

항공기 비상조치 전문가 시스템 (An Expert System for Aircraft Emergency)

김성인*, 정석윤**

Abstract

It is critical to determine the appropriate actions for safe landing of an aircraft in an emergency situation. An expert system can be very useful for this purpose.

An expert system specifically for jet fighter *F-○○* has been developed. Its knowledge base contains the standard procedures provided by various flight manuals and the expertise of human specialists such as pilots and emergency management personnels. Advising procedures are represented by an *IF-THEN* format in the developed rule-based expert system. Advises are provided in real time during the entire flight processes of ground, takeoff, inflight, and landing.

The developed system would significantly increase the survivability of pilots and aircraft, while decreasing operational costs of emergency management personnels. By modifying the knowledge base, the developed system can also be applied to other types of aircrafts including civilian airlines.

1. 서 론

전쟁시, 제공권의 확보가 가장 중요한 요소라는 것은 걸프전과 같은 최근의 분쟁에서도 입증된 바 있다. 군용 항공기는 전쟁 세력의 주체가 된다. 그 운영 능력은 보유 대수보다도 공중에서 맡은 임무를 완벽하게 수행할 수 있는 수행도로 평가되고 있다.

이 능력을 평가하는 주요 요소로 관리 운영체제, 정비기술, 품질관리, 비행장 시설, 장비 및 물자 지원 등이 있다. 이 중에서 관리 운영체제 및 정비 기술 분야의 일부로 항공기의 결함 발생에 대한 비상조치 조언 절차가 있다. 현재 군용 항공기에 적용되는 비상조치 조언은 “항공기가 임무 중 계통 결함으로 인해 임무 수행을 하지 못하고 귀환할 경우, 항공기의 상태에 따라 지상에서 적절한 조언을 해당 항공기에 제공하여 항공기를 안전하게 귀환시키는 절차”로 정의된다[10, 11, 12, 13].

비행 중 결함이 발생한 경우, 비상조치 조언이 적시에 제공되지 않으면 2차 결함을 발생시키고, 나아가서 항공기의 추락이라는 최악의 사태를 유발시킬 수 있다. 이러한 결함 발생은 직·간접 품질비용의 증가, 항공기 및 인명의 손상을 초래하여 항공기 가동률에도 많은 영향을 미치고, 관계자들의 사기를 저하시키는 주 요인이 된다[14].

최근의 국내 항공기 사고는 '97년 8월 KAL 기가 Guam 착륙 도중 추락하여 227명의 인명 손실을 가져온 사건과, '97년 9월 공군의 차세대 주력기인 ○F-○○ 항공기 2대가 비행 중 추락하여 공군에서 일시 비행 중단을 선언하여 공군 전력증강 사업에 큰 타격을 준 사건 등이 있다. 국외 항공기 사고로는 '97년 9월 베트남 및 인도네시아 국적 여객기

가 착륙 및 비행 과정에서 추락하여 각각 65명과 234명의 인명 손실을 가져온 사건이 있었고, '97년 9월 중순에는 미공군 소속 항공기 F-○○을 포함하여 1주일 동안 6대의 항공기가 비행 중 추락하여 미공군에서도 일시 비행 중단을 선언한 사건이 있었다. 이러한 항공기 사고는 인명 및 재산상의 손실과 군 전력의 막대한 손실을 초래하고 있다.

또한, 현재 한국 공군에서 운영하고 있는 항공기의 과반수 이상은 수명 기간이 초과한 노후된 항공기로, ○○ 항공기의 경우 '96년 결함 발생률은 '93년 결함 발생률에 비하여 28%가 증가하였고, 매년 결함 발생률도 10%씩 증가하고 있다.

따라서, 결함 발생 항공기에 대해 신속하고 적절한 비상조치 조언 정보를 제공하는 시스템 개발이 매우 시급하다. 인명 및 항공기의 생존성을 증가시키고 전력 손실을 방지하기 위한 항공기 비상조치 조언 시스템 개발에는 전문가 시스템이 유용한 방법론이 된다. 인공지능의 한 분야인 전문가 시스템은 전문가의 지식을 컴퓨터 소프트웨어로 구현하여 비전문가들도 전문가의 지식을 쉽게 이용할 수 있도록 해준다.

