

드론을 활용한 협업기반의 효율적인 대상물 추적 알고리즘

윤현경*, 최광훈**, 김재훈*

*아주대학교 사이버보안학과, **아주대학교 컴퓨터공학과

e-mail : {hkyung21, saarc, jaikim}@ajou.ac.kr

Efficient object tracking algorithm based on multi-drone collaboration

Hyun Kyoung Yun*, Kwang Hoon Choi**, Kim Jai-Hoon*

*Department of Cyber Security, **Department of Computer Engineering, Ajou Univ.

요약

본 논문은 기동성을 가지만 한정된 비행시간과 비행거리를 가진 드론을 이용한 지능형 영상 보안 감시 시스템을 제안한다. 드론이 가지는 한계점을 보완하기 위해 그리드 기반으로 시스템을 구성하여 분할된 영역에서 다중 드론간 대상물의 효율적인 추적 및 감시 모니터링을 위해 연계 추적 방식을 이용한다. 먼저, 한정된 비행거리를 위해 각 드론스테이션 간의 최적 거리를 제안한다. 제안한 최적 거리를 통해 생성된 중첩 감시영역에서 효율적 연계 추적을 위해 드론의 전력상태와 대상물의 이동방향을 고려한 최적의 드론 선정 알고리즘을 제시한다. 제안한 알고리즘은 케이스 스터디를 통해 그 응용 가능성을 검토한다.

1. 서론

최근 보안 관제를 위한 인원 부족 및 감시 능력의 한계로 지능형 영상 보안 감시 시스템에 대한 요구가 증가하고 있다.[3] 연구결과에 따르면 1 명당 12 분 이상 CCTV 를 연속적으로 모니터링 한 경우 실제 발생사건의 45% 이상을 감지하지 못한다고 한다.[5] 그러나, 현재 관제 인원의 부족으로 관제요원당 최소 45 대 이상의 카메라를 모니터링하고 있다.[4] 이러한 한계점을 극복하기 위하여 사고를 사전에 예방하거나 사고 발생 시 신속하게 대응하여 피해를 줄일 수 있게 도와줄 수 있는 다양한 지능형 감시 시스템이 연구되고 있다.

기존의 고정형 CCTV 의 경우 감시 영역에 침입한 침입자가 카메라의 촬영 영역을 벗어나게 되면 침입자의 움직임을 감시할 수 없게 된다. 따라서, 감시자는 침입자의 이동 방향에 설치된 카메라를 통해 촬영된 영상을 확인할 수 있도록 화면 채널을 변경시키면서 감시를 수행하여야 한다는 단점을 가진다.[8] 인력문제와 사각지역 최소화를 위한 비용문제 등의 문제점을 극복하기 위해 대상물을 능동적으로 연계 추적하여 감시할 수 있는 추적방법에 대한 필요성이 대두된다. 본 논문에서는 기동성을 가지는 드론을 이용하여 연구를 진행하고자 한다.

드론의 경우 간단하고 대칭적인 구조를 가지고 민첩한 비행이 가능하므로 정찰, 감시, 수송, 탐사, 작업 등 다양한 분야에 활용하기 위한 많은 연구가 이루어지고 있다.[6] 정찰, 감시 부분에서 대상물이 감시영역을 벗어나는 경우에도 대상물의 이동방향을 예측하여 계속적으로 추적할 수 있는 강력한 트래킹 기법[9] 등이 연구되고 있다. 그러나 제한적인 비행시간과 비행거리를 가지는 드론의 전력상태는 고려하지 않았다는 한계점이 존재한다.

본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 협업기반의 효율적인 대상물 추적 알고리즘을 제안한다. 드론 스테이션의 위치는 그리드 기반으로 드론의 운용거리를 고려하여 선정되며, 드론 스테이션 내 드론들은 네트워크로 연결되어 있다. 각 드론들은 대상물을 연계 추적하여 감시함으로써 관리 비용을 줄이고 보안성을 강화할 수 있다.

