

論文

KA-32T 헬리콥터 시뮬레이터를 위한 훈련 시나리오 연구

정지훈*, 강승온*, 이기학**, 박용진*, 고강명*, 함대영***, 이동호***, 전향식****, 최형식****

The Study of Training Scenario for the KA-32T Helicopter Simulator

Jihoon Jeong, Seungon Kang, Kihak Lee, Yongjin Park, Kangmyung Ko, Daeyoung Ham, Dongho Lee*, Hyangsig Jun, Hyungsik Choi

ABSTRACT

The purpose of this study is to develop a training scenario for KA-32T helicopter simulator. First, the concept of training scenario are classified into training elements and training information. Secondly, the training elements are defined according to the property of each element: flight phase, situation, and environment. The main mission of KA-32T on the operation of KFS(Korea Forest Service) is the forest fire extinguishment mission, and it is divided into the two disciplines: water supply and water discharge. Finally the mission scenario for two disciplines are defined and developed as the combination of the normal procedures of training scenario and the mission procedures.

Key Words : 헬리콥터 시뮬레이터(Helicopter Simulator), 훈련 시나리오(Training Scenario), 임무 시나리오(Mission Scenario), 산불 진화 임무(Forest Fire Extinguishment Mission)

1. 서 론

전자항법 및 관제통신, 항행유도시설의 발달로 인해 항공사고 발생률은 지속적으로 감소되어 왔다. 지금까지의 항공사고 동향을 살펴보면, 이러한 기술발달로 인해 항공기 기계결함, 공항, 기상 등 기계적, 물리적 요인에 의한 사고는 급격히 감소되고 있지만 아직도 항공사고의 약 70%를 점하고 있는 인적요인(Human Factors)에 의한

사고 발생률은 정체상태이거나 오히려 증가되는 경향을 보이고 있다. 항공사고율을 낮추기 위해서는 기계적, 물리적 요인의 제거에 앞서 운항승무원에 대한 체계적인 훈련이 가장 먼저 이루어져야 하며, 이를 위해서는 기존의 시스템에 인적요소를 고려한 훈련 프로그램의 정립이 필수적이다. 80년대 이후 고정익 정기 항공사들이 이에 주목하여 CRM(Crew Resource Management)[1], LOFT(Line Oriented Flight Training)[2] 기법을 발전시켜 왔고, 국제민간항공기구(ICAO) 및 각국 정부에서도 시뮬레이터에 의한 조종사 초기 훈련(Initial Training), 6개월마다의 정기 훈련(Recurrent Training)을 의무화하여 과실, 착오, 판단 및 행동오류 등 인적요인에 의한 사고 예방에 전력을 다하고 있다.

고정익 항공기의 경우와 유사하게, 최근 국내에서 발생한 민간 헬리콥터 사고 현황을 보면 사

2007년 11월 6일 접수 ~ 2008년 4월 8일 심사완료

* 서울대학교 대학원 기계항공공학부

** 서울대학교 대학원 기계항공공학부/두산중공업 기술연구원

*** 서울대학교 항공우주신기술연구소

연락처자, E-mail : donghlee@snu.ac.kr

서울시 관악구 신림동 서울대학교 151-742

**** 한국항공우주연구원

고원인의 대부분이 조종사 과실에 의한 것임을



Fig 1. 산림청에서 운용중인 KA-32T

확인할 수 있다.[3] 이는 헬리콥터 조종사 교육이 보다 체계적이고 효율적인 훈련 프로그램이 필요함을 의미한다. 그러나 90년대 이후 산불 진화, 환경 감시 등 다양한 목적으로 헬리콥터 운항이 크게 확대되어 왔음에도 불구하고 헬리콥터 조종사에 대한 훈련이 고정익처럼 체계화, 과학화, 제도화 되어 있지 않은 실정이다.[4]

헬리콥터는 제자리 이착륙 및 비행이 가능하다는 특성으로 인해서 대부분의 비행 임무들이 화물 공수나 산불 진화처럼 난해하고 위험한 특수 임무인 경우가 많다. 그러므로 헬리콥터 조종사에게 있어서 이러한 특수 임무에 대한 충분한 훈련이 매우 중요하며, 효과적인 훈련 시스템을 구축하는 것이 사고를 방지하기 위한 지름길이라 할 수 있다. 모의비행훈련장치로 불리는 시뮬레이터 장치는 적은 비용으로 다양한 훈련 상황을 모사할 수 있으므로, 조종사 과실로 인한 사고를 예방하는데 큰 도움이 된다.

