

# 감시 위치 기반의 UAV 모터프리미티브의 구조 설계

곽정훈\*, 성연식\*\*

\*계명대학교 일반대학원 컴퓨터공학과

\*\*계명대학교 컴퓨터공학부

e-mail : {jeonghoon, yunsick}@kmu.ac.kr

교신저자 : yunsick@kmu.ac.kr

## Design of Surveillance Location-based UAV Motor Primitive Structure

Jeonghoon Kwak\*, Yunsick Sung\*\*

\*Dept. of Computer Engineering, Graduate, Keimyung University

\*\*Faculty of Computer Engineering, Keimyung University

### 요 약

무인항공기(Unmanned Aerial Vehicle, UAV)를 활용하여 넓은 범위를 감시하기 위해서 조종자가 반복적으로 같은 경로를 따라서 UAV 를 비행시키는 것은 관리 및 운영에 필요한 비용과 시간 문제가 발생한다. UAV 로 넓은 지역을 감시하기 위해서는 UAV 의 자율 비행 연구가 필요하다. 전통적인 접근 방법은 GPS 를 기반으로 이동할 위치를 연속적으로 설정해서 비행 경로를 설정한다. GPS 기반의 경로 설정은 비행 경로에 장애물이 없을 때 적합하다. 장애물을 고려한 비행을 위해서는 모터프리미티브 기반의 비행 기법이 필요하다. 이 논문에서는 UAV 를 자율 비행시키기 위한 모터프리미티브의 구조를 제안한다. UAV 의 비행 경로를 설정할 때 비행할 위치를 직접 설정하지 않고 감시할 위치를 설정해서 모터프리미티브를 정의하는 기법을 소개한다. 이와 같은 방법은 UAV 가 감시할 위치가 사전에 정의될 때 조종사가 UAV 의 경로를 쉽게 설정할 수 있다.

### 1. 서론

주차장과 같은 넓은 지역을 감시하기 위해서 무인항공기(Unmanned Aerial Vehicle, UAV)를 활용하는 연구가 있다[1]. 이 연구는 촬영한 이미지를 연결해서 넓은 지역을 분석한다. 주차장과 같이 넓은 장소를 감시하기 위해서 UAV 를 직접 조종하면 비용 문제가 발생한다. 이와 같은 문제를 해결하기 위해서 UAV 를 자율 비행하기 위해서 위성항법장치(Global Positioning System, GPS)기반으로 웨이포인트를 지정하고 지정된 웨이포인트에 따라서 UAV 를 비행시키는 연구가 있다[2]. 이 연구에서는 비행 방향에 감시할 대상이 있다고 가정한다. 하지만 UAV 의 비행 방향에 감시할 대상이 있지 않고 UAV 를 기반으로 좌우에 감시할 대상이 있는 경우에는 이를 고려한 웨이포인트 설정 방법이 필요하다.

이 논문에서는 조종사가 설정한 감시 대상을 기반으로 웨이포인트를 자동으로 생성하고 웨이포인트를 따라서 비행시키기 위한 모터프리미티브 구조를 제안한다.

### 2. 감시용 UAV 를 위한 모터프리미티브 구조

#### 2.1 감시 위치, 그라운드스테이션 위치, 경로 설정

이 논문에서는 UAV 의 카메라로 감시할 지점을 감

시 위치라 정의한다. 감시 위치는 조종사가 GPS 기반의 지도에 직접 설정한다. 그라운드스테이션은 모든 감시 위치를 촬영하면서 UAV 의 비행 제어에 필요한 송수신 거리를 고려해서 배치한다. UAV 의 경로는 설정한 모든 감시 위치를 촬영할 수 있는 비행 경로를 다수 개로 나누어서 UAV 로 직접 정의한다. 이 논문에서는 데모 기반 학습으로 직접 비행시켜서 UAV 의 경로를 설정한다.

#### 2.2 웨이포인트 및 구간(Section) 개요

웨이포인트는 감시 위치를 카메라로 촬영하기 위한 UAV 의 위치이다. 웨이포인트는 UAV 가 경로를 따라 비행할 때 각각 감시 위치와 수직인 지점으로 자동 설정한다. 비행 경로의 일정한 거리 안에 감시 위치가 없는 경우에는 웨이포인트를 설정하지 않는다.

웨이포인트가 자동 설정되면 웨이포인트 간의 비행 거리를 구간으로 설정한다. 웨이포인트가 없는 경우에는 이륙 지점부터 착륙 지점까지가 하나의 구간이다.

