

# KA-32T 시뮬레이터용 훈련 시나리오에 대한 고찰

## Investigation on Training Scenario for KA-32T Simulator

배의성\*,이기학,정지훈,고강명,강승온(서울대학교),전향식,최형식(한국항공우주연구원)  
함대영,이동호(서울대학교)

### 1. 서론

현재 비행 시뮬레이터는 조종사의 훈련 및 기량 유지 목적으로 널리 사용되고 있다. 컴퓨터 및 영상 기술의 발달에 힘입어 실제의 항공기와 거의 유사한 비행 시뮬레이터의 제작 및 운용이 이루어지고 있다. 국내의 경우 항공기 시뮬레이터는 외국에서 수입해 온 것이 대부분이나, 항공기 시뮬레이터를 국산화하기 위한 노력이 많이 이루어져왔고, 또한 어느 정도의 성과를 거두기도 하였다. 그러나 헬리콥터 시뮬레이터의 경우, 고정익 항공기 시뮬레이터에 비해 국산화 시도가 전혀 이루어지지 못했으며, 그에 따라 축적된 기반기술도 거의 없는 실정이다.

헬리콥터 시뮬레이터 개발의 필요성에 대해서 살펴보면, 첫 번째로 기술적 측면에서의 당위성을 들 수 있다. 헬리콥터 시뮬레이터는 첨단 항공 기술의 결집체라 할 수 있는데, 이는 시뮬레이터는 비행운동 모델링, 수치해석 등의 기초과학 기술과 운동판, 3D 영상, 실시간 시뮬레이션, 훈련 통제 등의 응용 기술이 응집된 첨단 기술의 집합체이기 때문이다. 더구나, 현재 외산 장비에 의존하는 시뮬레이터의 경우, 앞으로 항공 산업의 발전에 따라서 그 수요가 점진적으로 증가될 것으로 예상되므로, 국가 기술전략차원에서 독자적인 기술을 확보하는 것이 필수적인 과제라 할 수 있다.

두 번째로 경제-산업적인 측면에서의 당위성을 들 수 있다. 훈련용 시뮬레이터는 대당 약 200억원을 호가하며 모두 Canada의 CAE사에서 도입된 것들이다. 만약 국내에서 독자적 개발을 성공할 경우, 막대한 외화 절감 효과를 가져 올 수 있을 뿐만 아니라, 모델링 및 영상 분야와 같은 핵심 기술 분야의 기술을 선진국 수준으로 향상 시키는데 기여할 수 있을 것이다.

마지막으로 항공 안전 향상의 측면에서 그 당위성을 찾을 수 있다. 국내 헬리콥터 사고의

대부분은 민수용 헬리콥터에 의하여 발생하며 사고의 주 요인은 헬리콥터가 주로 산불진화, 화물운송 및 인명구조 등의 고난도 임무에 사용되기 때문으로 분석되고 있다. 항공 안전을 증진하고 사고를 예방하기 위해서는 조종사에게 충분한 훈련을 실시하는 것이 필수적인데, 현재까지는 비행 시뮬레이터만큼 경제적이면서도 안전한 훈련장비가 없다고 여겨진다. 뿐만 아니라 시뮬레이터의 훈련 기록은 인적요소의 연구에 있어서 매우 훌륭한 자료가 될 수 있다고 여겨진다. 고정익 항공기에 비해 헬리콥터 비행과 관련된 인적 요소에 관한 연구는 특히 국내에서는 거의 전무한실정인데, 헬리콥터 시뮬레이터의 개발을 통해 인적 요소의 연구를 한층 더 발전시킬 수 있을 것으로 기대된다.

앞서 언급한 바와 같이 헬리콥터 시뮬레이터의 개발을 위해선 여러 분야의 연구들이 종합되어야 한다. 시뮬레이터의 목적상, 모델링이나 영상 같은 시스템 모델링 외에도 훈련 및 관리와 같은 교육적인 측면도 중요하다. 본 논문에서는 헬리콥터 시뮬레이터에 적용될 수 있는 훈련 상황의 구현에 대해서 비행 매뉴얼 및 교관식 매뉴얼의 내용을 바탕으로 고찰해 보고자 한다. 특히 KA-32T 헬리콥터는 산림청에서 산불진화용으로 현재 25대가 운용되고 있으므로 헬리콥터 시뮬레이터를 이용한 산불 진화 훈련의 구현에 대해서도 고찰해보기로 한다.