헬리콥터 시뮬레이터의 경우 그동안 국산화 시도가 이루어지지 못하였으나 최근 한국항공우주 연구원의 주관 아래 KA-32T(Fig. 1)를 위한 국산 헬리콥터 시뮬레이터 개발이 활발히 진행되고 있다. KA-32T는 러시아의 KUMERTAU사(社)에서 군용 및 민간용으로 제작된 다목적 동축반전 헬리콥터로서, 화물공수, 산불진화, 항공방제와 같은 특수임무 수행에 적합한 기종이다. 국내에서는 현재 산림청, 해양경찰청, 소방본부, 국립공원 관리공단 등에서 운영 중이다.

본 연구에서는 헬리콥터 시뮬레이터 개발에서, 조종사 훈련 프로그램에 적용될 수 있는 훈련상황을 구현하기 위한 시나리오를 구성하였다. 이를 위하여 비행 매뉴얼의 내용을 바탕으로 훈련 시나리오를 구성하는 각 요소들을 그 성격에 따라 비행 과정 요소, 상황 요소, 환경요소로 나누어 정의하였다. 그리고 산불진화 임무훈련을 위

한 임무훈련 시나리오도 함께 정의하였다.

II. 훈련 시나리오

2.1 훈련 시나리오의 구성 요소

체계적인 시뮬레이터 훈련을 위해서는 실제 비행 상황과 동일한 훈련 상황을 교관석에서 조종석으로 제공하여야 한다. 실제 훈련에서 사용되는 비행 매뉴얼을 시뮬레이터의 교관석에서 시나리오 형식으로 구현하기 위해서는 훈련 시나리오의 속성에 대해 고찰하고 각 구성 요소를 정의할 필요가 있다. 따라서 훈련 시나리오의 구성 요소를 크게 훈련요소(Training Element)와 훈련 정보(Training Information) 2가지로 구분하였다.

2.1.1 훈련요소

먼저 훈련요소는 그 성격에 따라 비행과정요소(Flight Phase), 상황요소(Situation), 환경요소(Environment)로 나누어 정의하였다.

① 비행과정요소

비행과정요소는 항공기의 일반적인 비행 과정으로서 이륙에서 착륙까지 각 과정의 절차 모음이다. 교관석의 UI(User Interface)로부터 시나리오 형태로 훈련 상황이 구현될 수 있게 하기 위해서 KA-32T 비행 매뉴얼[5]의 내용을 바탕으로 항공기의 일반적인 비행절차들을 각각의 비행과정요소로 정의하였다. 시뮬레이터 훈련의 경우 특정한 비행과정에 대한 훈련을 반복하여 훈련 효과를 보다 높이기 위해서 이와 같이 각각의 비행요소를 독립적으로 구성하였다. 비행 매뉴얼에서는 이러한 절차를 정상절차로 정의하고 있으며 정상절차는 각 비행과정에 대한 준비과정 및 이행사항으로 구성되어있다. 이와 같이 구성된 각각의 비행과정요소들이 훈련 시나리오의 기본 뼈대를 이루게 된다.

② 상황요소

각 비행 과정에서 항공기가 처할 수 있는 비정상적인 상황을 구현하고 이에 대한 대처법을 훈련하기 위하여 상황요소를 정의하였다. 구체적인 예로는 엔진 고장, 기내 화재 같은 돌발상황들이 상황요소에 해당되며, 이때 발생한 상황의 위험 정도에 따라 비정상상황과 비상상황으로 구분하였다. 비행 매뉴얼의 비정상, 비상절차 부분을 바탕으로 구성하였다.

③ 환경요소

환경요소는 비행중인 항공기의 상태에 대한 객관적인 수치정보로서 이를 통해 현재 비행상황이 정상상황인지 비정상 혹은 비상상황인지 구분하게 된다. 지도상의 위치, 고도, 날씨, 대기상태 등 항공기의 외부 상태와 기체의 자세, 기수의 방향, 무게중심, 중량, 연료량 등의 항공기 내부 상태로 나눌 수 있다.

2.1.2 훈련정보

다음으로 훈련정보(Training Information)를 언급할 수 있는데, 교관 및 훈련생에 대한 정보와 인근공항 이나 주변을 비행하고 있는 다른 항공기에 대한 정보들이 훈련 정보 요소에 해당된다. 그리고 체계규격요구서(RFP)[6]에 따라 훈련생의 교육성과에 대한 내용이 훈련 시나리오의 범주에 포함되어야 하므로 훈련생에 대한 교관의 평가 결과를 함께 포함시킨다. 아울러 훈련에 참석하는 교관에 대한 정보, 즉 비행경력 및 교관으로서의 경력 등이 함께 포함되어야 한다.

