

「정보시스템연구」 제8호 제2호  
한국정보시스템학회  
1999년 12월, pp. 145-168.

## 항공기 결함과 사고예측시스템 개발

이 일 형\* · 한 계 섭\*\*

### <목 차>

I. 서론	3.4 새로운 결함예방시스템 구축의 필요성과 구성도
II. 항공기 결함과 사고에 관한 이론	IV. 항공기 결함예방시스템 구축방안
2.1 항공기 결함 개요	4.1 결함예방시스템 개요
2.2 항공기 결함요인	4.2 결함예방시스템의 구도
2.3 항공기 결함분석 이론	4.3 결함예방시스템의 구축
III. 항공기 결합현황분석	4.4 결합예방시스템의 비교 및 효과
3.1 항공기 결합 현황	V. 결 론
3.2 항공기 결합색출 절차현황	참고문헌
3.3 항공기 결합색출방법의 문제점	Abstract

## I. 서 론

항공기사고의 통계자료를 보면 매년 수 십억 불의 재산 피해와 수많은 인명손실을 초래하고 있다. 이들 사고의 주원인은 기계적 요인과 인적요인으로 대별되고 있다.

항공기 자체의 안전도는 개발단계에서 이루어지는 항공기의 기동특성, 조종성능, 자체의 항공 역학적 안정성, 구성부품의 신뢰도 등으로 분석할 수 있으며 운항단계에서는 운용 시 발생하는 결함율과 그에 따른 사고율에 의하여 평가할 수 있다. 특히 항공기 자체의 결함은 크게 비행 중 발생한 결함과 정비자체에서 나타나는 정비결함으로 구분할 수 있다. 실제 비행시 항공기의 안전도에 관련 있는 결함은 비행 중 발생한 결함이 중요한 요소이다. 그러므로 비행 중 발생한 결함의 원인을 각 계통별로 구분하여 결함율을 산출하고, 분석하여 결합 발생가능성이 높은 계통에 집중적인 관리와 사전 예방 정비를 실시한다면 항공기 사고를 미연에 방지할 수 있을 것이다.

이에 따라 본 연구에서는 치명적인 항공기사고의 예방과 원만한 정비지원체계를 유지하며, 항공기별 결합관리가 가능할 수 있는 항공기 결합의 예방시스템의 필요성과

\* 공군대학

\*\* 동아대학교 경영정보학과 교수

구성 방안을 제시함으로써 항공관리자에게는 안전관리 측면에서 사고예방의 참고 가능한 자료로 시스템을 활용할 수 있도록 하고, 항공기 운항자에게는 시스템 활용을 통하여 항공기 운영에 대한 신뢰성 회복과 효과적인 항공기 사고를 예방할 수 있는 대책방안을 찾아보고자 한다. 물론 항공기 결함방지를 통한 사고예방을 사전에 파악하려는 방안들이 지난 수십 년간 지속적으로 연구되었으며 지금도 계속적으로 연구에 박차를 가하고 있으나 아직도 항공기 사고는 그치지 않고 있다.

## II. 항공기 결함과 사고에 관한 이론

### 2.1 항공기 결함 개요

항공기 결함이란 항공시스템이나 구조물의 구성품이 정상적으로 작동하지 않아 부여된 임무를 달성하지 못하는 상태이다. 그리고 고장이란 시스템이나 구조물의 결함을 나타내는 구체적인 상태를 뜻하며 이에 대한 결함은 지상의 정비단계에서 발생하는 결함과 비행 중 발생하는 결함 등으로 다음과 같이 구분할 수 있다.(김준식, 1997)

#### 2.1.1 결함에 관한 용어

일반적으로 모든 산업분야에 적용되는 사고의 개념은 상해나 상해 가능성을 초래하는 대상, 본질, 인간에 대하여 행동 또는 반응에 의해 관리할 수 없는 사상이라고 정의하고 있으며, 결함은 시스템이나 구조물의 구성품이 정상적으로 작동하지 않아 부여된 임무를 달성하지 못하는 상태를 의미한다. 그리고 고장이란 시스템이나 구조물의 결함을 나타내는 구체적인 상태를 뜻하는 것으로 정의할 수 있으며, 항공기에 대한 결함은 지상의 정비단계에서 발생하는 결함과 비행 중 발생하는 결함 등으로 구분할 수 있으며 내용은 다음과 같다.

##### (1) 비행 중 주요결함(In Flight Failure, IFF)

항공기가 비행할 목적으로 엔진시동 시부터 비행완료 후 엔진을 정지하여 항공기로부터 승무원이 정상적으로 내렸을 때까지의 결함으로써 교정작업 없이는 비행사고 가능성이 있는 항공기 결함 상태를 말한다.

##### (2) 비행실패(Abort)

부여된 임무수행을 위하여 항공기를 시동했을 때부터 임무를 완료할 때까지의 기간 중 항공기 결함 또는 인적과실로 인하여 부여된 임무를 완수하지 못하였음을 말하여, 공중실패와 지상 실패로 구분한다.

##### (3) 주요결함

비행 중 주요결함(IFF)을 제외한 계획 및 비계획 작업을 망라한 제정비 활동 중 발생한 결함으로써 타기종 항공기에도 적용하여 시정조치가 요구되는 결함을 말한다.

##### (4) 반복결함

항공기나 지상장비 결함을 교정작업 후 같은 결함이 2회 이상 발생하였을 때를 말한다.

**(5) 동질/유사결함**

항공기나 지상정비의 결함이 동기종 항공기 또는 지상정비에 동일/유사한 현상으로 발생되어 재발 방지대책을 강구할 필요성이 있다고 판단되는 결함을 말한다.

**(6) 비상착륙(Emergency Landing)**

비행 중 비상사태의 결함발생으로 인한 긴급 착륙을 말한다.

**(7) 검사 중 결함**

항공기 및 지상장비의 계획정비나 비계획 정비를 수행 중 발견되는 결함으로 재발 방지대책이 요구된다고 판단되는 결함을 말한다.

**2.1.2 결함의 형태와 분류**

**(1) 설계 상의 결함(Design Deficiency)**

제작 당시부터 설계자체 오류로 인해 발생된 결함으로 설계 변경이 요구되는 결함.

**(2) 정비 결함(Maintenance Deficiency)**

과도한 정비 인시수가 소요되는 결함으로 검사, 손질, 수리, 교환의 용이성(Accessibility), 간편성(Simplicity), 지원성(Supportability), 표준화(Standardization), 및 부품의 호환성(Interchangeability)을 재검토 수정해야 되는 결함.

**(3) 재질결함(Materiel Deficiency)**

기본 구성품(End Item)의 수리 또는 제작 공정 중에 기인된 결함으로 내부 구성품과 Subassembly의 결함.

**(4) 품질결함(Quality Deficiency)**

규격/기준미달, 기술상의, 조건미달, 정비작업 오류에 의한 결함.

**(5) Software Deficiency :** 컴퓨터 프로그램상의 결함.

**2.1.3 등급분류**

**(1) CATEGORY I**

무기체계(Weapon System)의 손상, 손실 또는 전투준비 능력에 지장을 초래하는 것으로 인명의 손상, 손실을 초래할 수 있는 결함.

**(2) CATEGORY II**

CATEGORY I 을 제외한 장비 및 구성품의 규격미달, 성능저하 결함 상태

**2.2 항공기 결함요인**

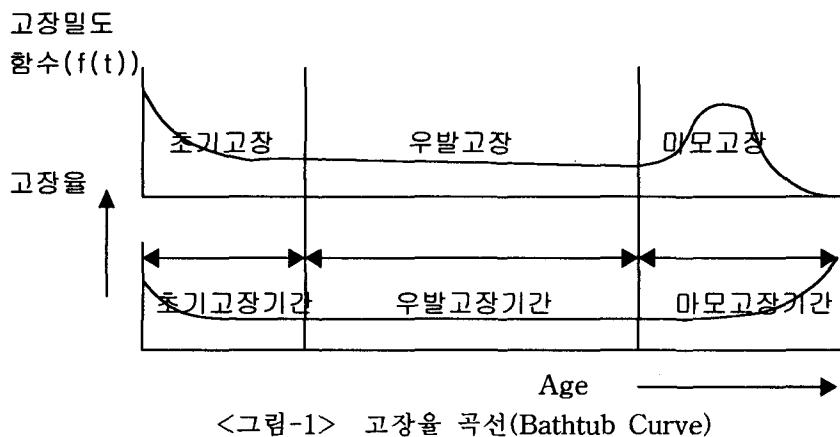
항공기 운용 시 발생하는 결함은 항공기 자체의 결함이 원인이 될 수도 있고, 조종사에 의한 인적요소와 기상 등에 의한 환경적 원인으로 다음과 같이 개관할 수 있다.

