mission

일반적으로 감시정찰을 위해 장비를 투입하기도 하며 실제 병력을 투입하여 감시정찰 활동을 하는데 대대 및 중대에서 보유하고 있는 장비 또는 병력이 부족한 경우 상급부대에 지원을 요청한다. 한편, 장비를 투입하여 감시정찰 활동을 하는 경우에는 넓은 개활지나 넓은 지역을 관측할 수 있는 고지대에 배치를 하고 실시하며 병력

을 투입하여 감시정찰 활동을 하는 경우에는 아군이 배치되어 있는 최전선 전방으로 은밀히 투입하여 산악지역이나 고지대를 점령한 후 앞서 언급한 예상되는 적의 지휘 시설, 포 진지, 부대 배치 등을 찾는 노력을 실시한다. 그러나, 장비 및 병력에 의한 감시정찰 활동은 한반도 전체 면적의 70% 이상이 산지와 구릉으로 이루어진 한반도 전장환경을 고려시 더 많은 노력이 요구되며 때로는 제한사항이 수반된다. 따라서, 오늘날 육군에서 추진하고 있는 드론봇 전투체계에서는 이러한 감시정찰 활동을 지형의 영향을 받지않는 3차원 공간의 비행이 가능한 드론으로 수행하고자 한다.

본 논문에서는, 대대 및 중대에서 드론을 이용하여 감시정찰을 수행하기 위한 편제소요를 도출하기 위하여 위에서 언급한 실제 전장환경의 감시정찰 임무사례를 바탕으로 표 1에서 보는 바와 같이 대대 및 중대의 감시정찰 임무환경을 정의하였다. 본 논문에서는 군사보안의 이유로 각각의 값들은 임의의 값으로 가정하였다. 대대 및 중대의 해결하고자 하는 문제는 공통적으로 주어진 감시정찰 임무 완수가 가능한 최소의 드론대수를 찾고 각각 드론의 경로를 계획하는 것으로 정의하였으며 대대의 임무 수행 책임구역은 600m(가로)×300m(세로), 중대의 임무 수행 책임구역은 200m(가로)×100m(세로)로 정의하였다. 감시정찰이 필요한 중요감시지역은 대대 및 중대 공통적으로 10개소로 정의하였으며 중요감시지역 일대에서 정지하여 정찰하는 시간은 40초로 정의하였다. 또한 중요 감시지역 일대에 대한 정찰공백시간은 어떤 드론도 감시정찰을 하지 않아도 허용되는 시간으로 6~8분으로 정의하였으며 드론의 속도는 4m/s로 총 1시간동안 정찰임무를 수행하도록 정의하였다.

Table 1. Mission environment for Battalion and Company units.

		Contents
Objective		Minimum Drones and Path Planning for mission
Designated Area	Battalion	600 m × 300 m
	Company	200 m × 100 m
Important Surveillance Area (ISA)		10 Areas
Surveillance Time over ISA		40 Seconds
ISA Free		6~8 Minutes
Mission Hour		1 Hours
Drone Velocity		4 m/s

3. 시뮬레이션

3.1 Brute Force 알고리즘

Brute Force 알고리즘은 명확한 문제정의와 문제의 범위가 한정된다면 간단한 방법으로 가능한 모든 안을 평가하고 그 문제를 해결할 수 있는 알고리즘으로 평가된다. Brute Force 알고리즘은 주어진 모든 문제 n개에 대해 제시된 n개의 문제들을 확인하고 해를 구하는데 복잡한 사전 학습절차나 훈련된 데이터가 불필요하다[15]. 한편, Brute Force 알고리즘은 일반적으로 다음의 4단계를 수행한다; first, next, valid, and output.

1. first(p)
 - 문제 P를 해결하기 위한 첫 번째 해결후보
2. next(P, c)
 - 문제 P를 해결하기 위한 첫 번째 이후 해결후보
3. valid(P, c)
 - 해결후보가 문제 P를 해결할수 있는지 여부 확인
4. output(P, c)
 - 해결후보 c를 문제 P의 해결책으로 제시