### 2. 본론

#### 2.1 훈련 요소 및 훈련 시나리오

KA-32T와 같은 동축반전 헬리콥터가 일반 헬리콥터에 비해서 가지는 단점은 두 쌍의 주 로터가 동축으로 연결되어 있어 헬리콥터의 높이가 높고 구조가 복잡하여 설계와 유지, 정비가 어렵다. 또한 일반 헬리콥터의 기동성에 비

해 다소 떨어지는 편이다. 하지만 꼬리 로터가 필요치 않으므로 꼬리 로터를 구동시키기 위한 별도의 동력계통이 필요치 않고 동체 길이가

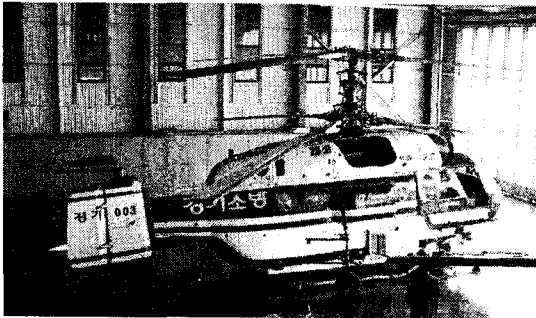


Fig. 1. 경기 소방학교에서 운용 중인 KA-32T 헬리콥터

짧다. 또한 반동 회전력이 발생하지 않아 조정이 쉽고 안정적이라는 장점이 있으며, 모든 엔진출력을 수직 상승추력으로 전환할 수 있어서 일반 헬리콥터에 비해 기체무게 대비 탑재중량(payload)이 약 30% 높아서 소형에서도 대용량의 탑재를 할 수 있고 상승추력도 강력하여 무거운 화물을 운송하는데 효과적이다. 화물공수, 산불진화, 항공방제와 같은 특수임무 수행에 적합하다.

기본 훈련 시나리오를 구성하기 위해서는 시간, 고도 날씨 등의 환경 요소와 이륙, 제자리 비행(hovering), 착륙, 계기비행 여부 등의 비행 과정 요소, 그리고 정상, 비정상, 비상 상황 등의 상태를 나타내는 항공기 상태 요소의 세 가지 요소로 나누어서 생각해 볼 필요가 있다. 각 비행 과정을 선택함에 따라 미리 설정된 대표적인 값들을 호출하여 쓰거나, 호출된 환경 요소 값을 수정하는 방법을 통해 용도에 맞도록 조절하여 쓰는 방식이 적합할 것으로 보인다. 항공기 상태 요소의 경우, 비행 매뉴얼 상에서 제시하는 비정상 절차 및 비상 절차를 구현하고 항공기의 중량 및 무게 중심에 관한 정보를 다루게 된다.

그림 2와 같이 환경요소, 비행과정 요소 및 항공기 상태 요소에 대한 정보를 결합하여 하나의 훈련 시나리오를 구성할 수 있는데, 정상비행 절차, 비정상 절차 훈련과 같이 자주 쓰이게 될 훈련 시나리오들은 별도의 메뉴를 통해 해당되는 훈련 시나리오를 불러 낼 수 있도록 구성할 예정이다. 체계규격요구서(RFP)에서 교관 및 훈련생에 대한 정보도 함께 다루어야 한다고 명시하고 있기 때문에, 훈련생의 교육성과에 대한 평

가 내용도 훈련 시나리오의 범주에 포함시킬 예정이다[1].

기본 훈련 요소와 임무 요소에 대해서 구분을 하면, 기본 훈련 요소는 주어진 상황을 해결하는데 필요한 절차를 숙달하는데 그 목적을 두지만, 임무 요소는 기본 훈련 시나리오를 통해 습득한 절차들을 종합적으로 구현하면서 주어진 목적(Mission Objective)을 수행하는 것에 중점을 둔다고 할 수 있다. 현재 KA-32T 시뮬레이터의 경우 산불진화에 대한 임무 요소를 포함하는 훈련 시나리오를 도입할 예정인데 이에 대해서는 2.3절에서 언급할 것이다.