(김준식, 1997)

**2.2.1 기계적 요인**

기계적 요인은 항공기 제작 자체의 결함으로부터 재질의 약화 또는 수십만 개의

부품 중 어떤 한 개 또는 중복된 기능 고장과 정비상의 결함을 말한다. 또한 대부분의 기계적인 요인은 일반적으로 <그림-1>과 같이 고장 밀도함수 곡선과 이에 대응하는 육조 모양의 고장을 곡선으로 나타낼 수 있다. 고장을 곡선(Bathtub Curve)은 운용시간에 따라 크게 3부분의 기간으로 구분하고 있다. 첫째 장비를 초기에 사용할 때에는 절연불량, 불량부품, 결합불량 등으로 많은 결함이 발생하다가 시간이 지남에 따라 감소하는 초기 고장기간이며, 둘째 장비를 어느 정도 사용 후에는 비교적 고장이 적게 일어나며 그 고장원인의 발견이 어려운 우발고장기간이다. 이 기간에는 외부로부터의 부하가 설비나 부품의 강도를 초과할 때에 발생하는 기간으로 고장을 시간의 함수로 정확하게 표현하기가 어렵다. 셋째로는 장비가 노년기에 들면 부품이 쇠약해지게 되어 고장이 많이 발생하는 마모 고장기간이다. 이와 같은 육조곡선으로부터 결함의 발생과 진행의 형태를 쉽게 파악할 수 있다.



### 2.2.2 인위적 요인

인위적 요인은 항공기의 운용과 관련된 인간에 의한 요인으로 조종사, 정비사, 감독자 등을 말하며, 결함의 원인별 구분시 인위적 요인으로 인한 결함의 발생빈도가 점차 증가하고 있는 추세이지만, 이러한 요인을 뚜렷하게 제거하거나 감소하기 위한 명백한 대책의 강구가 어려운 실정이다.

### 2.2.3 환경적 요인

환경적 요인은 항공기의 운용 시 주어진 조건하에 발생하는 기계적 요인과 인적 요인을 제외한 악천후 하에서의 비행이나 조류 충돌 등 불가항력적인 요인을 말한다.

그러나 실제 항공기 결함의 원인을 분석하여 보면 어느 한가지 요인만으로 결함이 발생하는 것이 아니라 임무의 특성에 따라 야기되는 문제점을 포함하여 인간-기계-환경의 상호작용으로 발생하고 있다. 또한 사고와 직접 혹은 간접적으로 영향을 미칠 수 있는 항공기 자체결함은 여러 가지로 구분하지만 비행 중 발생한 결함과 정비 자체에서 나타나는 정비결함으로 크게 구분할 수 있다.

따라서 지상 및 비행 중 발생한 결함의 원인을 계통별로 구분하여 트리구조로 각 계통별/결합 종상별 원인에 대한 정비절차를 구성한다면 항공기 운영 측면에서 결함방지의 효과적인 관리뿐만 아니라 결함 발생 가능성이 높은 계통에 대한 사전 정비를 실시할 수 있는 정비절차의 구조를 제공하여 항공기 안전사고를 방지할 수 있는 기초가 될 것이다.

### 2.3. 항공기 결함분석 이론

안전도를 분석하는 접근 방법에는 고장율의 데이터를 통계적으로 처리하는 자료중시형과 자신의 안전은 스스로 지키는 현장 중시형의 2가지로 구분되어지며, 자료 중시형의 해석을 위한 분석 기법으로서 어떠한 시스템 또는 시스템을 구성하는 부품의 신뢰도 혹은 안전도를 예방, 분석하는 기준의 제반 기법들 중 기계장치의 고장 등의 분석이나 시스템의 신뢰성을 개선하는 계량적 고장해석에 적합한 FTA(Fault Tree Analysis)와 이러한 안전도 분석을 위한 고장을 자료 산출에 관한 기법들을 알아보았다.

#### 2.3.1 Fault Tree Analysis(FTA)

Fault Tree Analysis는 중대한 고장을 유발시키는 사건(Top Event)에 대해서 발생 원인을 하부 수준의 사건(Lower Event)에서 어떻게 시작되었는지를 추적해 가는 연역적인 분석 기법이다. 이러한 FTA 방법은 1960년대 초에 미국 Bell Laboratory에서 고안되고, 1965년 Boeing 항공회사의 D.F.Haall에 의해 보완됨으로써 실용화되기 시작한 시스템 고장 해석방법으로 ICBM 계획의 안전성 해석에 처음으로 사용된 이후 기계 장치가 규칙적으로 운전되고 있는 가운데 어느 정도의 고장이 일어날 것인가를 규명하는데 사용되었다.

FTA는 시스템 고장을 발생시키는 사상(Event)과 그의 원인과의 인과관계를 논리 기호(AND와 OR)를 사용하여 나뭇가지 모양의 그림으로 나타낸 고장목(Fault Tree)을 만들고, 이에따라 시스템의 고장확률을 구함으로써 문제가 되는 부분을 찾아내어 시스템의 신뢰성을 개선하는 계량적 고장해석 및 신뢰성 평가방법이다.

보통 Top Event는 상당한 위험이나 많은 비용 또는 오랜 고장시간을 야기하는 고장요인으로서 Top Event 아래 OR 게이트나 AND 게이트가 있고 그 다음에 하부수준의 사건들이 있는데, 하부수준의 사건들이 각각 어떠한 확률로 일어나는지 추정하고 고장목의 논리적 관계에 따라 Top Event의 발생 확률을 계산할 수 있다.

FTA 기법은 잠복고장이나 인간의 실수(Human Failures)등과 같은 복잡한 시스템로직에서 발생하는 복수고장에 대해서 사용할 수 있기 때문에 시스템의 안전성 분석에 매우 유용한 방법이다. 특히 비행관제 시스템이나 화학 처리공장 혹은 원자력 발전소와 같은 대규모 시스템에 대한 안전성 분석에 흔히 사용되나 고장목은 매우 복잡하고, 수작업이 불가능하기 때문에 대규모 시스템에서는 FTA를 위한 컴퓨터 프로그램들이 개발되어 사용되고 있다.

본 연구 논문에서 항공기 고장을 측정에 사용되는 논리 및 계측방법은 다음과 같다.

### (1) 고장목(Fault Tree) 작성에 사용되는 기본적인 기호

고장목을 작성하는 기호는 일반적으로 통일된 기호로 사용하고 있으나 사용자에 따라 다소의 차이는 있지만, 본 논문에서는 일반적으로 사용하는 기호를 이용하였으며 다음의 <그림-2>과 같다.

분류	AND 기호	OR 기호	정상(중간)사상	기본사상
표시 기호				

<그림-2> 고장목에 사용되는 기본적인 기호

### (2) 고장을 계산 방법

고장목이 만들어지고 고장목 내의 기본 사상에 중복된 것이 없으면 기본 사상의 고장확률을 데이터로 하여 시스템의 고장확률을 계산할 수 있다.

#### 1) AND 게이트의 경우

하부의 모든 사상이 모두 발생할 경우 상위사상이 발생하는 경우로 기본사상이 3개인 경우 각 사상을 각각 A, B, C라고 한다면, 각각 고장날 확률을  $F(A)$ ,  $F(B)$ ,  $F(C)$ 라 할 때 Top Event  $F(T)=F(A) \cdot F(B) \cdot F(C)$ 가 된다. 그러므로 n개의 기본사상이 AND결합으로 연결되어 있다면 정상사상(Top Event)이 발생할 확률 F는 다음과 같이 표현된다.

$$F = F_1 \cdot F_2 \cdot F_3 \cdot \dots \cdot F_n = \prod_{i=1}^n F_i$$

#### 2) OR 게이트의 경우

하부의 사상 중 어느 한가지 사상만 발생하더라도 상위 사상이 발생하는 경우가 되고, AND 게이트에서와 같이 n개의 기본사상이 OR 게이트로 이루어져 있다면, 정상사상이 발생할 확률 F는 다음 식과 같다.

$$F = 1 - [1-F_1] \cdot [1-F_2] \cdot \dots \cdot [1-F_n] = 1 - \prod_{i=1}^n (1-F_i)$$

### 2.3.2 안전도 분석을 위한 자료 산출

안전도 분석에 필요한 기본사상에 대한 고장을은 분포에 따라서 여러 가지로 나타낼 수 있으며, 그 의미도 나타내는 방법에 따라서 차이가 있다. 다음은 각 고장을에 따른 의미와 수식을 표현한 것이다.