이러한 전문가 시스템은 의료, 통신망 기기, 전자, 일반 제조 공정에서 다양하게 활용되고 있으며 [3, 4, 9, 15], 군사 분야 및 항공 우주 분야에 적용된 전문가 시스템을 살펴보면 다음과 같다.

군사 분야에서는 정보 수집과 분석, 전략전술 수립을 위한 전문가 시스템들이 개발되고 있다. 예를 들면, 적의 통신을 감시하고 전장의 정세 평가를 실행하는 HANIBAL, 레이더 이미지로부터 정보를 추출하는 ADRIES, 공격 목표물에 따라 무기 배분을 결정하는 BATTLE 시스템 등이 있다 [2, 3, 6, 15].

항공 우주 분야에서도 많은 시스템들이 개발되어 있다. 우주선 발사시 돌발적인 사태를 통제하고 우주선을 제어하기 위해 개발된 REX 시스템은 우주선의 지상 발사 부분을 통제하고 있다 [5]. 군용기의 계통 결함을 진단하기 위한 시스템인 FLEX는 조종사의 실수를 감소시키기 위해 결함 정보를 제공한다.

본 연구에서는 비행 중 작동뿐만 아니라 지상 작동, 이륙 작동, 착륙 작동 등, 항공기 비행과 관련된 전 과정에서 발생할 수 있는 결함에 대한 비상조치 정보를 실시간으로 제공하여, 항공기 비상조치, 관리 및 정비에 소요되는 비용을 줄일 수 있고, 조종사 및 항공기 생존성을 높일 수 있으며, 현존 전력의 절대 보존이라는 국방 목표에 기여할 수 있는 전문가 시스템을 개발한다.

이 시스템의 지식 기반은 비상조치 조언과 관련된 비행 교범, 정비 기술 지시, 조종사 및 정비사의 경험 등으로 구축된다. 지식 표현은 *IF* <condition> *THEN* <action> 형식의 규칙을 사용한다.

2장은 전문가 시스템 개발을 위한 문제 영역인 항공기 비상조치 조언 운영 절차의 현황 및 문제점, 지식 기반 및 시스템의 구축, 기대 효과를 다룬다. 3장은 실행 사례를 설명하고, 4장에서는 결론 및 향후 연구 과제에 대하여 언급한다.

2. 전문가 시스템 개발

2.1 항공기 비상조치 조언 운영 절차의

현황 및 문제점

현재 군용 항공기를 대상으로 운영하고 있는 비

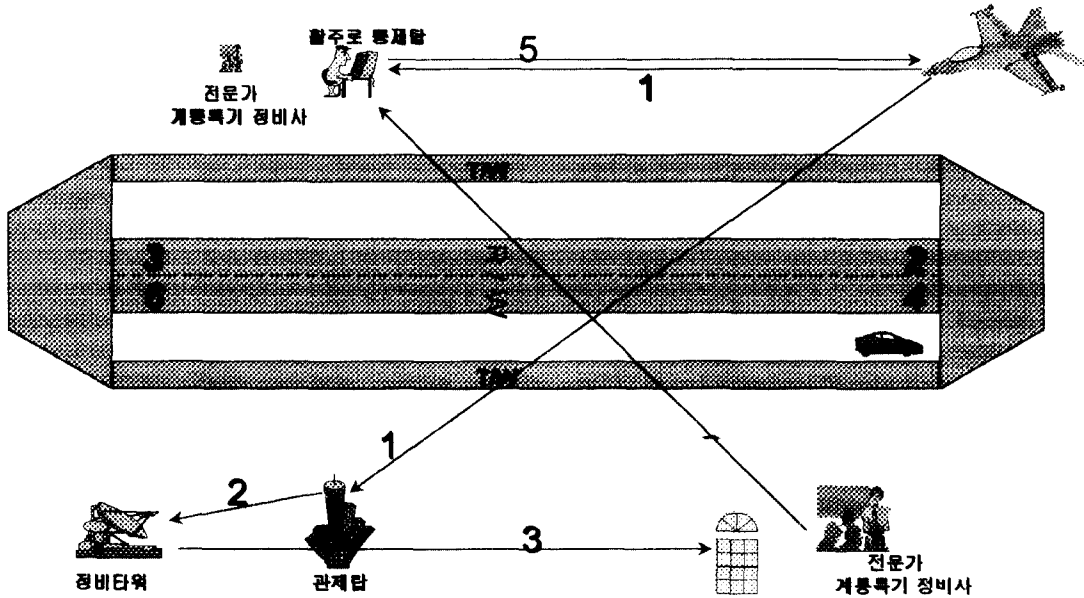
상조치 조언 절차는 다음과 같으며, 이를<그림 1>에 나타낸다 [10, 11, 12, 13].

