

# 무선 드론 네트워크에서의 효율적인 드론 배터리 충전을 위한 자가 내비게이션

김진용, 정재훈

성균관대학교 전자전기컴퓨터공학과

{timkim, pauljeong}@skku.edu\*

## Self-Adaptive Navigation Scheme for Drone Battery Charging in Wireless Drone Networks

Jinyong (Tim) Kim and Jaehoon (Paul) Jeong\*

Department of Computer Science and Engineering, Sungkyunkwan Univ.

### 요약

본 논문은 드론 네트워크 상에서 효율적인 드론들의 배터리 재충전을 위하여 SAN 이라 불리는 자가 내비게이션(Self-Adaptive Navigation, SAN) 알고리즘을 제안한다. 클라우드 기반을 사용하는 스마트 드론 시스템은 미래의 전도유망한 기술로써 고려되고 있다. 드론들의 서비스를 위하여 드론들의 배터리는 고속 배터리 충전 기계(Quick battery Charging Machine, QCM)에서 재충전 되는데 그로 인하여 드론들의 큐잉에 의한 지연시간이 발생한다. 이러한 문제로 인해 우리는 QCM 에서 발생하는 드론 트래픽 혼잡을 줄이기 위하여 본 논문을 제안한다. 마지막으로 우리는 본 논문에서 제안된 방법에 대한 타당성을 보여주기 위하여 시뮬레이션을 통하여 대조군보다 더 짧은 드론 서비스 시간을 가지는 것을 보여준다.

#### I. 서론

최근에 인간이 하기 힘든 다양한 서비스(군대 서비스, 배달 서비스, 재난 구조 등)를 제공 하기 위하여 드론 산업이 활발히 개발 되고 있다. 이러한 드론들이 운영되기 위해서 다양한 에너지 자원(배터리, 태양 연료, 수소 연료 등)들을 사용할 수 있으나 안전성 면에 있어서 배터리를 사용하는 추세이다. 그러나 드론들의 서비스를 제공하기 위해서 배터리에 기반한 동력원은 짧은 운영시간을 가진다는 단점을 가지고 있다[1]. 물론 이러한 운영시간은 점차 길어지고 있으나 다양한 서비스를 실행하기 위해서는 아직은 많이 부족한 시간이다. 그러므로 다양한 서비스 실행을 위하여 드론들의 배터리를 재충전하는 것은 필수적이다[2]-[3].

본 논문은 원활한 드론들의 서비스를 위하여 고속 배터리 충전 기계(Quick battery Charging Machine, QCM)에서 대기 시간과 드론 서비스를 위한 단대단(End-to-End, E2E) 서비스 시간을 고려하여 효율적인 배터리 재충전에 초점을 맞춘다. 본 논문은 드론들의 원활한 서비스를 위하여 서비스 도중 효율적으로 배터리를 재충전하는 방법이 제안된 첫 번째 논문이다. 우리의 방법은 드론 서비스의 E2E 이동시간과 QCM 에서의 충전 시간과 큐잉 시간을 고려하는 Dijkstra 알고리즘에 기반한 방법이다. 이 알고리즘은 서비스 노선과 QCM 에서의 도착 시간과 출발 시간을 활용하며 이러한 정보는 교통 제어 센터(Traffic Control Center, TCC)라 불리는 클라우드 기반 관리 시스템에 의하여 관리 된다. TCC 는 배터리 재충전을 위하여 QCM 에서 예상 대기 시간과 드론 서비스에 대한 예상 End-to-End 이동 시간을 계산 할 수 있다. 이렇게 계산된 예상 시간들을 가지고 TCC 는 전체적인 대기 시간과 서비스 운영시간을 줄이기 위하여 가장 적합한 QCM 을 각각의 드론들에게 할당한다. 그러므로 본 논문의 제안된 기법으로 드론들의 배터리를 효율적으로 재충전 할 수 있다. 본 논문은 이전 논문의 향상된 버전이다[4].

#### II. 본론

본 논문의 목표는 드론들의 이동궤적(Trajectory)을 고려하여 전체적인 평균 대기 시간과 드론들의 서비스 시간을 줄이기 위하여 가장 적합한 QCM 을 드론들에게 할당하는 것이다. 그림 1 은 날아다니는 드론들과 QCM 들의 네트워크를 보여준다.

