계기비행 시뮬레이터에서 비행 임무의 평가 및 구현

Implementation and Evaluation of Flight Tasks in Instrument Flight Simulator

황수찬*, 백중환**

Soo-Chan Hwang* and Joong-Hwan Baek**

요 약

계기비행 시뮬레이터는 조종사들이 실제 비행 시 발생할 수 있는 여러 상황에 대비하여 각종 계기의 판독 및 조작 방법과 비행 절차 등을 숙달하기 위해 사용된다. 그러나 현재까지 개발된 시뮬레이터들은 실제 항공기와 동일한 환경의 구축에 주로 관심을 두었으나 비행에 필요한 다양한 기본적인 임무와 이착륙 절차 등에 관한 체계적 훈련과 훈련 결과에 대한 자동적인 평가 방안에 대해서는 연구가 미진한 실정이다. 따라서 본 논문에서는 계기비행 시뮬레이터에서 비행 중 임무, 이착륙 임무, 항로 비행과 같은 각종 비행 임무의 구현 및 평가 방법을 제시하도록 한다.

Abstract

Instrument flight simulators are used for training the interpretation and operation techniques for all kinds of aircraft instruments, cockpit procedures, etc., in order that pilots cope with the situations which can be occurred in actual flight. However, the simulators developed so far are concerned about operating in same environment to actual aircraft. And little researches concentrate on developing systematic training system for basic tasks and takeoff-landing procedures, and automatic evaluation methods on the training results. Therefore, in this paper, we propose implementation and evaluation methods for flight tasks such as tasks in flight, takeoff-landing procedures and course flight.

I. 서 론

항공기 시뮬레이터는 실제 비행기와 똑같은 상황 및 동작으로 지상에서 비행 훈련을 실시할 수 있는 장치이다. 실제 비행기에 의한 비행 훈련의 경우 훈련자의 비행기술 미숙 등으로 인한 사고 위험도가 높고, 비행훈련에 따른 인적 물적 경비가 많이 드는 단점이 있다. 그러나, 실제 비행기에 의한 본격적인 비행 훈련 전에 비행 시뮬레이터를 사용하여 훈련할 경우 훈련자가 그 비행기에 대해 사전 숙지가 가능하고 또한 비행 훈련경비 및 시간을 단축시킬 수 있는 장점을 갖는다. 그래서 항공 선진국에서는 이미 비행 훈련을 위한 다양한 비행 시뮬레이터를 개발하여 운용을 하고 있으며 국내에서도 항공사들이 기종별로 시뮬레이터를 도입하여 운용 중에 있다.

항공기 시뮬레이터는 컴퓨터를 이용한 단순한 게임 수준에서부터 실제 비행기와 동일한 계기를 장착

* 한국항공대학교 항공통신정보공학과 (Dept. of Telecom. & Inform. Eng., Hankuk Aviation Univ.)
** 한국항공대학교 컴퓨터공학과 (Dept. of Computer Eng., Hankuk Aviation Univ.)
· 논문번호 : 2000-1-2
· 접수일자 : 1999년 11월 26일

하고 모션까지 제공하는 최상급 시뮬레이터까지 매우 다양한 종류가 있다. 그러나 대부분의 초보자나 비행 훈련생들은 고가의 최상급 시뮬레이터보다는 컴퓨터 화면과 조이스틱 등을 장착한 계기비행 시뮬레이터를 활용하여 계기의 숙지와 비행 임무 및 절차에 관해 훈련하는 것이 일반적이다. 이러한 계기비행용 시뮬레이터들도 현실감 있는 계기의 디스플레이와 실제 비행기와 유사한 비행 환경의 구축을 위해서는 매우 복잡한 비행 동역학(aerodynamics) 데이타의 계산과 디스플레이를 위한 많은 계산을 요구하므로 고성능의 컴퓨터를 사용하는 것이 일반적이다.

현재 국내에서 비행 시뮬레이터 개발은 아직 매우 초보적인 단계로서[10] 현재 운용 중인 거의 모든 시뮬레이터를 외국에서 도입한 실정이다. 또한 외국에서 도입한 시뮬레이터들도 비행 환경의 제공이 주목적으로서 조종 훈련생을 위한 다양한 기초 비행 임무의 제공과 그 훈련의 평가를 통해 체계적인 교육을 실시할 수 있는 CBT(Computer-Based Training) 시스템의 개발은 국내외적으로 그 연구가 매우 취약한 실정이다.

따라서 본 논문에서는 PC를 기반으로 하는 훈련용 계기비행 시뮬레이터의 개발과 체계적인 비행 교육을 목적으로 하는 각종 비행 임무의 부여와 임무 수행 결과에 대한 평가 알고리즘의 개발 및 구현에 대해서 제시한다. 비행 임무에는 비행 중에 발생하는 다양한 기초 임무와 국내 대부분의 공항에 대한 이착륙 훈련, 국내 도시간 항로 비행 등에 관한 임무가 훈련자에게 부과되며 훈련 결과를 디스플레이하고 자동적으로 평가하여 결과 점수를 제시하도록 하고 있다. 또한 다양한 비행 환경의 제공을 위해 주간 비행, 야간 비행, 바람 세기 등을 사용자가 설정할 수 있도록 하고 있다.

본 논문의 구성은 2장에서 구현된 계기비행 시뮬레이터의 구조 및 기능에 대해 간단히 설명하고 3장에서는 임무의 내용과 평가 시스템의 구현에 대해 기술한다. 그리고 4장에서 결론을 맺는다.

Ⅱ. 훈련용 계기비행 시뮬레이터

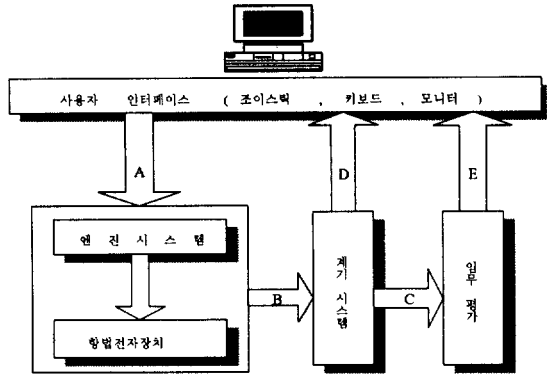


그림 1. 시스템 구성도

Fig. 1. Block-diagram of the system.