- (1) 항공기가 임무 중 계통 결함으로 인하여 임무 수행을 중단하고 모기지로 귀환하고자 할 때는, 이륙한 기지의 활주로 통제탑 및 관제탑에 현재 항공기의 상태를 통보한다.
- (2) 관제탑에서는 정비 타워에 항공기의 결함 발생 상황을 통보한다.
- (3) 정비 타워에서는 비상조치와 관련된 계통별 특기 정비사의 출동을 지시한다.
- (4) 계통별 특기 정비사는 차량을 이용하여 최단시간내에 활주로 통제탑으로 이동한다.
- (5) 활주로 통제탑에서는 비상 상황 항공기에 착륙 우선권을 부여하고, 항공기를 안전하게 착륙시키기 위한 비상조치 조언 정보를 제공한다.

현재의 비상조치 조언반 운영에는 다음과 같은 문제점이 발견된다.

- (1) 정비사를 필요로 할 때 적시에 활용할 수 없다.
- (2) 정비사가 상주하는 작업장과 활주로 통제탑 및 관제탑과의 거리로 인하여 적시에 대처할 수 없다.
- (3) 타기종 항공기에는 단지 형식적인 조언에 그치고 있다.
- (4) 전쟁 상황시에는 비상조치 조언반에 편성된 계통별 정비사들 대다수가 파손 항공기 수리조에 편성되므로 이들을 조언에 활용할 수 없다.
- (5) 체계적이고 전반적인 예방 정비 활동이 시행되지 못하고 있다.

2.2 지식 기반의 구축



<그림 1> 항공기 비상조치 조연반 운영 절차

이 논문에서 개발하는 항공기 비상조치 전문가 시스템(ESFAE : Expert System for Aircraft Emergency)의 지식 기반은 비행 교범 및 정비 기술 지식을 바탕으로 하며, 계통별 정비사와 조종사들의 현장 경험 및 정비 기록을 포함한다 [7, 8].

신속한 정보 검색을 위해 “결함 목록”을 지상 작동, 이륙 작동, 비행 중 작동 및 착륙 작동으로 구분한다. 성격이 다른 무장 계통은 별도의 항목으로 구분한다. 이 결함 중에서 중요한 결함들을 따로 분류하고, 긴급도에 따라 비상탈출, 긴급도 1, 긴급도 2로 분류한다.

이들 결함 목록은 관련된 표 및 그림 정보도 포함한다. ESFAE 지식 기반의 전반적인 내용은 다음과 같으며, 구조는 [그림 2]의 왼쪽과 같다.

지상 작동 : 캐노피 고장을 포함 7개 항목.

이륙 작동 : 임무 중지를 포함 10개 항목.

비행 중 작동 : 비행 조종 불능을 포함 43개 항목.

착륙 작동 : 긴급 착륙 형태를 포함 30개 항목.

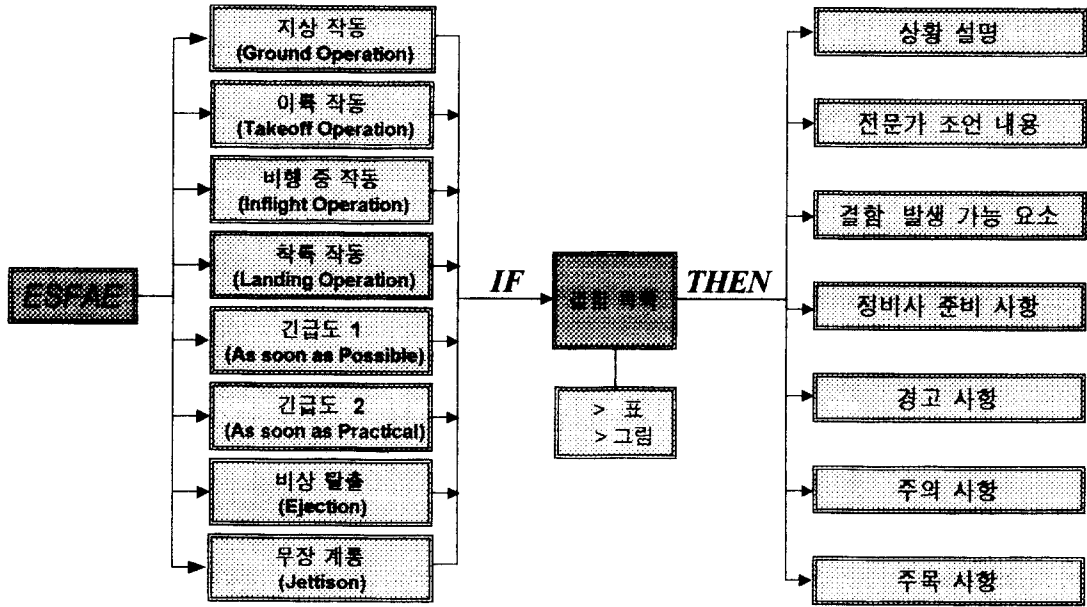
긴급도 1 : 공기부양 계통 고장을 포함 5개 항목.

