

論文

무인항공기의 안전한 운항을 위한 임무계획/통제 분석 기법

류철형*, 나성웅**

Mission Planning and Control Analysis Algorithms
for the Safe Flight of an Unmanned Aerial Vehicle

Chul-Hyung Ryu* and Sung-Woong Ra**

ABSTRACT

An unmanned aerial vehicle (UAV) is generally flired via a pre-planned flight path or real-time commands by an operator. To succeed in an assigned mission, analysis such as the line-of-sight analysis for communication between UAV and a ground data terminal should be performed. In this paper, various analysis algorithms which are performed by a ground control station in pre-flight and in-flight phases, are proposed for the safe flight of UAV. Note that the proposed algorithms can be applied to most UAV systems.

초 록

일반적으로 무인항공기는 비행 전에 계획된 비행항로나 운용자의 실시간 통제에 따라 임무를 수행한다. 성공적으로 임무를 완수하려면 무인항공기와 지상통제장비 간의 통신 가시선 분석 등이 필수적으로 요구된다. 본 논문은 무인항공기의 안전한 비행을 위해 지상통제장비가 임무계획 단계와 임무통제 단계에서 수행하는 여러 가지 분석 기법들을 제안한다. 제안된 기법들은 대부분의 무인항공기 체계에 적용될 수 있다.

Key Words : Unmanned Aerial Vehicle(무인항공기), Ground Control Station(지상통제장비), Mission Planning Analysis(임무계획분석), Mission Control Analysis(임무통제분석)

1. 서 론

무인항공기 체계는 임무나 용도에 따라 분류되는 것이 일반적이지만 정찰용으로 개발하여 다른 목적의 임무장비를 탑재하는 경우가 많아지면서 성능에 따라 분류하기도 한다. 이런 예로는 미국 중고도 정찰용 무인항공기인 Predator가 예멘에서 수행했던 암살 공격을 들 수 있다. 운용 목적에 따라 무인항공기 체계는 정찰용, 전자전

용, 기만용, 공격용, 전투용 및 표적용 등으로 분류될 수 있다. 또한, 운용 반경과 체공 시간에 따라 무인항공기 체계는 근거리(Close Range), 단거리(Short Range), 중거리(Medium Range) 그리고 체공형(Endurance)으로 분류될 수 있다[1-3].

통상적으로 Fig. 1과 같이 구성되는 무인항공기 체계에서 운용자와 연동되어 임무계획 및 통제를 담당하는 지상통제장비는 비행 제어 명령, 통신장비 제어 명령 및 임무장비 제어 명령을 생성하여 무인항공기로 전송한다. 또한, 무인항공기로부터 비행 정보, 통신장비 상태 및 임무장비 상태 자료를 수신하여 화면에 표시한다. 이밖에도 지상통제장비는 지형고도자료(digital terrain elevation data, DTED)를 이용하여 임무수행에

† 2004년 10월 14일 접수 ~ 2004년 12월 29일 심사완료

* 정희원, 국방과학연구소

연락처, E-mail : uavrch@hanafos.com

대전광역시 유성우체국 사서함 35-1

** 정희원, 충남대학교 전자공학과

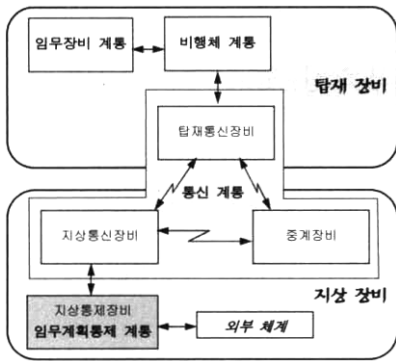


Fig. 1. Configuration of an UAV system

필수적인 통신 가시선(line-of-sight, LOS) 분석 등을 수행한다[4-6].

무인항공기 체계의 운용 순서는 Fig. 2와 같다. 특정한 임무가 주어지면 무인항공기 체계 장비는 이동되어 배치 및 설치되며, 운용자는 임무 수행을 위한 계획을 설정하게 된다. 설정된 임무계획에 대한 안전성은 임무계획 분석을 통해 확인된다. 임무계획 분석 결과는 별도 보고서로 자동 저장되며, 운용자가 원활하게 임무계획을 수정할 수 있도록 위험 요소를 상세히 알려준다. 비행이 시작되면 임무통제로 단계 전환되며, 운용자가 안전한 비행을 할 수 있도록 무인항공기로부터 수신되는 비행 자료를 사용하여 임무통제 분석이 수행된다[7, 8].