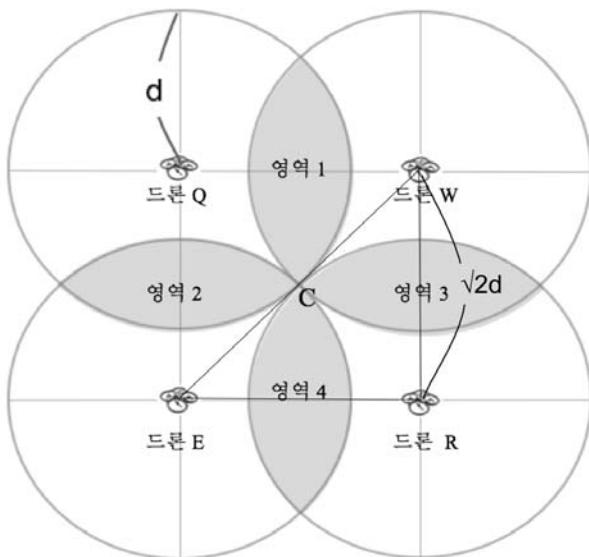
2. 본론

효과적인 대상물 추적을 위해, 먼저 드론 스테이션의 최적 위치를 정의한다. 드론 스테이션에 위치한 드론은 전력을 충전하며 대상물의 움직임을 탐색한다. 다음으로는, 드론의 효율적 운용을 위한 알고리즘을 제시한다. 대상물이 감시영역이 중첩된

지역에 위치한다면, 인접한 드론들의 전력상태를 고려하여 감시할 드론이 선정된다. 선정된 드론은 대상물에 대한 정보를 전달받아 연계 추적한다. 마지막으로, 제안한 알고리즘은 케이스 스터디를 통해 그 응용 가능성을 검토한다.

2.1 그리드 기반의 드론스테이션 최적 위치 선정

드론이 제한된 비행거리를 가지고 있다는 점을 이용하여 드론스테이션의 최적위치를 선정한다. 연계추적 시 드론이 빠르게 우선순위를 계산할 수 있도록 중첩되는 감시 영역을 최소화하기 위해 3 개 이상의 드론의 감시영역이 중첩되는 경우는 배제한다.[1] n 개의 드론에 적용하기 위해 최소 4 개의 드론을 통하여 드론스테이션 간의 거리를 정의한다. 2 개의 드론끼리 중첩된 영역이 모두 동일한 넓이를 가지는 최적 위치는 선정방법은 다음 그림 1 과 같다.



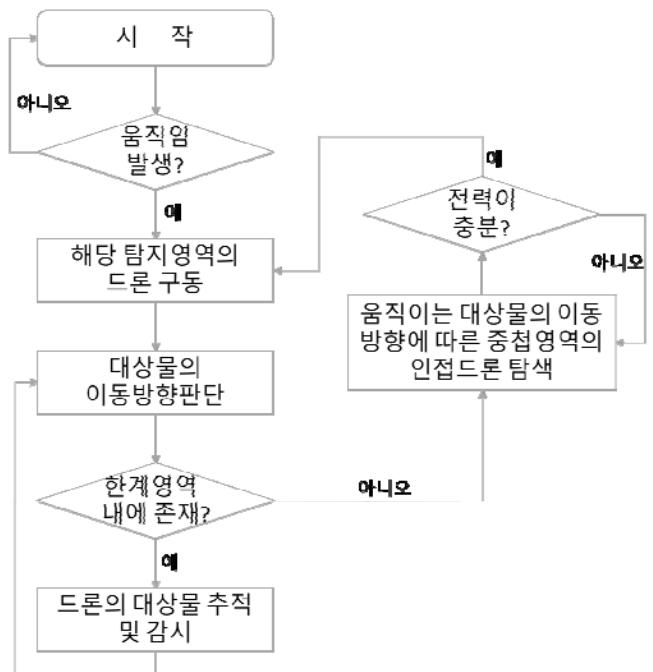
(그림 1) 드론스테이션의 최적 위치 선정

3 개 이상의 드론의 감시영역이 중첩되지 않고 중첩된 영역이 모두 동일하려면, 드론의 탐색 영역 중 반지름의 길이를 d 라고 했을 때 최적 배치를 만족하는 인접한 드론스테이션과 드론스테이션의 수평, 수직적 거리 차는 $\sqrt{2}d$ 가 되어야 한다. 그림 1에서 2 개의 드론의 중첩된 각각의 영역들이 마주하고 있는 점 C 와 각 드론까지의 거리가 d 로 동일하므로 각 드론과 드론과의 수평, 수직적 거리 차가 $\sqrt{2}d$ 인 것을 만족한다.

2.2 협업기반의 대상물 추적 알고리즘 제안

제한된 비행시간을 가지는 드론의 한계점을 탈피하기 위해 다중드론간의 정보 공유를 통한 연계추적을 제안한다. 제안한 알고리즘의 주된 아이디어는 다음과 같다. 드론의 감시영역 내에 움직임이 포착될 경우 대상물을 추적 및 감시한다. 만약, 대상물이 감시영역이 중첩된 지역에

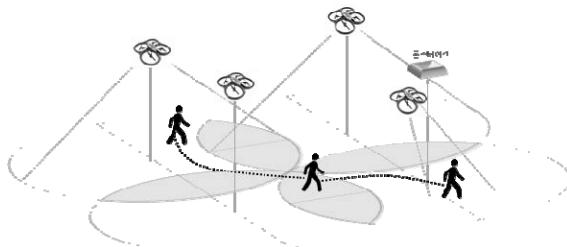
위치한다면, 인접한 드론들의 전력상태를 고려하여 최적의 드론 선정 알고리즘이 적용된다. 선정된 드론은 대상물에 대한 정보를 전달받아 연계 추적한다. 각 드론의 감시 영역 내에 움직이는 대상물이 없을 경우에는 드론의 운용을 최소화하여 무의미한 비용적 낭비를 줄인다. 그림 2 는 제안한 방법의 전체 흐름도이다.