긴급도 2 : 앞전 날개 고장을 포함 34개 항목.

비상탈출 : 상승 중 오른쪽 스피어를 포함 5개 항목.

무장 계통 및 무장 강제장탈 : 무장 장탈 안됨을 포함 10개 항목.

비상조치 조연 정보 제공자의 편의성을 위해 “결함 목록”과 관련된 정보를 결함 발생 조건을 설명하는 상황 설명, 결함 조치를 할 수 있는 전문가 조언 내용, 발생한 결함 원인을 추정할 수 있는 결함 발생 가능 요소, 절차 수행시 불필요한 조작이나 실수가 발생할 경우 인명 손상 및 항공기 대파가 예상되는 경고 사항, 인명 부상 및 항공기 중파



<그림 2> ESFAE 지식 기반 구조 및 추론

과가 예상되는 주의 사항, 항공기 성능 저하가 발생 되는 주목 사항 등으로 분류한다.

이들의 내용과 규모는 다음과 같으며, <그림 2>의 오른쪽과 같다.

- 상황 설명** : 캐노피 고장 설명을 포함 14개 항목.
- 전문가 조언 내용** : 조종석 과압 조언을 포함 14개 항목.
- 결함 발생 가능 요소** : 브레이크 고장 원인을 포함 14개 항목.
- 정비사 준비 사항** : 캐노피 고장시 준비 사항을 포함 30개 항목.
- 경고 사항** : 캐노피 고장시 경고 사항을 포함 37개 항목.
- 주의 사항** : 조종석 과압시 주의 사항을 포함 27개 항목.
- 주목 사항** : 캐노피 고장시 주목 사항을 포함 33개

항목.

지식 표현은 다음과 같이 **IF** <condition> **THEN** <action> 형식의 나무(tree) 구조 형태 규칙을 사용한다.

IF 결함 목록

THEN 상황 설명, 전문가 조언 내용, 결함 발생 가능 요소, 정비사 준비 사항, 경고 사항, 주의 사항, 주목 사항

구체적인 예를 들면 다음과 같다.

- **IF Engine Fire or Overheat During Flight**
THEN Engine 후미 연기, Throttle bad engine - IDLE, Engine Fire System Loop 손상, 정비사 준비 사항 없음, 경고 사항 없음, Bad Engine 추력 증가 및 재시동 금지, 주목 사항 없음.

- **IF Canopy Malfunction**

THEN Canopy 가 닫히거나 열릴 때 이상한 소리, Canopy Lever를 작동시키지 말 것, Canopy Panel Lock가 빠졌을 경우, Open Wretch 9/16" 준비, Canopy를 열고 Taxi 하지 말 것, 주의 사항 없음, Brake 작동 금지.

- **IF Cockpit Overpressurization**

THEN 조종석이 과여압되었을 때, Emergency vent knob - Pull, Cabin dual Temp' Mixing V/V 불량, 정비사 준비 사항 없음, 정상적인 방법으로 Canopy를 열지 말 것, 주의 사항 없음, 주목 사항 없음.

항공기 결함 발생시에는 역방향(backward chaining) 추론(inference)을 통해 상황 설명, 전문가 조언 내용, 결함 발생 가능 요소, 정비사 준비사항 및 조종사 주의사항 등의 정보가 제공된다. 추론 과정은 <그림 2>와 같다.