본 논문은 무인항공기의 안전한 운항을 위해 지상통제장비가 수행하는 여러 가지 분석 기법들을 임무계획 단계와 임무통제 단계로 구분하여 제안한다. 특히, 무인항공기의 실시간 통제를 위해 중요도가 높은 통신 가시선 분석 기법을 세부적으로 제시한다.

II. 임무계획 단계

임무계획 단계는 비행을 준비하는 상태를 의미한다. 운용자는 우선 해당 임무를 수행할 지역을 설정한 후 임무수행에 필요한 중복도시요소들을 마우스나 대화상자를 이용하여 입력한다. 설정된 중복도시요소는 Fig. 3과 같이 디지털 지도 위에 중첩(overlay) 도시되는데[9], 무인항공기 체계의 종류에 따라 디지털 지도의 축척과 중복도시요소들은 달라진다. 일반적으로 정찰용 무인항공기 체계에서는 중복도시요소로 지상장비 심벌과 통신 가시선 분석 결과, 제한구역, 허가 공역, 이륙 위치, 사전프로그램 비행 모드를 위한 비행항로,

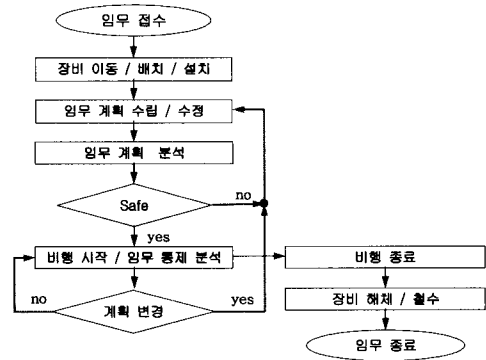


Fig. 2. Operational flow of an UAV system

통신 두절시 사용할 귀환경로, 착륙 위치 및 정찰구역 등이 사용된다. 2장에서는 설정된 중복도시요소의 안전성과 관련하여 비행 전에 수행되는 임무계획 분석 기법들을 제안한다.

2.1 지상장비 설정 및 가시선 분석

지상장비 설정은 Fig. 1의 지상통신장비와 중계장비에 대한 설치 좌표를 입력하는 것이다. 임무계획시 지상장비를 먼저 설정하는 이유는 Fig. 2의 운용 순서에 따라 이동된 장비 위치를 입력하는 의미도 있지만, 안전한 비행을 하려면 통신 가시선 분석 결과가 필요하기 때문이다.

통신 가시선 분석은 운용 반경 내의 각 지점에서 지상통신장비와 정상적인 통신을 수행하기 위한 비행 고도를 분석하는 것이며, 임무계획 분석시 최우선적으로 수행된다. 무인항공기 체계를 위한 통신 가시선 분석에는 지구 곡률 효과와 지형 효과가 고려된다.

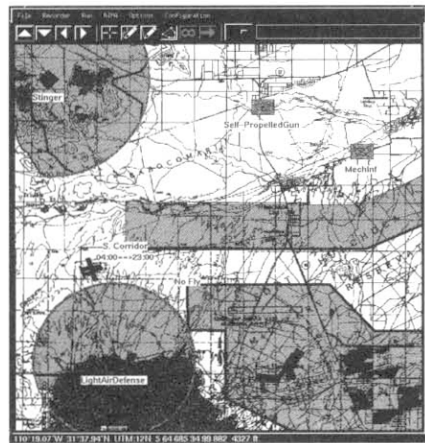


Fig. 3. Example of a mission planning

(1) 지구 곡률 효과

지구가 구 모양이므로 지상통신장비를 기준으로 200Km까지 운용되는 전술급 무인항공기에 대한 통신 가시선 분석을 수행할 때 지구 곡률 효과가 고려되어야 한다. 지구 곡률 효과는 다음 식과 같이 정의된다.

$$A_E(D) = \frac{D}{\sin(\tan^{-1}(\frac{D}{R_E}))} - R_E \quad (1)$$

식에서 A_E 는 지구(earth)가 원형이므로 통신을 위해 요구되는 비행 고도(altitude)를 의미한다. R_E 는 지구의 평균 반지름(radius)인 6,400Km이다. D 는 지구의 접선(접점: 지상통신장비)과 지구 중심에서 분석 지점을 연결하는 선분의 교차점으로부터 지상통신장비까지 거리이다. 식 (1)이 의미하는 지구 곡률에 따른 거리별 통신 가시선 확보를 위한 비행 고도는 Table 1과 같다.

