

韓國 軍事運營分析 學會誌  
第 13 卷, 第 1 號, 1987, 6.

## 戰鬪機 地, 海上 충돌사고 방지를 위한 專門家 시스템 모델링 및 시뮬레이션

(An Expert System Modeling and Simulation  
for the Dive Recovery of the Fighter Aircraft)

오 제 상\*  
유 근 호\*\*  
이 순 요\*

### Abstract

This paper deals with the development of an expert system modeling by constructing a knowledge-based system of the dive recovery for anticrash on the ground or sea during the task of fighter aircraft

In an IBM PC / XT computer, a prototype dive recovery expert system is constructed using muLISP-86 programming language, and is interconnected to the SAM SUNG RM-501 robot arm to test and simulate this model. The knowledge base of this model is composed of the dive recovery charts and the V-N envelope charts of F-4D Phantom fighter aircraft.

It is shown that the prototype expert system works well and the feasibility of practical realization is valid.

### 1. 序 論

戰鬪機 操縱士의 飛行業務의 다양화, 복잡화로 飛行中 業務는 증가되며, 이것은 操縱士와 戰鬪機 시스템의 性能을 저하시키고, 고장 또는 事故確率을 증가시킨다. 많은 飛行訓練과 經驗이 있는 操縱士 일지라도, 地, 海上 爆彈投下 任務中에 목표물 명중에 정신을 집중

하다 보면 순간적으로 戰鬪機의 高度, 速度, 강하각도, 받음각(angle of attack, 이하 AOA라 칭함), 重量등에 따른 최저강하 회복시작 高度(minimum pull-out altitude, 이하 MPA라 칭함)를 지나치므로, 地, 海上 충돌사고의 원인이 되는 경우가 많다.

이러한 사고의 원인은 인간의 大腦 시스템 내에서 2개 이상의 업무를 동시에 수행할 수 없기 때문이다.(1) 따라서 인간 操縱士가 MPA

\* 고려대학교

\*\* 육군사관학교

시기를 놓칠지라도 인간 操縱士를 대신하여 MPA 시기를 推論해내어 戰鬪機와 操縱士를 구제할 수 있는 시스템이 필요하게 된다. 이것은 專門家 시스템 (expert system) (2)으로 可能하다. 여기서 專門家 시스템이란 인간 操縱士가 戰鬪機의 강하상태에 따른 MPA를 판단하여 강하회복 조작을 수행하듯이, 이 인간 操縱士를 대신하여 MPA를 推論해내는 시스템을 의미한다.

지금까지 이 분야에 발표된 문헌으로는 B.M Anderson, et al. (3)의 論文에서 F-16 戰鬪機가 飛行中 조종석 Canopy가 갑자기 날아가 버렸을 때 操縱士를 대신하여 비상처치 專門家 시스템이 이러한 비상처치를 할 수 있음을 보인 것이 유일하다고 하겠다.

그러므로 본 研究에서는 戰鬪機 空對地, 海 上 임무수행중에 地, 海上 충돌사고를 방지하기 위한 MPA 推論 시스템을 知識 기반 시스템으로 構築하여 강하회복 專門家 시스템을 개발하고, 이를 시뮬레이션 하기 위하여 삼성 ROB-501 robot arm(4)과 연동하여 그 동작을 確認하며, 操縱士 ear phone에 경고음을 IBM-PC/XT로 발생시키도록 하였다.

본 研究는 序論, 專門家 시스템 모델을 위한 問題 영역과 知識習得, 知識表現, 專門家 시스템의 실험 및 검토, 結論으로 구성되었다.

## 2. 專門家 시스템 모델

### 2.1 問題領域 및 知識習得

戰鬪機가 空對地, 海上 임무중에 操縱士가 戰鬪機의 高度, 速度, 降下角度, AOA, 重量에 따른 MPA시기를 모르고 간과 할때가 종종 있기 때문에, 전체 인적과실 항공기 사고중

地, 海上 충돌사고가 가장 많다. 이 원인은 인간 大腦 指領 channel이 단일 channel이므로 목표물 명중에 정신집중으로 인하여 MPA를 놓치게 되기 때문이다. 이러한 사고를 예방하기 위한 專門家 시스템을 구현하기 위하여 F-4D 戰鬪機(5)를 모델로 한다.