2.3 시스템 구축

ESFAE의 폭 넓은 적용성을 위해 현재 보편화된 IBM PC의 윈도우 95 환경에서 실행되도록 시스템을 구축한다. 하드웨어 구성, 언어 및 데이터베이스 구축은 다음과 같다.

기종 : IBM PC 486 DX 이상.

운영 환경 : 윈도우 95.

하드 디스크/램 : 30M/16M 이상.

그래픽 어댑터 : VGA.

시스템 구축 언어 : MS Visual Basic 4.0.

데이터베이스 구축 : MS Access.

2.4 기대 효과

구체적인 사례로, '96년 8월 C-○○ 항공기가 ○○ 기지 착륙 도중 우측 Main L/G가 Down 되지 않으면서, L/G Wiring 절단 결함이 발생하여 착륙을 포기하고 모기지로 귀환한 경우가 있었다. 이 경우에 본 시스템을 사용하였다면 타기종 항공기 비상조치 조언이 가능하게 되어 항공기를 무사히 착륙시킬 수 있었을 것이다.

이와 같이 본 ESFAE를 현장에서 활용하면 다음과 같은 효과를 기대할 수 있다.

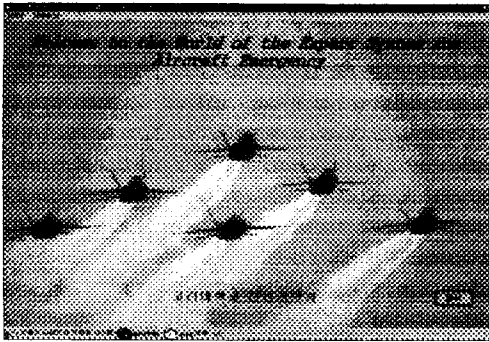
- (1) 항공기 결함 발생시 실시간으로 정확한 정보를 제공하여 2차 결함 발생을 방지하고, 조종사 및 항공기 손실을 최소화 할 수 있다.
- (2) 타기종 항공기에 대한 실질적인 비상조치 조언이 가능하고, 항공기 비상조치에 관한 전문 지식을 체계적으로 관리할 수 있다.
- (3) 효율성있는 인원 관리가 가능하여 전·평시 상황 대처 능력이 향상된다

3. 실행 사례

항공기 결함이 발생한 경우, 조종사는 항공기 결함 상황을 기지에 전달한다. 비상조치 조언자는 본 ESFAE의 결함 목록을 선택하여 화면에서 제공하는 정보를 조종사에게 실시간으로 제공한다.

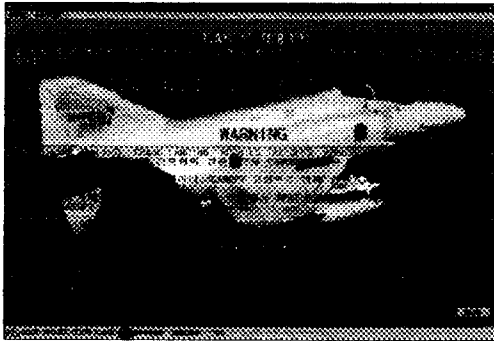
예를 들어, 항공기가 비행 중 엔진에 화재가 발생하거나 과열되었다고 하자. 조종사는 "Engine Fire or Overheat During Flight"의 항공기 결함 내용을 활주로 통제탑에 통보한다. 활주로 통제탑은 신속하고 적절한 조언 정보를 조종사에게 제공하

기 위해 다음과 같이 *ESFAE*를 이용한다.
 먼저, *ESFAE*의 초기 화면은 <그림 3>과 같다.



<그림 3> 초기 화면

사용자가 준수해야 할 기본 규칙들은 <그림 4>의 기본 규칙창에 나타나며 다음의 내용들이 포함되어 있다.



<그림 4> 기본 규칙창

Basic Rules :

- 항공기 비행 자세 유지
- 상황 분석 및 적절한 조치
- 가능한 한 빨리 착륙.

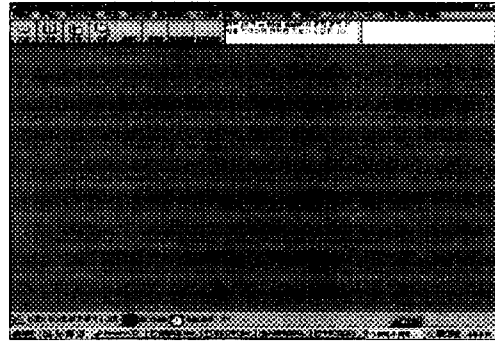
Warning : 캐노피 개방 금지.