Table 1. Required altitudes vs. distances due to the curvature of the earth

D [km]	$A_E(D)$ [m]	D [km]	$A_E(D)$ [m]
10	7.8	110	945.2
20	31.2	120	1124.9
30	70.3	130	1320.2
40	125.0	140	1531.1
50	195.3	150	1757.6
60	281.2	160	1999.7
70	382.8	170	2257.4
80	500.0	180	2530.7
90	632.8	190	2819.7
100	781.2	200	3124.2

(2) 지형 효과

해상용 무인항공기라면 지구곡률 효과만 고려하면 되지만, 육상용 무인항공기의 경우에는 지형 효과도 고려해야 한다. 지형 효과는 근거리에는 낮은 언덕에 의해 원거리에는 무인항공기와 지상통신장비간의 통신 가시선이 방해되는 것을 의미한다. 전술급 무인항공기 체계에서 지형 효과는 다음 식과 같이 정의된다.

$$A_T(D) = \frac{D \cdot (H_0 - A_E(D_0))}{D_0} \quad (2)$$

식에서 A_T 는 지형(topography)적인 문제로 요구되는 비행 고도를 의미한다. D 는 식 (1)에서 설명된 것과 같이 분석할 거리를 의미하며, H_0 는

방해물(obstacle)의 높이를 의미한다. D_0 는 지상통신장비로부터 방해물까지 수평 거리를 뜻하며, $A_E(D_0)$ 는 방해물이 있는 지점에서 지구 곡률 효과에 의해 요구되는 비행 고도를 의미한다.

(3) 통신 가시선 분석 기법

통신 가시선 분석은 식 (1)과 (2)가 통합된 형태로 수행된다. 식 (2)의 값이 0보다 작은 경우에는 지형 효과에 의해 추가적으로 요구되는 비행 고도가 없으므로 지구 곡률 효과에 의한 비행 고도만 고려한다. 즉, 다음 식과 같이 표현된다.

$$A_{Total} = \begin{cases} A_E + A_T & \text{for } A_T > 0 \\ A_E & \text{for } A_T \leq 0 \end{cases} \quad (3)$$

통신 가시선 분석은 지상통신장비를 기준으로 운용자가 설정하는 분석 반경에 대해 0.5도 간격으로 수행하였다. 720(즉, 360/0.5)개의 분석 반경 길이를 갖는 선분에 대해 식 (3)에 따라 비행 고도를 구한다. 분석 결과에서 동일한 비행 고도를 요구하는 지점들을 연결하면, Fig. 4와 같이 통신 가시선 분석 결과가 디지털 지도상에 등고선처럼 중첩 도시된다. 분석 각도의 간격이 좁을수록 통신 가시선 분석은 정밀해 지는 반면 분석 시간이 오래 걸리며, 분석 각도의 간격이 넓어지면 통신 가시선 분석 정확도는 저하된다. 따라서 분석 각도의 간격은 시스템의 성능에 따라 결정된다.

2.2 제한구역 설정

비행이 불가능한 영역을 의미하는 제한구역은 항공관제구역과 위협구역으로 구분된다. 항공관제구역(Fig. 3의 다각형)은 민간항공기의 비행항로와 같이 다른 비행기가 운용되는 구역을 의미한다. 위협구역(Fig. 3의 원형)은 미사일 기지와 같이 방공무기들이 운용되는 구역을 의미한다. 항공관제구역과 위협구역은 제한 영역과 제한 고도를 갖는 3차원 형태로 설정된다.