知識 기반을 위한 rule sets는 이 問題解決에 관련된 飛行教範, 技術指示, 正常 및 非常處理 節次等(5)과 戰鬪機 操縱士로부터 知識을 習得하고, text form으로 rule set를 개발하고, 操縱士와 戰鬪機 시스템에 影響을 주는 요인들은 인간공학적인 실제 자료나 항공기 설계자료들로부터 知識을 習得한다.

### 2.2 知識表現

知識 base에는 다음 3가지 objects인 in/out-put parts, rules, out-put goals으로 구분되어 그림 1과 같다.

#### · I/O parts

이는 戰鬪機 狀態를 專門家 시스템의 입출력 entity들로 표현된다. 그림 1에서 입력 parts는 高度, 速度, 角度, AOA, 重量이고, 출력 parts는 高度, 速度, 角度, AOA, 조종간 모터 (삼성 ROB-501 robot motor)이다

#### · rules

rules는 새로운 output goals 설정하기 위한 결정기구로서, “IF (선행조건), THEN (결과조치) ELSE (대행조치)”와 같은 표준형에 근거를 둔다. 선행조건이 만족되어야만 결과조치 부문이 작동되고 그렇지 않으면 대행조치 부문이 작동된다. 그림 1에서 rule의 결과조치는 goal인 MPA 실행부에, 대행조치는 I/O part에 화살표로 연결한다. 연결된 모든 parts와 goals의 상태변화가 선행조

건에 의하여 평가된다.

공대자, 해상 임무중 戰鬪機의 高度, 速度, 角度, AOA, 重量을 고려한 MPA조건이 rule 의 선행조건 부문이 된다. 이 rules 설정을 위하여 적용된 戰鬪機는 F-4D Phantom 이며 prototype의 專門家 시스템이므로 問題를 단순화 시키기 위해, 戰鬪機의 重量 40,000 pounds, AOA 16 units, 降下角度 {  $-90' < = \text{dive angle} < = -10'$  }, 速度 {  $200 \text{ knots} < = \text{true air speed} < = 600 \text{ knots}$  }, 高度 {  $500 \text{ feet} < = \text{absoulte ground level altitude} < = 11,800 \text{ feet}$  } 범위로 제한하고,

40개의 rule을 설정하였다.

· Output Goals

戰鬪機 상태에 따라 MPA rules이 다르므로, 推論 機關에서는 이들을 推論하고, 그 推論 結果에 따라 실행부에서 실행해야할 임무들을 goal 로 설정하며, 설정된 goal 이 完修 되어야만 戰鬪機 地, 海上 충돌 사고방지를 위한 專門家 시스템 임무가 달성된다.

그림 1. 에서 goal 이 설정되면 MPA 실행부에서 조종간 motor 를 작동시키고, 操縱士에게 message 를 전달한다.