이와 같이 정의된 기본훈련 시나리오에 대한 블록 다이어그램을 Fig. 2에 나타내었다. [7]



Fig 2. 훈련 시나리오 Block Diagram

2.2 각 절차의 구현

비행과정요소와 상황요소를 구성하기 위해 비행 매뉴얼을 바탕으로 하여 정상절차와 비정상절

차 및 비상절차를 구현하였다.

2.2.1 정상절차 (Normal Procedures)

정상절차 훈련은 모든 훈련의 가장 기본적인 면서 필수적인 항목이라 할 수 있다. 일반적인 고정익 항공기의 정상절차는 비행준비-활주-이륙-상승-순항-강하-착륙-엔진정지 및 주기 순서로 이루어진다. 본 연구의 훈련 시나리오의 적용 기종인 KA-32T의 경우는 회전익 항공기의 특징이라 할 수 있는 제자리 비행 및 수직 비행 부분이 추가되었으며, 이는 비행 매뉴얼의 정상 비행절차 부분을 바탕으로 구성하였다.

2.2.2 비정상절차(Abnormal Procedures)

정상상태는 아니지만 비행을 당장 중단해야 될 정도로 위험한 사태는 아닌 경우를 비정상상태로 정의한다. 비정상절차의 경우 대부분이 매뉴얼에서 지시하는 적절한 조치를 취한 후에는 비행을 계속할 수 있다. 비정상절차의 예로는 한 쪽 엔진 고장, 유압 시스템의 고장 등이 있으며 대표적인 비정상절차인 한 쪽 엔진 고장[7]을 Table. 1에 수록하였다.

Table 1. 비정상절차 구성 (예: Single Engine Failure) [7]

Name	Single Engine Failure
Indications	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Helicopter-out of trim and height loss ▪ Sound-Engine coming to stop ▪ FAIL ENG (LH or RH) light - ON ▪ MASTER CAUTION light - ON ▪ Affected engine Gas Generator RPM decreases
Procedure	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Maintain heading and landing attitude ▪ Collective - Adjust to control rate of descent and landing ▪ Accomplish landing on main wheels ▪ After landing : Collective - Full down Wheel brake - Apply Complete engine shutdown Deenergize helicopter

KA-32T 비행 매뉴얼에 의하면 비정상절차는 크게 각 상황별 증상과 승무원의 대처 행동방안으로 구성되어 있다. Table. 1에서 증상에 해당하는 내용들은 실제 비행 중에 이러한 비정상 상황이 발생하였음을 알려주는 증상들이기 때문에, 시뮬레이터 훈련에서도 영상 및 조종석 재현장치로부터 동일하게 구현되어야 할 부분이 된다.

승무원의 대처 행동방안들에 대한 내용은 이러한 비정상 상황이 발생했을 때 훈련생이 실행

해야할 동작 절차에 해당되고, 시뮬레이터에서는 본 절차대로 훈련생이 조치를 취하고 있는지 확인하여 훈련생의 교육성과에 대한 평가정보로서 이용하게 된다.

2.2.3 비상절차 (Emergency Procedures)

비상절차는 항공기 운항 중 심각한 지장을 줄 수 있는 여러 상황이 발생했을 때 승무원이 취해야할 적절한 절차와 점검목록을 언급한 것이다. 비상상황은 발생 즉시 증상에 해당되는 조치를 취한 후 가까운 공항이나 착륙이 가능한 장소에 비상착륙해야 하는 경우가 대부분이다.

Table 2. 비상절차 구성 (예: Engine Fire in Flight) [7]

Name	Engine Fire in Flight
Indications	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Master Caution light - ON ▪ Check Fire light - ON ▪ Audio signal - ON ▪ Excessive ITT ▪ Visible smoke of fire ▪ Fumes
Procedure	<ul style="list-style-type: none"> ▪ LH ENG FIRE light - ON or OFF, Check ▪ RH ENG FIRE light -ON or OFF, Check ▪ Shut-off lever - Closed ▪ Fuel shut-off valve - Closed (cap open) ▪ Fire extinguishing system - Discharged automatically <p>Note Helicopter fire extinguishers - Use to eliminate the fire if required</p>

비상절차의 주요 예로는 엔진 화재, 양쪽 엔진 고장, 발전기 고장 등이 있으며 비상 착륙이나 수면 위로의 착수도 포함된다. 비상절차 중 대표적인 예로서 운항 중 엔진화재의 경우[7]를 Table. 2에서 나타내었다. 비정상 절차와 마찬가지로 각 상황별 증상과 승무원의 대처 행동방안으로 구성되어 있다.

