

UAV 비행 기록 기반의 비행경로 생성방법

곽정훈¹, 성연식^{2,*}

¹계명대학교 일반대학원 컴퓨터공학과

²계명대학교 컴퓨터공학부

e-mail: yunsick@kmu.ac.kr

Flight Path Generation Method based on UAV Flight Record

Jeonghoon Kwak¹, Yunsick Sung^{2,*}

¹Dept. of Computer Engineering, Graduate School, Keimyung University

²*Faculty of Computer Engineering, Keimyung University

요 약

군사적인 목적으로 사용하던 무인항공기(Unmanned Aerial Vehicle, UAV)는 저가로 생산이 가능하면서 UAV를 감시 및 레이저 등 다양하게 상업적으로 활용하고 있다. 소형 UAV에 장착 가능한 카메라의 성능이 개선됨에 따라 감시 및 정찰 임무 등의 활용도가 높아졌다. 소형 UAV를 자율적으로 비행시키며 주어진 임무를 수행하기 위해서는 비행경로 정의가 필요하다. 이 논문에서는 조종사가 비행한 기록을 기반으로 비행경로를 자동으로 생성하는 방법을 제안한다. 실험을 통해 UAV가 감시 및 정찰을 수행하기 위한 비행경로 생성방법을 검증한다.

1. 서론

규제가 완화되고 UAV 제작비용이 저렴해지면서 군사적인 목적으로 사용하던 무인항공기(Unmanned Aerial Vehicle, UAV)[1]가 상업적으로 활용이 가능하게 되었다. 예를 들어, UAV를 주차장의 감시 및 정찰로 사용한다[2]. UAV가 자율적으로 비행하며 감시 및 정찰 역할을 수행하기 위해서는 비행경로가 필요하다.

UAV가 비행해야 할 위치를 위성 위치 확인 시스템(Global Positioning System, GPS)로 설정하여 비행경로를 지정한 연구가 있다[3, 4]. 조종사는 지도를 기반으로 웨이포인트를 설정한다. 지도에 표시된 지형을 기반으로 감시 및 정찰 수행을 위한 경로 지정이 가능하다. 하지만, UAV의 비행 높이를 지정하기 어렵다.

UAV가 비행할 경로를 데모기반학습을 이용하여 생성하는 연구가 있다[5]. 이 연구는 기록한 촬영한 영상을 기반으로 UAV가 비행할 경로를 생성한다. 하지만, 경로 생성을 위해서 사전에 촬영 영상이 필요한 문제점이 있다. UAV의 제어신호를 이용하여 UAV가 비행경로를 생성한 연구가 있다[6, 7]. 제어신호를 기반으로 모터프리미티브를 생성하고 UAV를 모터프리미티브를 기반으로 비행시킨다. 하지만, 바람과 같은 외부영향에 의해서 UAV 제어가 불안

정한 문제가 있다. 발생한 오차를 감안하여 비행경로를 생성하는 방법이 필요하다.

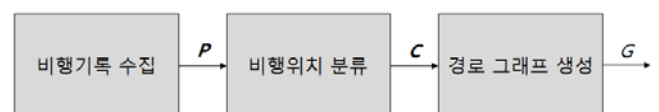
이 논문에서는 UAV의 비행한 기록을 분석하여 비행경로를 생성하는 방법을 제안한다. 조종사가 UAV를 제어하는 과정에서 위치를 수집한다. 수집한 위치를 분석하여 비행한 위치를 분류한다. 마지막으로 분류한 위치를 기반으로 비행경로를 생성한다.

이 논문에서는 다음과 같이 구성한다. 2장에서는 UAV를 이용한 비행경로 생성방법을 제안한다. 3장에서는 제안한 방법을 실험으로 검증한다. 마지막으로 4장에서는 제안한 방법에 대한 결론 및 향후 연구를 도출한다.

2. UAV를 이용한 비행경로 생성

2.1 비행경로 생성과정

UAV가 비행하는 비행경로를 생성하기 위한 과정은 (그림 1)과 같다. 첫 번째, 비행기록 수집단계에서는 UAV를 비행시키고 비행시키는 동안 UAV 위치를 수집한다. 두 번째, 비행위치 분류단계에서는 수집한 UAV 위치를 분류하고 분류한 위치의 중심점을 계산한다. 세 번째, 경로 그래프 생성단계에서는 분류한 위치들의 중심점을 연결하여 경로 그래프를 생성한다.