#### (1) 단위 시간당 고장을

어떤 시점  $t$ 와  $(t+\Delta t)$ 시간 사이에 발생한 고장을을 구간 고장을이라고 부르며, 이

것을  $\Delta t$ 로 나누어 단위 시간당 고장율로 환산한 것을 단위 시간당 고장율이라고 부른다. 따라서 단위 시간당 고장율을 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$\text{단위 시간당 고장율} = \frac{R(t) - R(t + \Delta t)}{\Delta t \cdot R(t)}$$

### (2) 순간 고장율[h(t)]

순간 고장율은 단위 시간당 고장율에서  $\Delta t$ 가 0으로 수렴할 때 고장율로써 극한값을 가지며, 단순히 고장을 함수라고도 부르며, 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$h(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{R(t) - R(t + \Delta t)}{\Delta t \cdot R(t)} = \frac{1}{R(t)} \cdot \left[ -\frac{d}{dt} R(t) \right] = \frac{f(t)}{R(t)}$$

순간 고장율은 이전 시점까지의 고장은 고려하지 않고 그 시점에서 정상 상태 이후에 즉시 일어날 고장의 확률을 의미하므로 특정한 시간에 대한 순간 안전도는 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$r_s(t) = 1 - \frac{f(t)}{R(t)}$$

### (3) 확률 밀도함수[f(t)]

순간 고장율은 장비가 곧 고장이 날 가능성이 얼마나가를 나타내지만, 확률밀도함수는 장비가 언제 고장이 많이 나는가를 나타내는 고장의 발생 경향성을 나타낸다.

$$f(t) = \frac{\Pr ob(t \leq T \leq t + dt)}{dt} \quad (T: \text{확률 변수})$$

### (4) 누적 고장확률[F(t)]

초기부터 해당 시간까지 고장이 발생할 확률로서 시점  $t$ 까지의 모든 고장을 포함하므로 신뢰도와는 아래와 같은 관계식을 가지며, 이 식을 이용하여 각 기본사상에 대한 누적 고장확률을 구할 수 있다. 이러한 기본사상에 대한 누적 고장확률의 값을 이용하여 특정한 시점까지 결함과 사고 없이 안전하게 운영할 확률 즉, 측정한 시점까지의 모든 결함과 사고가 없이 존재할 수 있는 누적 안전도를 구할 수 있다.

$$F(t) = 1 - R(t) [ R(t) = \frac{n(t)}{N} ] , R(t) : \text{잔존확률}, N: \text{초기의 총수}, n(t): \text{시점 } t \text{에서의 잔존수}$$

## III. 항공기 결함현황 분석

### 3.1 항공기 결함 현황

항공기 운영 시 발생하는 결함에 대한 정비절차는 각 정비 부서 및 항공기 특성에 따라 다소의 차이가 있을 수 있지만 결함 발생시기(비행 전, 비행 중, 비행 후, 특수검

사, 품질검사, 주기검사 등)를 구분하지 않고 대체적으로 다음과 같은 절차에 따라 수행된다.

### 3.1.1 항공기 정비를 통한 색출현황

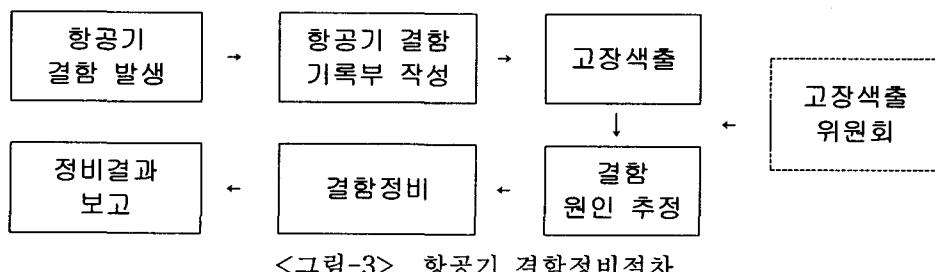
(1) 항공기 결함이 지상이나 공중에서 발생하면 최초 결함 인지자(조종사 또는 정비사)가 항공기 결함 기록부에 결함 내용(결함일자, 결함 증상과 기타 관련내용)을 상세하게 기록하여 결함 방지를 위한 초도 조치를 취한다.

(2) 항공기 관리부서는 항공기 결함 증상을 관련 부서(비행대대, 정비 TWR, 감독실, 결함 부분관련 특기 Shop 등)에 통보하여 항공기 결함에 대한 고장 탐색 및 관련 업무에 활용토록 한다.

(3) 항공기 결함을 통보 및 보고 받은 부서에서는 결함 수정작업을 위해 결함 증상에 따라 자체적으로 고장색출 및 정비절차를 수행한다. 그리고 항공기 결함이 주요부품에 대한 작업사항이거나 3회 이상 반복적으로 발생한 결함일 경우에는 관련 부서를 중심으로 고장탐색위원회를 구성하여 결함 증상에 대한 고장원인을 색출하며, 주요부품에 대한 정비작업은 문제에 따라 실시하고, 기타 부품에 대해서는 정비사의 경험적인 정비 절차에 의해 정비가 수행된다.

(4) 결함 증상에 대한 고장색출이 완료되면 예상 결함 원인에 대한 정비작업을 관련 매뉴얼을 기준으로 실시하고, 작업결과(정비 소요시간, 정비 투입인원수, 소요 부품 등)을 관련 부서에 보고하고, 시스템에 자료를 입력한다.

이상에서의 항공기 정비절차는 위의 <그림-3>과 같이 표현할 수 있다.

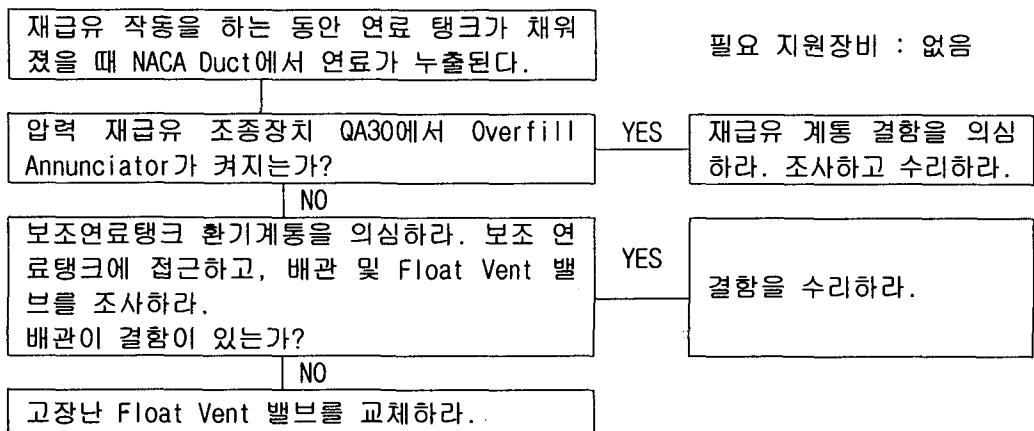


<그림-3> 항공기 결함정비절차

### 3.2 항공기 결함색출 절차 현황

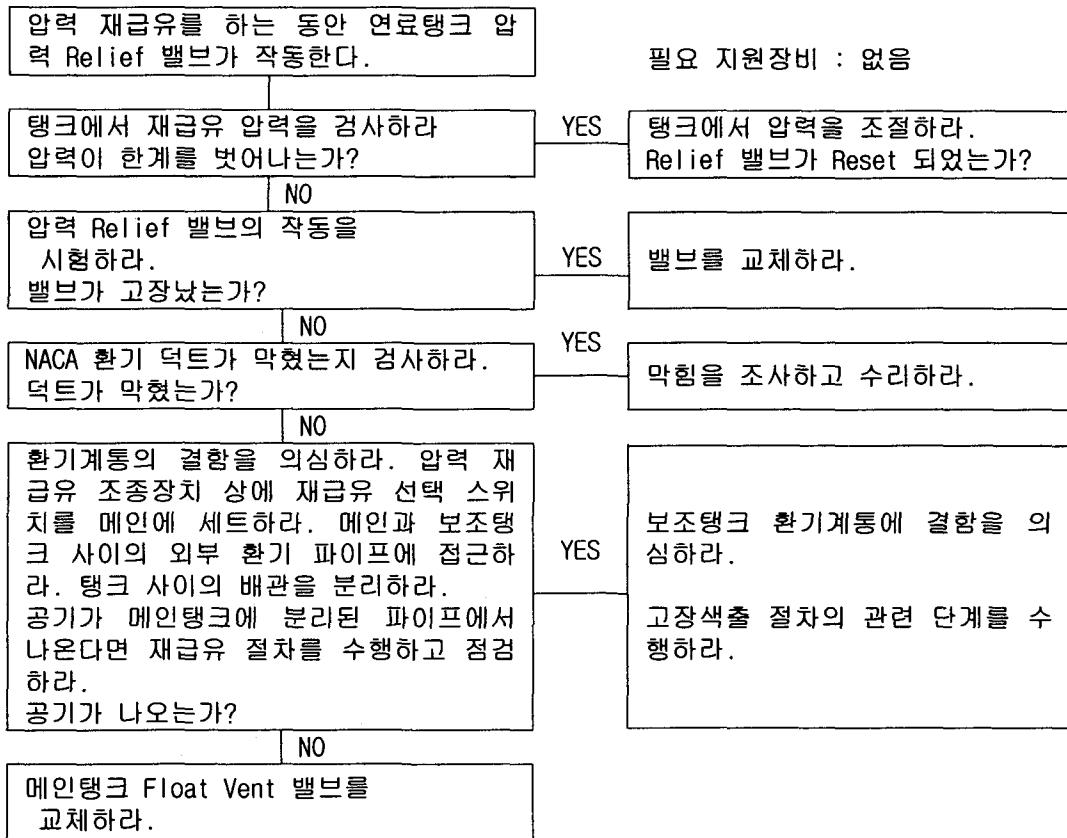
항공기 결함색출 절차는 결함 정비를 위한 정비 매뉴얼을 기준으로 항공기의 연료계통의 구성 부품인 연료탱크 환기계통 결함에 대한 고장색출 및 정비절차를 살펴보면 다음과 같다.