2.3 훈련 시나리오의 구성방법

훈련 시나리오를 구성하기 위해 먼저 훈련 요소의 비행 과정 요소로부터 각 비행 단계를 선택하여 시나리오의 기본 뼈대를 구성하고 각 단계에 상황 요소와 환경요소를 배치한다.

훈련 시나리오의 구성은 다음 두 가지 방법을 선택할 수 있다. 먼저 일반적인 훈련 시나리오 구성 방식으로서 비행 과정 요소와 동시에 상황

요소 및 환경 요소들을 같이 사전 설정하는 방법이다. 교관은 훈련 목적에 맞게 미리 구성된 스토리 라인을 적용하여 훈련을 진행한다. 따라서 미리 정해진 상황 요소들을 연습하게 되는 방식으로 훈련이 진행되므로, 훈련생은 사전에 훈련 도중 어떤 상황 요소들이 발생하는지 알고 있는 상태에서 훈련이 시작된다.

두 번째로 훈련 중에 각 비행 단계별로 교관이 즉석에서 원하는 상황 요소 및 환경 요소를 불러올 수 있게 하는 방법이다. 훈련 상황에 따라 교관이 임의로 상황 요소를 추가, 변경 혹은 삭제할 수 있고, 환경 요소는 호출된 값을 그대로 사용하거나 교관의 의도에 따라 그 값을 수정한다. 따라서 훈련생은 각 비행 단계에서 어떤 돌발 상황이 일어나는지 알 수 없는 상태로 훈련에 임하게 되므로 이러한 방법은 숙달된 훈련생에게 돌발적인 상황에서의 대응 능력을 기를 수 있는 장점을 가진다.

2.4 훈련성과에 대한 평가

실제 비행 훈련에서는 교관이 동승하거나 외부에서 훈련 과정을 실시간으로 관찰하고 훈련 성과에 대한 평가를 내리게 된다. 시뮬레이터의 경우 훈련 과정에서 행해지는 훈련생의 모든 조작정보를 기록하고 비행시간 동안의 환경요소들을 모두 저장할 수 있기 때문에 훈련 종료 시 교관이 이와 같은 비행기록들을 참고하여 평가를 내릴 수 있다. 이와 같은 방법은 교관에게 보다 수월하게 평가를 내릴 수 있는 환경을 제공할 수 있는 장점을 가진다. 훈련성과에 대한 평가는 교관에 의해 다음과 같은 기준으로 이루어진다. 정상절차는 시뮬레이터 훈련의 가장 기본적인면서 필수적인 항목이므로 각 비행단계별 절차를 충실히 이행하는가에 대한 평가가 최우선으로 행해져야 한다. 비정상절차와 비상절차의 경우, 어떤 상황이 발생했는지 얼마나 신속하게 파악하고 매뉴얼대로 조치를 취하는지에 중점을 둔다.

Table 3. 훈련 시나리오 구성 개요 - 전체 훈련

Flight Phase	Situation	Environment	점수
1	비행 준비	정상 127E37N, 0ft, etc.	
2	이륙	정상 127E37N, 5ft, etc.	
4	상승	정상 127E36N, 200ft, etc.	
5	순항	비상 12 128E36N, 4000ft, etc.	
6	하강	비정상 4 128E37N, 200ft, etc.	
7	호버링	비정상 7 127E37N, 20ft, etc.	
8	착륙	정상 127E37N, 0ft, etc.	

2.5 구성된 훈련 시나리오 예시

Table. 3은 전체 훈련을 하는 경우의 훈련 시나리오에 대한 개요이다. 환경요소에서 훈련장소를 나타내는 경위도 좌표의 경우 강원도 원주지역의 경위도 범위를 포함하도록 설정하였다. 각 비행 과정 요소별로 독립적인 시나리오 구성이 가능하므로 실제로 방대한 종류의 시나리오를 구성할 수 있다. 초등 훈련생의 경우 각 비행단계별로 독립적인 훈련 시나리오를 적용하는 방법으로, 특정훈련만 집중적으로 실시하여 훈련효과를 극대화할 수가 있다. 전체비행과정을 모두 실시하는 경우 모든 상황요소를 '정상'으로 하여 일반적인 비행훈련을 하거나, 각 비행 단계마다 상황요소를 비정상, 혹은 비상상태로 설정하여 보다 더 고난이도의 훈련을 실시할 수가 있다. Table. 3에서는 순항단계에서 비상상황이, 하강과 호버링 단계에서 비정상 상황이 설정되어있다. 실제 훈련 시에는 목적에 따라 다양한 형태로 설정이 가능하며 구성된 훈련시나리오의 예로서 이륙과정에 대한 환경요소 설정값 및 평가항목[5]을 요약하여 Table. 4에 나타내었다.