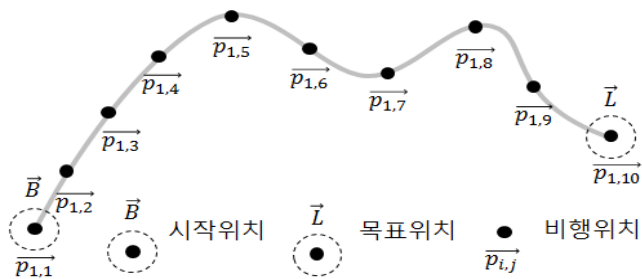
(그림 1) 비행경로 생성과정

* 교신저자: 성연식 (yunsick@kmu.ac.kr)

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

2.2 비행기록 수집단계

UAV를 이용하여 비행경로를 생성할 환경에 대해서 비행한다. UAV가 이륙 후 수집을 시작하는 위치를 시작위치 \vec{B} 라 정의한다. 수집을 종료하고 착륙하는 위치를 목표위치 \vec{L} 라 정의한다. 시작위치 \vec{B} 에서 목표위치 \vec{L} 까지 비행하는 과정에서 모든 비행위치의 집합을 비행위치집합 P 로 정의한다. 비행위치집합 P 는 $\{\vec{p}_{1,1}, \vec{p}_{1,2}, \dots, \vec{p}_{i,j}, \dots\}$ 로 구성한다. 비행위치 $\vec{p}_{i,j}$ 는 i 번째 비행 j 번째 측정된 위치이다. i 번째 비행에서 수집한 위치의 개수는 수집개수 m_i 로 정의한다. 비행위치 $\vec{p}_{i,j} = [i, j, x_{i,j}, y_{i,j}, z_{i,j}]$ 는 i, j , 그리고 3차원 좌표를 포함한다. (그림 2)와 같이 시작위치 \vec{B} 에서 시작하여 목표위치 \vec{L} 까지 비행하면서 비행위치집합 P 을 생성한다.



(그림 2) 비행기록 수집결과

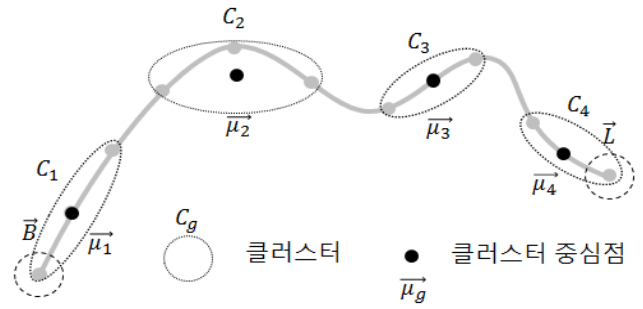
2.3 비행위치 분류단계

K 개의 클러스터들은 클러스터집합 $C = [C_1, C_2, \dots, C_g, \dots]$ 로 구성한다. 클러스터집합 C 중에서 g 번째 클러스터를 클러스터 C_g 라 정의한다. 클러스터 C_g 는 비행위치들이 $\{\vec{p}_{g,1}, \vec{p}_{g,2}, \dots, \vec{p}_{g,h}, \dots\}$ 과 같이 구성한다. 클러스터집합 C 의 중심점들을 클러스터 중심점집합 M 로 정의한다. 클러스터 중심점집합 M 은 $[\vec{\mu}_1, \vec{\mu}_2, \dots, \vec{\mu}_g, \dots]$ 로 구성한다. 클러스터 중심점 $\vec{\mu}_g$ 는 클러스터 C_g 에 포함된 위치들의 중심점으로 정의한다.