#### 2.3 모터프리미티브 개요

이 논문에서 모터프리미티브는 조종사가 UAV 를 비행시키기 위한 연속적인 명령 신호의 묶음이다. 학습한 경로를 비행시키기 위한 비행 위치도 포함한다.

데모 기반 학습이기 때문에 같은 경로를 반복적으로 비행하는 것이 필요하고 묶어서 집합으로 표현한다. 식(1)과 같이  $i$  번째 경로를 위한 순서 집합을  $M_i$ 라 정의한다. 경로 순서 집합에는 경로를 따라 이동하는  $j$  번째 모터프리미티브를  $M_{i,j}$ 라 정의한다. 해당 경로를 따라 비행할 때  $p$  번째로 자동 설정한 웨이포인트  $W_{i,p}$ 이다. 이륙 지점은  $s_i$ 로 표현하며 착륙 지점은  $e_i$ 로 표현한다.

$$M_i = [[M_{i,1}, M_{i,2}, \dots, M_{i,|M_i|}], [W_{i,1}, W_{i,2}, \dots, W_{i,|w|}], [s_i, e_i]] \quad (1)$$

모터프리미티브  $M_{i,j}$ 는 구간별 비행에 필요한 명령 신호 집합으로 표현한다. 식(2)와 같이  $k$  번째 명령어 신호 집합  $M_{i,j,k}$ 는 구간마다 설정한다.

$$M_{i,j} = \{M_{i,j,1}, M_{i,j,2}, \dots, M_{i,j,k}, \dots\} \quad (2)$$

명령어 집합  $M_{i,j,k}$ 은 식 (3)과 같다.

$$M_{i,j,k} = \{m_{i,j,k,1}, m_{i,j,k,2}, \dots\} \quad (3)$$

예를 들어, 첫 번째 명령 신호는  $m_{i,j,k,1}$ 이다. 명령 신호는 식 (4)과 같이 명령어 실행 시간  $t$ , UAV 제어 벡터  $\vec{c}$ , UAV 상태 벡터  $\vec{u}$  그리고 사용자 벡터  $\vec{v}$ 로 구성한다.

$$m_{i,j,k,1} = [t, \vec{c}, \vec{u}, \vec{v}] \quad (4)$$

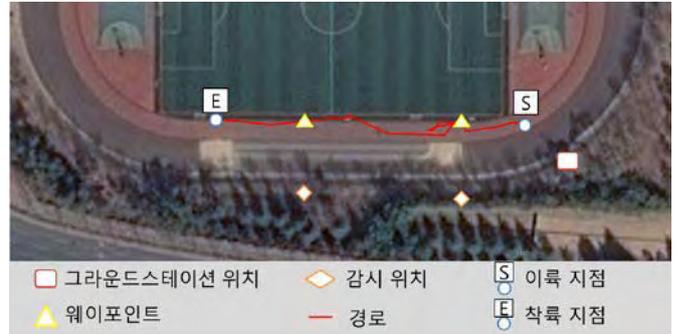
웨이포인트에는 감시 위치  $o_{i,y}$ 와 웨이포인트 위치  $p_{i,y}$ 가 있다.

$$W_{i,y} = \{o_{i,y}, p_{i,y}\} \quad (5)$$

### 3. 사례 연구

실험에서는 계명대학교 성서캠퍼스의 대운동장에서 불법으로 대운동장에 침입하는 사람을 감시하기 위한 모터프리미티브를 생성한다. 그림 4와 같이 감시 위치, 그라운드스테이션 위치 그리고 경로를 설정할 때 감시위치, 이륙 지점, 착륙 지점이 결정된다. 이륙 지점 S에서 착륙 지점 E까지 비행하는 과정에서 감시

위치로부터 수직인 지점에 웨이포인트가 생성되었다. 표 1은 UAV 제어 벡터, UAV 상태 벡터, 그리고 사용자 벡터로 구성된 모터프리미티브의 생성 결과이다. UAV 제어 벡터  $\vec{c}$ 에는 UAV 명령 신호와 명령어 신호에 필요한 요, 피치, 롤, 그리고 게즈로 구성하였다. UAV 상태 벡터  $\vec{u}$ 에는 UAV 상태를 나타내는 요, 피치, 롤, 고도, UAV 속도, 그리고 GPS 위치를 저장하였다. 사용자 벡터  $\vec{v}$ 는 정의하지 않았다.



(그림 1) 모터프리미티브 생성 경로

### 사사표기

이 논문은 2014년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(NRF-2014R1A1A1005955).