(1) 결함 증상 1



<그림 4 > 결함색출 절차

(2) 결함증상2



<그림 5 > 결함색출 처리절차

### 3.3 항공기결함 색출방법의 문제점

항공기 결함 분석의 현황을 살펴보면 결함 계통별, 원인별, 발견시기별 등을 기준으로 과월과 금월간의 발생 건수에 대한 단순 비교에 그치고 있다는 것을 알 수 있다. 이러한 항공기 결함 예방 및 정비절차의 문제점을 살펴보면 다음과 같다.

#### 3.3.1 항공기 결함색출 방법의 문제점

(1) 항공기 결함의 발생 패턴이 항공기 운영시간이나 계절, 또는 기타 여러 가지 요소와 어떠한 상관관계가 있는지 분석이 체계적으로 이루어지지 않고 있다는 것이다.

지상 및 공중에서 비행 전, 비행 중, 비행 후, 특수검사 또는 주기검사 등에서 발생하는 항공기 결함의 증상과 원인 및 정비절차는 대체적으로 동일하나, 주요 구성부품을 제외하고는 정확한 정비절차가 명시되어 있지 않고 정비사의 경험적 정비절차에 의존하여 정비함으로써 정비품질의 신뢰성을 보장할 수 없는 것이다.

(2) 결함에 대한 고장 색출 시 인력에 의존함에 따라 항공기 결함 수정을 위한 정비 작업에 많은 인원과 시간이 소요되어 정비능률이 저하되고 항공기 가동율에 많은 영향을 미치고 있다.

(3) 항공기를 구성하고 있는 한정된 주요부품과 작업에 대해서만 Troubleshooting이 있어서 이러한 부품 결함 시에는 고장 색출 및 정비절차가 확실하게 결합조치가 가능할 수 있으나, 결함 발생빈도가 낮은 부품에 대해서는 특기 정비사 등에 의해 결함 원인을 추정하고, 경험에 의해 결함을 정비함으로써 정비품질의 신뢰성을 보장할 수 없으며 동일 증상의 반복결함이 발생할 수 있는 가능성이 내재되어 있는 등 결함 처리에 문제점이 있다.

(4) 항공기 결함에 의해 비상 착륙한 타기지 항공기에 대한 정비지원 시 비록 기종별 정비지원팀을 운영하고 있지만 단지 형식적인 정비지원에 그칠 수 있다는 것이다.

(5) 항공기 결함의 체계적인 관리와 분석이 과거의 자료에 대한 단순한 나열식으로 형식적인 분석이 이루어지고 있고, 결함 정비를 위한 고장색출 절차가 일부 주요 부품에 한정되어 있기 때문에 체계적인 예방 정비활동이 시행되지 못하고 있다.

#### 3.3.2 항공기 결함분석의 문제점

항공기 결함에 대한 분석은 연간 비행에 따른 결함 발생 현황을 종합하여 과년도와 비교하고, 기종에 따른 계통별, 요소별, 호수별 계통별, 계통별 원인별로 분석하고 있으며, 각 부서에서 발생한 월간 비행 중 주요결함은 정비부서(Quality Control, QC)에서 현재 시행 중인 항공기 결함분석 및 대책 수립 시 비행분야 대책을 포함하여 작성 후 비행부서 및 정비부서에 전파하여 관계요원의 교육에 활용한다. 또한 타부서에서 발생한 비행 중 주요결함사례를 조종사 또는 관련요원에게 교육함으로써 비행 중 결함 사례를 자기화 할 수 있도록 하고 있으나, 항공기 결함분석 시의 문제점은 다음과 같은 것이 있다.

(1) 지금까지 항공기 결함 통계 분석 자료를 살펴보면 항공기 결함 해석을 비행

중 주요결함을 중심으로 현황 분석을 위주로 실시하고, 단순한 항공기의 결함의 전수 종합이나 월별/계절별 결함 발생 현황에 대한 단순한 비교로 과거의 현황만을 파악하고 있다.

(2) 또한 이러한 항공기 결함 예방과 분석을 위하여 투입되는 인력과 시간의 낭비가 과다하게 이루어지고 있다.

(3) 정비 작업 시 축적된 각 계통별 결함 데이터에 의한 작업절차가 아니라 정비 사의 과거 경험에 의해 결함예방과 정비에 시간 및 인력을 투입하여 대략적인 관련 부분을 점검하여 불충분한 정비 및 반복 결함 발생 등으로 경제적 낭비가 심하다.

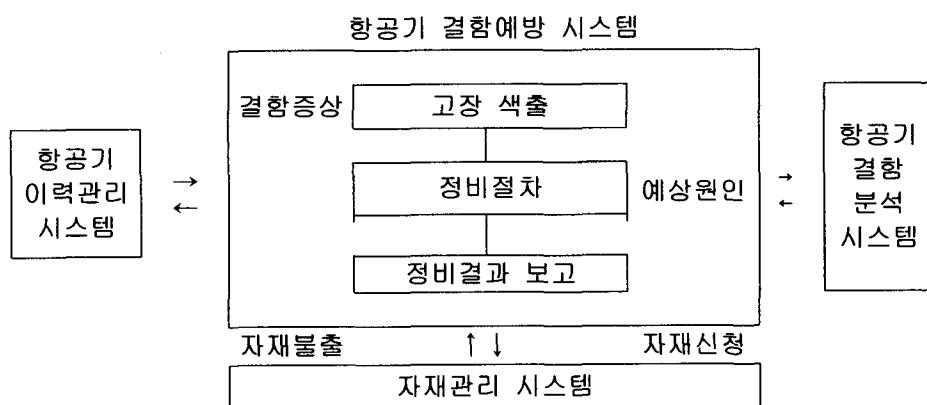
### 3.4 새로운 결함예방시스템 구축의 필요성과 구성도

이상에서의 문제점을 해결하기 위하여 항공기 결함 발생에서 정비 수행까지의 모든 절차를 팩키지화 한 시스템 구축의 필요성이 제기되는데, 이러한 개념을 적용한 항공기 결함 예방시스템(Forecasting System for Aircraft Deficiency, FSAD)의 구성도는 다음 <그림-6>과 같으며, 항공기 예방 시스템을 활용함으로써 얻을 수 있는 것으로는 다음과 같다.

(1) 항공기 결함 예방과 관련하여 항공기 계통별 결함 증상별 원인 색출과 결함정비 절차를 시스템화함으로써, 주먹구구식이 아닌 체계적인 정비활동과 전반적인 예방정비 활동이 가능할 것이다.

(2) 최신의 컴퓨터 시스템을 이용하여 항공기를 관리하고 각 전문 정비 부서의 전문지식을 시스템화함으로써 항공기 정비에 필요한 인원의 낭비 및 항공기 결함 증상에 따른 고장색출 절차와 정비 절차의 간소화를 도모할 수 있을 것이다.

(3) 또한 나아가서 항공기 결함에 대한 체계적인 분석이 가능한 결함분석 시스템의 개발이 절실히 요구되고 있는 것이다.



<그림-6> 항공기 결함예방 시스템 구성도

## IV. 항공기 결함예방시스템 구축방안

### 4.1 결함예방시스템 개요

#### 4.1.1 결함 예방 시스템 기획

정보시스템 기획(Systems Planning)이란 시스템 개발의 포트 폴리오(Portfolio)를 결정하는 것(이영환, 1997)으로 항공기 결함예방 시스템 구축으로 기대되는 효과로는 결함 정비작업과 관련이 있는 정비절차의 간소화, 정비 품질의 신뢰성 향상 및 정비 인시수의 감소 등이 있을 것이다.

##### (1) 정비절차의 간소화

항공기 주요부품에 대한 Troubleshooting과 정비사들의 경험을 지식기반으로 한 정비절차를 데이터베이스화함으로써 복합적인 결함이 발생할 경우에도 예상 결함원인에 대한 정비절차를 동시에 수행함으로써 기존의 독립적인 정비작업에서 합동 정비의 수행이 가능해 질 것으로 판단된다. 또한 결함 예방 시스템은 조종사들에게 항공기 결함 증상에 따른 예상 결함원인을 단 시간 내에 인지하게 함으로써 비행계획 반영 및 사전교육을 통한 비행 안전관리에 적극 활용할 수 있다.