조종사가 수집한 비행위치집합 P 의 비행위치들은 GPS 오차 및 조종의 오차를 포함하기 때문에 제안한 방법은 비행기록을 수집하고 분석해서 최적의 비행경로를 생성한다. 수집한 비행위치집합 P 는 K-Means[8]을 응용해서 K 개로 분류한다. 그리고 분류한 K 개 클러스터로 클러스터 중심점들을 계산한다. 예를 들어, (그림 3)는 1회 비행 기록으로 생성된 (그림 2)의 비행위치집합 P 을 네 개의 클러스터로 분류하고 클러스터 중심점들을 계산한 결과이다.

2.4 경로 그래프 생성단계

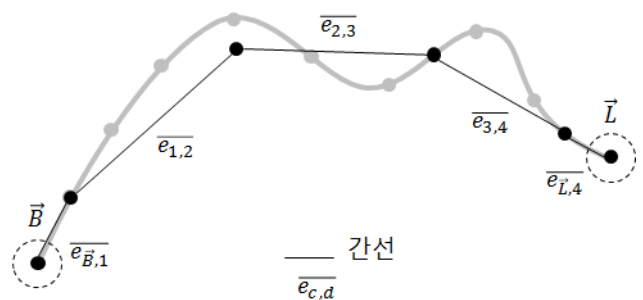
시작위치 \vec{B} , 목표위치 \vec{L} , 클러스터 중심점집합 M , 그리고 간선집합 E 로 경로 그래프 G 를 정의하며, $[\vec{B}, \vec{L}, M, E]$ 와 같이 구성한다. 간선집합 E 는 간선들을 포



(그림 3) 비행위치 분류 결과

함하는 집합이다. 간선들은 시작위치 \vec{B} , 목표위치 \vec{L} , 그리고 클러스터 중심점집합 M 의 원소를 서로 연결한다. 비행위치 \vec{p}_c 와 비행위치 \vec{p}_d 를 연결하는 간선 $\vec{e}_{c,d}$ 는 (\vec{p}_c, \vec{p}_d) 로 정의한다.

두 개의 서로 다른 클러스터들이 포함하는 임의의 두 비행위치 \vec{p}_{g_1, h_1} 와 \vec{p}_{g_2, h_2} 가 있을 때 비행위치 \vec{p}_{g_1, h_1} 의 i 와 비행위치 \vec{p}_{g_2, h_2} 의 i 가 같고 비행위치 \vec{p}_{g_1, h_1} 의 j 가 비행위치 \vec{p}_{g_2, h_2} 의 j 보다 1보다 작을 때 간선 \vec{e}_{g_1, g_2} 를 생성한다. 시작위치 \vec{B} 를 클러스터집합 C 의 클러스터 중에서 비행위치 $\vec{p}_{g,h}$ 의 j 가 1인 비행위치를 1개 이상 포함하는 모든 클러스터 중심점과 연결한다. 목표위치 \vec{L} 와 클러스터집합 C 의 클러스터 중에서 비행위치 $\vec{p}_{g,h}$ 의 i 가 수집개수 m_i 와 비행위치 $\vec{p}_{g,h}$ 의 j 가 같은 경우 목표위치 \vec{L} 와 클러스터 중심점과 연결한다. 예를 들어, (그림 4)와 같이 시작위치 \vec{B} , 목표위치 \vec{L} , 그리고 (그림 3)에서 설정한 클러스터 중심점집합 M 을 이용하여 간선집합 E 를 생성하고 결합하여 생성된 경로 그래프 G 의 결과이다.



(그림 4) 비행경로 생성결과

3. 실험

(그림 5)와 같은 계명대학교의 성서캠퍼스의 운동장에 위치한 동아리방에 출입하는 사람을 감시하기 위해서 AR.Drone 2.0[9]를 이용하여 비행하여 비행기록을 수집하였다. <표 1>와 같이 시작위치 \vec{B} 부터 목표위치 \vec{L} 까지 한 번의 비행으로 수집한 552개의 비행위치들이다.



(그림 5) UAV 비행기록을 수집한 실험 장소

<표 1> AR.Drone 2.0을 이용한 비행기록 수집결과

i	j	위도	경도	절대고도
1	1	35.853234	128.489488	0
1	2	35.853232	128.489489	0.396
...				
1	200	35.853252	128.488879	1.484
1	201	35.853252	128.488878	1.624
1	202	35.853252	128.488883	1.627
...				
1	551	35.853235	128.487933	0.414
1	552	35.853238	128.487943	0

비행위치들을 고려하여 K 을 21로 설정하였다. 비행위치들을 분류하여 <표 2>와 같이 클러스터집합을 생성하였다. 클러스터에 포함된 비행위치의 개수는 최대 41개를 포함하며 최소 10개를 포함하였다. 클러스터들의 클러스터 중심점집합은 <표 3>와 같이 생성되었다.