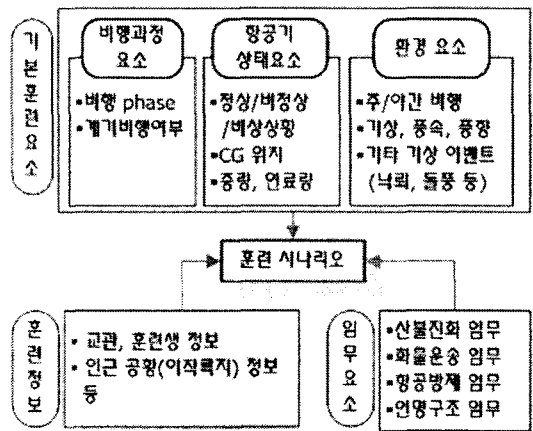


Fig. 2 기본 훈련 요소 및 훈련 시나리오

2.2 비정상절차 및 비상 절차의 구현

체계규격요구서(RFP)에 따르면, 정상절차, 비상절차, 계기비행, 산불 진화에 대한 훈련 항목이 요구되고 있다. 정상절차 훈련은 모든 훈련의 가장 기본적인면서 필수적인 항목이라 할 수 있는데, 비행준비-제자리 비행-이륙-상승-순항-강하-착륙-엔진 정지 및 주기 순서로 이루어진다. 시뮬레이터의 인증을 위한 검사 중 하나인 “시스템 및 주관적 검사“의 내용도 이러한 정상절차에 대한 내용을 기본으로 하고 있으므로, 정상절차 훈련의 구현은 중요하나, 지면의 제약 때문에 본 논문에서는 다루지 않는다. 계기 비행 훈련에 대한 내용의 경우, 시뮬레이터에서 충분한 수준의 항법 시스템을 갖추어 준다면 계기비행훈련에 대한 충분조건은 이미 달성된 셈이므로 본 논문에서 더 이상 언급할 필요는 없다고 여겨진다.

본 논문에서 중점적으로 다루고자 하는 것은 비정상절차 및 비상절차의 훈련이다. 이러한 비

정상상황 및 비상상황에 대한 묘사를 어떻게 하느냐는 훈련의 효과에도 직결되는 문제이므로, 어떤 내용을 포함할 것인지에 대한 비교-분석이 중요하다. 표 1과 2에서 KA-32T의 비행 매뉴얼[2]을 중심으로 비정상 및 비상상황에 대한 증상을 살펴보았으며, 항공안전본부의 고시와 현재 운용중인 UH-60의 교관석 매뉴얼[3]에 수록된 내용과 비교하였다.

Table 1. 비정상 절차의 증상 및 비교

비정상 절차	증상	IM	CASA
Failure of One Engine	엔진 이상음, 메인로터 RPM 저하	O	O
Landing with One Failed Engine	Procedure	X	O
Engine Operation parameters beyond limit	Oil Temp. 상승, Oil Pres. 하강, 엔진 이상 소음	O	X
Gearbox Operation parameters beyond limit	Oil Temp. 상승, Oil Pres. 하강, 엔진 이상 소음	O	X
Engine Vibration	진동 증가	O	O
Increase of Maximum Temperature of Turbine Inlet Gases	계기 한계를 벗어남	O	X
Main Rotor Blade Flutter	버퍼팅, 사이클릭 조종간의 순간적인 반력, 조종성 악화	X	X
Failure of Main Hydraulic Systems	유압장치 압력 감소	O	O

Table 2. 비상 절차의 증상 및 비교

비상 절차	증상	IM	CASA
Engine Fire	터빈 입구 온도 초과, 1차 자동 소화기의 작동	O	O
Fire aboard on Helicopter	타는 냄새, 연기	X	X
Two failed Engines	주 로터 RPM 급감, Oil Pres. 터빈 입구 온도 급감.	X	O
Both inoperative Generators	전류계 0	O	O
Emergency Landing	Procedure	X	O
Ditching	Procedure	X	O
Ground Resonance	헬리콥터 전체의 진동	X	O
Vortex Ring Condition	진동, 하강률의 순간적 증가, 조종성 악화	X	X
Emergency Load Release	Procedure	X	X

※ CASA: 항공안전본부 고시 2004-49호[1]

※ IM: Instructor's Utilization Manual for UH-60[3]

※ Procedure: 어떤 특정한 단서(Cue)가 전제된 후 조작을 수행하는 것이 아니라 상황을 해결하기 위한 조작 절차만이 제시되어 있는 항목을 의미. 이러한 항목들의 경우 훈련 시나리오로 분류를 하는 편이 타당하지만 편의상 비행매뉴얼의 구분을 따름.

### 2.3 특수 상황의 구현- 산불 진화

KA-32T 헬리콥터 시뮬레이터 개발의 주요 목적 중의 하나는 시뮬레이션을 통한 특수임무를 수행하는 훈련에 있다고 할 수 있다. 이러한 특수임무에는 앞서 언급한 대로, 화물공수, 항공방재, 인명구조 그리고 산불진화 등이 있다.