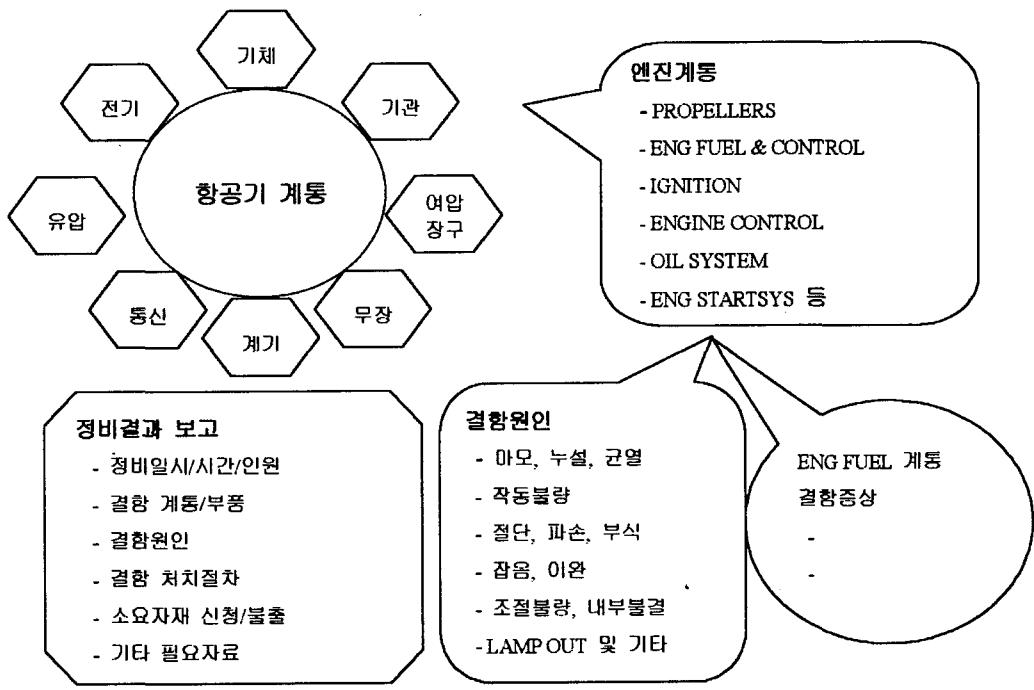
##### (2) 정비 인시수의 감소 및 정비품질의 향상

항공기의 결함 정비에 소요되는 단위 시간당 정비인원은 해마다 지속적으로 늘어나는 추세를 나타내고 있다. 그러나 결함색출 및 정비절차의 전산화는 정비에 소요되는 각종 장비 및 인원의 통합적인 관리가 가능하고, 정비절차를 간소화함으로써 정비 품질에 대한 신뢰성을 향상시킬 수 있다.

### 4.2 결함예방시스템의 구도

효과적인 항공기 결함예방을 위해 기존의 절차를 보완할 수 있도록 다양한 수단과 방법을 논리적으로 연결하여 항공기 결함 정비를 위한 프로세스 즉, 결함 예방 시스템을 구축하고 이들 구성요소들의 상호 관계를 명확히 하여 기본적인 틀을 제시하고자 한다.

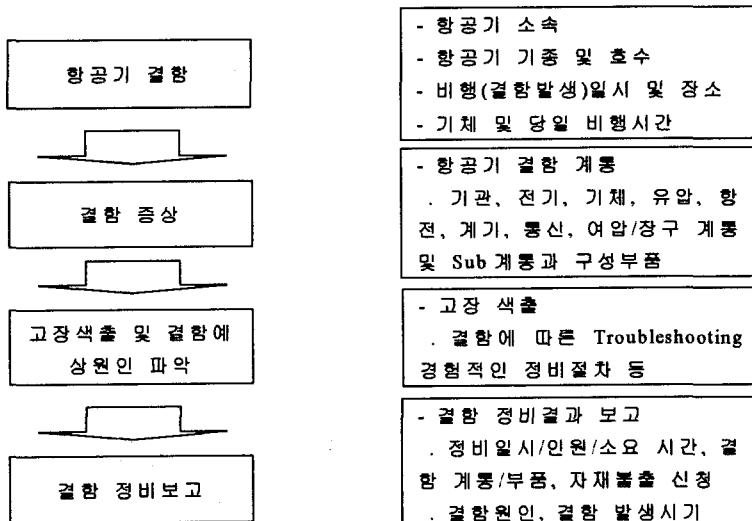
<그림-7>은 항공기 결함 예방 시스템 중 항공기 기관계통의 엔진 부분의 주요 구성품과 구성품 중 엔진 연료계통의 결함 증상 및 결함 원인, 정비결과 보고서 작성의 순환적 모델을 표현한 것이다.



<그림-7> 엔진계통 결함예방 모델

#### 4.2.1 결함 예방 프로세스

항공기 결함 예방 시스템 구축을 위하여 아래의 <그림-8>과 같은 결함 예방 프로세스를 아이템에 따라 설정하고, 결함 증상별 절차를 명시하여 시스템의 설계 방향을 제시하고자 하는 것이다. (김태남, 1994)

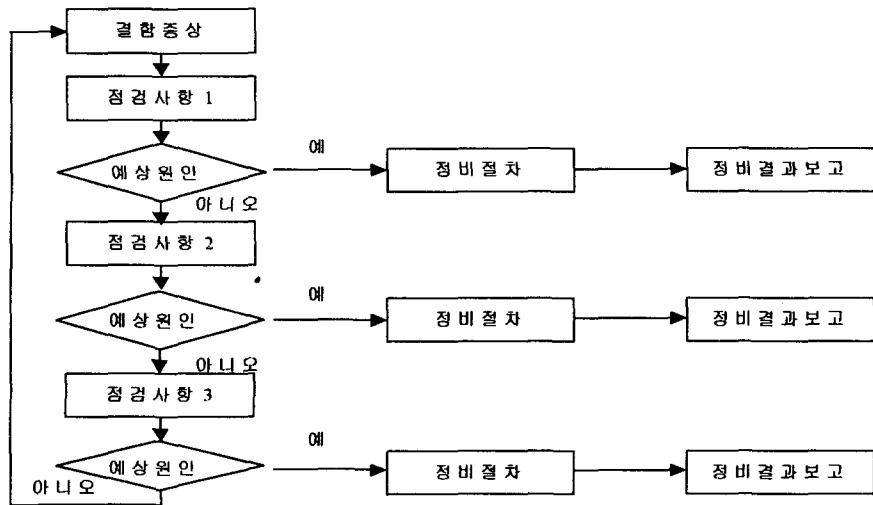


<그림-8> 항공기 결함 예방 프로세스

이러한 항공기 시스템 계통별 및 서버 계통, 구성부품의 결함 예방 및 정비를 원활하게 할 수 있도록 단계 설계를 위해서는 항공기 결함 발생의 단계와 고장색출 단계, 정비작업단계의 시스템 분석과 설계를 실시함으로써 가능하게 된다.

#### 4.2.2 결합 색출 절차

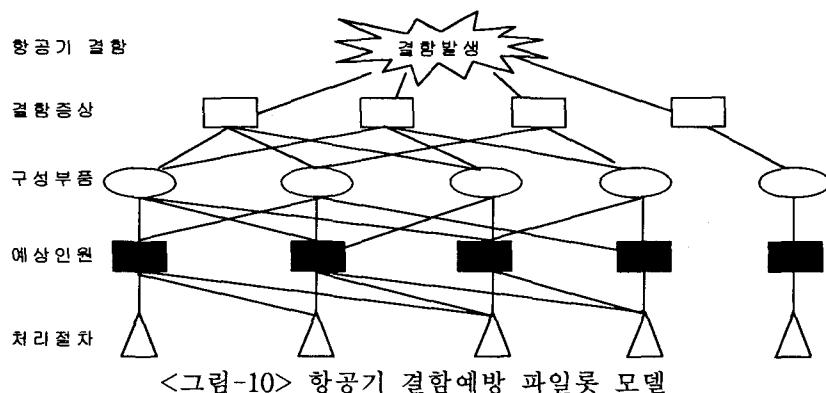
시스템의 설계는 시스템의 구축을 위한 기초적인 작업을 의미한다. 앞의 <그림-8>에서 언급한 결합 예방 프로세스를 기초로 하여 항공기 결합 증상에 대한 단계별 결합 색출 절차를 적용하여, 항공기 결함 발견을 위한 시스템을 설계할 수 있다.



<그림-9> 결합색출 절차

#### 4.2.3 항공기 결합예방 파일럿 모델

결합 예방 시스템의 파일럿(Pilot) 모델은 항공기 결함 발생에서부터 결함의 원인을 예방하고 해당 정비절차를 결정할 수 있는 것으로, 항공기 결합의 복잡하고 다양한 결합증상에 따라 Troubleshooting과 경험적인 정비절차의 데이터베이스화를 통해 예상 원인을 추정하고, 결함 수정을 위한 정비절차의 제시 및 결함 분석을 위한 자료 축적을 위한 것이다.