### 참고문헌

- [1] Saeed Yahyanejad Daniel Wischounig-Struel Markus Quaritsch Bernhard Rinner, "Incremental mosaicking of images from autonomous, small-scale uavs," Advanced Video and Signal Based Surveillance (AVSS), 2010 Seventh IEEE International Conference on. IEEE, pp. 329-336, Boston, MA, Aug. 29-Sept. 1, 2010.
- [2] Lucas Vago Santana, Alexandre Santos Brandão, and Mário Sarcinelli-Filho, "Outdoor Waypoint Navigation with the AR.Drone Quadrotor," 2015 International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS), pp. 303-311, Denver, Colorado, USA, June 9-12, 2015.

<표 1> 모터프리미티브 생성 신호

시간 t	UAV 제어 벡터 $\vec{c}$					UAV 상태 벡터 $\vec{u}$									사용자 벡터 $\vec{v}$
시간	명령어	요	피치	롤	게즈	요	피치	롤	고도	속도	속도	속도	위도	경도	-
8	Takeoff	-2	-2	-2	-2	-1.187819	0.002687807	-0.000174533	0	0	0	0	35.85249	128.4892931	-
4751	Hover	0	0	0	0	-1.314669	-0.01895428	-0.001919862	0.694	0.1467238	-0.2615156	0	35.8524954	128.4892993	-
5716	Progressive	0	0	0	0.5	-1.311824	0.05342453	-0.02359685	0.729	0.1802301	-0.1109213	0	35.8524944	128.489297	-
11616	Hover	0	0	0	0	-1.327864	-0.0185354	0.004380777	2.828	0.1358098	0.02555158	0	35.8524977	128.4892663	-
12837	Progressive	0	-0.3	0	0	-1.315612	0.01097812	0.00424115	2.78	0.1117526	-0.02629023	0	35.8524975	128.4892594	-
15791	Hover	0	0	0	0	-1.30685	-0.1144587	-0.01576032	2.795	3.110498	-0.3069399	0	35.8524846	128.4892033	-
19372	Progressive	0	-0.3	0	0	-1.316607	-0.01202532	-0.006789331	3.051	-1.175265	0.6454501	0	35.8524745	128.4891028	-
23685	Hover	0	0	0	0	-1.276918	-0.1585981	0.008150687	2.773	3.037134	0.2894943	0	35.8524964	128.4890877	-
27252	Progressive	0	-0.3	0	0	-1.311458	-0.127252	0.03839725	2.996	-0.06803856	-0.1562995	0	35.8525013	128.4890145	-
30394	Hover	0	0	0	0	-1.294231	-0.105575	0.000174533	2.801	1.91612	-0.1777089	0	35.8524771	128.4889873	-
37423	Progressive	0	-0.3	0	0	-1.318579	-0.0055676	0.01335177	2.881	0.09421413	0.2696285	0	35.8524763	128.4889713	-
38143	Hover	0	0	0	0	-1.32666	-0.1537286	0.02602286	2.768	-2.366563	0.6455454	0	35.8524868	128.4890063	-
39786	Progressive	0	-0.3	0	0	-1.33132	0.03326597	-0.01523672	2.729	-0.5000806	-0.7030511	0	35.8524966	128.4890609	-
43564	Progressive	0	-0.3	0	0	-1.303621	0.1899791	0.1585108	2.9	0.5273519	-0.2937671	0	35.8524637	128.4890278	-
48997	Hover	0	0	0	0	-1.307321	-0.1060811	-0.003700098	2.96	1.943097	0.1888694	0	35.8524681	128.4888375	-
57408	Progressive	0	-0.3	0	0	-1.314739	-0.02773328	0.0479791	2.696	0.07984049	-0.05448984	0	35.8525184	128.4887008	-
61452	Progressive	0	-0.3	0	0	-1.309433	-0.08415978	0.02113594	2.683	-0.1387364	-0.03382169	0	35.8525103	128.4887045	-
70511	Progressive	0	-0.3	0	0	-1.306431	-0.002076942	-0.01569051	2.659	-0.004147454	-0.01807178	0	35.85251	128.4886431	-
77708	Hover	0	0	0	0	-1.293079	-0.1862266	0.01729621	2.474	1.739792	-0.05494763	0	35.8524912	128.4884388	-
82064	Land	-2	-2	-2	-2	-1.326206	-0.02806489	0.001239184	2.666	0.1550164	-0.0545227	0	35.8525092	128.4882414	-