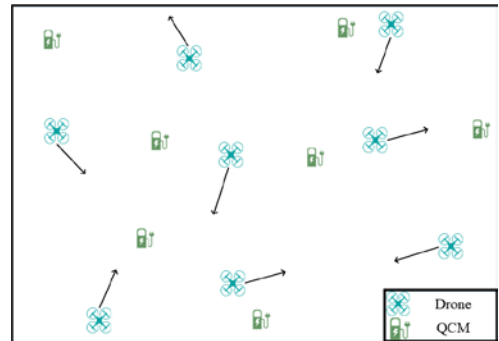


그림 1. 무선 드론 네트워크

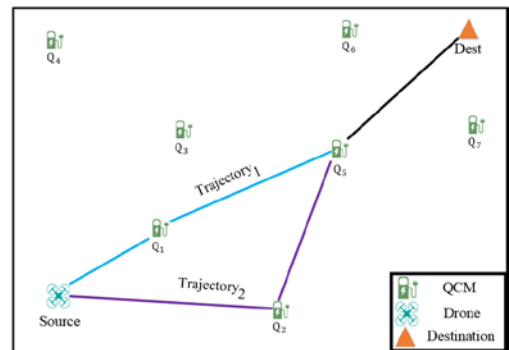


그림 2. 드론 경로 설정

만약 드론들이 서비스를 시작하고자 한다면 TCC 에게 자신의 평균 속도, 출발지, 목적지에 관한 정보를 보낸다.

그림 2, 3 과 같이 TCC 는 드론에게 받은 드론의 출발지, 목적지, QCM 들의 정보들을 가지고 도달가능성 그래프를 그린다.

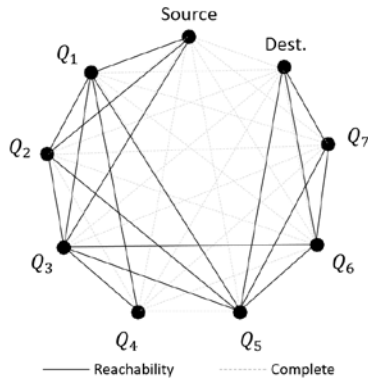


그림 3. 드론 도달가능성 그래프

이렇게 그려진 도달가능성 그래프는 드론의 출발지에서 목적지까지 자신의 배터리량을 고려하여 갈 수 있는 모든 경로를 나타낸다. TCC 는 드론이 갈 수 있는 모든 경로를 가지고 QCM 에서의 예상 대기 시간과 출발지에서 목적지까지의 예상 이동시간을 함께 고려하여 최적의 경로를 설정한다.

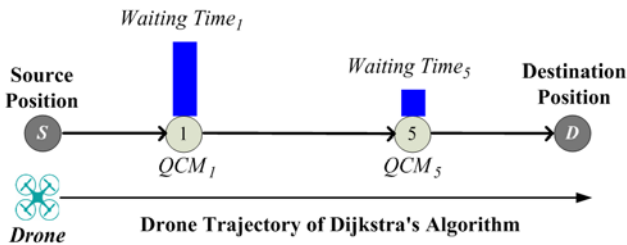


그림 4. Dijkstra 알고리즘을 이용한 이동 궤적

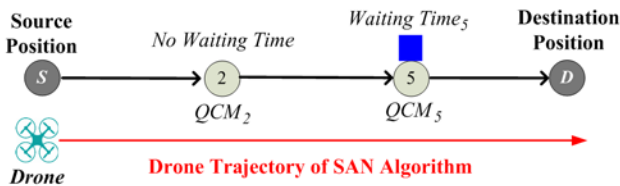


그림 5. SAN 알고리즘을 이용한 이동 궤적

그림 4, 5 는 Dijkstra 알고리즘과 SAN 의 알고리즘을 이용한 이동 궤적을 보여준다. 그림 4 를 보면 Dijkstra 알고리즘이 SAN 의 알고리즘 보다 서비스 시간이 짧게 보인다. 하지만 대기 시간을 함께 고려했을 때 그림 5 의 SAN 알고리즘이 다소 우회를 하더라도 Dijkstra 알고리즘보다 더 짧은 서비스 시간을 갖는다는 것을 보여준다.