Table 4. 훈련 시나리오 - 이륙 훈련

1. Environmental Setting	
(1) Aircraft	
① Date/Time	: 2007/10/17
② Aircraft Info	
- Altitude	: 0 ft
- Position	: 127E37N
- Airspeed	: 10 km/h
- Heading	: 10 degree
- On Ground and Off Ground	
③ Slung Load	
- Attach	
- Load Length	: 2 m
- Load Weight	: 100 kg
④ Engine	
-Engine Status	: On
⑤ Fuel	
- Quantity	: 3000 l
⑥ Water Tank	
- Quantity	: 2500 l
⑦ CG Offset	: 1 m
(2) Airfield	
① Current Runway Information	
- Wonju	
- Altitude	: 500 ft
- Position	: 127E37N

② Runway	- Runway Condition : Patch Wet				
	- Runway Visual Range : 100 ft				
③ Airport Light					
	- Approach Number : 15R				
	- Lightings On Helipad				
	Landing : 80%				
	Target : 80%				
(3) Winds					
① Atmosphere					
	- Model : Cold				
	- Lapse Rate : Default				
	- Pressure : standard atmosphere				
	- Temperature : standard atmosphere				
Top	On/Off	Altitude (ft)	Horizontal Speed (km/h)	Vertical Speed (km/h)	Direction (degree)
↑	Off	700	60	0	25
	On	500	60	10	20
	On	100	20	8	15
Bottom	On	10	15	6	0
	On	Bottom	10	2	0
(4) Weather					
① Weather Type : Rain					
② Weather Severity : Middle					
③ Cloud					
- Cloud On/Off : On					
- Density : 10 m					
- Top Height : 600 ft					
- Bottom Height : 400 ft					
④ Fog					
- Fog : Off					
- Patch Fog : Off					
- Fog Density : Default					
2. Evaluation [5]					
(1) Collective pitch - INCREASE to hover					
(2) Directional control - As required to MAINTAIN desired HEADING					
(3) Cyclic control - As required to MAINTAIN desired POSITION					
(4) Collective - As required to MAINTAIN desired HEIGHT					
(5) Trim button - Press to unload controls					
(6) Hover Check					
① Engines -WITHIN LIMITS					
② Balancing - Neutral position of Cyclic					
③ Ability to perform takeoff under given conditions -CHECK					
④ Instrument Reading -CHECK					

III. 임무 시나리오

3.1 임무 시나리오의 개념

임무훈련이란 특정한 임무수행을 위한 절차를 연습하는 것이다. 기본비행훈련 역시 장소 이동에 대한 임무를 수행하는 것이므로 넓은 의미에서의 임무훈련이라 할 수 있다. 그러나 본 연구에서 정의하는 임무훈련은 장소 이동을 제외한 다른 특정한 목적을 가진 임무로서 예를 들면 화

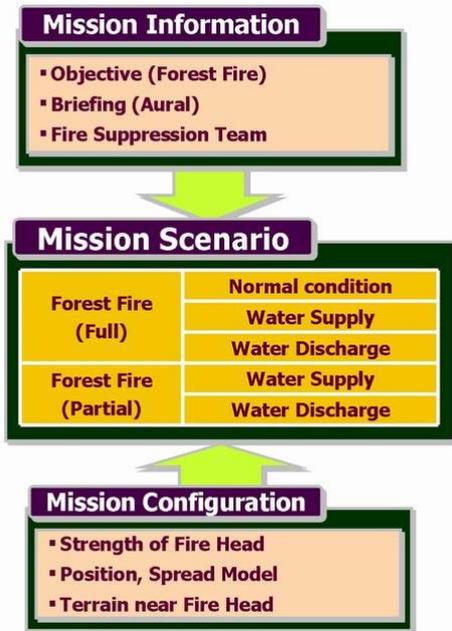


Fig 3. 임무 시나리오 Block Diagram

물수송이나 산불진화, 항공방제에 대한 훈련으로 그 범위를 한정하였다. 임무 시나리오는 비행 과정 요소인 훈련 시나리오에 정해진 임무 수행에 대한 절차들이 추가되는 것이다. 즉, 항공기가 주어진 임무를 수행하기 위한 절차를 해당되는 비행과정에서 실시하는 것이다. 항공 방제 임무의 경우, 이륙 후, 방제 지점으로 순항·접근 한 후 방제 임무 절차를 수행하고 다시 기지로 귀환하는 순서로 훈련이 이루어진다. 이는 활주→이륙→상승→순항→하강→방제임무수행→상승→순항→하강→착륙으로 임무 시나리오를 구성할 수 있다. 본 연구에서는 산림청에서 운영하고 있는 KA-32T의 주임무인 산불 진화 임무에 대한 임무 시나리오를 구성하였다.