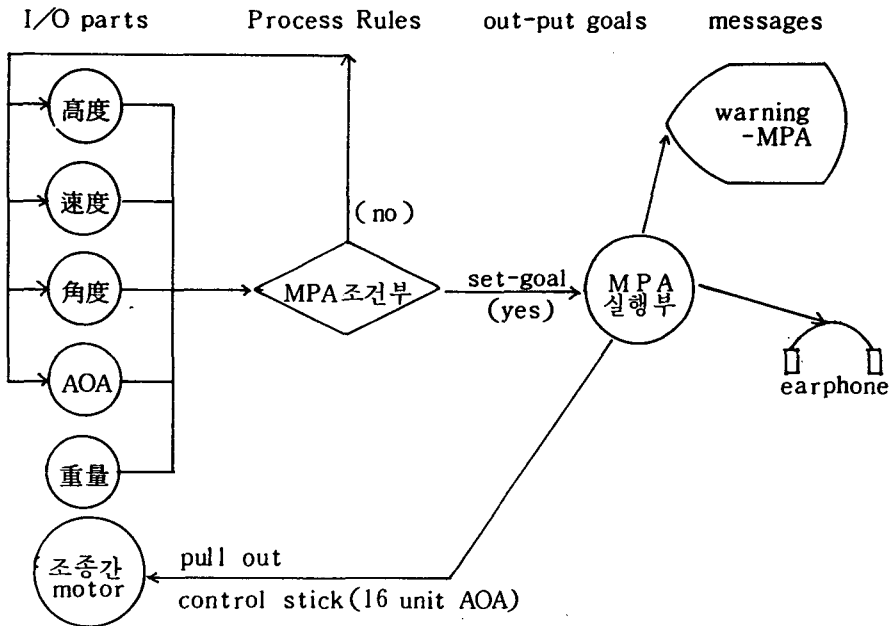


그림 1. I/O parts/rules/goals 관계

2.3 專門家 시스템 모델의 구현

실제 戰鬪機에 적용하기 위하여 필요한 장치로서는 專門家 시스템의 입력으로 필요한 戰鬪機의 계기 및 센서, 專門家 시스템 프로세싱에 필요한 컴퓨터, 專門家 시스템의 출력

으로 필요한 戰鬪機 제어 motor 들로 구성된다.

專門家 시스템은 知識 base와 推論機關으로 구성된다. 專門家 시스템을 위해서 컴퓨터는 IBM-PC/XT를 사용하였고, 言語는 人工

知能 프로그래밍 言語인 Lisp(6)중에서 IBM-PC 호환용으로 개발된 muLISP-86(7)을 이용하여 知能 base와 推論機關으로 구현하였다.

戰鬪機 자동제어를 위해서는 control st-

ick에 모터들이 있어야 하므로, 그 모터의 성질은 로봇트 제어모터의 성질과 동일하기 때문에 삼성 ROB-501(5축 로봇트)(4)의 모터들로 戰鬪機 제어모터들을 대신한다. 삼성 ROB-501 로봇트는 5관절 회전형 로봇트이다.

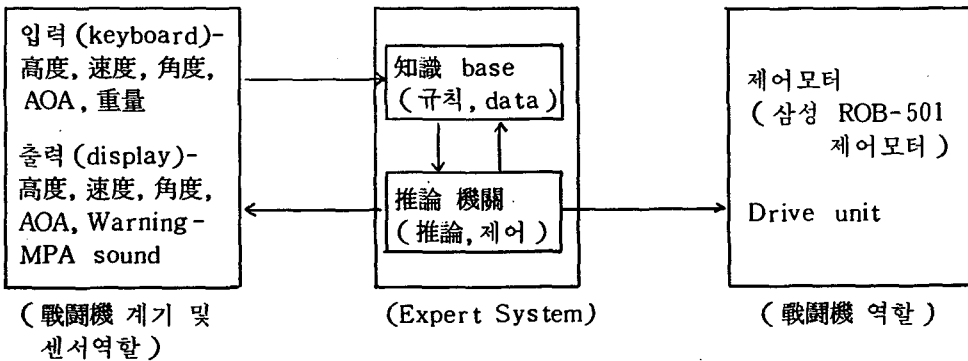


그림 2. 戰鬪機 Prototype Expert System

그림 2.에서 戰鬪機의 계기 및 센서역할은 display와 key-board로 구성된다. 이 專門家 시스템을 시뮬레이션 하기 위해서 필요한 戰鬪機 상태인 高度, 速度, 角度, AOA, 重量

을 key-board로 입력하면, 필요한 계기들을 그림 3과 같이 그리고 高度, 速度, 角度, AOA를 戰鬪機 자세에 맞게 推論하여 수치로 그래픽 계기판에 전시한다.

*ALTITUDE* 7000 feet	*AIR SPEED* 350 knots	*ANGLE* -50 degree	*A O A* 5 AOA
-------------------------	--------------------------	-----------------------	------------------

그림 3. display 상에 그려진 계기판

專門家 시스템의 flow chart는 <그림 4>와 같다.

