

Development of Failure Reporting Analysis and Corrective Action System¹⁾

Hong Yeon Woong²⁾

Abstract

FRACAS(Failure Reporting, Analysis and Corrective Action System) is intended to provide management visibility and control for reliability and maintainability improvement of hardware and associated software by timely and disciplined utilization of failure and maintenance data to generate and implement effective corrective actions to prevent failure recurrence and to simplify or reduce the maintenance tasks. This process applies to acquisition for the design, development, fabrication, test, and operation of military systems, equipment, and associated computer programs. This paper shows the FRACAS development process and developed FRACAS system for a defense equipment.

Keywords : FMEA/FMECA, Field Data, FRACAS, Integrated Logistic Support, MIL-HDBK-2155, Reliability & Maintainability

1. 머리말

FRACAS는 무기체계 개발과정에서 발생한 문제점 및 결함에 대한 문제해결을 위한 절차로 미군 규정인 MIL-HDBK-2155에 제시되어 있다. 현재 무기체계는 물론 민수분야의 많은 기업들이 고 신뢰도의 제품과 서비스를 고객들에게 공급하기 위해 신뢰도관련 프로그램으로서 FRACAS를 가장 중요한 요소 중의 하나로 뽑고 있다.

FRACAS는 고장 또는 사건기록을 수집하고, 그 문제를 분석하여 고장에 대한 대책 활동 과정에 적용하여 제품, 시스템, 서비스를 지속적으로 감시, 효율적으로 자동 조절되는 피드백(Feed-Back)처리 시스템으로서 하드웨어나 소프트웨어와 같은 각종 시스템의 개발단계에서부터 시작하여 시스템의 테스트나 운영시에 발생하는 고장 및 사건 데이터를 수집하고, 고장 및 사건에 대한 분석을 통해 해당 업무 및 고객에게 보고되며 이에 따른 고장대책에 대한 활동조치가 이루어지도록 하는 시스템이다. 이러한 시스템의 주요한 4 가지 특징을 정리하면 다음과 같다.

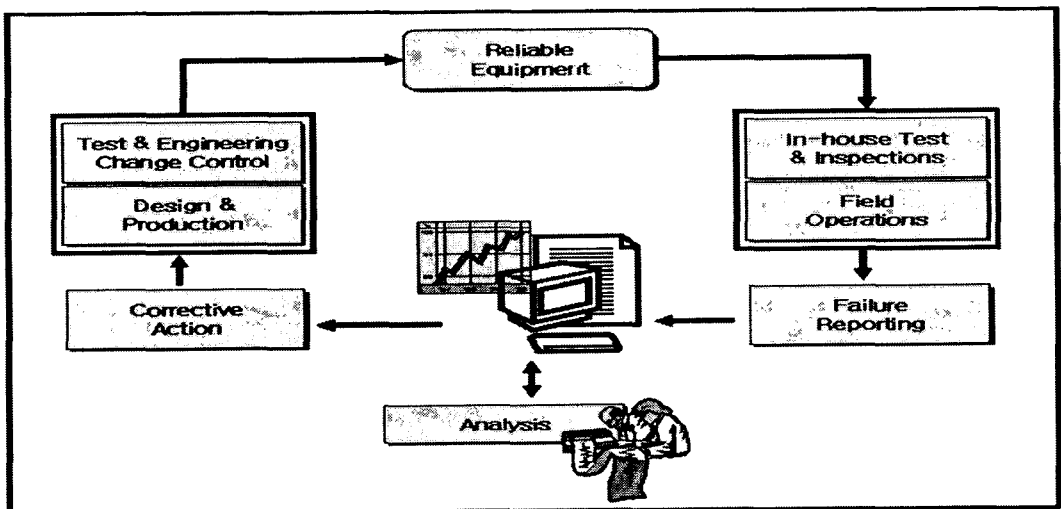
- 어떠한 시스템을 개발하거나 제품과 서비스를 인도시에 구성품과 프로세스와 관련된 모든 고장이나 문제점들에 대한 기록 및 포착

1) 이 논문은 2005년도 민군규격통일화 사업의 지원으로 연구되었음
2) 경북 영주시 풍기읍 교촌리 1번지 동양대학교 전자상거래정보산업학부 교수
E-mail : ywhong@phenix.dyu.ac.kr