(그림 2) 제안한 알고리즘의 전체 흐름도

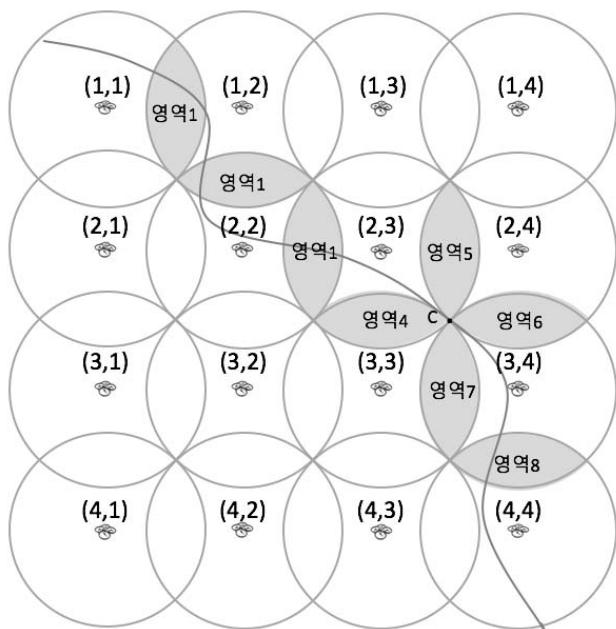
본 논문에서 제안하는 알고리즘은 드론의 전력상태를 고려한 저전력 알고리즘이다. 대상물이 중첩된 감시영역에 존재할 때, 두개의 드론 중 최선의 선택을 유도한다. 드론의 이동방향에 따라 2 가지의 상황이 발생하고 드론의 전력상태에 따라 5 가지로 구분된다. 그림 1에서 드론 Q 가 현재 대상물을 추적 및 모니터링하고 있다고 가정한다면 이동방향에 따라 발생할 수 있는 상황들은 다음과 같다. 대상물이 영역 1이나 2로 이동할 경우와 대상물이 영역 3이나 4로 이동하는 경우이다. 전력상태에 따라서는 밧데리의 0 ~ 20%, 20~40%, 40~60%, 60~80%, 80~100% 5 가지 상황으로 구분할 수 있다. 이동방향에 따라 발생하는 상황 중 첫번째 상황에서는 이미 드론 Q 는 대상물을 모니터링 하고 있는 상태이기 때문에 전력소비가 상당히 진행된 상태이다. 연계 추적을 효과적으로 하기 위해서는 다음 진행 방향 예측 결과와 드론 Q 와 E 혹은 W 의 밧데리의 전력 상태를 모두 고려해야한다. 반면 두번째 상황에서는 고려할 중첩된 탐지영역을 포함하는 드론의 밧데리의 전력 소모가 나타나지 않았기 때문에 다음 진행방향 예측 결과만 고려한다. 이때, 모니터링을 하지 않고 대기중인 드론은 그림 3 과 같이 그리드 기반의 드론스테이션에서 계속적으로 충전이 진행되고 있다고 가정한다. 이와

같은 상황에 따라 비교하여 우선순위가 가장 높은 드론을 선정하여 다음 지역에서의 대상물을 연계적으로 추적 및 감시한다.



(그림 3) 대상물 추적 알고리즘에 따른 드론의 동작 상태도

본 논문에서 제안한 알고리즘을 응용가능성을 검증하기 위해 Parrot 사의 Ar.Drone 2.0 을 사용하여 연구를 진행하였다.



(그림 4) 대상물의 이동궤적

그림 4 는 대상물의 이동궤적이다. 제안한 알고리즘에 의해 (1,1)영역을 감시하는 드론이 대상물을 탐지하고 추적을 시작한다. 대상물이 영역 1에 진입했을 때, 알고리즘을 통해 예측된 대상물의 방향을 기준으로 (1,2) 영역을 감시하는 드론이 연속하여 대상물 추적하기 위해 대상물 탐지를 시작하고 추적감시를 시작한다.