<그림 4>의 흐름은 戰鬪機의 강하 회복 시스템에서 센서 역할로 모의할 戰鬪機 상태인 高度, 速度, 角度, AOA, 重量을 keyboard로 입력하면, 知識 base의 知識을 기반으로 推論 機關에서는 강하하는 戰鬪機의 MPA인가를 推論하고, 그때의 戰鬪機 상태를 display

상의 계기판에 수치로 전시하고 戰鬪機 자세 표현에 필요한 모타들로 지정된 삼성 ROB-501의 모타들을 움직이고 만약 MPA를 推論해내면, 戰鬪機의 조종간 모타인 삼성 ROB-501의 1번 모타를 16 units AOA만큼 당김과 동시에 display 상에 warning-MPA 임을 전시하고, 操縱士 earphone에 가청이 용이한 경고음을 발신한다.

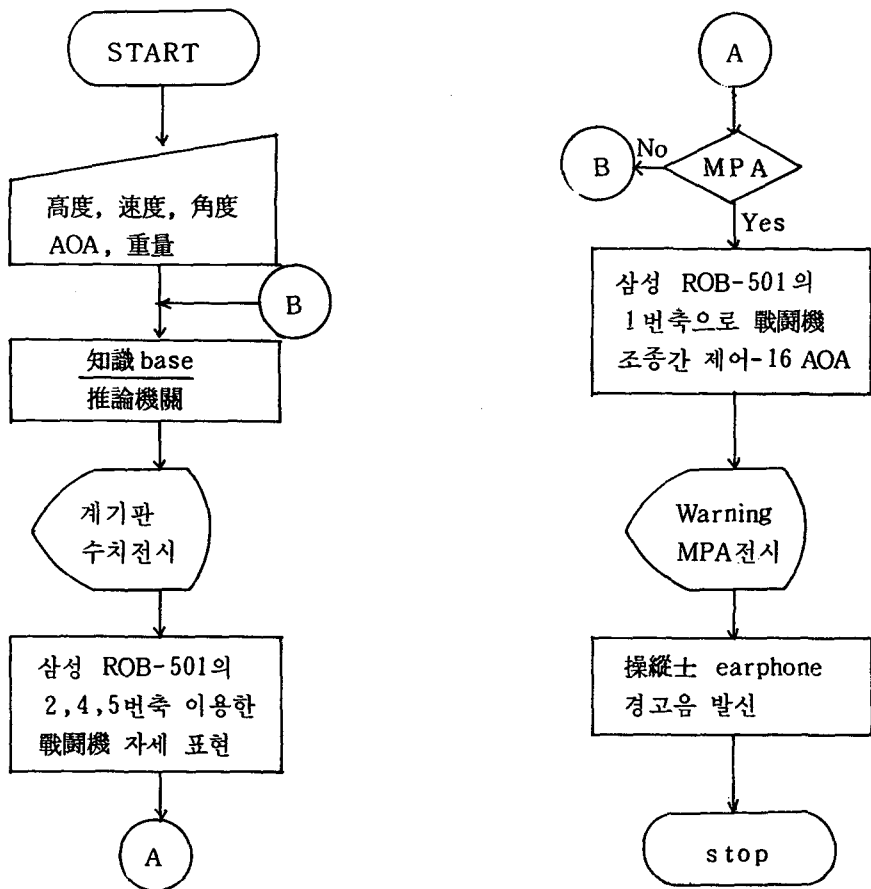


그림 4. Prototype Expert System Flowchart

### 3. 實驗 및 檢討

#### 3.1 專門家 시스템의 동작

본 研究의 실험장치 구성은 <그림 5>와 같다.