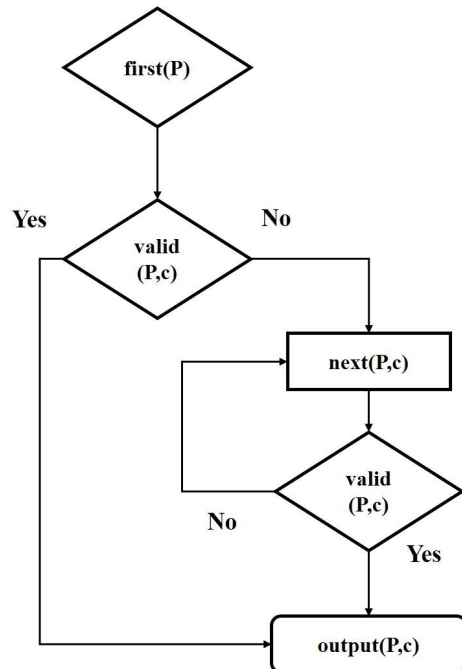


Fig. 4. Flowchart of Brute Force Algorithm

Fig. 4는 Brute Force 알고리즘의 작업 흐름도를 나타

내는데 Brute Force 알고리즘은 1단계 first(P)에서, 해결하고자 하는 문제 P를 해결하기 위한 첫 번째 해결후보를 생성하고 생성된 후보 c가 주어진 문제를 해결할 수 있는 여부를 확인한다. 문제해결이 불가능한 경우, next(P, c) 단계에서 새로운 해결후보 c를 생성하며 valid(P, c) 단계를 통하여 해결후보가 문제 P를 해결할 수 있는지 여부를 확인하고 해결후보 c가 문제 P를 해결할 수 있다면 해당 해결후보 c를 문제 P의 해결책으로 제시한다. 문제 P를 해결하기 위한 더 이상의 해결후보 c가 없다면 가장 합당한 해결 후보 c를 문제 P의 해결책으로 제시한다.

3.2 시뮬레이션 결과

본 절에서는 위에서 정의한 한국 육군의 대대와 중대의 실제 임무환경을 바탕으로 Brute Force 알고리즘을 적용한 시뮬레이션을 실시하였다. 본 시뮬레이션의 목표는 대대 및 중대의 감시정찰 임무완수를 고려한 최소의 드론 대수를 구하고 경로를 계획하는 것으로 대대의 임무수행 책임구역은 600m(가로)×300m(세로), 중대의 임무수행 책임구역은 300m(가로)×100m(세로)로 책임구역 내에서 주어진 정찰임무를 수행하기 위한 최소의 드론대수를 구하였고 경로를 계획하였다. 이때, 대대 및 중대에는 공통적으로 10개소의 반드시 감시해야할 중요감시지역을 지정하여 드론이 반드시 이 지역을 감시정찰 하도록 하였으며 또한 이러한 중요감시지역에서 정지한 가운데 실시하는 감시정찰 시간은 40초, 어떤 드론도 감시정찰을 하지 않아도 되는 중요감시지역 감시 공백시간은 6~8분으로 부여하였다. 본 시뮬레이션에서는 책임지역내 투입되는 드론들의 중요감시지역 감시정찰 활동이 충돌되지 않도록 하였으며 드론은 4m/s의 속도로 총 1시간의 감시정찰 임무를 수행하도록 하였다. 그 결과, Fig. 5는 대대의 감시정찰 임무수행이 가능한 드론과 각각 드론의 경로를 나타낸다. 1시간 동안 공백시간 4~6분, 총 10개소에 대한 1개소 감시정찰 시간 40초, 4m/s의 속도로 운용시 드론은 4대를 통하여 부여된 임무를 수행할 수 있었다. 4대의 드론은 (300,0) 지점에서 출발하여 10개의 중요감시지역에 대해 할당된 경로를 비행하고 감시활동을 하며 각각의 드론은 감시지역이 중복되지 않는다. 표 2는 각 드론의 경로계획을 나타내는데 드론 1은 감시지점 (2)-(1)-(3)-(2)의 경로를 할당받았으며 드론 2는 (4)-(2)-(4)-(3)-(4)의 경로를, 드론 3은 (6)-(5)-(6)의 경