2-1 시스템 환경

본 논문에서 제시한 훈련용 계기비행 시뮬레이터는 그림 1과 같이 비행 동역학 계산을 위한 엔진 시스템 모듈, VOR, HSI, RMI, DME 등을 위한 항법전자장치 모듈, 계기 디스플레이를 위한 계기 시스템 모듈, 임무 평가 모듈 등으로 구성된다. 시스템은 펜티엄 MMX 200MHz와 메모리 64MB(최소 32MB)의 PC에서 Visual C++로 구현되었으며, 계기 디스플레이 모듈은 GMS(Global Majic Software, Inc) Active-X Control을 이용하였다.

시뮬레이터는 조이스틱과 조이스틱의 키패드를 이용하여 조종(A)하며 조이스틱 입력은 엔진 모듈에서 비행 동역학 데이타의 계산에 사용된다. 엔진 모듈의 출력은 비행기의 속도, 고도, 위치, 기수각(heading angle) 등이며 항법전자장치 모듈에서 각 항법전자장치의 값을 계산하고 그 결과를 계기 시스템 모듈에서 모니터의 계기에 디스플레이한다. 또한, 임무 평가 모듈에서는 비행 결과(C)를 가지고 임무의 완성도(E)를 평가한다.

2-2 항법전자장치 및 계기 모듈

본 시뮬레이터는 4개의 훈련기종을 지원하며 기종마다 계기 종류와 그 배치가 서로 상이하다. 그림 2는 그 중 하나의 계기판 예이며 VOR, HSI, RMI, DME 등의 항법전자장치와 다수의 관련 계기들이

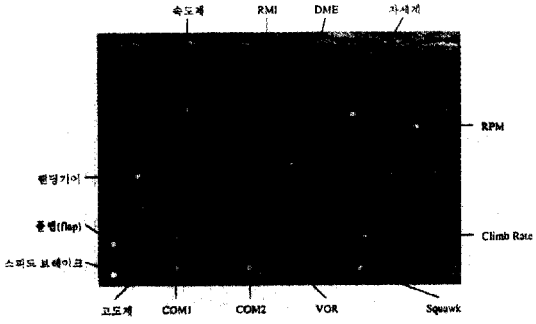


그림 2. 계기판 구성
Fig. 2. Layout of the instrument panel.

제공된다. 주요 계기의 기능과 작동 원리를 설명하도록 한다.

2-2-1 VOR

VOR 시스템은 비행기의 전파항법(radio navigation)을 위한 장비로서 108.00~117.975MHz대의 전파를 사용하여 VOR국으로부터의 방위(bearing)와 거리를 측정한다[6],[7].

2-2-1-1 거리 및 방위각의 계산

비행기의 현재 위치에 대한 경위도 좌표, 한 VOR 국의 위치 좌표간의 거리, 두 지점간의 방위각 등은 구 삼각공식 (spherical trigonometry)을 이용한다[5]~[7].

2-2-1-2 To/From 판단

비행기의 현 위치에서 선택된 VOR 국으로 "부터"(From) 혹은 "으로"(To)의 판단은 방위각과 HSI 계기의 CS(Course Selector) 값 또는 VOR 계기의 OBS 값의 차이를 계산하고 그 결과 값을 0~360도 사이의 각으로 보정한다. 보정각이 0~90도 혹은 270~360도 사이이면 "From"이고, 그렇지 않으면 "To"이다[6],[7].

2-2-2 HSI

HSI는 VOR, TACAN, ILS(LLZ, GP), DME의 장비로부터 나오는 방위각, 편위각(deviation), To/From, 거리, 글라이드 슬로프(glide slope), 비행기의 기수각 등의 정보가 디스플레이 되는 계기이다. HSI 계기에는 경로 선택기(CS, Course Selector)가 있어서 조종사가 희망하는 코스를 선택할 수 있다[5],[7].

2-2-3 RMI

RMI는 VOR, TACAN, NDB로부터 출력되는 방위각과 비행기의 기수가 표시되는 계기이다[5]. RMI계기의 Malfunction flag가 세팅되면 계기에 표시되는 모든 정보의 출력을 중단한다[7].

2-2-4 DME

DME는 비행기의 현재 위치로부터 선국된 DME 국까지의 사거리(slant range), 지상 속도(ground speed) 및 도달 시간을 제공한다. DME에 입력되는 정보는 비행기의 현재 위치(위도, 경도, 고도)와 선택된 DME 국의 주파수이다. 사거리 정보는 DME 장치의 패널과 HSI 계기에 나타나고, 지상속도와 도달 시간은 DME 장치의 패널에 표시된다. 사거리의 단위는 NM이고, 지상 속도와 도달 시간은 각각 NM/h와 분(minute)이다[8].

2-2-5 ILS

ILS는 항공기의 착륙유도를 위한 장비로서, 로칼라이저(LLZ)로부터의 편위각과 GP로부터의 슬로프 정보를 제공한다. ILS에 입력되는 정보는 항공기의 현재 위치에 대한 정보(경도, 위도, 고도)와 ILS 주파수이다. ILS로부터 출력되는 정보는 편위각, 글라이드 슬로프 등이다. 편위각과 글라이드 슬로프는 HSI계기에 나타난다. 로칼라이저의 수신범위는 18 NM이고, 글라이드 패스의 수신범위는 10 NM이다.

2-2-6 TACAN

UHF 주파수대에서 주로 운용되는 TACAN 장비

는 VOR과 같이 항공기의 현재 위치로부터 조종사가 선택한 TACAN국까지의 방위각, 사거리, 항공기의 속도, TACAN국까지의 도달 시간을 측정한다. 또한, HSI계기로부터 선택된 경로(CS)에 대한 편위각과 To/From정보를 제공한다. 측정된 사거리 정보는 HSI 및 DME에 디스플레이되고 방위각은 HSI계기와 RMI계기에 나타난다. 또한, 항공기의 속도와 도달시간은 DME계기에 나타나고, 편위각과 To/From정보는 HSI에 디스플레이된다. TACAN 모듈에 입력되는 정보는 항공기의 현재 위치에 대한 정보(위도, 경도, 고도), 선택된 TACAN국의 채널번호 및 HSI계기의 CS이다.