Table 5. 산불 진화 임무 절차 [8]

절차	임무 내용
상황 파악 및 산불 지역 확인	<ul style="list-style-type: none"> 산불 지역 도착 시 조종사 확인 사항 - 연기 상태, 기류, 풍향·풍속 산불지역 확인 - 강, 도로, 다리에 의해 위치 확인
바람의 이용	<ul style="list-style-type: none"> 바람방향 : 물 투하 결과에 상당한 영향을 미치므로 특별히 고려되어야 할 사항 측풍(cross-wind) 비행 : 연기에 의해 조종사가 덜 방해 받게 됨 물 투하 시 산불 정상 부 진행방향에서 편류
목표 접근	<ul style="list-style-type: none"> 접근 시 원하는 투하속도로 목표 접근 (상승접근/하강접근/수평접근) 산악지역에서 항공기는 어디든지 접근이 가능 (산 정상보다는 비탈을 따라 목표지점 접근) 산악지역에서 강한 바람은 기체하강을 야기.
물 투하 기술	<ul style="list-style-type: none"> 물 투하 시 중요한 요인 - 속도와 고도, 바람의 효과 등을 고려 물 투하 고도 - 가능한 낮은 고도에서 투하 - 낮은 낙하고도는 소화제의 증발, 분산을 최소화하며 침투가 용이. 매우 낮은 고도는 식물에 불필요한 피해를 유발, 조종사의 높은 조작기술을 요함. 물 투하 요령 - 물은 한 장소에 낙하되지 않고 항공기 경로 (Track)를 따라 앞으로 투하. - 최상의 고도와 속도, 바람의 효과를 동시에 판단하는 법을 익혀야 함. - 빠르게 확산되는 높은 온도의 불은 많은 양의 물을 투하하여 효과적으로 진화.
물 투하 후 이탈	<ul style="list-style-type: none"> 갑작스런 항공기 중량의 감소로 기체상승 상태와 그 효과로 인한 미부 부분의 하강기류 발생.
재급수 이동	<ul style="list-style-type: none"> 투하지역을 확인하고 항공기간 상호 경계를 하면서 안전하게 이탈하여 재 급수지로 이동. 이동 중 연료상태를 체크한 후 차후 물 투하를 어떻게 할 것인가를 염두판단. 담수지 선정 : 이동시간 및 진화시간을 단축.

3.2 KA-32T 헬리콥터의 산불진화 임무 요소

현재 KA-32T 시뮬레이터의 경우 산불진화에 대한 임무요소를 포함하는 훈련 시나리오를 도입할 예정이다. 산불진화임무는 헬리콥터가 수행할 수 있는 여러 가지 임무 중에서 난이도가 매우 높은 편에 속한다. 따라서 훈련효율을 향상시키고 조종사의 부담을 덜기 위해서 산불진화 임무 절차를 분리하여 훈련생이 부분적인 훈련을 실시

할 필요가 있다. 산불 진화 임무 절차는 급수를 위한 제자리 비행 임무와 화재 진압을 위한 물 투하 임무로 구분할 수 있다.[8,9] 일반적인 제자리 비행과 달리 급수 제자리 비행의 경우 로터의 후류 속도로 인한 물보라와 급수 과정에서 발생하는 질량 증가 및 무게중심의 변화로 인해 조종이 매우 어려운 것으로 알려져 있다. 물 투하 임무의 경우도 산악 지대의 국지풍과 고도에 의한

출력감소 효과뿐만 아니라, 화재로 인한 연기와 난기류에 의한 시계 악화 등으로 인해 임무의 난이도가 매우 높은 편이다. 경력 10년 이상의 조종사도 화재 진압을 위한 물 투하 임무를 수행하는데 있어서 신중을 기해야 하는 것으로 알려져 있다. 산불진화 훈련과정에 관한 절차와 물 투하 기동 방법의 개략적인 내용은 Table. 5, 6과 같다.[8]