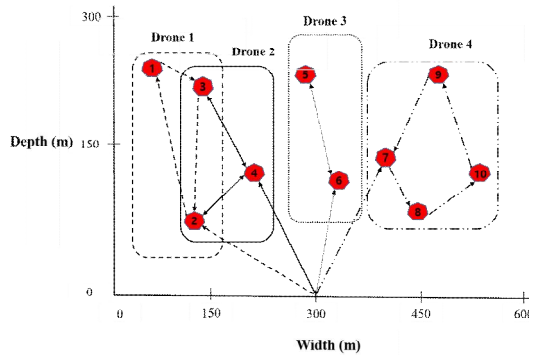


Fig. 5. Simulation Result for Battalion Unit

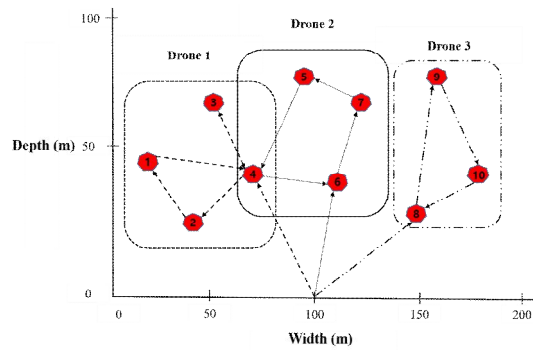


Fig. 6. Simulation Result for Company Unit

로를, 드론 4는 (7)-(8)-(10)-(9)-(7)의 경로를 할당받았다. 그 결과 대대에서는 주어진 임무 조건 하, 최소 4대의 드론을 통하여 감시정찰 임무를 수행할 수 있으며 이는 대대의 감시정찰을 위한 드론의 편제소요 도출 근거가 될 수 있다. 한편, Fig 6은 중대의 감시정찰 임무수행이 가능한 드론과 각각 드론의 경로를 나타낸다. 1시간 동안 공백시간 4~6분, 총 10개소에 대한 1개소 감시정찰 시간 40초, 4m/s의 속도로 운용시 드론은 3대를 통하여 부여된 임무를 수행할 수 있었다. 3대의 드론은 (100,0) 지점에서 출발하며 각각의 드론은 감시정찰지역이 중복되지 않는 가운데 할당된 경로를 비행하며 감시활동을 한다. 표 2는 각각 드론의 할당된 경로로, 드론 1은 (4)-(2)-(1)-(4)-(3)-(4)의 경로를 할당받았으며 드론 2는 (6)-(7)-(5)-(4)-(6)의 경로를, 드론 3은 (8)-(9)-(10)-(8)의 경로를 할당받았다. 그 결과 중대에서는 주어진 임무 조건 하, 최소 3대의 드론을 통하여 감시정찰 임무를 수행할 수 있으며 이는 중대의 감시정찰을 위한 드론의 편제소요 도출 근거가 될 수 있다.

Table 2. Path planning of each drone for Battalion and Company units.

	Battalion	Company
Drone 1	②→①→③→②	④→②→①→④→③
Drone 2	④→②→④→③→④	⑥→⑦→⑤→④→⑥
Drone 3	⑥→⑤→⑥	⑧→⑨→⑩→⑧
Drone 4	⑦→⑧→⑩→⑨→⑦	N/A

4. 드론의 편제소요 도출방안

육군의 드론봇 전투체계에서 대대 및 중대와 같은 감시정찰 임무를 수행하기 위한 부대 단위별 드론의 편제소요 도출을 위해서는 본 논문에서 정의한 부대별 감시정찰 임무환경을 재정의할 필요가 있다. 감시정찰 임무환경에 대한 정확한 정의는 효율적 드론 편제소요 도출을 위한 핵심적인 요소로 실제 전장환경과 작전가용요소를 바탕으로 정확히 이루어져야 할 것이다. 본 연구에서는 군사보안의 문제로 정확히 제시하지는 않았지만 육군에서 본 연구에서 제안한 방법을 적용하기 위해서는 작전목적을 고려한 새로운 문제정의와 정의된 문제에 대한 군사적 논의가 이루어져야 한다. 그리고 난 후, 본 논문에서 적용한 Brute Force 알고리즘을 적용한다면 정의한 임무환경을 바탕으로 한 책임구역 내 최소의 드론 대수를 구하고 그에 따른 각 드론의 비행계획을 수립할 수 있다. 그 결과, 육군의 드론봇 전투체계에서는 감시정찰 임무를 수행하기 위한 부대단위별 드론의 편제소요를 확인하고 이를 정책 소요기획에 반영할 수 있을 것이다.