- 발생한 고장이나 문제점들을 확인/선택하고 우선순위를 정하여 그들의 근본 고장 원인을 결정하기 위한 분석
- 근본 원인고장이나 문제점들이 다시 발생하지 않도록 하기위한 대책(Corrective Action)을 확인/수행 및 검증
- 고장, 분석 그리고 대책정보에 대해 모든 적절한 인적자원 제공

즉, FRACAS는 지속적인 시스템 감시와 모니터링을 통하여 고장에 대한 다양한 데이터를 수집하고 이를 통한 신뢰성데이터 산출이 이루어지도록 하여 향후 새로운 설계와 시스템 개발시 신뢰도를 성장시킬 수 있는 중요한 역할을 해주는 시스템이라 할 수 있다.

일반적으로 FRACAS에 대한 요구사항들은 어떤 체계나 설비의 개발 그리고 이와 연계된 소프트웨어 등에 적용될 수 있다. 설계초기 단계에서 FRACAS를 수행시, 고장대책(정비)활동(Corrective Action)에 대해선 다양한 옵션과 유용성을 가지고 있어, 초기에 발견되는 고장원인들에 대한 대책(정비)활동을 수행하는 것은 그리 어렵지는 않다. 그러나 설계가 성숙단계에 이르면, 계속해서 발생할 수 있는 고장대책활동들은 그 선택의 폭에 한계가 있어 FRACAS를 수행하는 데에 많은 어려움이 발생하게 된다. <그림 1>은 일반적인 FRACAS의 실행과정을 보여주고 있으며 <표 1>은 미국의 신뢰성 센터인 RAC(Reliability Analysis Center)에서 출처한 자료로서, 나열된 직무 중 표준점수에 근거하여 가장 중요한 업무가 무엇인지에 대한 설문조사 결과를 보여주고 있다. 여기서보면 FRACAS가 얼마나 중요한 직무에 포함되는지를 보여주고 있으며, 이러한 연구는 RAC 뿐만 아니라 IEEE(Institute of Electrical and Electronics Engineers)에서도 산업현장에서 적용 가능한 체계적인 FRACAS 개발을 위해 활발한 연구가 진행되고 있다.



<그림 1> FRACAS의 일반적 실행과정

<표 1> FRACAS의 중요성

Rank	Task	Normalized Score
1	FRACAS	88.3
2	Design Review	83.8
3	Subcontractor Control	22.1
4	Parts Control	71.2
5	FMECA	70.3
6	Reliability Qualification Test	68.5
7	Predictions	62.2
8	Test, Analyze and Fix	59.5
9	Thermal Analysis	58.6
10	ESS	54.1

(출처: RAC Reliability Toolkit 1995)

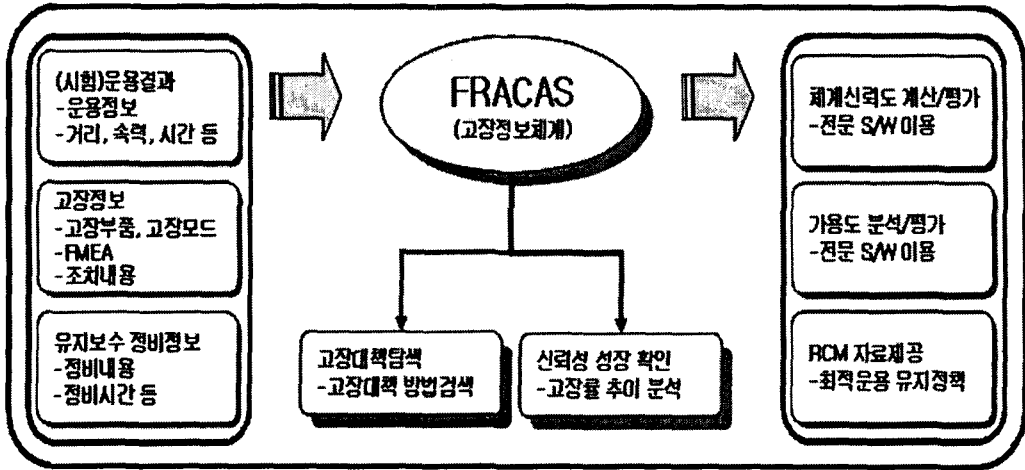
2. 수행목적

FRACAS의 목적은 성능이 우수하고, 유지보수가 편리한 성공적인 제품을 최적의 비용으로 보증하는 것에 있으며, 앞으로 개발될 제품이나 서비스에서 발생할 수 있는 유사 문제점을 예방하기 위한 혁신적인 결정방법의 제시와 신뢰도를 성장 시키는데 있다.