여기서 주로 언급할 산불진화는 크게 두 가지 임무로, 급수를 하기 위한 제자리 비행 임무와 화재 진압을 위한 투수 임무로 구분할 수 있다[4,5]. 특히 일반적인 제자리 비행 임무와는 달리 급수 제자리 비행 임무는 로터로부터 발생하는 유동장에 의한 물보라와 급수 과정에 수반되는 질량 증가 및 무게 중심의 변화로 인해 그 조종이 매우 어렵다고 알려져 있다. 투수 임무의 경우도 산악 지대의 국지풍과 고도에 의한 출력 감소 효과뿐만 아니라, 화재로 인한 연기와 난기류에 의해 조종 경력 10년 이상의 조종사조차도 화재 진압을 위한 투수 임무를 수행하는데 있어서 신중을 기해야 할 정도로

고난이도의 임무로 알려져 있다. 이러한 고난이도의 임무를 헬리콥터 시뮬레이션에서 훈련하기 위해서는 급수 제자리 비행 임무와 투수 임무 각각을 다른 훈련 요소로 모델링 할 필요가 있다. 전술한 바와 같이 각각의 임무가 가지는 난이도가 매우 높은데다가, 훈련을 통해 습득해야 할 내용들도 그 난이도가 매우 높으리라 예상되기 때문이다. 훈련 효율을 향상시키는 한편 훈련 조종사의 부담을 덜어 주기 위해서는 각각의 시나리오를 분리해서 모델링 하는 편이 더 바람직한 것으로 여겨진다. 전체적인 산불진화 훈련이 필요한 경우 훈련 시나리오를 편집 기능을 통해 두 훈련 요소를 통합하는 것으로 종합적인 훈련 내용을 구성할 수 있을 것이다.

### 3. 결론

본 논문에서 헬리콥터 시뮬레이터에 적용할 수 있는 훈련 상황에 대해 비정상 및 비상절차를 중심으로 살펴보았다. 시뮬레이터 인증을 위한 시스템 및 주관적 검사 항목의 경우 비행 매뉴얼과의 비교를 수행하였으며, 현재 운용되고 있는 UH-60 시뮬레이터의 교관식 매뉴얼의 내용과도 함께 비교를 수행하였다.

- 비정상절차의 경우 UH-60과 연관성을 많이 찾을 수 있었으며, 인증 검사 항목에서 엔진 운용한계 및 기어박스 운용한계와 관련된 항목은 포함되지 않았음을 확인할 수 있었다. 또한, 로터블레이드 플러터의 경우 두 매뉴얼에 포함되지 않았는데, 이에 대한 검증 항목을 추가하는 것이 필요하다.
- 비상절차의 경우 시뮬레이터 인증 기준과 연관성을 많이 찾을 수 있었으며, Vortex Ring Condition에 대한 내용은 두 매뉴얼에서 모두 누락되어 있었다.
- 산불 진화의 경우 급수 임무와 투수 임무로 구분되는데, 각 임무 당 조종사에게 요구되는 부하가 크기 때문에 그에 대한 훈련도 각 임무별로 나누어 실시하는 것이 좋다.

훈련 상황에 대한 연구를 성공적으로 구현함으로써 시뮬레이터를 이용한 교육 효과를 극대화 할 수 있을 것으로 기대되며, 이는 앞으로 진행하게 될 인적요소(human factor) 관련 연구와도 큰 관련이 있다. 향후 연구 계획으로, 현직 산림청 소속 헬리콥터 조종사들의 조언을 통해 훈련 상황의 묘사 및 훈련 시나리오의 구

성에 대한 심도 깊은 연구를 더 진행할 예정이다.

### 후기

본 논문은 건설교통부 국가교통핵심기술개발사업의 “훈련용 헬기 시뮬레이터 개발” 과제 중 위탁연구를 통하여 수행된 과제연구 결과를 기초로 작성되었습니다. 과제를 지원해 주신 건설교통부 및 한국항공우주연구원 관계자 여러분께 깊이 감사드립니다.

### 참고문헌

- 1) 항공안전본부 고시 제 2004-49호, “모의비행훈련장치지정기준 및 검사요령”, 건설교통부 항공안전본부, 2004
- 2) “KA-32 Flight Manual”, Kumertau Aircraft Production Enterprise, 1990
- 3) “Instructor’s Utilization Handbook for UH-60 Blackhawk Helicopter Flight Simulator”, Reflectone,inc., 1998
- 4) 배택훈, “산불공중진화”, 산림청 산림항공관제소, 2003
- 5) 유혁, 김봉주, 김영일, 김용태, “산불진화 헬기의 비행 안전성 제고를 위한 영상합성장치 응용”, 한국항공우주학회 춘계학술발표회, 2006