5. 결론

본 논문에서는 Brute Force 알고리즘을 적용하여, 현재 육군에서 추진하고 있는 드론봇 전투체계에서 필요한 대대 및 중대의 드론 대수를 찾아내는 방법을 제안하였다. 본 논문에서는 실제 작전환경에 부합한 문제정의를 군사보안의 이유로 하지 못했지만 실제 작전환경을 고려한 대대 및 중대의 작전환경을 가정하였고 Brute Force 알고리즘을 적용한 시뮬레이션을 통하여 대대 및 중대에

주어진 조건을 충족한 가운데 감시정찰 임무를 수행할 수 있는 드론의 대수를 구하고 각각 드론의 경로를 계획하였다. 그 결과, 본 논문에서 제안한 Brute Force 알고리즘을 이용한 방법은 기존 드론의 최적 비행계획을 수립하기 위해 주로 사용된 중앙제어방식의 TSP, 분산제어방식의 CBAA와 비교했을 때, 보다 간단하고 쉽게 필요한 드론의 수를 구하고 각 드론의 경로를 계획할 수 있었다. 따라서, 본 논문에서 제안한 방법을 통하여 드론봇 전투체계를 추진하고 있는 육군에서는 본 논문에서 정의한 값들과 문제들을 실제 작전환경에 맞추어 적용하였을 경우 보다 쉽고 간단하게 과학적이고 효과적인 운용제대별 드론의 편제소요를 도출할 수 있을 것이며 나아가 드론뿐만 아니라 지상 국방로봇과 같은 무기체계의 편제소요 도출에도 적용할 수 있을 것이다.

REFERENCES

- [1] USA Military Defense 2011 UAS Annual Report. <http://www.acq.osd.mil/sts/organization/uw.shtml>
- [2] Doo-hwan Kim & Youn-hwan Lee. (2018). A study on the countermeasures and drones's threats in military security. *Journal of Digital Convergence*. 16(10). 223-233.
- [3] D. W. Cha, J. O. Park, C. H. Son, Y. W. Park & K. W. Kim. (2018). Military Drones and antidrone systems, *Military and Technologies*. 471. 140-153.
- [4] Y. H. Tae, H. S. Ryo & Y. S. Jeong. (2018). Study on measures to introduce drone delivery service for domestic logistics. *Journal of Convergence for information technology index*. 8(5). 243-249.
- [5] J. Y. Kim. (2018). An analysis of the Trends of Future Weapon Systems and Military Science and Technologies, *Strategic Studies*. 25(3). 79-108.
- [6] Dorigo, Marco & Luca Maria Gambardella. (1997). Ant colony system: a cooperative learning approach to the travelling salesman problem. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*. 1(1). 53-56.
- [7] M. S. Chung, S. H. Jeong & J. Y. Lee. (2018). Analysis of major research trends in artificial intelligence based on domestic/international patent data. *Journal of digital convergence*. 16(6). 187-195.
- [8] Travelling Salesman Problem. https://en.wikipedia.org/wiki/Travelling_salesman_problem

- [9] C. H. Lim, Luc Brunet & Jonathan P. How. (2009). Consensus-based decentralized auctions for robust task allocation. *IEEE Transactions on Robotics*. 25(4). 912-926
- [10] C. H. Lee, G. H. Moon, D. W. Yoo, M. J. Tahk & I. S. Lee. (2012). Distributed Task Assignment Algorithm for SEAD Mission of Heterogeneous UAVs Based on CBBA Algorithm. *Journal of the Korean Society for Aeronautical & Space Sciences*. 40(11). 988-996.
- [11] Military Terminology. Surveillance. <https://terms.naver.com/entry.nhn?docId=2752201&cid=50307&categoryId=50307>.
- [12] AQM-34 Ryan Firebee Vietnam military operation. https://en.wikipedia.org/wiki/Ryan_Firebee
- [13] Unmanned Aerial Vehicle. https://ko.wikipedia.org/wiki/%EB%AC%B4%EC%9D%B8_%ED%95%AD%EA%B3%B5%EA%B8%B0.
- [14] Q. Paul, J. H. Hyeon, Y. H. Moon & S. W. Ha. (2017). A study on attitude estimation of UAV using image processing. *Journal of Convergence for information technology index*. 7(5). 137-148.
- [15] A. B. Morton, & I. M. Y. Mareels. (2000). An efficient brute force solution to the network reconfiguration problem. *IEEE Transactions on Power delivery*. 15(3). 996-1000.

차 도 완(Cha, Dowan)

[정회원]



- 2002년 3월 : 육군사관학교
- 2007년 9월 : 영국 웨일즈대학교
인공지능 석사
- 2014년 8월 : KAIST 기계공학 박사
- 2016년 12월 ~ 현재 : 육군3사관
학교 무기시스템공학과 교수

- 관심분야 : 웨어러블 로봇, 인공지능(강화학습), 국방로봇
- E-Mail : chadowan@kaist.ac.kr