2-3 사용자 인터페이스

시뮬레이터의 주 메뉴는 화일, 임무선택, 비행선택, 비행환경, 비행결과, 부가기능 등으로 구성되어 있다. 각 메뉴의 주요 기능은 다음과 같다.

2-3-1 화일 메뉴

사용자들이 자신의 비행 데이타들을 관리할 수 있도록 하는 비행 결과의 Save, Load와 비행의 시작, 종료 메뉴를 제공한다.

2-3-2 임무 선택 메뉴

학습자가 수행해야 할 임무를 선택하며, 각 임무에 대해 다시 임무 브리핑과 임무 편집 메뉴가 제공된다. 임무 편집 메뉴는 비행의 시작과 종료 지점, 비행 방향 등을 사용자가 설정할 수 있도록 한다. 임무에 대한 자세한 내용은 3장에서 설명하기로 한다.

2-3-3 비행기 선택 메뉴

학습자가 조종할 비행기를 선택할 수 있다. 현재 시뮬레이터에는 4개 기종의 항공기가 제공되며 기종을 선택하면 선택한 기종의 계기판이 디스플레이되며, 해당 기종의 엔진 모듈이 구동된다.

2-3-4 비행환경 메뉴

비행 상태를 바꿀 수 있는 바람, 주야간 구분, 속도 등을 선택할 수 있다. 바람은 비행 중의 풍향과 풍속을 설정하는 메뉴이고, 야간비행을 선택하면 계기판과 화면이 어두워진다. 속도 메뉴는 시뮬레이션 속도를 의미하며 2, 4, 8, 16 배속 등이 있다.

2-3-5 비행결과 메뉴

비행결과를 평가한 비행결과보고와 학습자가 비행한 경로를 다시 보여 주는 Replay, 비행결과를 출력하는 비행결과 출력 메뉴가 있다.

2-3-6 부가기능 메뉴

선택한 임무의 브리핑 화면을 표시하는 임무확인과, 현재까지의 비행 경로를 표시하는 경로확인, 화면을 그림 화일로 저장하는 screen capture 메뉴가 있다.

Ⅲ. 임무의 평가 및 구현

이 장에서는 본 시뮬레이터에서 제공하는 비행 임무에 대한 설명과 구현된 평가 방법을 설명하기로 한다. 먼저 전체 비행 임무의 구성은 그림 3과 같다.

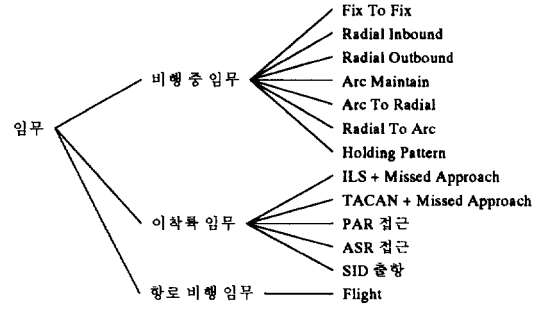


그림 3. 훈련용 계기비행 시뮬레이터에서의 임무
Fig. 3. Tasks in the instrument flight simulator.

3-1 Fix To Fix

Fix To Fix 임무는 어느 한 지점에서 다른 지점으로 직선 경로를 따라 비행하는 임무이다. 이때 시작지점과 목적지점은 래디얼(radial)과 DME로 주어진다. 시작지점에서 목적지점으로 이동하기 위해 먼저 비행기의 기수각(heading)을 결정해야 한다. 기수각이 결정되면 기수각을 유지하면서 목적지점의 래디얼로 진입하면 되는데 이때 목적지 진입 시 DME도 같이 검사해야 한다. 이 임무의 목적은 경로 유지와 목적지점에 대한 정확한 진입 훈련이다. 그림 4는 래디얼 041, 20 DME에서 래디얼 315, 20 DME로의 Fix To Fix 임무에 대한 화면이다.

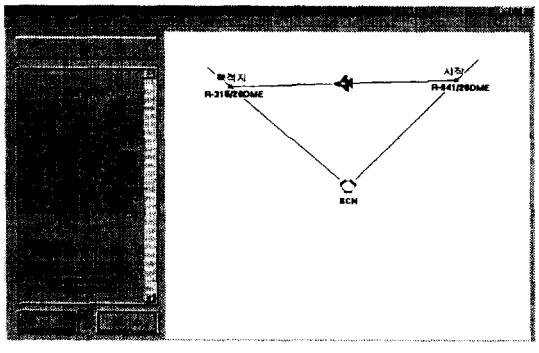


그림 4. Fix To Fix 임무 화면

Fig. 4. Dispaly window of the Fix To Fix task.

Fix To Fix 임무의 평가는 시작지점으로부터 목적지점까지의 직선 경로를 가지고 평가를 한다. 그러기 위해서는 먼저 두 점을 지나는 직선의 방정식을 구한다. 먼저 시작지점과 목적지점의 위도, 경도 좌표를 논리적 좌표로 변환한 다음 이 논리적 좌표값을 직선의 방정식에 대입해서 직선의 기울기, 즉 비행기의 기수각을 구한다. 이렇게 구해진 기수각을 유지하면서 목적지점까지 비행하는 가를 평가한다.

비행 경로 평가는 기수각을 결정한 후 비행을 시작하면서부터 경로에 해당하는 직선과 비행기의 현재 좌표를 비교해서 떨어진 거리를 검사한다. 이 거리에 따라 감점을 주되 가장 많은 받은 감점을 최종 평가로 하고, 평가는 목적지점에 도착할 때까지 계속한다. 그리고 목적지점 도착에 대한 평가는 목적지 래디얼과 비행기의 현재 래디얼을 비교해서 목적지 래디얼에 비행기가 진입한 경우 목적지와의 거리차를 가지고 평가하게 된다. 표 1은 Fix To Fix 임무에 대한 감점 처리 기준을 보인 것이다.