<그림-10> 항공기 결합예방 파일럿 모델

이상에서 연구한 기준의 항공기 정비절차를 컴퓨터 시스템을 이용한 결합 증상별 원인 및 체계적인 결함 분석을 할 수 있도록 결합 예방 프로세스 고장색출 모델을 바탕으로 하여 결함 원인을 단계별 절차에 따라 예방할 수 있는 결합 예방 시스템의 파일럿 모델을 위의 <그림-10>으로 표현하였다.

#### 4.2.4 결합 예방 시스템 설계(항공기 연료계통)

항공기의 결함 중 엔진계통 결합의 연료(Fuel)와 관련된 결합 내용으로 항공기 결합예방 파일럿 모델을 적용하여 예방 시스템 설계 방안의 흐름도를 제시하였다.

##### (1) 항공기 결합 예방 프로세스

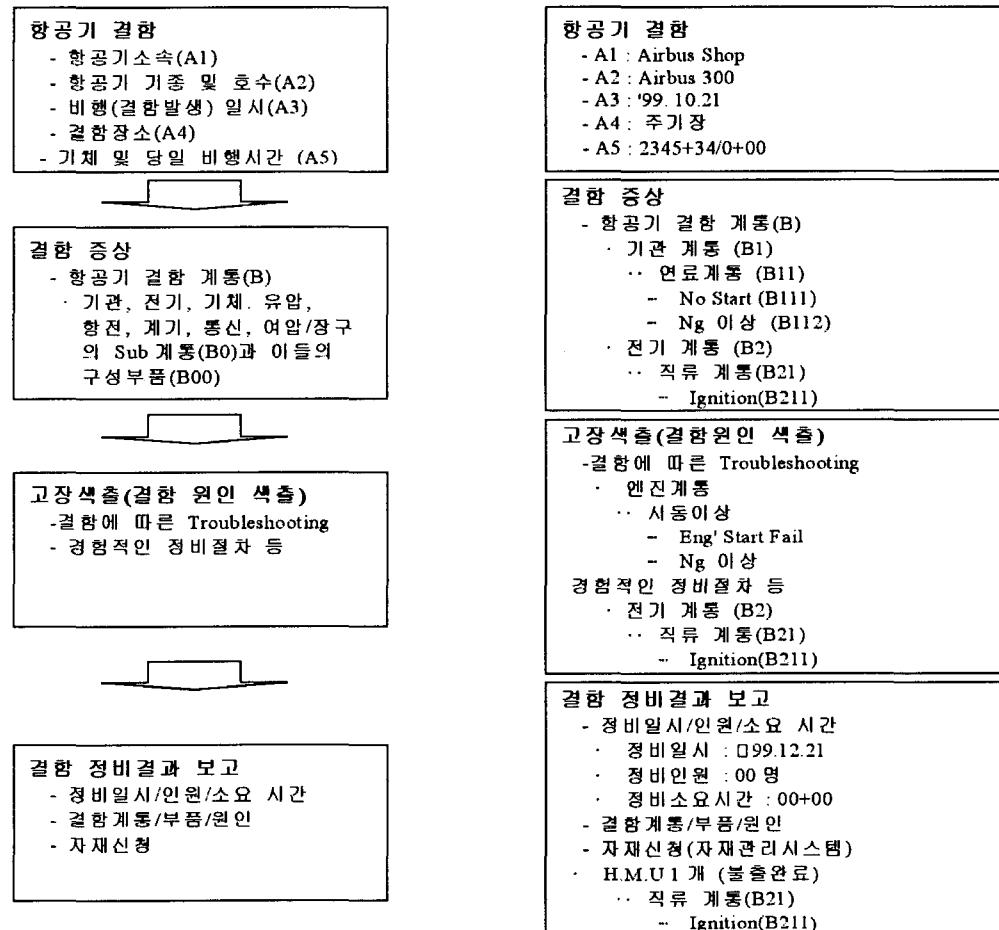
###### ◆ 결합 발생 (예)

- 결합 발생일시 및 장소 : '99. 10. 21, 비행 전 지상시동 시
- 결합 증상 : 항공기 엔진 시동 시 No Start

Ground Idle에서 Ng 이상 및 Hung start

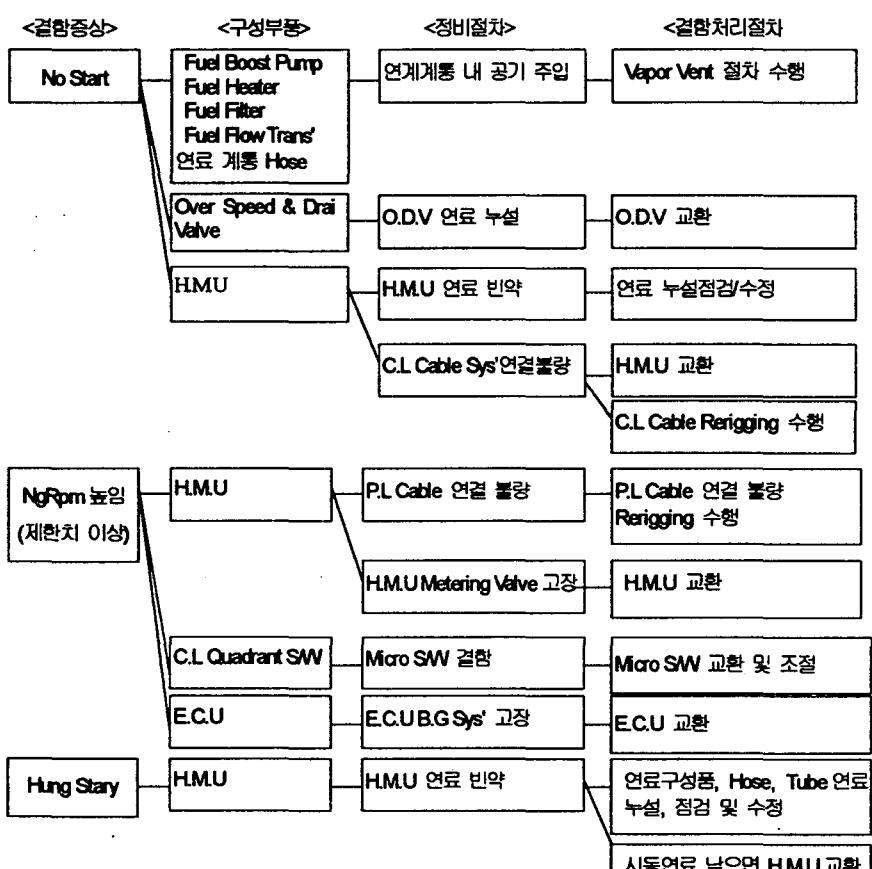
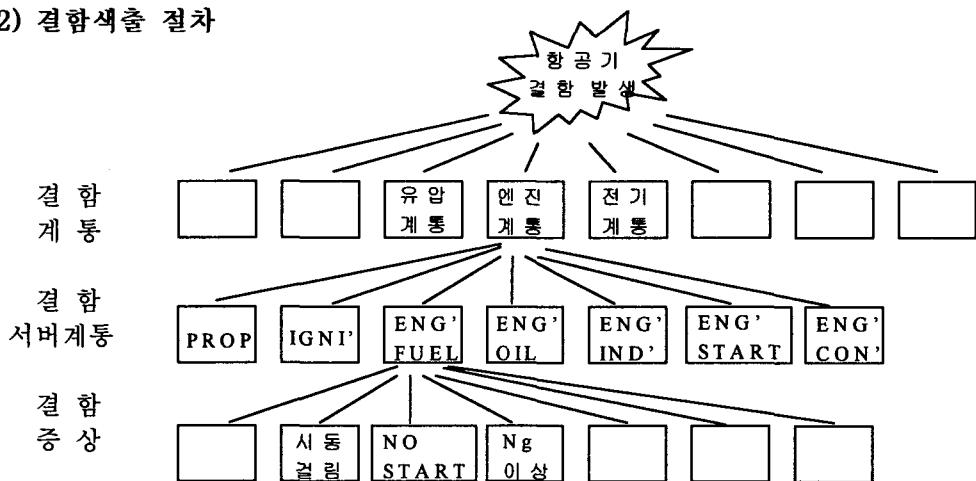
< 결합 예방 프로세스 >