<표 2> 클러스터집합 생성결과

g	h	위도	경도	절대고도
1	1	35.853234	128.489488	0
1	2	35.853232	128.489489	0.396
...				
1	39	35.853211	128.489302	1.179
2	1	35.853203	128.489327	2.093
...				
20	22	35.853250	128.488103	2.508
21	1	35.853236	128.488008	1.807
...				
21	13	35.853235	128.487933	0.414
21	14	35.853238	128.487943	0

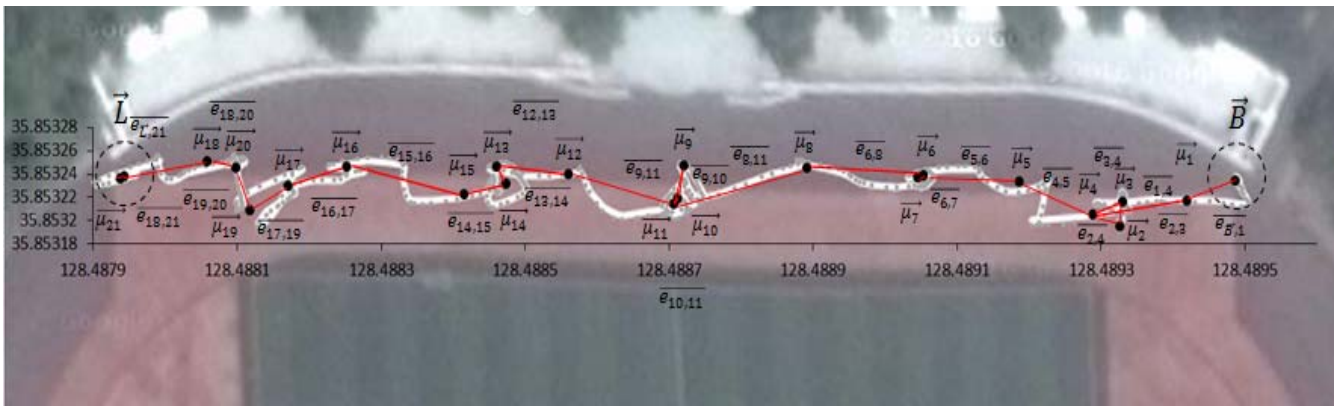
<표 3> 클러스터 중심점집합 생성결과

g	위도	경도	절대고도
1	35.853218	128.489420	1.125
2	35.853195	128.489327	2.320
...			
9	35.853247	128.488721	1.688
10	35.853218	128.488711	2.668
11	35.853214	128.488706	1.663
...			
20	35.853245	128.488099	3.040
21	35.853236	128.487938	1.445

<표 4>와 같이 간선집합을 생성하였다. 간선집합에는 24개의 간선들이 포함되었다. 경로 그래프 G 는 시작위치 \vec{B} 부터 목표위치 \vec{L} 까지 비행하기 위한 클러스터 중심점집합, 그리고 간선집합이 (그림 5)와 같이 생성되었다.

<표 4> 간선집합 생성결과

간선	위도	경도	절대고도	
$\vec{e}_{B,1}$	$\vec{p}_{\vec{B}}$	35.853234	128.489488	0
	\vec{p}_1	35.853195	128.489327	2.320
$\vec{e}_{1,4}$	\vec{p}_1	35.853218	128.489420	1.125
	\vec{p}_4	35.853205	128.489290	1.789
...				
$\vec{e}_{9,10}$	\vec{p}_9	35.853247	128.488721	1.688
	\vec{p}_{10}	35.853218	128.488711	2.668
$\vec{e}_{9,11}$	\vec{p}_9	35.853247	128.488721	1.688
	\vec{p}_{11}	35.853214	128.488706	1.663
$\vec{e}_{10,11}$	\vec{p}_{10}	35.853218	128.488711	2.668
	\vec{p}_{11}	35.853214	128.488706	1.663
...				
$\vec{e}_{19,21}$	\vec{p}_{19}	35.853209	128.488118	2.040
	\vec{p}_{21}	35.853236	128.487938	1.450
$\vec{e}_{L,21}$	$\vec{p}_{\vec{L}}$	35.853238	128.487943	0
	\vec{p}_{21}	35.853236	128.487938	1.450