Table 6. 물투하 기동 [8]

기동 방법	
A	<ul style="list-style-type: none"> 측풍으로 진압 화세가 약한 측면 및 하단부에서 진화
B	<ul style="list-style-type: none"> 배풍으로 진입 경사면 위쪽으로 오조준 하면서 진화
C	<ul style="list-style-type: none"> 진화지역이 넓을 시 단계별 진화방법 사용 산불규모를 적절히 분할, 전방으로 겹쳐 투하 느리게 움직이는 넓은 지역의 산불에 효과적
D-1	<ul style="list-style-type: none"> 화두가 강하고 연기가 시정을 방해할 시 약한 화선 먼저 진화 연기가 감소되어 시정이 확보되면 화두 진화
D-2	<ul style="list-style-type: none"> 화세가 높은 곳으로 진행할 우려가 있고 능선과 능선 사이로 적절한 공간이 있을 경우 화두 먼저 진화
E	<ul style="list-style-type: none"> 비산화 지역 확인 후 화세가 강해지기 전 조기 진화
F	<ul style="list-style-type: none"> 무풍 시 연소되지 않은 방향에서 접근, 연기에 닿기 전에 물을 투하하고 이탈 물은 원심력으로 인하여 화선 쪽으로 낙하되어 진화
G-1	<ul style="list-style-type: none"> 급경사 지역, 절벽지역, 고압선 지역은 접근 후 90°이상 선화하면서 투하 투하되는 물은 원심력으로 낙하되어 진화 할 수 있으나 고도의 조종능력이 요구되므로 가능한 한 절벽 위쪽에서 호버링으로 투하
G-2	<ul style="list-style-type: none"> 저속비행이나 호버링에서 물 투하 고압선 지역은 안전거리 이격하여 방화선을 설치하여 간접진화를 하는 것이 더욱 안전
H	<ul style="list-style-type: none"> 소규모 산불 먼저 진화하고 큰 불길 진화 몇 군데 소규모 불길은 하나로 묶어 진화
I	<ul style="list-style-type: none"> 협곡의 양쪽에서 발생한 산불은 각각 구분하여 진화 협곡이 좁은 경우 불길은 서로 영향을 주고 받음
J	<ul style="list-style-type: none"> 침엽수와 활엽수 지역 산불 발생시 침엽수 지역을 먼저 진화한 후 활엽수 진화

이와 같은 고난이도의 임무를 헬리콥터 시뮬레이터에서 훈련하기 위해서는 급수 제자리 비행 임무와 물 투하 임무 각각을 다른 훈련 요소로 모델링 할 필요가 있다. 앞서 언급한 것처럼 각각의 임무가 가지는 난이도가 매우 높고, 훈련을 통해 습득해야 할 내용들도 그 난이도가 매우 높으리라 예상되기 때문이다. 훈련효율을 향상시키고 훈련 조종사의 부담을 덜어 주기 위해서는 각각의 시나리오를 분리해서 모델링하는 편이 더 바람직한 것으로 여겨진다. 전체적인 산불진화 훈련이 필요한 경우 훈련 시나리오를 편집 기능을 통해 물 투하 임무와 급수 임무를 기본 훈련 시나리오에 삽입하는 것으로 종합적인 훈련 내용을 구성할 수 있을 것이다. Table. 7에서 이와 같이 구성된 산불 진화 임무 시나리오를 예로 들었다.

Table 7. 임무 훈련 시나리오 - 산불 진화

Flight Phase	Situation	Environment	점수
1	이륙	정상	128E36N, 5ft, etc.
2	상승	정상	127E36N, 20ft, etc.
3	순항	정상	127E35N, 900ft, etc.
4	하강	정상	127E35N, 50ft, etc.
5	급수	급수기동	126E35N, 5ft, etc.
6	상승	정상	126E35N, 20ft, etc.
7	물 투하	투하기동A	126E35N, 100ft, etc.
8	하강	정상	126E35N, 20ft, etc.
9	재급수	정상	126E35N, 5ft, etc.
10	상승	정상	126E35N, 0ft, etc.
11	물 투하	투하기동B	126E35N, 100ft, etc.
12	하강	정상	127E35N, 20ft, etc.
13	착륙	정상	127E35N, 0ft, etc.

IV. 결 론

본 연구에서는 현재 개발 중에 있는 KA-32T

헬리콥터 시뮬레이터에 적용할 수 있는 훈련 시나리오를 구성하였다. 실제 훈련상황을 시뮬레이터 훈련에 적용하기 위해서 비행 매뉴얼을 바탕으로 훈련 시나리오와 임무 시나리오를 정의하였다.