Caution :

- 완전한 외장을 갖추고 (Flaps-DN, Gear-DN) 정상적 속도로 접근

- 예비 산소병은 저고도에서 산소를 공급하지 못할 경우가 있음.

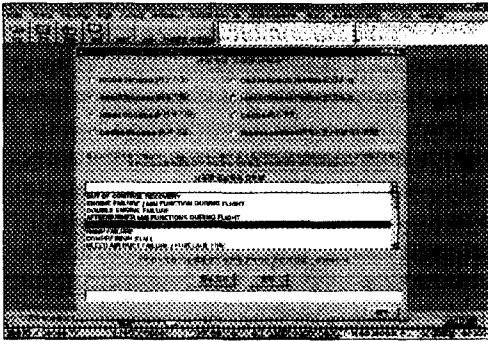
비상조치 조연자는 <그림 5>의 시스템 관리창에서 “정보 검색”을 선택한다. 이 창은 다음과 같은 메뉴를 갖고 있다.



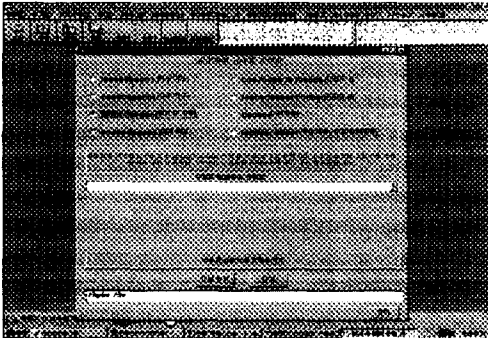
<그림 5> 관리창

- 화일
- 보기
- 정보 검색
- 창
- 긴급도
- 비상탈출
- 비상탈출 절차/그림
- 무장 계통/무장 장탈
- 그림 보기
- Jettison Chart
- L/G 고장
- 도움말.

메뉴 중에서 “정보 검색”을 선택하면 결함 발생 단계를 표시하는 <그림 6>과 같은 부 메뉴가 나타난다.



[가]



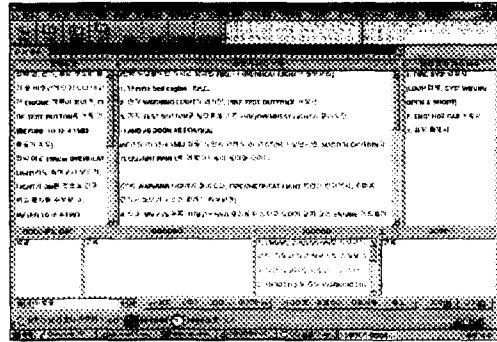
[나]

<그림 6> 정보 검색

- 지상 작동
- 이륙 작동
- 비행 중 작동
- 착륙 작동
- 긴급도 1
- 긴급도 2
- 비상탈출
- 무장 계통 / 무장 강제 장탈.

여기에서 [가]와 같이 “비행 중 작동”을 선택하면 43개의 결함 목록이 나타나고, “Engine Fire or Overheat During Flight”를 선택하거나, [나]와 같이 직접 “Engine Fire,” 또는 “Overheat” 등을 입

력하여도 같은 정보를 제공받는다. 이는 <그림 7>과 같다.



<그림 7> 정보 제공창

정보 제공창에는 결함 목록, 상황 설명, 전문가 조언 내용, 결함 발생 가능 요소, 정비사 준비 사항, 경고 사항, 주의 사항 및 주목 사항 등의 정보들이 나타난다. 위의 사례에서 제공되는 내용의 일부는 다음과 같다.

결함 목록 : Engine Fire or Overheat During Flight.

상황 설명 :

- Engine 후미 연기, 계기 비정상적 작동
- Fire or Overheat Warning Light On
- 음성 경고음 “Fire - Fire” 작동.

전문가 조언 내용 :

- Throttle bad engine - IDLE
- Test button - PRESS
- 만약 Fire or Overheat lights 계속 들어오면
- Test button - PRESS
- LAND AS SOON AS PRACTICAL.