<표 1> 제안한 알고리즘에 기반한 대상물의 위치와 이동방향에 따른 최적화된 드론선정

대상물 위치	이동방향	제 1 드론	제 2 드론
영역 1	(1,1) → (1,2)	(1,1) 드론	(1,2) 드론
영역 2	(1,2) → (2,2)	(1,2) 드론	(2,2) 드론
영역 3	(2,2) → (2,3)	(2,2) 드론	(2,3) 드론
점 C	(2,3) → (3,4)	(2,3) 드론	(3,4) 드론
영역 8	(3,4) → (4,4)	(3,4) 드론	(4,4) 드론

표 1 을 통해 영역 2, 3, 8 도 동일한 방법으로 드론이 연계 추적함을 알 수 있다. 그러나 점 C 위치에 대상물이 있는 경우 인접하고 있는 영역 4,5,6,7 을 감시하는 드론 모두가 연계추적 드론의 후보가 된다. 드론의 남은 전력상태를 비교하여 전력이 충분히 남은 드론과 대상물의 이동방향을 고려하여 드론을 선정한다. 실험의 경우, (3,4)의 드론이 전력량이 충분하고 이동방향이 (2,3)에서 (3,4)를 향하고 있으므로 최적의 드론으로 선정되었다. 이와같이, 다중드론에 협업기반의 효율적인 대상물 추적 알고리즘을 적용한다면 전체적인 전력 소모량을 보다 효율적으로 사용할 수 있다.

3. 결론

본 논문에서는 드론을 활용한 협업기반의 효율적인 대상물 추적 알고리즘 제안하였다. 협업 기반의 다중드론을 효율적으로 사용하기 위해 중첩된 감시영역을 최소화한 드론스테이션 간 최적 거리를 정의하였다. 드론은 감시 영역 내에 움직임이 포착될 경우, 대상물을 추적 및 감시한다. 다음으로 대상물이 중첩영역에 들어온 경우, 대상물과 인접한 드론들 중 대상물을 연계 추적할 수 있는 최적의 드론을 선정하기 위한 알고리즘을 제시하였다. 이 알고리즘을 적용한다면, 대상물을 모니터링 시 사각지역을 최소화 시킬 수 있고 모니터링 요원 등의 인력문제와 비용문제 등을 극복할 수 있을 것이다. 또한, 향후 재난 지역 및 수색 지역 등 CCTV 설치가 어려운 지역에서 대상물을 추적 및 감시하는데 이 알고리즘을 활용 할 수 있다. 그러나, 향후 기술의 발전으로 드론의 커버리지 영역이 증가한다면 중첩된 영역의 크기 역시 증가하여 연계추적 시 지연이 발생하거나 전력소모가 증가하는 문제점이 발생할 수 있다. 이 문제의 해결을 위해서는 몇 대의 감시 영역이 중첩되었을 때 최적의 드론을 선정할 수 있는지에 대한 분석이 필요하며, 대상물의 속도도 고려한 최적의 드론 선정 알고리즘에 대한 연구도 추가적으로 실시할 예정이다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2015년도 정부(교육부)의 재원으로 한국 연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임
(No. 2015R1D1A1A01060034)

참고문헌

- [1] M. H. Tak and Y. H. Joo, "Optimal Region Deployment for Cooperative Exploration of Swarm Robots" Journal of Korean Institute of Intelligent Systems, Vol. 22, No. 6, December 2012, pp. 687-693
- [2] 김도우. 복수의 촬영수단간 협업을 이용한 영상추적 시스템 및 영상추적 방법. 특허출원 제 10-2010-0029845, 2010.
- [3] Shamir, A. "On the security of DES," Advances in Cryptology, Proc.Crypto '85, pp. 280-285, Aug. 1985.
- [4] YTN, Lack of CCTV Agents, Retrieved Sep., 2011, from <http://www.ytn.co.kr>.
- [5] S. Fleck and W. Straber, "Privacy sensitive surveillance for assisted living a smart camera approach," Handbook of Ambient Intelligence and Smart Environments, Springer, pp 985-1014, 2010.
- [6] Kumar, V., & Michael, N., 2012, "Opportunities and challenges with autonomous micro aerial vehicles," The International Journal of Robotics Research, Vol. 31, No. 11, pp. 1279-1291.
- [7] S.-E. Yu and D.-E. Kim, "Air-ground cooperationg robots: applications and challenges," Journal of Institute of Control, Robotics and Systems (in Korean), vol. 16, no. 2, pp. 101-106, Feb. 2010.
- [8] 윤종용. 씨씨티브이 시스템의 움직임 추적 감시 방법. 특허출원 제 10-1998-0025871
- [9] 최재영, & 김성관, "UAV-UGV 의 협업제어를 위한 향상된 Target Tracking에 관한 연구" Journal of Institute of Control, Robotics and Systems (2013) 19(5):450-456