< 적용 사례 >



<그림-11> 항공기 결합 예방 프로세스

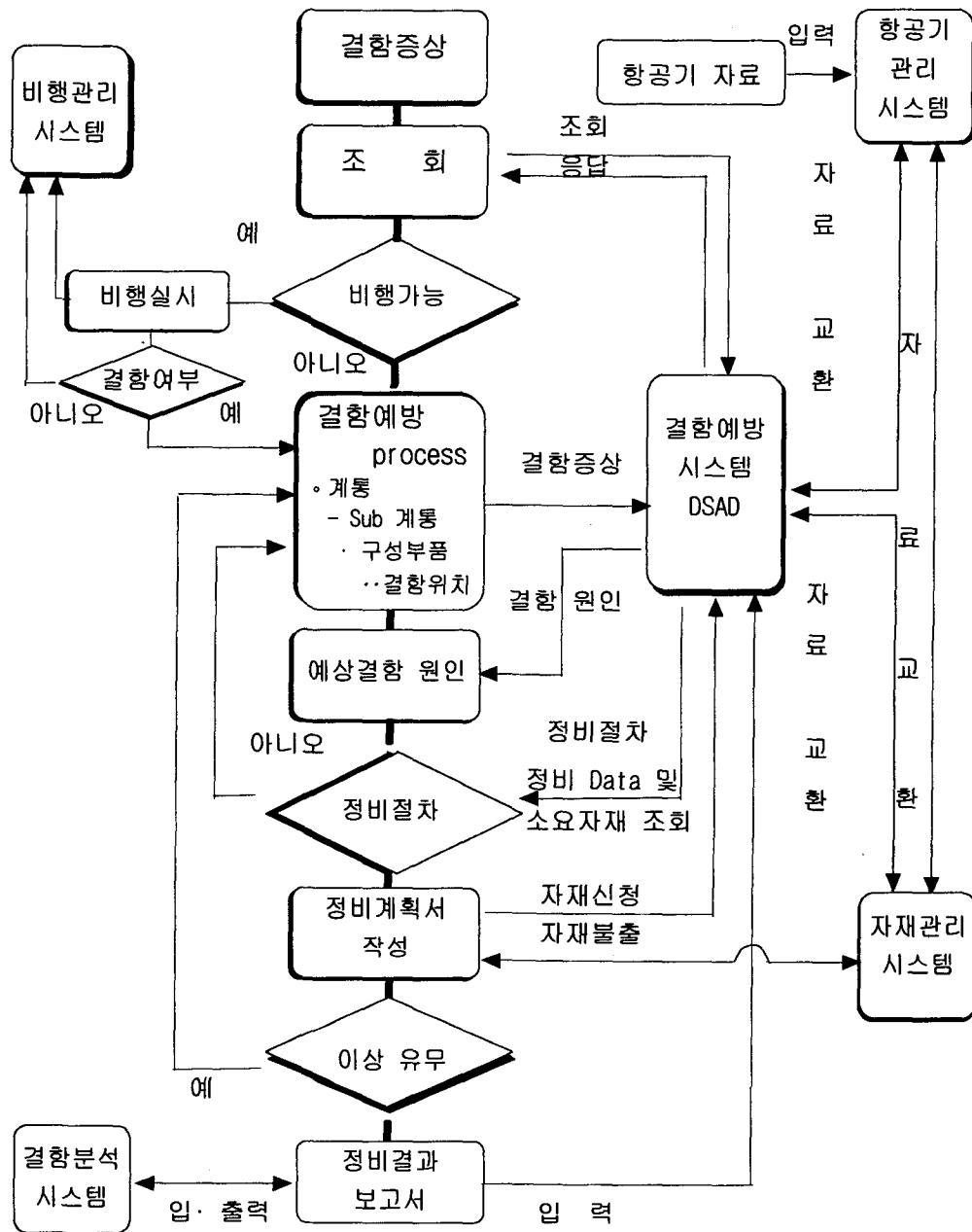
(2) 결함색출 절차



<그림-12> 결함색출(증상별) 절차

### 4.3 결함예방시스템 구축

#### 4.3.1 예방 시스템 구성



<그림-13> 항공기 결함 예방 시스템의 구성

항공기 결합 예방 시스템은 항공기 관리 시스템, 비행 관리 시스템, 자재관리 시스템 및 앞으로 개발이 요구되는 결합분석 시스템 등과 연계하여 활용함으로써 보다 효율적인 비행안전관리를 할 수 있도록 한 것이다.

앞의 <그림-13>은 항공기 결합 예방 시스템의 설계를 위한 알고리즘 구성으로 항공기의 각 계통 및 서버 계통의 구성부품들에 대한 결합증상과 예상 원인 및 정비절차에 대하여 지식 데이터베이스를 바탕으로 결합증상에 대한 질문과 결합예방 프로세스 및 정비결과에 대한 보고절차 등으로 구성되어 있다.

#### 4.3.2 항공기 결합예방 자료 산정기준

항공기 결합 예방 시스템의 지식자료 입력과 자료사전 작성을 위한 데이터 입력 및 출력은 다양하게 이루어져야 할 것이다. 예를 들면 다음과 같은 관계(relation)의 데이터 모델들이 필요할 것이고, 시스템의 개발 과정에 따라 데이터 축적을 용이하게 할 수 있도록 지속적으로 수정될 것이다.

- 비행결과보고서 = (기종 + 항공기호수 + 비행시간 + 소티 수 + 비행일자 + 소속 부서 + 조종사 + 착륙 횟수)
- 항공기 결합 예방서 = (항공기 기종 + 항공기 호수 + 결합증상 + 결합 원인 + 예상 결합부품 + 정비명령 번호)
- 정비명령서 = (정비명령번호 + 항공기호수 + 기종 + 작업내용)
- 자재신청서 = (부분품 번호 + 부품일련번호 + 수량 + 신청일자 + 증빙서 번호 + 항공기 호수 + 항공기 기종)
- 정비결과보고서 = (정비명령번호 + 항공기호수 + 기종 + 결합원인 + 장탈 부품 번호 + 장탈 부품일련번호 + 정비인원 + 정비소요 총시간 + 장착부품번호 + 장착부품 일련번호 + 장탈 일자 + 장착일자 + 기타)

#### 4.3.3 시스템 개발 고려요소

항공기 비행운영 결과에 따라 발생하는 결합고장을 색출하고 예상원인을 도출하며, troubleshooting 및 정비사의 경험을 바탕으로 한 정비절차를 보고서 형태로 출력하고 결합분석을 할 수 있는 항공기 결합예방시스템 개발을 위한 고려요소들을 도출하면 다음과 같다.

##### (1) 업무 특성 고려요소

- 1) 개발 대상 업무의 범위를 명확히 할 수 있는가?
- 2) 업무의 복잡도는 어느 정도 크기이고 자료량과 사용횟 수는 빈번한가?
- 3) 시스템 사용자의 수는 어느 정도이고 주로 사용하는 부류는 어떤 부류인가?
- 4) 개발기간과 개발 자원은 가능한가 등이 있다.

##### (2) 개발자 특성 고려요소

- 1) 개발의뢰자의 직위, 자질 및 의욕과 진취성은 어느 정도인가?
- 2) 대상 업무에 대한 지식과 경험은 어느 정도인가 등이다.

##### (3) 도구 특성 고려요소

- 1) 기본기능(추가, 제거, 수정) 및 질의형 언어(Query Language)기능 제공과 사용자가 사용하기 쉬운가?
- 2) 파일 구조의 변경이 자유로운가?  
데이터베이스 파일 또는 툴(Tool)에서 제공하는 파일과 기존파일 상호간 변환이 자유로워야 하며 다음 단계로의 전환이 용이하고 타 시스템과 유기적으로 구축할 수 있어야 한다.
- 3) 다른 언어와의 호환성은?
- 4) 데이터 양을 고려한 시스템의 성능은 어떤가?
- 5) 시스템 활용을 위한 통신망은 갖추어져 있는가? 등이다.

#### 4.4. 결합예방시스템의 비교 및 효과

##### 4.4.1 결합 예방 시스템과 기존 시스템의 비교

항공기 결합 예방 시스템 설계 방안의 제시만으로는 실질적이고 정성적인 평가는 정확히 파악하기 힘들겠지만, 비행에 따른 결합 발생 시의 정비작업 절차를 간소화하고, 고장색출 등에 투입되는 정비인력 및 정비 소요시간은 감소 할 것이며, 항공기 결합 분석을 위한 자료의 축적이 가능할 것으로 판단된다. 따라서 항공기 결합예방 시스템(FSAD)은 항공기 결합 발생 시 항공기별 주요부품에 대한 Troubleshooting과 정비사의 경험적인 정비절차를 지식 base로 결합 색출 및 정비절차 출력을 전산화하자는 것이다. 즉 항공기 결합 증상에 대한 개별적 또는 복합적인 예상 결합원인을 예방하고, 각각의 예상원인에 대한 정비절차를 제시하여 정비절차 간소화 및 정비 인시수를 줄임으로써 항공기 가동율을 높은 수준에서 유지하여 전투력 보존 및 전력운영 효율을 극대화하고, 경제적 효과를 기대함과 아울러 결합 및 각종 항공기 관련자료의 통합과 항공기 결합의 체계적인 분석을 위해 기존 시스템을 보완하고자 구축하는 항공기 관리정보시스템의 한 방안인 것이다. 이상에서 살펴본 바와 같이 다음의 <표-1>는 이러한 항공기 예방시스템과 기존의 시스템을 비교한 것이다.