1. 출발지에서부터 자신의 배터리로 갈 수 있는 QCM 들을 연결한 Link 들로 드론 네트워크 그래프를 구성함(도달가능성 그래프).
2. QCM 에서의 예상 대기시간을 계산함.
3. 계산된 예상 대기시간과 이동시간을 함께 고려한 Dijkstra 알고리즘을 수행함.
4. Dijkstra 알고리즘으로부터 얻어진 최소 E2E 지연시간을 갖는 경로를 드론에게 부여 함.

그림 6. SAN 알고리즘의 동작과정

그림 6 은 SAN 알고리즘의 동작과정을 보여준다.

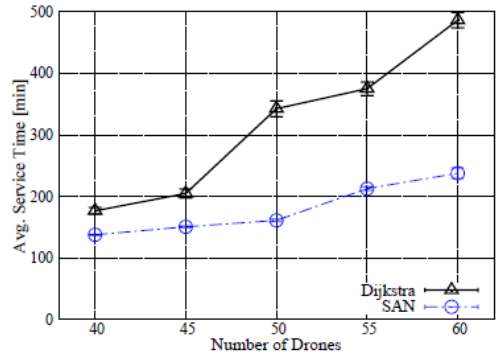


그림 7. 드론의 수의 따른 서비스 시간

성능평가를 위해 본 논문은 이벤트 기반 시뮬레이션 프레임워크인 OMNET++[5]을 이용하여 대조군인 Dijkstra 알고리즘과 우리의 SAN 알고리즘을 구현하여 성능을 비교하였다. 이 시뮬레이션의 결과는 95% 신뢰구간을 가진다. 그림 7 은 드론의 수에 따른 우리의 알고리즘 SAN 과 대조군인 Dijkstra 에 관한 평균적인 서비스 시간을 보여준다. 그림 7 에서 보이는 것과 같이 드론들의 평균 서비스 시간은 드론의 수가 증감함에 따라 증가하는 경향이 있다. 이것은 드론들의 수가 증가할수록 보다 많은 배터리를 재충전할 필요가 있기 때문이다. 대조군인 Dijkstra 알고리즘은 로드 밸런싱을 수행하지 않기 때문에 QCM 에서 혼잡이 발생할 수 있다. 이렇게 발생된 혼잡은 SAN 의 알고리즘 보다 더 긴 대기 시간을 초래하여 드론들의 평균 서비스 시간이 길어진다.

### III. 결론

본 논문에서 우리는 효율적인 배터리 재충전을 위하여 우리의 스케줄링 알고리즘(SAN)을 제안 했다. SAN 알고리즘은 드론들의 트래픽 정보들에 기반한 예상 시간들을 가지고 QCM 에 배터리 재충전 예약 시스템을 이용한다. 본 논문의 SAN 알고리즘이 드론 네트워크에서의 트래픽 흐름을 향상 시킬 수 있으며 또한 드론들을 상업화하는데 많은 기여를 할 수 있다고 믿는다. 향후 연구로써 드론의 항공 환경을 보다 실제에 가깝게 구현하여 성능평가를 수행할 계획이다.

### ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업 [2014R1A1A1006438]의 결과임.

### 참 고 문 헌

- [1] J. Irizarry, M. Gheisari, and B. N. Walker, "USABILITY ASSESSMENT OF DRONE TECHNOLOGY AS SAFETY INSPECTION TOOLS," ITCON, vol. 17, no. 6, Sep. 2012.
- [2] Korea Internet & Security Agency, "Power Review," KISA Report, May 2015.
- [3] T. Toksoz, J. Redding, M. Michini, B. Michini, J. P. How, M. A. Vavrina, and J. Vian, "Automated Battery Swap and Recharge to Enable Persistent UAV Missions," in American Institute of Aeronautics and Astronautics, 2011.
- [4] J. Kim, J. P. Jeong, H. Kim, J.-S. Park, and T. Kim, "San: Self-adaptive navigation for drone battery charging in wireless drone networks," in Device Centric Cloud (DC2). Crans-Montana, Switzerland: IEEE, 2016.
- [5] OMNET++, "OMNET++," <http://omnetpp.org>.