3-2 Radial Inbound / Outbound

Radial Inbound와 Radial Outbound 임무의 목적은 목적지점의 래디얼에 진입해서 그 래디얼을 유지하며 목적 DME까지 가는 것이다.

Radial Inbound 임무는 시작지점에서 다른 방위를 이용하여 Station으로 진입하는 임무이다. 시작지

표 1. Fix To Fix 임무의 감점 기준

Table 1. Penalty rules for Fix To Fix task.

감점 / 항목	5점	10점	15점	20점	MISS
경로(T)	경로에 대한 평가는 하지 않음				
고도(A)	$50 < \Delta A \leq 100$	$100 < \Delta A \leq 200$	$200 < \Delta A \leq 300$	$300 < \Delta A \leq 500$	$\Delta A > 500$
속도(S)	$5 < \Delta S \leq 10$	$10 < \Delta S \leq 20$	$20 < \Delta S \leq 30$	$30 < \Delta S \leq 50$	$\Delta S > 50$
거리(F)	$0 < \Delta F \leq 1$	$1 < \Delta F \leq 2$	$2 < \Delta F \leq 3$	$3 < \Delta F \leq 5$	$\Delta F > 5$
기재	기재에 대한 평가는 하지 않음				

ΔA (Feet) : | 각 Fix에서의 정해진 고도 - 비행 고도 |
ΔS (Knot) : | 각 Fix에서의 정해진 속도 - 비행 속도 |
ΔF (Mile) : | 도착해야 할 각 Fix - 비행기가 도착한 지점 |

점에서부터 다른 방위를 이용하여 진입하기 전까지는 Fix To Fix 임무와 같다. 진입 시점을 결정하는데 있어서 비행속도에 따라 선회반경이 달라지므로 효율적인 임무수행을 위해서는 정확한 판단이 요구된다. 일단 선회를 시작해서 진입 방위에 들어오기까지는 중요한 평가 요인이 되지 않는다. 단 가능한 진입지점을 통과할 때부터 다시 Fix To Fix 임무의 평가가 진행되므로 정확한 진입이 중요하다. 진입 후에는 진입방위를 유지하면서 목적지까지 비행해야 한다. 그림 5는 Radial Inbound 임무 화면이다.

Radial Inbound 임무에 대한 평가는 다음과 같이 세 구간으로 나누어 평가한다.

① 시작지점으로부터 선회를 시작하는 지점까지의 구간

② 선회지점으로부터 목적지점의 래디얼에 진입하기까지의 구간

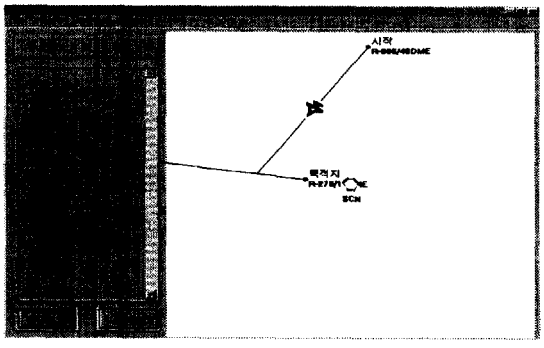


그림 5. Radial Inbound 임무 화면

Fig. 5. Display window of Radial Inbound task.

③ 진입지점부터 목적지점까지의 구간

이때 구간 2는 단순히 통과여부만을 검사하며 평가에서는 제외된다. 구간 1과 3에서의 평가는 Fix To Fix와 동일하다. 진입시 기수각은 시작점의 래디얼에서 우측 진입의 경우 -30 래디얼, 좌측진입의 경우 +30 래디얼이 된다. 선회시점 통과 여부의 평가는 선회지점을 지나면서 tan(Heading)값을 기울기로 하는 직선에 수직인 직선을 기준으로 부호가 바뀌는 시점에서 결정된다. 진입지점의 통과여부도 동일한 방법으로 결정한다. 표 2는 Radial Inbound 임무의 감점 기준이다.

Radial Outbound 임무는 Radial Inbound와 반대되는 개념의 임무로써 이것은 다른 방위를 이용하여 출항하는 임무이다. 이 임무에 대한 평가도 Inbound와 마찬가지로 다음과 같이 세 구간으로 나누어 평가한다. 평가내용이나 기준은 Radial Inbound와 동일하다.

① 시작지점으로부터 선회를 시작하는 지점까지의 구간

② 선회지점으로부터 출항 래디얼에 대한 진입지점까지의 구간

③ 출항 래디얼 진입지점으로부터 목적지점까지의 구간

Radial Outbound 임무에서 진입시의 기수각은 목적지점의 래디얼에서 우측 진입의 경우 -45, 좌측 진입의 경우 +45의 래디얼 값이 된다. 선회시점 통과 여부와 진입지점 통과여부는 Radial Inbound와 동일하다.

표 2. Radial Inbound 임무의 감점 기준

Table 2. Penalty rules for Radial Inbound task.

감점 / 항목	5점	10점	15점	20점	MISS
경로(T)	$0 < \Delta T \leq 1$	$1 < \Delta T \leq 2$	$2 < \Delta T \leq 3$	$3 < \Delta T \leq 5$	$\Delta F > 5$
고도(A)	$50 < \Delta A \leq 100$	$100 < \Delta A \leq 200$	$200 < \Delta A \leq 300$	$300 < \Delta A \leq 500$	$\Delta A > 500$
속도(S)	$5 < \Delta S \leq 10$	$10 < \Delta S \leq 20$	$20 < \Delta S \leq 30$	$30 < \Delta S \leq 50$	$\Delta S > 50$
거리(F)	$0 < \Delta F \leq 1$	$1 < \Delta F \leq 2$	$2 < \Delta F \leq 3$	$3 < \Delta F \leq 5$	$\Delta F > 5$
기재	기재에 대한 평가는 하지 않음				

ΔT (Mile) : | Track - 비행경로 |

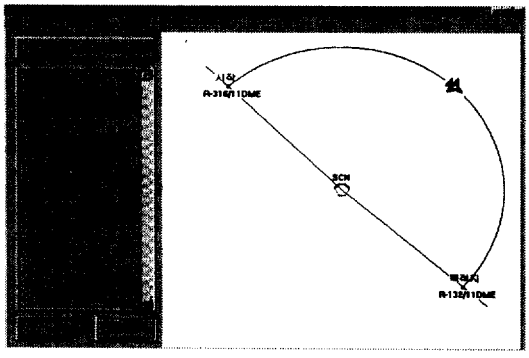


그림 6. Arc Maintain 임무 화면
Fig. 6. Display window of Arc Maintain task.