Fig. 4. Result of the LOS analysis

2.3 허가 구역 설정

허가 구역은 무인항공기의 비행이 허가된 구역을 의미하며, 운용 영역, 운용 고도 및 운용 시간이 포함되는 4차원 형태로 설정된다. 체계 특성에 따라 제한구역이 아닌 모든 공간을 허가 구역으로 처리하는 경우도 있지만, 특정고도 이상 비행할 경우 구역 허가를 받아야하는 국내 여건에서는 허가 구역을 설정하는 것이 타당하다.

2.4 이륙/착륙 위치 설정 및 분석

무인항공기의 이륙 위치가 설정되면 이륙 구역에 대한 안전성 분석이 수행된다. 이륙 위치 분석은 이륙점을 기준으로 360도 전방위에 대해 운용자가 설정한 각도로 이륙할 경우 지형과 충돌하는지 분석하는 것이다. 따라서 운용자는 이륙 위치 분석을 통해 이륙 과정에서 통신 두절이 발생할 때 사용할 비상 상승각을 얻을 수 있다.

착륙 위치 설정 및 분석은 이륙과 동일하게 수행된다. 다만, 파라포일을 사용하는 무인항공기 체계에서는 바람 방향을 고려하여 파라포일을 전개할 3차원 귀환창을 분석해야 한다[7].

2.5 비행항로 설정 및 분석

비행항로는 사전프로그램(pre-program) 비행모드에서 사용되며, 비행항로의 설정 및 분석 결과는 Fig. 5와 같다. 비행항로에 대한 분석은 항로점과 항로선으로 구분되어 수행된다.

(1) 항로선 분석

항로선 분석은 비행항로를 구성하는 각 항로선(Fig. 5의 연결선)에 대해 안전 여부를 판단하는 것이다. Fig. 6의 분석 개념에서 알 수 있듯이 항로선의 분석영역은 사각형인데, 그 이유는 항로선 좌/우로 무인항공기 선회 반경을 고려해야 하기 때문이다. 또한, 항로선의 분석고도는 인접한 두 개의 항로점의 설정 고도 중에서 낮은 고도 값을 사용한다. 항로선의 분석범위(영역과 고도)에 대해 아래와 같은 5 종류의 안전성 분석이 수행된다. 항로선의 분석 결과는 노란색(안전)과 적색(위험)으로 표시된다.



Fig. 5. Result of the flight-path analysis

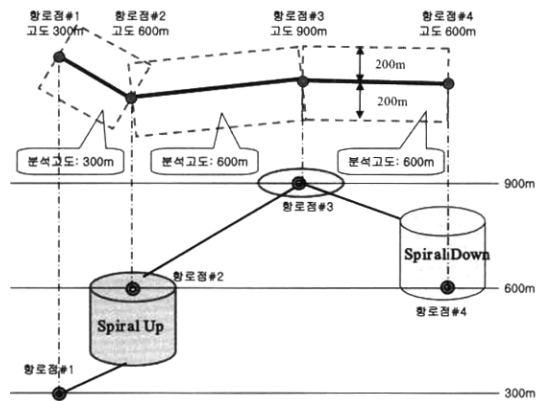


Fig. 6. Concept of the route analysis

- ① 통신 가시선 확보 분석 : 식 (3)을 적용할 때 분석영역 내에 분석고도 보다 높은 비행고도를 요구하는 지점이 있으면 경고를 발생한다.
- ② 충돌 분석 : 분석영역 내에 분석고도보다 높은 지형이 있으면 경고를 발생한다.
- ③ 제한구역 침범 분석 : 분석범위(영역 및 고도)가 제한구역을 침범하면 경고를 발생한다.
- ④ 허가 구역 이탈 분석 : 분석범위(영역 및 고도)가 허가 구역을 이탈하면 경고를 발생한다.
- ⑤ 상승 가능성 분석 : 무인항공기의 상승률을 고려하여 항로선을 따라 진행했을 때 다음 항로점의 설정 고도만큼 상승하지 못하면 경고를 발생하고 운용자에게 상승을 위한 선회시간을 제시한다. Fig. 6에서 항로점#2와 같이 설정 고도를 맞추기 위해 선회 상승(Spiral Up)이 요구되면 해당 항로선 분석에서 경고가 발생된다. 하지만, 항로점#4와 같이 설정 고도를 맞추기 위해 선회 하강(Spiral Down)이 요구되면 안전상 문제가 없다고 판단하여 경고를 발생하지 않는다.