즉, FRACAS는 제품의 개발 및 적용 단계에서 설계 및 유지보수 성능을 바고 잡고 개선하기 위한 표준적인 수단(measure)으로 신뢰성 평가 시험단계에서 고장정보, 고장원인분석, 고장대책수립 및 시정조치를 취하고 이를 설계단계 및 보전계획에 반영함으로써 시스템의 신뢰성을 제고하고 효과적인 운영 및 보전 계획을 수립할 수 있도록 지원하는 시스템으로 다음과 같은 목적을 포함한다.

- 설계 및 제조상의 결함을 확인하고 이에 대한 대책을 체계적으로 수립하고 최적의 시정 조치를 취하기 위한 자료(Engineering Data)를 제공
- MTBF(mean time between failures), MTTR(mean time to repair), 가용도(availability), 예방정비자료 등 각종 신뢰성 지표에 대한 체계의 이력 평가
- 결함에 대한 패턴(pattern for deficiencies)규명
- 통계분석을 위한 자료제공
- 신뢰성 보증 정책을 결정하기 위한 정보 제공

이러한 FRACAS의 주요 기능을 도식적으로 표현하면 <그림 2>와 같으며, FRACAS를 통해 시운전 또는 영업운영 결과 발생한 고장 정보와 유지보수 정보를 입력하여 신뢰도, 가용도등의 신뢰성 정보를 얻고, 유지보수를 위한 기초 자료로도 활용할 수 있으며 고장 발생시의 대책을 수립할 수 있는 기본 정보도 얻을 수 있다.



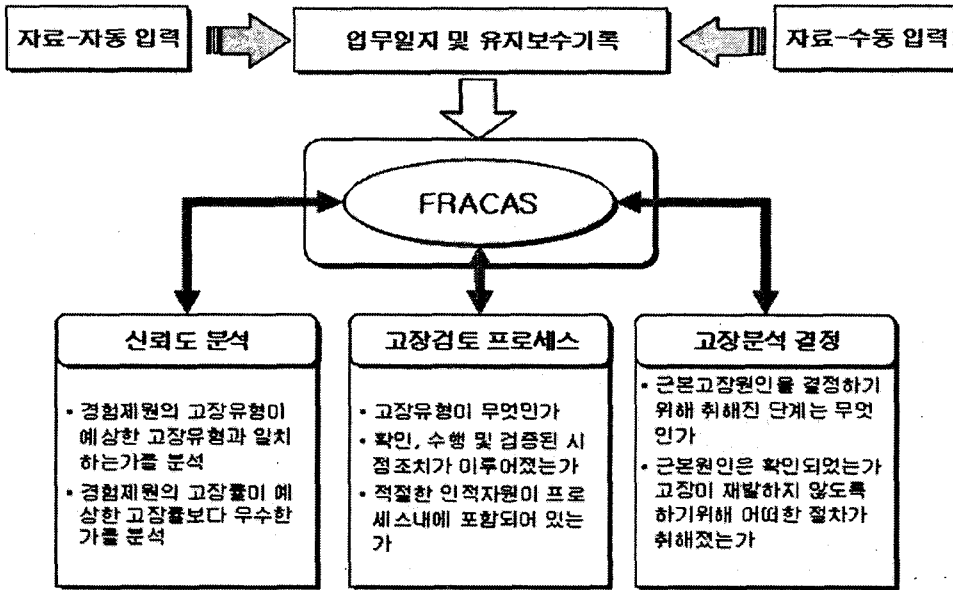
<그림 2> FRACAS의 구성 및 주요 기능

3. 수행계획

FRACAS를 계획하는 것은 그것을 수행하는 것만큼이나 중요하다. 따라서 카운트 가능한 고장의 정의와 분류, 제품의 Life Cycle중 고장보고에 대한 기록을 시작하는 시점의 확인 그리고 계획중 고장발생을 고객에게 알리기 위한 모든 요구사항들의 통합과 같은 매우 특별한 정보들이 계획하는데 있어 필수적으로 작용한다. 또한, FRACAS를 계획할 때는 주의깊은 관리가 필요하며 빠르고 비용 효과적인 공학적 노력들이 신뢰도와 관련된 문제점들을 해결할 수 있도록 적용되어야 한다. 이러한 FRACAS 계획에 필요한 정보로는 입력정보, 출력정보, 초기입력 그리고 후속정보 등이 있으며 <그림 3>은 개략적인 FRACAS의 정보교환 상황을 보여주고 있다.