<표-1> 결합예방 시스템과 기존시스템의 비교

구 분	기 능	활 용
항 공 기 결합예방 시 스 템	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 결합 정비절차의 전산화           <ul style="list-style-type: none"> <li>- Troubleshooting</li> <li>- 정비사의 경험적 정비절차</li> </ul> </li> <li>○ 새로운 절차의 수정, 추가</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 결합발생 보고</li> <li>○ 체계적 결합분석</li> </ul>
현 항공기 관리시스템	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 항공기 결합 관련 자료의 발생 보고 기능만 유지</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 참고자료활용</li> <li>※ 분석기능 없음</li> </ul>

#### 4.4.2 기대효과

항공기 결함 예방 시스템의 모델을 항공사에서 운영하고 있는 항공기로 확대 적용한다면 다음과 같은 효과들이 기대된다.

##### (1) 예산의 절약

항공기 결함 예방 시스템은 예방 시스템 개발과 유지 및 활용에 따른 비용은 항공기 1대 손실액의 몇 1/10에 불과하고, 결함으로 인한 수백억원대 항공기의 손실을 최소화함으로써 재산 유지 및 업무의 효율성을 증대할 수 있다.

##### (2) 조종사 인명 보호 및 심리적 안정효과

항공기 관련 시스템의 데이터 통합을 통하여 항공기 관리를 위한 각종 시스템을 상호 연결이 가능하게 됨으로써 부대관리를 담당하는 경영자의 합리적인 의사결정이 가능하도록 하고, 항공기 운영요원인 조종사·정비사의 예방 시스템의 효과적인 사용으로 항공기 시스템에 대한 지식 습득과 정비의 신뢰성을 향상시킴으로써 고가의 항공기를 운영하는 조종사에게 심리적 안정감을 높이고, 항공기 결함 요소에 따른 비행사고를 미연에 방지하여 조종사의 인명을 보호하여, 조종사 양성에 소요되는 시간과 비용의 낭비를 막을 수 있을 것이다.

##### (3) 항공기 결함에 대한 계획적인 예방정비 가능

항공기 결함예방 시스템의 구축으로 Troubleshooting 및 정비사들의 경험에 의한 정비절차 등을 지식기반으로 하여 항공기 정비 관련 각종 지식을 데이터베이스화하고, 고장색출 및 예상원인별 정비절차의 출력을 예방 시스템을 활용하여 간소화하고, 자동화함으로써 시간당 투입되는 정비사의 수와 정비 시간의 감소 및 정비 품질의 신뢰성을 향상시킬 수 있을 것으로 예상된다.

##### (4) 항공기 결함 데이터의 통합

항공기 결함발생에 따른 각 항공기별, 계통별, 결함 원인별 데이터를 축적하여, 항공기 결함 발생에 따른 결함 회수의 합계나, 단순비교에 의한 분석이 아니라, 체계적인 분석 방법에 의하여 항공기의 비행에 회수와 비행시간에 따른 결함 발생의 패턴을 데이터 마이닝, 데이터웨어 하우스 등의 시스템을 구축하여 분석할 수 있는 데이터베이스로서 활용을 도모할 수 있을 것이다.

## V. 결 론

항공기 사고방지를 위하여 여러 이론들을 도입하고, 문제점을 개선하여 안전관리에 활용하고 있지만 항공기 사고를 완전히 제거하지 못하고 있는 것이 현실이다. 즉 안전 관리의 개념적 적용이 아니라 안전저해 요인을 구체적으로 인식하고, 현장 실무자들의 견해를 수용하며, 항공기 안전관련 각종 시스템을 확충함으로써 효율적인 항공 안전관리가 될 수 있도록 하는 것이 현실의 과제인 것이다.

본 연구에서 살펴본 바와 같이 항공기 결함은 조종사 및 항공기 손실로 이어질 수 있고, 임무 수행중인 경우에는 항공운행의 실패를 의미하며 국가에 치명적인 오욕이 되고 있다. 그러나 대다수의 항공기 결함 및 사고는 예방이 가능하다는 것이 각종 항공기

사고조사 결과 보고서를 통해 알 수 있다. 따라서 이러한 항공기 결함발생 시 신속하고 적절하게 예상 결함을 예방하고 정비절차를 제시할 수 있는 항공기 결함예방시스템의 운영은 항공기 결함으로 인한 사고 및 인명 손실을 방지하고 재산 보존에 기여할 수 있을 것이다. 또한 조종사 및 정비사의 항공기 관련 시스템의 이해와 작동절차 및 정비를 위한 교육·훈련용으로도 활용이 가능한 시스템이 되어 항공사고를 극소화하는데 크게 기여 할 것이다. 본 연구에서 제시하고 있는 시스템은 항공기 결함에 대한 증상과 계통의 자료를 입력하여 예상 결함 원인을 색출하고, 예상원인별 정비절차를 표시함으로써 복합 결함 증상이라도 치유할 수 있는 정비작업이 가능하도록 시스템을 구축했다. 또한 기존의 정비절차 및 정비사의 경험적인 사실을 바탕으로 한 보완 절차 등을 데이터베이스화한 예방 시스템으로써 각종 항공기 운영관련 시스템과 상호연결이 가능하고 나아가 결함 분석의 패턴을 알 수 있도록 자료의 축적을 위한 방안을 제시했다.

그리고 추후 연구가 수행된다면 조종사의 특성과 성향이 항공기 결함에 미치는 요소를 파악할 수 있도록 한다면 더욱 훌륭한 연구 결과가 있으리라 생각된다.

또한 향후 항공기 결함예방 시스템 및 자동화된 지원도구로서의 개발은 항공기 결함 예방의 컴퓨터화 및 결함 발생 자료의 데이터베이스화를 통해 결함 관련 자료를 축적하고, 결함 분석의 시스템(분석방법)의 개발을 통해 항공기 관련 시스템들을 연계시키기 위하여 체계적인 항공기 정비 및 분석방법의 모색과 함께 결함 분석시스템의 조기 개발이 이루어진다면 항공기 사고예방과 관리에 좋은 결실을 가져올 것이다.

## 참 고 문 헌

- [1] 공군본부, 공규 6-219 비행 중 결함, 비행실패 및 반복결함 항공기 처리절차, 공군본부, 1998.
- [2] 공군본부, 항공기 사고통계 분석(1991-1996), 공군본부, 1997
- [3] 김준식, “FTA 기법을 이용한 항공기 안전도 분석에 관한 연구”, 군사과학대학원, 1997.
- [4] 김쾌남, 로지스틱스 vs 물류, 서울, 사계절, 1994.
- [5] 대한항공, 년간 항공기 결함 분석, 서울, 1998
- [6] 윤기남, “비행단계별 사고수준 예방에 관한 연구”, 군사과학대학원, 1999
- [7] 이영환, 정보시스템 분석·설계 및 구현, 법영사, 1997
- [8] 조건현, “초도 비행 안전 점검과 시스템 안전”, 국방과학연구소, 1993
- [9] 정석윤, 항공기 비상조치 전문가 시스템, 고려대학교, 1997
- [10] CASA, CN-000 정비교범, CASA Pub., 1991
- [11] CASA, Operations Manual Vol 1 CN-000-100M KR01 Version, CASA Pub., 1993
- [12] Lockheed Martin CO. Technical Manual Fault Isolation, T.O.KS1F-00C-2-35FI-00-1, 1997

## <Abstract >

# A Study on Systems Development for Preventing Aviation Deficiency and Accident

Il-Hyeong Lee · Kay-Seob Han

There are still occurring aviation accidents in spite of great preventing efforts all over the world. This paper contains some methods to prevent aircrafts deficiencies and accidents.

First part of this paper refers to the background of those aviation deficiencies on mechanical, human and environment structures which influence directly to the air accidents and general survey on various theories of the aircraft's systems. On the way we discussed the general situations of the air tool's deficiencies which cause tragic accidents to the human lives and assets. After analysis on the situations we suggest the new systems which would forecast more detail accuracies concerned air elements for the safety flying.

Then we introduce the following new systems resulting from the forecasting which can solve problems on aircraft deficiencies and complex interrelationships among air accidental factors. To simplify the complex systems, we needed to build the mechanical and organizational database for maintaining the procedures of the past troubleshooting on the major parts preventing deficiencies of those mechanical units.

These suggested systems will contribute a great deal of aids, the maintenance credibility and air safety for the air operations and all customers in the world. Avoiding the past troubleshooting from just by using simple systems which can forecast main causes of the units and parts of the crafts, this system will be able to provide excellent management tools for the promoting aviation industries.

The comfortable and convenient air operations are very valuable works, and the scientific method and detail maintenance will improve our daily air life by minimizing accidents.

Adapting these developing systems, for the forecasting aircraft deficiencies and accidents can be integrated with the other aircraft management systems to promote more air safety in the world.

This study is focused to eliminating aircraft accidents through forecasting

deficiency symptom procedures by relational coordinations among all of the systems.

Futhermore we need continuously detailed analysis and study for eliminating air accidents all together those who work in those fields.