(2) 항로점 분석

항로점 분석은 비행항로를 구성하는 각 항로점(Fig. 5의 작은 원)에 대해 안전 여부를 분석하는

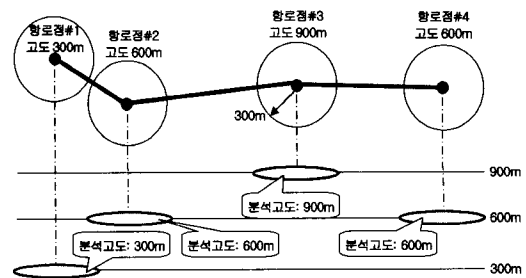


Fig. 7. Concept of the waypoint analysis

것이다. Fig. 7의 분석 개념에서 알 수 있듯이 항로점의 분석영역은 무인항공기의 선회 반경을 고려한 원이며, 분석고도는 해당 항로점의 설정 고도를 사용한다. 항로점의 분석범위(영역과 고도)에 대해 ① 통신 가시선 확보 분석, ② 충돌 분석, ③ 제한구역 침범 분석, 및 ④ 허가 공역 이탈 분석을 항로선과 동일한 방법으로 수행한다.

2.6 귀환점 설정 및 귀환경로 분석

귀환점은 지상통신장비와 무인항공기간에 통신이 단절되는 경우 무인항공기가 돌아올 3차원 위치(좌표와 고도)를 의미한다. 통신 두절은 무인항공기 체계에서 발생하는 대표적인 비상 상황 중의 하나이다. 기존 무인항공기 체계는 통신 두절이 발생되면 무인항공기가 잠시 동안 통신 회복을 대기하다가 곧바로 귀환점을 향해 돌아오는 기법을 사용한다. 이 분석 기법은 제한구역을 횡단하는 등의 위험한 순간을 초래할 수 있으므로 새로운 귀환경로 분석을 설계하였다.

본 논문에서 제안하는 귀환경로 분석은 비행항로를 활용하는 기법으로 분석 개념은 Fig. 8과 같다. 귀환경로 분석은 임무계획에 비행항로가 설정되어 있고, 항로점 분석과 같은 방법으로 귀환점 분석을 수행한 결과가 성공일 때에만 그 의미를 갖는다. 새롭게 제안하는 귀환경로 분석의 세부 알고리즘은 다음과 같다.

㉑ 각 항로점과 귀환점을 연결하는 선분에 대해 항로선과 같은 방법으로 안전성을 분석한다. 즉, 분석범위(연결선의 좌/우 영역과 비상 귀환 고도)에 대해 ① 통신 가시선 확보 분석, ② 충돌 분석, ③ 제한구역 침범 분석, 및 ④ 허가 공역 이탈 분석을 수행한다.

㉒ Fig. 8에서 볼 수 있듯이 ㉑의 분석 결과가 성공인 항로점에는 직접('D', Direct) 귀환 속성을 설정한다.

㉓ Fig. 8에서 볼 수 있듯이 ㉒의 분석 결과가 실패인 항로점에는 비행항로의 진행방향인 순방향('F', Forward)과 역방향('B', Backward)으로 귀환

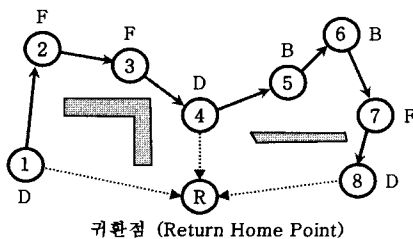


Fig. 8. Concept of the RH route analysis

환점까지 거리를 비교하여 작은 거리를 갖는 방향으로 귀환 속성을 설정한다.

2.7 정찰구역 설정 및 분석

정찰구역은 무인항공기를 특정한 정찰패턴으로 비행하거나 기존 임무에서 획득한 정찰영상을 추출하기 위해 설정된다. 정찰구역은 원 또는 이등변 사각형 형태이며, 운용영역과 최저 운용고도를 포함하는 3차원 형태로 설정된다. 임무계획 단계에서 각 정찰구역에 대한 안전성 분석은 분석범위(영역과 최저 운용고도)에 대해 ① 통신 가시선 확보 분석, ② 충돌 분석, ③ 제한구역 침범 분석, 및 ④ 허가 공역 이탈 분석을 수행한다.