FRACAS를 계획할때는 신뢰도, 정비도, 인간공학, 안전공학, 시험, 부품, 재료, 프로세스 컨트롤, 형상관리 그리고 종합군수지원 등과 관련된 전문요원들이 포함되어야만 하며, 효율적으로 FRACAS를 개발 및 진행시키기 위해선, 이러한 자원을 관리할 수 있는 행정적 관리기능들도 포함되어야 한다. 또한, 예측된 신뢰도 값을 정량적으로 계산하기위해선 FRACAS 내에 수행시간(Operating Time) 이나 주기(Cycle)를 수립 및 통합하고, 사용하는 방법들을 분명하게 정의해 주어야 한다. 만일 FRACAS내에 정보를 계산하는 비용이 포함되어 있다면, 적절한 요원들이 또한 FRACAS내에 포함되어야 할 것이다.

그리고 FRACAS가 자동화될 경우엔 FRACAS 계획 초기부분에 컴퓨터 프로그래머와 관리자들도 포함시켜야 하며 초기고장 분석에 대한 절차, 근본고장원인을 결정하기 위한 고장분석 절차, 그리고 그에 따른 시정조치(Corrective Action)에 대한 정보들은 반드시 기록되어 이러한 시정조치들이 적절한 방법으로 확인되고 수행될 수 있도록 확신할 수 있는 규정이 포함되어야 한다.

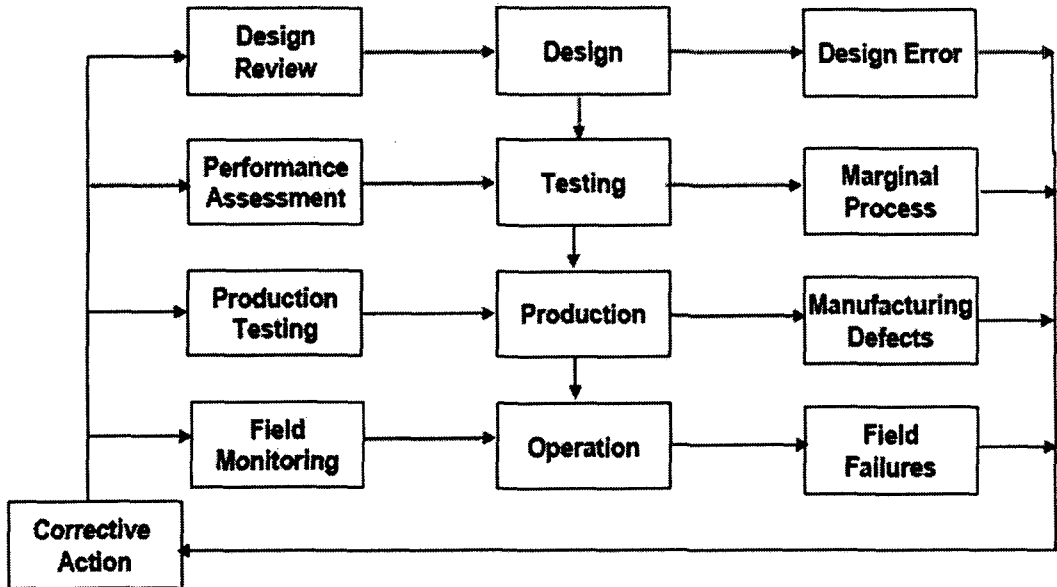


<그림 3> FRACAS의 정보교환

FRACAS는 고장이 발생한 품목과 고장데이터의 흐름을 설명할 수 있는 Flow Diagram이 포함되어 있어 미해결된 고장이나 정지된 대책활동 대한 상태를 추적하기 위한 방법들이 설명될 수 있으며, FRACAS 프로세스의 정식절차 중 FRB(failure review board)의 사용을 요구한다면 FRACAS에 대한 구조나 계획 그리고 책임성들이 정의 되어야 한다.