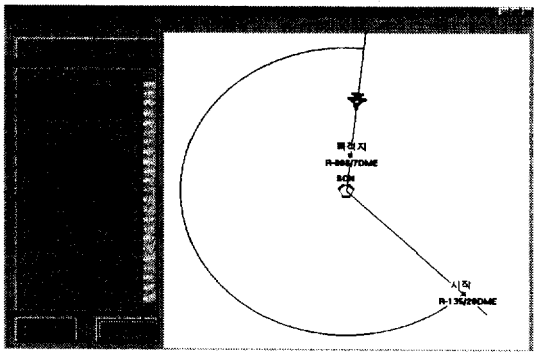


그림 7. Arc To Radial 임무 화면
Fig. 7. Display window of Arc To Radial task.

3-3 Arc Maintain

Arc Maintain 임무는 Station을 중심으로 정해진 반경으로 원호를 그리며 비행하는 임무이다. 이 임무는 조종사가 착륙하기 위해 공항 주변을 돌면서 대기하는 상황에 주로 사용되는 것이다. 그림 6은 Arc Maintain 임무 화면이다.

Arc Maintain 임무의 평가는 비행기의 위도, 경도 좌표와 Station의 위도, 경도 좌표간의 거리 차를 이용하여 평가한다. 다음 표 3은 감점 기준이다.

3-4 Arc To Radial / Radial To Arc

Arc To Radial 임무는 Arc Maintain 도중에 Station을 기준으로 정해진 방위로 진입하는 임무이고 Radial To Arc는 정해진 방위로 비행을 하다가 항로를 바꿔서 정해진 Arc로 진입하는 임무이다.

Arc To Radial 임무는 비행기가 착륙을 위해 공항 주변을 돌면서 대기하다 착륙 허가를 받고 착륙을 시도할 때의 상황에서 사용되는 임무이다. 그림 7은 Arc To Radial 임무 화면이다.

Arc To Radial 임무의 평가 과정은 다음과 같다.

① 비행기의 현재 속도와 기수각을 고려하여 선회방정식으로부터 비행기의 선회 시작 지점을 구한다.

② 비행기가 선회하는 동안은 경로를 평가하지 않는다.

③ 선회 시작 지점 이전까지의 경로는 Arc Maintain의 경로 평가를 이용하여 평가한다.

④ 선회가 완료되고 목적지로 직선 진입을 시작하게 되면 그때부터는 Fix To Fix 임무의 평가와 동일한 방법으로 평가한다.

Radial To Arc 임무는 착륙을 시도하던 비행기가

표 3. Arc Maintain 임무의 감점 기준
Table 3. Penalty rules for arc Maintain task.

감점 / 항목	5점	10점	15점	20점	MISS
경로(T)	$0 < \Delta T \leq 0.5$	$0.5 < \Delta T \leq 1.0$	$1.0 < \Delta T \leq 1.5$	$1.5 < \Delta T \leq 2.0$	$\Delta F > 2.0$
고도(A)	$50 < \Delta A \leq 100$	$100 < \Delta A \leq 200$	$200 < \Delta A \leq 300$	$300 < \Delta A \leq 500$	$\Delta A > 500$
속도(S)	$5 < \Delta S \leq 10$	$10 < \Delta S \leq 20$	$20 < \Delta S \leq 30$	$30 < \Delta S \leq 50$	$\Delta S > 50$
거리(F)	$0 < \Delta F \leq 1$	$1 < \Delta F \leq 2$	$2 < \Delta F \leq 3$	$3 < \Delta F \leq 5$	$\Delta F > 5$
기재	기재에 대한 평가는 하지 않음				

공항을 돌면서 기다리는 상황이나 이륙하던 비행기가 공항을 돌면서 진행방향을 변경하는 상황에 사용되는 임무이다. 평가는 Arc To Radial과 반대 순서로 한다. 먼저 선회방정식을 이용하여 비행기가 선회 시작 지점을 찾고 그 지점을 기준으로 Fix To Fix 임무 평가와 Arc Maintain 임무 평가를 실시한다. 이 경우도 선회 경로는 평가하지 않는다.

3-5 ILS+Missed Approach

ILS가 설치되어 있는 공항에 ILS 계기를 이용하여 착륙하는 임무이다. ILS 기지국으로부터의 GP (Glide Path)와 편위각(deviation)을 이용하여 착륙하는 임무로, 글라이드 슬로프의 GP 값이 3도를 기준으로 -0.7도에서 +0.7도 사이의 값이 되도록 하강율을 조절하여 착륙한다. 또한 로컬라이저(LLZ, Localizer)의 편위각이 활주로를 기준으로 좌우 2.5도 사이의 값이 되도록 비행경로를 조절하여 착륙하는 임무이다. 그림 8은 본 시뮬레이터에서 제공하는 12개 공항 중 한 공항의 ILS+Missed Approach 임무 화면이다.

ILS+Missed Approach 임무의 평가는 다음과 같다.

① IAF(Initial Approach Fix)에서 시작하여 LLZ 경로에 진입하기 전까지는 각 공항마다 정해진 트랙(track)의 유지 정도를 평가한다.

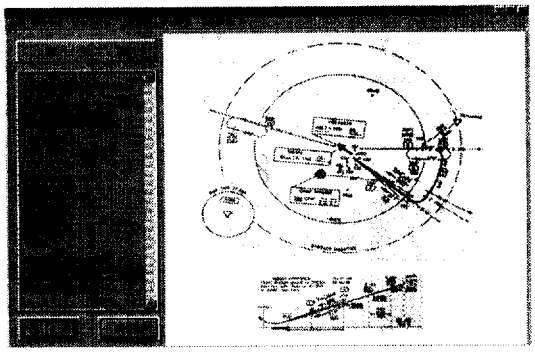


그림 8. ILS+Missed Approach 임무 화면
Fig. 8. Display window of ILS+Missed Approach task.