III. 임무통제 단계

임무통제 단계는 임무가 수행되는 비행 중인 상태를 의미한다. 3장에서는 무인항공기의 좌표, 고도 및 비행 방향 등의 비행 정보를 사용하여 비행 중에 수행되는 임무통제 분석 기법들이 제시된다.

3.1 실시간 통신 가시선 분석

실시간 통신 가시선 분석은 무인항공기가 현재 위치(좌표 및 고도)에서 기수(heading) 방향으로 진행할 경우 무인항공기와 지상통신장비 간에 통신 가시선이 확보될 수 있는가를 분석하는 것이다. Fig. 9의 분석 개념에서 알 수 있듯이 실시간 통신 가시선 분석의 분석 영역은 사각형이다. 분석 영역을 구성하는 기수 방향의 전방과 좌/우 분석 범위는 비행 속도, 선회율 및 분석 주기에 따라 설정된다. 즉, 회피 기동을 위해 확보해야 할 분석 범위는 아래 식(시간에 따른 비행체 선회 거리)을 사용하여 구할 수 있다.

$$L(t) = \frac{V \cdot \sin(\alpha \cdot t)}{\alpha} \tag{4}$$

식에서 V 는 비행 속도[m/sec]를, α 는 선회율

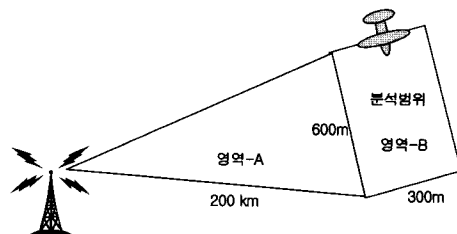


Fig. 9. Concept of the realtime LOS analysis

[radian/sec]을, 그리고 t 는 시간[sec]을 의미한다. 즉, $L(t)$ 는 V 라는 속도로 진행하던 무인항공기가 α 라는 선회율로 선회할 때 현재 기수 방향 및 선회 방향으로 진행하는 거리이다. 전방과 좌/우 분석 범위는 식 (4)의 계산 값, 분석 주기 및 운전자 반응 시간을 고려하여 설정된다. 예를 들어 분석 주기가 1초이고, 운영자의 반응시간이 3초이며, 40[m/sec] 속도로 진행하는 무인항공기를 15[deg/sec] 선회율로 180도 선회한다고 가정하자. 이런 경우 전방 분석 범위는 분석 주기와 반응 시간이 추가되어 $152 + (40 \times 4)$ [m] 이상이 요구된다. 또한, 좌/우 분석 범위는 180도 선회를 위해 152×2 [m] 이상이 각각 요구된다.

통상적인 실시간 통신 가시선 분석 기법은 Fig. 9의 영역-A와 영역-B에 해당되는 지형고도 자료를 읽어 식 (3)에 의해 통신 가시선 확보 여부를 분석한다. 이에 비해 본 논문은 임무계획 단계의 통신 가시선 분석 결과를 활용하는 분석 기법을 제안한다. 새로운 분석 기법은 임무계획 단계의 분석 결과 중에서 영역-B에 해당되는 통신 가시선 분석 결과 값들이 무인항공기의 현재 고도보다 큰가를 비교한다. 새로운 기법이 가능한 이유는 무인항공기가 비행을 할 때 무인항공기 체계의 지상장비가 고정되기 때문이며, 기존 기법보다 5배 이상 처리 속도가 향상됨을 확인하였다. 실시간 통신 가시선 분석을 수행한 결과, 가시선 미확보가 예상되면 경고가 발생된다.