그림 5. 실험장치 : IBM-PC/XT - ROB-501, 로봇 Drive Unit

강하회복 專門家 시스템의 구체적 작동은 <그림 4>에서 처럼 시뮬레이션 하고자 하는 戰鬪機의 초기 高度, 速度, 降下角度, AOA, 重量을 key board로 입력하면, 推論機關에서는 操縱士가 空對地 임무시 강하회복에 필요한 飛行狀況 및 知識 base를 기반으로 MPA를 推論해낸다. 만약 MPA 이전에 操縱士가 강하회복 조작을 수행하지 않으면, MPA가 推論됨과 동시에 강하회복 專門家 시스템이 삼성 ROB-501의 허리모터(1번축 모타)를 양의 방향으로 16units AOA에 해당하는 steps 만큼 작동시키고, 동시에 display상에 warning-MPA를 전시하고, 操縱士의 ear phone에 경고음(1600Hz)을 5

초간 전달한다. display상에 그려진 계기판은 <그림 3>과 같으며, 이는 戰鬪機 자세에 따라 수치가 변화한다.

이 專門家 시스템의 모의를 위한 예로써, 초기 목표물(사격장 Bomb circle)에 진입자세인 高度 7,000 feet, 速度 350 knots, 角度 -50 degree, AOA 5 units, 重量 40,000 pounds를 입력한 후에 戰鬪機 자세변화를 삼성 ROB-501의 로보트자세로 <그림 6>과 같이 움직이게 하였다. <그림 6>에 대한 MPA에서 로보트자세 사진은 <그림 7>과 같다.

戰鬪機의 초기자세 data를 知識 base화한 예를 보이면 다음과 같다.

#### Parts

set altitude 7,000 feet.  
 set air speed 350 knots.  
 set dive angle -50 degrees.  
 set AOA 5 units.  
 set gross weight 40,000 pounds.

#### Goals

Pull-out control stick for 16 units AOA, display Warning-MPA on the display, sound to pilot's ear phone for 5 seconds.