② LLZ 경로에 진입한 후부터 DH(Decision Height)까지는 GP와 편위각을 평가한다. GP가 -0.7도에서 +0.7도까지는 정확한 비행으로 평가하고 -1.2 이하 +1.2 이상은 Fail로 간주한다.

③ IAF에서 DH까지는 랜딩기어(landing gear)와 플랩(flap)을 각 기종에 맞게 조작했는지 여부도 평가한다.

Missed Approach시에는 각 공항마다의 규정 경로와 고도 유지 여부를 평가한다. 그리고 다시 IAF부터는 위의 평가 방법을 적용한다. 평가 항목별 감점 처리 기준의 자세한 사항은 표 4와 같다. 그림 9는 ILS+Missed Approach 임무에 비행 결과 화면 예이다.

표 4. ILS+Missed Approach 임무 감점 기준
Table 4. Penalty rules for ILS+Missed Approach task.

감점 / 항목	5점	10점	15점	20점	MISS
경로(D)	±2.5° ~ ±2.7°	±2.7° ~ ±2.8°	±2.8° ~ ±2.9°	±2.9° ~ ±3.0°	±3.0° 초과 시
고도(P)	±0.7° ~ ±0.9°	±0.9° ~ ±1.0°	±1.0° ~ ±1.1°	±1.1° ~ ±1.2°	±1.2° 초과 시
속도(S)	5 < ΔS ≦ 10	10 < ΔS ≦ 20	20 < ΔS ≦ 30	30 < ΔS ≦ 50	ΔS > 50
거리(F)	1 < ΔF ≦ 2	2 < ΔF ≦ 3	3 < ΔF ≦ 4	4 < ΔF ≦ 5	ΔF > 5
기재	IAF와 DH사이에 각 기종에 따라 정해진 속도에서 플랩과 랜딩기어를 조작하면 감점 없음				플랩이나 랜딩기어의 오작동

D : LLZ의 편위각, P : GP

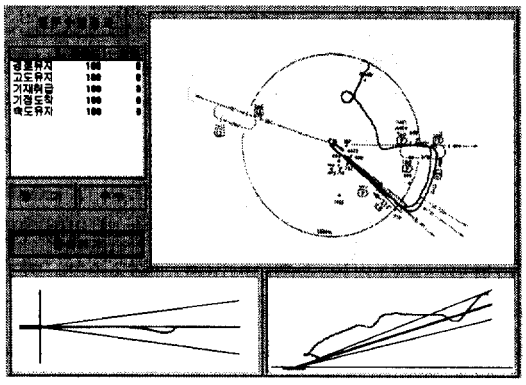


그림 9. ILS+Missed Approach 비행 결과 화면 예
Fig. 9. Display window of flight results of ILS+Missed Approach.

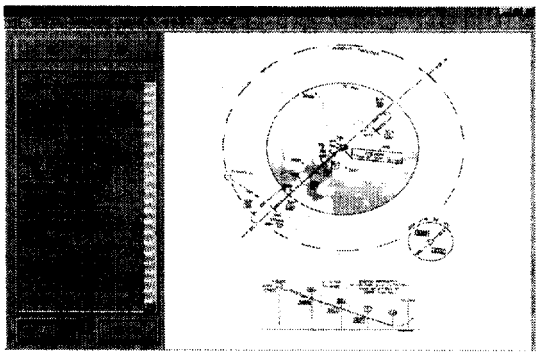


그림 10. TACAN+Missed Approach 임무 화면
Fig. 10. Display window of TACAN+Missed Approach task.

3-6 TACAN+Missed Approach

각 기지에 설치되어 있는 TACAN에서 발사된 전파를 포착하여 목적한 공항에 접근, 착륙하는 임무이다. TACAN에 대해 지정된 경로를 유지하며 고도 계기의 정보를 바탕으로 각 Fix마다 정해진 고도를 유지하며 착륙하는 임무이다. 그림 10과 11은 각각 TACAN +Missed Approach 임무 화면과 비행 결과 화면 예를 보인 것이다.

TACAN+Missed Approach 임무에 대한 평가는 IAF로부터 DH까지의 구간에서 각 Fix에서의 고도 유지와 정해진 경로의 유지정도를 평가한다. 또한 Fix와 Fix사이의 구간에서 두 점의 제한 고도사이를 유지했는가도 평가한다. Missed Approach시에는 각

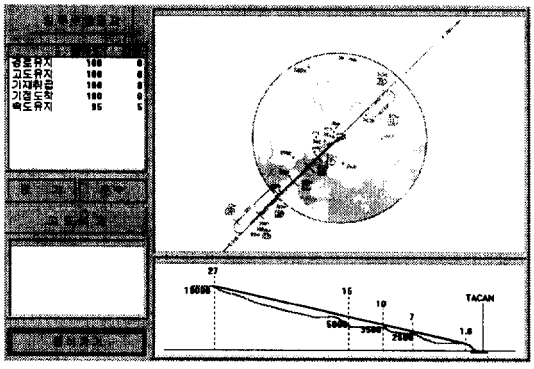


그림 11. TACAN+Missed Approach 비행 결과 화면 예
Fig. 11. Dispaly window of flight results of TACAN+Missed Approach.

공항마다 규정된 경로와 고도를 유지했는지의 여부

표 5. TACAN+Missed Approach 임무의 감점처리 기준
Table 5. Penalty rules for TACAN+Missed Approach task.