3.2 충돌 분석

충돌 분석은 무인항공기가 현재 위치에서 기수 방향으로 진행할 경우 지형과 충돌 위험이 있는가를 설정 주기마다 분석하는 것이다. Fig. 10의 분석 개념에서 볼 수 있듯이 충돌 분석의 분석 영역은 사각형이다. 분석 영역을 구성하는 기수 방향의 전방과 좌/우 분석 범위는 식 (4)를 활용하여 구할 수 있는데, 편의상 실시간 통신 가시선 분석과 동일하게 설정된다. 충돌 분석은 Fig. 10

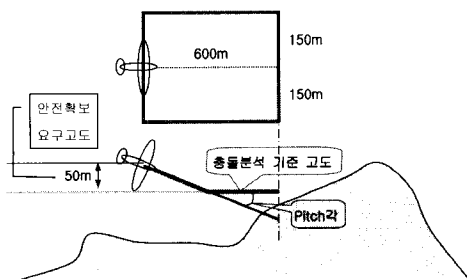


Fig. 10. Concept of the UAV crash analysis

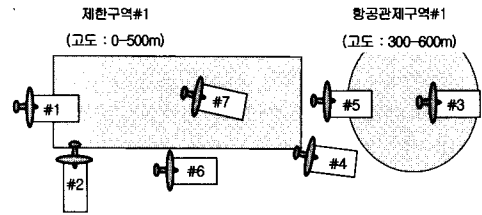


Fig. 11. Concept of the restrict zone analysis

에서 알 수 있듯이 분석 영역에 대해 현재 pitch 각과 안전 확보 요구고도를 고려하여 지형과 충돌 여부를 분석한다. 여기서 안전 확보 요구 고도는 무인항공기의 pitch각에 따라 충돌 경고가 불필요하게 발생하는 것을 방지하기 위한 설정 파라미터이다. 즉, 지형과의 충돌 여부는 Fig. 10과 같이 무인항공기의 현재 고도로부터 지형 방향으로 안전 확보 요구고도까지만 확보한다. 즉, Fig. 10의 경우에는 충돌 경고가 발생되지 않는다. 충돌 분석을 수행한 결과, 지형과의 충돌이 예상되면 경고가 발생된다.

3.3 제한구역 침범 분석

제한구역 침범 분석은 무인항공기가 현재 위치에서 기수 방향으로 진행할 경우 제한구역을 침범할 위험이 있는가를 설정 주기마다 분석하는 것이다. Fig. 11의 분석 개념에서 볼 수 있듯이 제한구역 침범 분석의 분석 영역은 사각형이다. 분석 영역을 구성하는 기수 방향의 전방과 좌/우 분석 범위는 식 (4)를 활용하여 구할 수 있다. 기존 분석 기법은 각 제한구역에 침범 여유거리를 설정하고, 무인항공기의 현재 위치가 제한구역의 침범 여유거리 이내에 있는가를 분석했다 [7]. 하지만 두개의 인접한 제한구역 사이로 비행하는 경우에는 충돌 분석과 같이 분석하는 것이 효율적이므로 새로운 분석 방법을 창안하였다. 새로운 제한구역 침범 분석 기법은 분석 영역 중에서 한 점이라도 제한구역에 포함되면 경고를 발생한다. 예를 들어 Fig. 11에서 고도를 제외하고 수평적으로 판단할 때 홀수에서는 제한구역 침범 경고가 발생된다.

3.4 허가 공역 이탈 분석

허가 공역 이탈 분석은 무인항공기가 현재 위치에서 기수 방향으로 진행할 경우 허가 공역을 이탈할 위험이 있는가를 설정 주기마다 분석하는 것이며, 유인 항공기의 항공관제(air traffic control, ATC)와 동일한 개념이다. Fig. 12의 분석 개념에서 볼 수 있듯이 허가 공역 이탈 분석의 분

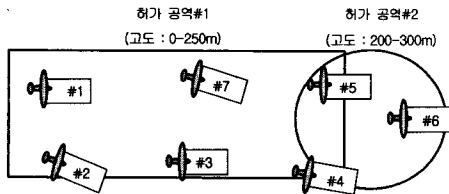


Fig. 12. Concept of the ATC analysis

석 영역은 사각형이다. 분석 영역을 구성하는 기수 방향의 전방과 좌/우 분석 범위는 식 (4)를 활용하여 구할 수 있는데, 편의상 제한구역 침범 분석과 동일하게 설정된다. 기존 분석 기법은 각 허가 구역에 이탈 여유거리를 설정하고, 무인항공기의 현재 위치가 허가 구역의 이탈 여유거리 이내에 있는가를 분석했다[7]. 하지만 충돌 분석과 같이 분석하는 것이 효율적이므로 분석 방법을 변경하였다. 새로운 허가 구역 이탈 분석 기법은 분석 영역에 포함되는 모든 점이 허가 구역이 포함되지 않으면 경고가 발생된다. 예를 들어 Fig. 12에서 고도를 제외하고 수평적으로 판단할 때 좌수에서는 허가 구역 이탈 경고가 발생된다. 앞서 2.3절에서 기술된 바와 같이 허가 구역은 4차원으로 설정되므로 허가 구역 이탈 분석 시는 각 허가 구역에 대한 허가 시간이 고려된다.