결함 발생 가능 요소 :

- Engine Fire System Loop 손상
- Fire System Wiring Open & Short

- Bleed Duct 손상으로 인한 Hot Gas 누출.

정비사 준비 사항 : 없음.

경고 사항 : 없음.

주의 사항 :

- Bad Engine 추력 증가 및 재시동 금지

- Bad Engine Shutdown.

주목 사항 : 없음.

4. 결 론

항공기 결함은 조종사 및 항공기 손실로 이어질 수 있고, 임무 수행중인 경우에는 작전 실패를 의미하며 군 전력에 치명적이다. 그러나 대다수의 항공기 결함 및 사고는 예방이 가능하다는 것을 항공기 사고 조사 결과 보고서를 통해서 알 수 있다.

이에 본 연구에서는 항공기 결함 발생시 신속하고 적절한 조언 정보를 조종사에게 제공할 수 있는 항공기 비상조치 조언 전문가 시스템을 개발하였다. 이 시스템을 활용하면 항공기 결함으로 인한 사고 및 인명 손실을 예방하여 군 전력 손실을 최소로 할 수 있다. 이 시스템은 또한 항공기 사고 예방을 위한 비상조치 조언반 및 조종사들의 훈련용으로도 사용할 수 있다. 이 시스템의 지식베이스만 변경하면 군용 항공기뿐만 아니라 민항기에도 적용할 수 있는 범용성을 가진다.

이 시스템을 ○○ 기지에 설치, 운영하여 본 결과, 실시간 정보 제공 및 항공기 사고 예방 교육용으로 사용할 수 있음이 실증되었다. 이 기지에서는 종래 평균 5분 이상 걸리던 비상조치 조언 정보 제공 시간이 본 시스템을 활용한 경우, 평균 1분 이내로 감소되었다.

현재 *ESFAE* 는 지상에서 운영하여, 정보를 공중의 항공기에 제공하고 있다. 이를 칩(chip)으로 제작하여 항공기에 직접 장착시키면 보다 신속하고 효율적인 시스템이 될 것이다.

참고 문헌

- [1] Ali, M. and Scharnhorst, D. A., "Sensor - based fault diagnosis in a flight expert system," *Proceeding of the Conference on Artificial Intelligence Applications*, IEEE Computer Society, Vol. 1, pp.49-54, 1985.
- [2] Bruce, P. and Russell I., "A blackboard approach for diagnosis in pilot's associate," *IEEE EXPERT*, Vol. 5, No. 4, pp.39-45, 1990.
- [3] Durkin, J., *Expert Systems: Design and Development*, Macmillan Publishing Co., New York, 1994.
- [4] Durkin, J., "Expert System: A view of the field," *IEEE EXPERT*, Vol. 11, No. 2, pp. 56-63, 1996.
- [5] Prasad, B. E., Perraju, T. S., Uma, G., and Umarani, P., "An expert system shell for aerospace application," *IEEE EXPERT*, Vol. 9, No. 4, pp.56-64, 1994.
- [6] Sheila, B. B. and Carl S. L., "Pilot's associate: A cooperative, knowledge-based system application," *IEEE EXPERT*, Vol. 6, No. 3, pp.18-29, 1991.
- [7] United States Air Force., *Technical Order*

1F-4C-1: Flight Manual, Ogden Air Logistics Centers, Oklahoma, 1990.

[8] United States Air Force., *Technical Order 1F-4C-2-1: General Maintenance*, Ogden Air Logistics Centers, Oklahoma, 1992.

[9] Waterman, D.A., *A Guide to Expert Systems*, Addison-Wesley, New York, 1986.

[10] 공군본부, *정비관리*, 공군교범, 공군 교재창, 6-101, 1993.

[11] 공군본부, *비상 항공기 조연철*, 공군규정, 공군 교재창, 7-27, pp.1-5, 1990.

[12] 공군 작전사령부, *비상조치 조연반 운영*, 작사 규정, 공군 교재창, 5-63, pp.1-5, 1991.

[13] 공군 제 ○○ 전투 비행단, *비상조치 조연반 운영절차*, ○○ 비규, 공군 교재창, 7-5, pp. 1-10, 1991.

[14] 김성인, *서비스 산업에서의 품질관리*, 청문각, 1989.

[15] 이재규, 최형림, 김현수, 서민수, 주석진, 지원철, *전문가 시스템의 원리와 개발*, 범영사, 1996.