#### Rules

If minimum pull-out altitude  
 then goals setting

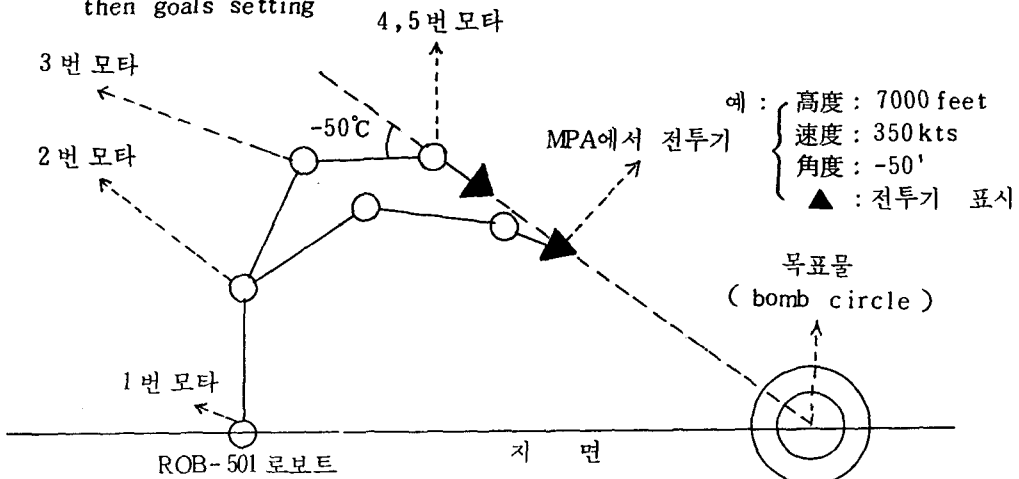


그림 6. 사격장 목표물 초기강하 자세와 MPA에서의 戰鬪機 자세

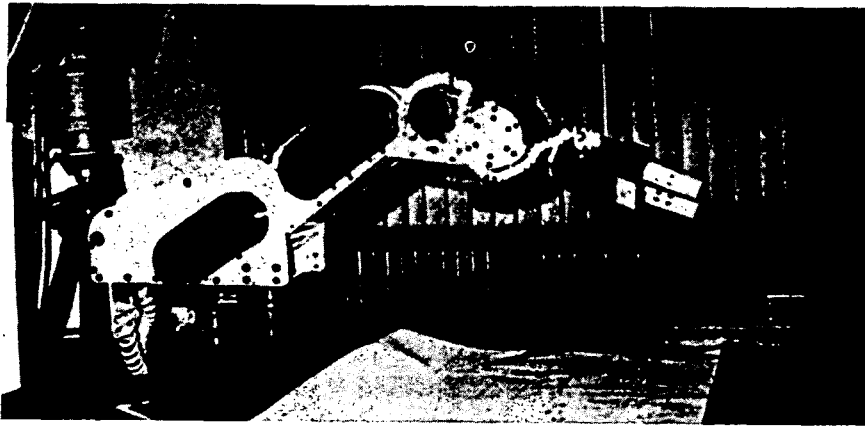


그림 7. MPA에서의 戰鬪機(robot hand)자세

삼성 ROB-501(5 자유도)의 1번축 모터를 戰鬪機 조종간 제어모터로 해석하고, 戰鬪機의 pitch 움직임을 제어한다. 또 戰鬪機 高度의 변화에 따라 로봇트의 2번축 모터에 의하여 상하 작동하며, AOA 변화에 따라 로봇트의 4번축을 작동하게 하였으며, 戰鬪機 강하 상승 角度에 따라 로봇트의 5번축을 작동하게 하였다. 戰鬪機의 전체 자세 표현은 로봇트의 hand로서 <그림 7>에서와 같이 표시하였다.

### 3.2 實驗結果 및 檢討

戰鬪機가 목표물을 공격하기 위하여 마지막 선회 이후 시점에서 高度, 速度, 角度, AOA, 重量을 keyboard로 입력하면, 실제 戰鬪機의 수치 계기판에서와 같이 display상의 그래픽 계기판에 戰鬪機 상태 변화에 따른 계기 전시가 되었으며, 推論 기관에서는 知識 base를 기반으로 하는 MPA를 推論해내고, 강하 회복 동작으로 control stick motor인 삼성 ROB-501의 허리 모터를 16 units AOA만큼 작동시켰다. 동시에 display 상에 warning-MPA를 전시하고, 操縱士 earph-

one에 경고음을 5초간 전달하였다. MPA 推論 이후의 로봇트 자세 변화를 보인 것이 그림 8과 같고, 강하 회복후의 최저 안전 高度를 500 feet AGL(Absolute Ground Level)로 설정하였기 때문에 본 專門家 시스템은 戰鬪機가 500 feet 이하로 내려가지 않게 모터를 작동하였으며 마지막 회복후의 戰鬪機 자세는 <그림 9>와 같다.

MPA 推論 시간은 戰鬪機의 高度, 速度, 角度에 影響을 받는다. 예로 들어 高度 5000 feet, 速度 400KTS, 角度 -50'에서 平均적으로 4/100초 만에 MPA를 推論해낸다.

로봇트가 움직이는 반응시간은 평균 1.5초 정도였다.

戰鬪機 상태	조 건				
	고도 (feet)	속도 (knots)	각도 (degree)	AOA (units)	중량 (pounds)
MPA (feet)					
6,500	11,000	300	-70	5	40,000
4,500	7,000	350	-50	5	40,000
2,100	3,000	400	-30	5	40,000