3.5 정찰구역 분석

정찰구역 분석은 무인항공기의 현재 좌표가 특정 정찰구역에 포함되는 경우에 한하여 현재 비행 고도가 해당 정찰구역의 최저 운용 고도보다 낮은가를 분석하는 것이다. 이 분석은 정찰용 무인항공기 체계의 경우 상당 시간 무인항공기가 정찰구역에 위치하는데, 운용자가 근접 영상을 얻기 위해 규정보다 낮게 비행하는 실수를 방지하기 위함이다.

IV. 결 론

본 논문은 무인항공기의 안전한 운항을 위해 임무계획 단계와 임무통제 단계에서 수행하는 여러 가지 분석 기법을 제안하였다. 임무계획 단계에서는 무인항공기가 기동될 중복도시요소(이착륙 구역, 비행항로, 귀환경로 및 정찰구역 등)에 대해 안전성 분석을 수행한다. 반면에 임무통제 단계에서는 무인항공기의 비행 정보(좌표, 고도, 기수방향 및 pitch각 등)를 고려하여 안전성 분

석을 수행한다. 각 중복도시요소의 목적에 따라 추가적인 분석이 수행되지만, 결론적으로 안전성 분석이란 4가지(① 통신 가시선 분석, ② 충돌 분석, ③ 제한구역 침범 분석, 및 ④ 허가 구역 이탈 분석)로 요약될 수 있다.

편의상 본 논문에서는 설명하지 않았지만, 안전성 분석을 수행할 때 항법장치의 위치 오차와 기압 고도계의 고도 오차가 분석 범위를 설정할 때 여유 거리와 여유 고도로 포함되어야 한다. 또한 운전자 편의를 위해 예상소요 시간 및 연료량 예측 분석, 각종 단면도 분석 및 3차원 분석 등이 일반적으로 분석 기법에 포함된다.

제안된 분석 기법들은 임무통제/도시 소프트웨어로 구현되어 무인항공기 체계의 지상통제장비에 설치되었으며, 안전한 비행에 필수적인 기술임이 비행시험을 통해 입증되었다. 특히, 본 논문에서 제시된 분석 기법들은 대부분의 무인항공기 체계에 적용될 수 있으며 안전한 운항을 위해서 적용 및 발전시켜야 할 것으로 사료된다.

참고문헌

- 1) 김종성, "무인항공기 발전추세", 지상무기체계 발전 세미나, 1998, pp. 417-441.
- 2) 김성배, "무인항공기 개발의 경제성과 기술 발전 추세", 한국국방경영분석학회지, 제28권, 제1호, 2002, pp. 136-149.
- 3) 김용식, "무인항공기 운용 및 개발방향", 군사평론, 통권362호, 육군대학, 2003, pp. 145-191.
- 4) 류철형 외, "정찰용 무인항공기 체계의 지상통제장비 개발현황", 지상무기체계 발전 세미나, 2001, pp. C13-C22.
- 5) 류철형 외, "무인기 자동이착륙을 위한 지상통제장비 개발", 한국항공우주학회 춘계학술발표회, 2004, pp. 721-725.
- 6) 임철호 외, "스마트 무인기 기술개발 사업의 추진현황 및 향후 계획", 한국항공우주학회지, 제32권, 제4호, 2004, pp. 118-127.
- 7) 류철형 외, "무인 항공기체계의 임무계획 및 통제에 관한 연구", 항공기 개발기술 심포지움, 2000, pp. 170-178.
- 8) 류철형 외, "무인기 자동이착륙을 위한 임무통제/도시 소프트웨어 개발", 한국항공우주학회 춘계학술발표회, 2004, pp. 730-733.
- 9) 인터넷 자료, "Overlay generation", <http://www.cdlsystems.com/takethetour.html>.