(그림 6) 비행기록을 이용한 비행경로 생성 결과

4. 결론

이 논문에서는 UAV가 비행하기 위한 비행경로를 생성하는 방법을 제안하였다. 조종사가 UAV를 제어하며 발생한 위치를 수집해서 기록한다. 위치들은 분류하여 감시 및 정찰 등 임무 수행을 위한 비행위치를 도출하고 비행위치를 연결하여 비행경로를 생성하였다. 비행경로에 따라 조종사가 지정한 위치로 UAV가 비행이 가능하다. 그래서 비행경로를 자동으로 생성할 때 UAV의 비행 위치 및 높이를 직관적으로 설정할 수 있다.

이 논문에서는 비행하는 과정에서 감시 및 정찰 임무를 위해 UAV의 카메라가 촬영하는 방향은 고려되지 않았다. 향후 연구로는 UAV가 비행하며 촬영해야 하는 방향을 지정하는 방법이 필요하다. 비행경로에 따라 UAV가 감시 및 정찰 등의 임무를 수행하기 위한 경로를 계획하는 방법이 필요하다.

사사표기

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

참고문헌

- [1] Paul Gerin Fahlstrom, Thomas James Gleason, Introduction to UAV Systems, Forth Edition, Willy, 2012.
- [2] Saeed Yahyanejad, Daniel Wischounig-Struel, Markus Quaritsch, Bernhard Rinner, "Incremental Mosaicking of Images from Autonomous, Small-Scale UAVs," 2010 Seventh IEEE International Conference on Advanced Video and Signal Based Surveillance (AVSS), pp. 329-336, Boston, Massachusetts, August 29-September 1, 2010.
- [3] Lucas Vago Santana, Alexandre Santos Brandão, 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.
- [4] Lucas Vago Santana, Alexandre Santos Brandão, Mário Sarcinelli-Filho, "An Automatic Flight Control System for the AR.Drone Quadrotor in Outdoor Environments," 2015 Workshop on Research, Education and Development of Unmanned Aerial Systems (RED-UAS), pp. 401-410, Cancun, Mexico, November 23-24, 2015.
- [5] Andreas Pfrunder, Angela P. Schoellig, Timothy D. Barfoot, "A Proof-Of-Concept Demonstration of Visual Teach and Repeat on a Quadcopter Using an Altitude Sensor and a Monocular Camera," 2014 Canadian Conference on Computer and Robot Vision (CRV), pp. 238-245, May 6-9, 2014.
- [6] Yunsick Sung, Jeonghoon Kwak, Jong Hyuk Park, "Graph-based Motor Primitive Generation Framework: UAV Motor Primitives by Demonstration-based Learning," Human-centric Computing and Information Sciences, Vol. 5, Issue. 1, Article. 35, pp. 509-510, Dec. 15, 2015.
- [7] Jeonghoon Kwak, Yunsick Sung, "Structure Design of Surveillance Location-based UAV Motor Primitives," Korea Information Processing Society Transactions on Software and Data Engineering, Vol. 5, No. 4, pp. 181-186, 2016.
- [8] José Manuel Peña, Jose Antonio Lozano, Pedro Larrañaga, "An Empirical Comparison of four Initialization Methods for the K-Means Algorithm," Pattern Recognition Letters, Vol. 20, No. 10, pp. 1027-1040, 1999.
- [9] Pierre-Jean Bristeau, François Callou, David Vissière, Nicolas Petit, "The Navigation and Control technology inside the AR.Drone micro UAV," Proceeding of International Federation of Automatic Control (IFAC), Vol. 18, No. 1, pp. 1477-1484, Milano, Italy, August 28-September 2, 2011.