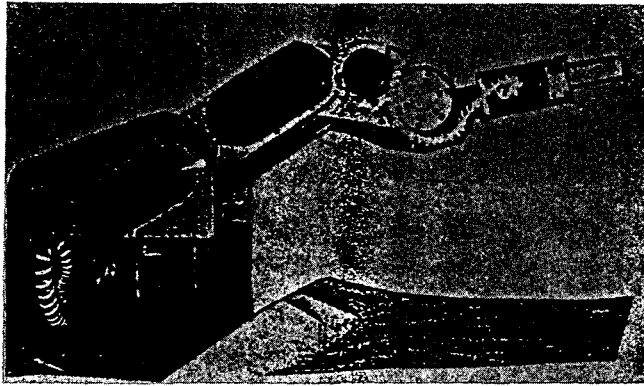
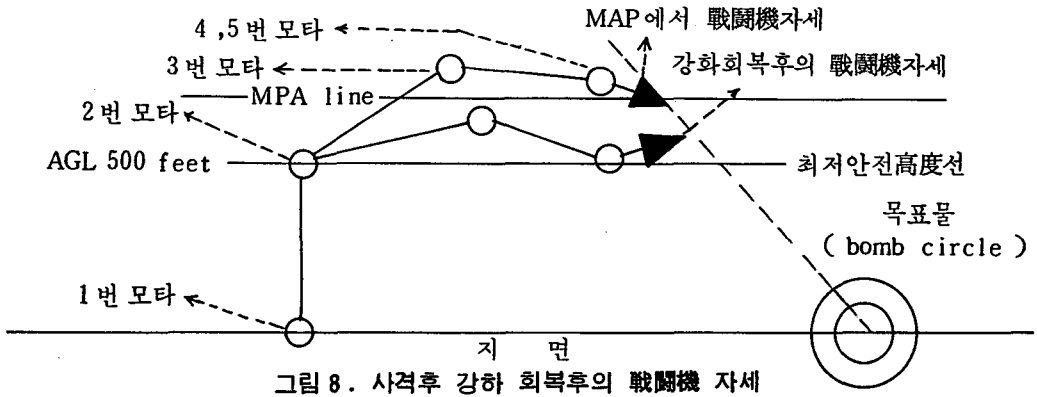


그림 9. 강하 회복후의 마지막 戦闘機 자세 (robot-hand)

#### 4. 結 論

본 研究는 戦闘機 操縱士가 지, 해상 폭탄 투하 임무시 목표물 명중에 정신을 집중하다 보면 순간적으로 MPA를 놓쳤을 경우 戦闘機 충돌사고 방지를 위한 강하 회복 専門家 시스템 모델을 prototype으로 개발하였으며, 이 모델의 시뮬레이션 결과는 실제 戦闘機에 적용 가능성을 제시할 수 있었다.

실제 戦闘機의 강하 회복 専門家 시스템 구현을 위해서는 software적으로 좀더 상세하고 풍부한 知識 습득을 위한 관련자료와 해당 戦闘機 操縱士와 더 많은 研究하에 知識 base 시스템이 구축 되어야 하고, 특히 MPA

rules의 수도 현재 40개에서 더 세분화하여 사고방지에 실현 가능한 수 만큼 만들어져야 할 것이다. hardware적으로는 hardware interface問題와 실시간 처리를 위한 속도 문제가 있지만, 이들 問題도 研究費와 研究期間만 있으면 결코 어려운 問題는 아니며, 충분히 실현 가능성이 있음이 검증되었다.

이러한 専門家 시스템이 구현 됨으로 얻을 수 있는 기대효과는 夜間飛行, 안개 혹은 운중飛行, 악천후 飛行時에 지, 해상 충돌사고 방지로 인한 전투력 유지 및 증강에 지대한 공헌이 있을 것으로 기대된다.



## 참 고 문 헌

1. Y. Hayashi, et al., "Management series II", Human factors engineering, First-press, Japan, p. 34, 1981.
2. E. Charniak, et al., "Introduction to Artificial Intelligence", Addison-Wesley Publishing Company, 1985.
3. B. M. Anderson, et al., "Intelligent automation of emergency procedures in advanced fighter aircraft" proceeding of the 1984, IEEE pp. 496-501.
4. 삼성전자 생산기술연구소, 삼성 ROB-501 robot-manual, 1985.
5. U.S Air force, flight manual USAF/EPAF series aircraft F-4 C/D, USAF change 4, 1980.
6. E. Charniak, et al., "Artificial intelligence programming", Erlbaum, New Jersey, 1980. pp.10-200.
7. A. D. Rich, Microsoft Lisp: "Artificial intelligence programming environment for the MS-DOS operating system", applied logician software house, Inc, 1986.