감점 / 항목	5점	10점	15점	20점	MISS
경로(T)	$0 < \Delta T \leq 1$	$1 < \Delta T \leq 2$	$2 < \Delta T \leq 3$	$3 < \Delta T \leq 5$	$\Delta T > 5$
고도(A)	$50 < \Delta A \leq 100$	$100 < \Delta A \leq 200$	$200 < \Delta A \leq 300$	$300 < \Delta A \leq 500$	$\Delta A > 500$
속도(S)	$5 < \Delta S \leq 10$	$10 < \Delta S \leq 20$	$20 < \Delta S \leq 30$	$30 < \Delta S \leq 50$	$\Delta S > 50$
거리(F)	$1 < \Delta F \leq 2$	$2 < \Delta F \leq 3$	$3 < \Delta F \leq 4$	$4 < \Delta F \leq 5$	$\Delta F > 5$
기재	IAF와 DH 사이에 각 기종에 따라 정해진 속도에서 플랩과 랜딩기어를 조작하면 감점 없음				플랩이나 랜딩기어의 오작동

를 평가한다. 그리고 IAF부터는 위의 평가 방법을 다시 적용한다. 표 5는 감점 기준이다.

3-7 PAR / ASR 접근

PAR 접근은 관제사가 레이더를 이용하여 비행기를 유도, 착륙시키는 임무로서 가장 중요한 요소는 관제사의 관제 명령이다. 관제사는 현재 비행기의 위치와 고도 등을 파악하여 조종사에게 앞으로의 임무를 계속적으로 전달한다. 예를 들면 비행기가 정해진 위치에서 벗어난 경우는 "Turn to Heading Left" 등의 임무를 부여한다. 이 임무는 원래 관제사와 조종사가 계속 통신을 하며 수행하여야 한다. 그러나 본 시뮬레이터에서는 학습자가 혼자서도 훈련을 할 수 있도록 관제 과정을 자동화하여 비행기가 정해진 경로와 고도를 이탈하는 경우 적절한 음성 화일을 출력하도록 구현하여 하였다.

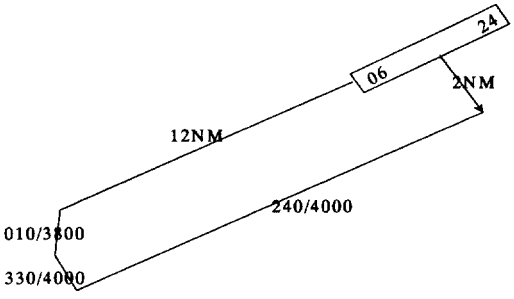


그림 12. PAR 접근 경로
Fig. 12. PAR approach path.

각 공항에는 공항별로 PAR 접근을 위한 경로가 설정되어 있다. 예로써, 그림 12는 한 공항의 PAR 접근 경로를 보인 것이다. 경로는 처음에 station에서 150°의 방향으로 2NM 떨어진 곳까지 직선으로 비행한 후에 240°로 4000 feet를 유지하며 비행하도록 되어 있다. 이때 관제소에서는 조종사에게 미리 240°로 회전하라고 지시를 해야 하는 데 그 시기는 선회반경을 구하여 회전하기 시작해야 하는 위치에서 음성 화일을 출력한다.

경로 이탈을 처리하는 관제 함수의 기능은 다음과 같다.

① 현재 비행기가 출발한 곳의 위, 경도와 가야할 곳의 위, 경도를 이용하여 직선의 방정식을 구한다.

② 현 비행기의 좌표를 이용하여 정해진 경로와 얼마만큼의 차이가 있는지를 계산하여 그 차이가 0.3NM이 넘으면 음성 화일을 출력한다.

③ 좌우의 선회 방향은 출발점과 목적지를 이용한 직선의 방정식과 현 비행기의 위치를 이용하여 결정한다.

PAR 접근에서 비행기가 Begin Descent 위치에 도달하면, 그때부터는 착륙에 필요한 모든 정보를 관제소에서 제공한다. 비행기가 왼쪽이나 오른쪽으로 얼마나 치우쳐 있는지, 지정된 고도에서 얼마나 떨어져 있는지를 계속적으로 제공하여 안전한 착륙이 되도록 한다.

표 6. PAR 접근 임무의 감점 기준
Table 6. Penalty rules for PAR approach task.

감점 / 항목	5점	10점	15점	20점	MISS
경로(T)	$0 < \Delta T \leq 1$	$1 < \Delta T \leq 2$	$2 < \Delta T \leq 3$	$3 < \Delta T \leq 5$	ΔT>출발지와 목적지간 거리의 2/3
고도(A)	$0 < \Delta A \leq 100$	$100 < \Delta A \leq 200$	$200 < \Delta A \leq 300$	$300 < \Delta A \leq 500$	$\Delta A > 500$
속도(S)	속도에 대한 평가 하지 않음				
거리(F)	0.3NM 이하로 통과하면 감점 없음				ΔF>끝과 이전 시작점간 거리의 2/3
기재	착륙시에 플랩과 랜딩기어를 모두 내리면 감점 없음				한 기재 이상 오작동

PAR 접근 임무의 평가는 비행하는 중에 지정된 경로와 얼마만큼 정확하게 비행하고, 지정된 높이와의 차이는 얼마인지로 평가한다. 표 6은 평가 기준이다.

ASR 접근은 PAR 방식과 거의 흡사한 방식이며 차이점은 Begin Descent지점에 도착하여 관제소에서 제공하는 정보 중에 고도정보가 빠진다는 것에 있다. 즉, 조종사는 고도정보를 제공받지 못한 상태에서 착륙해야 한다. 비행해야 하는 경로와 평가 방법은 PAR와 동일하다.

3-8 SID 출항

SID 출항은 표준계기 출항 방법으로 간행물상의 경로와 고도를 준수하며 공항에서 출항하는 임무이다. 활주로의 어느 방향으로 출항할지는 임의로 결정해 주고 비행기가 지정된 경로를 고도와 경로를 준수하며 가는지를 평가한다 그림 13은 한 공항의 SID 출항을 위한 지정된 경로를 보여 준다.

예로써 오른쪽으로 출항하는 SID 경로는 60도 방향으로 출발하여 고도 1200 feet가 넘어서면 비행기의 기수각을 310°로 맞추고 360° 방향으로 outbound 하라는 의미이다. 이때 outbound 위치는 활주로로부터 10 DME를 넘어서면 안 되며 고도는 7000 feet를 넘지 말아야 한다.