첫째, 훈련 시나리오를 훈련요소와 훈련정보로 구분하였다. 훈련요소의 경우 그 성격에 따라 비행과정요소, 상황요소, 환경요소로 나누어 각 요소들의 의미를 정의하였다. 비행과정요소는 매뉴얼의 정상절차를 바탕으로 구성하였으며, 상황요소는 매뉴얼의 비정상절차 및 비상절차를 바탕으로 하여 구현하였다. 각 비행 과정별로 독립적인 시나리오 구성이 가능하게 하여 특정 훈련의 반복을 통해 훈련 효과를 높일 수 있게 하였다. 훈련성과에 대한 평가 역시 매뉴얼의 각 비행과정별 평가항목을 바탕으로 이루어질 수 있게 하였다.

둘째, 임무 시나리오의 경우 기본훈련 시나리오를 바탕으로 주어진 임무 절차를 해당되는 비행과정에 삽입하여 훈련을 실시하도록 정의하였다. 산림청에서 운영하고 있는 KA-32T의 주 임무인 산불진화 훈련을 위한 임무 시나리오를 구성하였다. 임무의 난이도를 고려하여 산불진화 임무절차를 급수를 위한 제자리 비행 임무와 화재 진압을 위한 물 투하 임무로 구분하여 정의하고, 전체 훈련 시나리오에 각 비행 과정 사이에 삽입될 수 있게 구성하였다.

현재까지의 연구는 시뮬레이터 훈련에 있어 헬리콥터의 구체적인 조종법을 다룬다기보다는 훈련시나리오의 개념수립과 훈련방향에 대한 내용을 제시하는데 그 목적이 있으며, 실제 시뮬레이터 훈련에 적용될 때는 보다 더 구체화된 커리큘럼이 필요하게 된다. 현재 구체화된 훈련 커리큘럼의 초기버전을 완성하여 검증작업에 있으며, 본 논문에서는 이러한 구체화된 커리큘럼을 구성하기 위한 선행 연구로서 훈련 시나리오에 대한 기본 개념과 각 구성 요소들을 명확히 정의하는 연구를 수행하였다.

향후 연구계획으로 이와 같이 구성된 훈련 시나리오를 바탕으로 본 연구를 확장하여 효과적으로 실제 시뮬레이터 훈련에 적용할 수 있는 훈련 이수과정을 개발하기 위한 연구를 지속할 예정이다.

후기

본 연구는 서울대학교 BK21 차세대 기계항공시스템 창의설계 인력양성사업단과 서울대학교 항공우주신기술연구소 및 국토해양부 항공선진화연구개발사업의 연구비 지원(훈련용 헬기 시뮬레이터 개발 과제)에 의해 수행되었습니다. 과제를 지원해 주신 관계자 여러분께 깊이 감사드립니다.

참고문헌

- [1] Thomas L. Seamster etc. "Developing Advanced Crew Resource Management (ACRM) Training: A Training Manual," FAA Office of the Chief Scientific and Technical Advisor for Human Factors, AAR-100, 1998.
- [2] "Line Oriented Flight Training (LOFT)", Eastern Caribbean Civil Aviation Authority, ECCAA Document OAC-015, 2005.
- [3] 민간 헬리콥터 사고 조사 데이터, 항공사고조사위원회.
- [4] 최연철, 김철영, "헬리콥터의 사고 추세와 안전대책에 관한 연구", 한국항공운항학회지, 제 12권 2호, 2004, pp.1~12.
- [5] "KA-32 Flight Manual", Kumertau Aircraft Production Enterprise, 1990
- [6] 항공안전본부 고시 제 2006-5호, "모의비행훈련장치지정기준 및 검사요령", 건설교통부 항공안전본부, 2006.
- [7] 정지훈, 이기학, 강승은, 박용진, 고강명, 함대영, 이동호, 전향식, 최형식, "KA-32T 시뮬레이터를 위한 훈련 시나리오 구성", 한국항공운항학회 춘계학술발표회, 한국항공운항학회, 한국항공대학교 항공우주센터, 2007, pp.80~84
- [8] 배택훈, "산불공중진화", 산림청 산림항공관제소, 2003
- [9] 유혁, 김봉주, 김영일, 김용태, "산불진화 헬기의 비행 안전성 제고를 위한 영상합성장치 응용", 한국항공우주학회 춘계학술발표회, 한국항공우주학회, 현대성우리조트 강원도 횡성, 2006, pp.64~69.