SID 출항 임무의 평가는 비행기의 기수각이 처음 60° (왼쪽 방향의 경우 240°)를 준수하는지를 검사

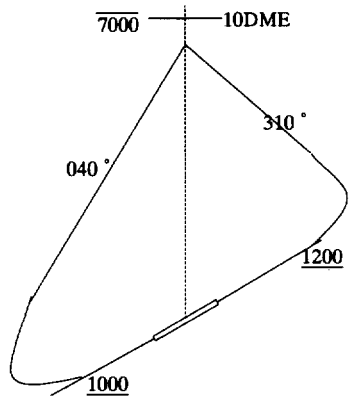


그림 13. SID 출항 경로 예

Fig. 13. An example of SID departure path.

하고, 1200 feet(왼쪽은 1000 feet)를 넘어섰을 때 선회하는지를 검사한다. 또 360°에 가까워져서 경로에 맞추어 outbound하는지를 검사한다. 또한 그때 고도가 7000 feet를 넘었는지와 거리가 10 DME를 넘었는지를 검사한다.

Ⅳ. 결 론

본 논문에서는 계기비행 훈련을 목적으로 하는 계기비행 시뮬레이터를 개발하였다. PC 기반의 시뮬레이터로서 기존의 시뮬레이터와는 다르게 교관의 지시나 평가를 시뮬레이터 자체에서 해 주기 때문에 훈련자 혼자서 훈련이 가능하다. 훈련자는 훈

표 7. SID 출항 임무의 감점처리 기준

Table 7. Penalty rules for SID departure task

감점 / 항목	5점	10점	15점	20점	MISS
경로(T)	경로에 대한 평가 없음 (단지 기수각만을 검사)				
고도(A)	고도에 대한 평가 없이 미리 지정된 고도 안에서만 비행하면 감점 없음 상한고도와 하한고도를 유지해야 함				
속도(S)	속도에 대한 평가하지 않음				
거리(F)	목적지와의 거리에 대한 평가는 없고, 목적하는 곳까지의 각도로써 10° 이내에 들어가고 지정된 거리 이상 비행하면 감점 없음				
기재	기재에 대한 평가 없음				

련하고자 하는 임무를 선택할 수 있고, 선택한 임무에 해당하는 비행이 끝나고 나면 평가를 받을 수 있다. 비행의 환경설정도 훈련자 스스로 바람의 방향이나 속도를 입력할 수 있다.

본 시뮬레이터는 펜티엄 CPU 메모리 32MB 이상의 PC에서 구동되어야 한다. 시뮬레이터는 GMS Active-X Control을 사용하므로 사용이 편리하고 재사용이 가능하다는 장점이 있으나 자원을 많이 사용하며, 계기의 동작에 현실감이 떨어진다는 문제점이 있다. 이러한 문제점들을 개선하는 다른 애니메이션 그래픽 기법이 개발되어야 할 것이다.

이상과 같이 제작된 시뮬레이터는 PC를 기초로 제작된 저렴한 가격의 훈련용 시뮬레이터로서 조종사들의 훈련을 저렴한 가격으로 지상에서 수행함으로써 비행 안전에 상당한 효과를 기대할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

[1] Jan Roskam, *Airplane Flight Dynamics and Automatic Flight Controls*, DARP Corporation, 1995.

[2] R.M. Howe, *Dynamics of Real-time Digital Simulation*, Ann Arbor, Michigan, Sep. 1993.

[3] Robert C. Nelson, *Flight Stability and Automatic Control*, McGraw-Hill, New York, 1989.

[4] 김정욱 외 5명, "PC를 사용한 연구용 비행 시뮬레이터 개발," 한국항공우주학회지, 1998.

[5] 박용한, "기초공중항법," 한국항공대학교, 1988.

[6] 백중환, "항법 지리 데이타베이스를 이용한 비행 시뮬레이터용 항공전자 장치 소프트웨어 개발," 한국항행학회, 1997.

[7] 윤승중, "기초계기비행," 한국항공대학교, 1991.

[8] 조영봉, "항공기 시뮬레이터용 항공 전자 장치 소프트웨어 개발에 관한 연구," 한국항공대학교, 항공정보통신공학과 학사학위 논문, 1995.

[9] 한국항공대학교, "비행기 시뮬레이터용 항공전기/ 전자 모의실험 소프트웨어 개발(인터페이스 설계서 및 소스 프로그램 리스트)," 1994.

[10] 황명신 외 3명, "계기비행 훈련용 Mooney 시뮬레이터 개발," KACC, Oct. 1998.

[11] http://explore.kwangwoon.ac.kr/~hosang/activex.html, ActiveX웹여행.

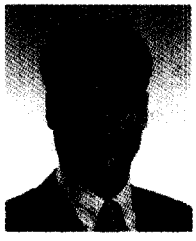
[12] http://www.microsoft.com/activex/default.asp, Microsoft COM.

[13] http://www.download.com/PC/Activex, ActiveX

황 수 찬(黃壽贊)

1984년 2월 : 서울대학교 전자계산기공학과(공학사)
1986년 2월 : 서울대학교 대학원 컴퓨터공학과(공학석사)
1991년 2월 : 서울대학교 대학원 컴퓨터공학과(공학박사)
1995년~1996년 : 미국 캘리포니아주립대 방문교수
1991년 3월~현재 : 한국항공대학교 컴퓨터공학과 부교수
관심분야 : 멀티미디어 데이터베이스, 객체지향 데이터베이스, 지리정보시스템 등임.

백 중 환(白 重 煥)



1981년 2월 : 한국항공대학교 항공통신공학과(공학사)
1987년 7월 : 미국 오클라호마주립대 대학원 전자공학과(공학석사)
1991년 7월 : 미국 오클라호마주립대 대학원 전자공학과(공학박사)
1981년 6월~1984년 10월 : (주)동아엔지니어링 근무
1991년 9월~1992년 2월 : 한국전자통신연구소 선임연구원
1992년 3월~현재 : 한국항공대학교 항공통신정보공학과 부교수
관심분야 : 컴퓨터비젼, 영상처리, 영상압축 및 항공기 시뮬레이터 개발 등임.