4. 실행절차

미국 규정인 MIL-HDBK-2155와 RAC(Reliability Analysis Center)에서는 FRACAS를 체계와 장비 그리고 소프트웨어와 연계된 시스템내에 필수적 요소로 고려되고 있는 Closed-Loop Process라 말하고 있다. 여기서 Closed-Loop 시스템이란 피드백(Feed-Back)에 의해 자동조정되는 시스템을 말하며, 이러한 FRACAS의 Feed-Back Loop를 한 제품의 Life-Cycle을 통해 전체적인 흐름을 표현하면 <그림 4>와 같다.



<그림 4> Life-Cycle을 통한 한 제품의 FRACAS Feed-Back Loop

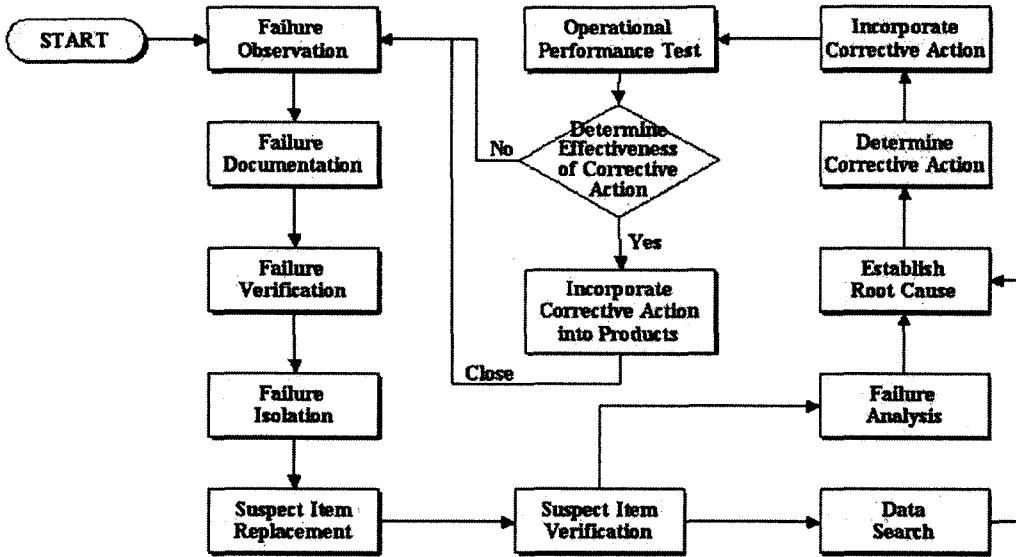
즉 FRACAS는 한 제품의 신뢰도를 지속적으로 개선하는 프로세스의 중요한 요소이며, 이러한 절차를 통해 FRACAS로부터 도출할 수 있는 사항들을 간단히 요약하여 정리하면 역사적 고장 추세 데이터베이스의 구축을 통해 고장보고정보 산출, 고장에 대한 근본원인을 결정하기위해 사용될 수 있는 고장분석 단계와 결과 그리고 특정한 고장유형의 재발을 최소화시키기 위한 문서화된 고장대책활동(언제 수행하며, 검증할 것인지 등을 포함) 등을 들 수 있다.

<그림 5>는 이런 Closed-Loop FRACAS Process의 일반적 절차를 도식화 한 것이며, 이러한 프로세스를 간단히 정리하면, ① 사건 기록, ② 분석 수행, ③ 시정조치의 확인, ④ 시정조치의 효과 검증으로 크게 4 단계로 요약가능하다.

가. 사건 기록

사건기록과 관련되어 있는 고장보고와 데이터 수집기능에 대한 세 가지의 기본 요구사항들을 정리하면 다음과 같다.

- 데이터의 기록은 포괄적이면서 쉽고 정확하게 그리고 적시에 가능한 간단하게 기록되어야 한다.
- 고장데이터의 유포는 효과적이고 빨라야 한다.
- 프로세스의 어떤 단계에서든 데이터는 고장의 근원지를 거꾸로 추적할 수 있어야 하며, 고장분석을 앞으로도 추적할 수 도 있어야 한다.



<그림 5> Closed Loop FRACAS Process

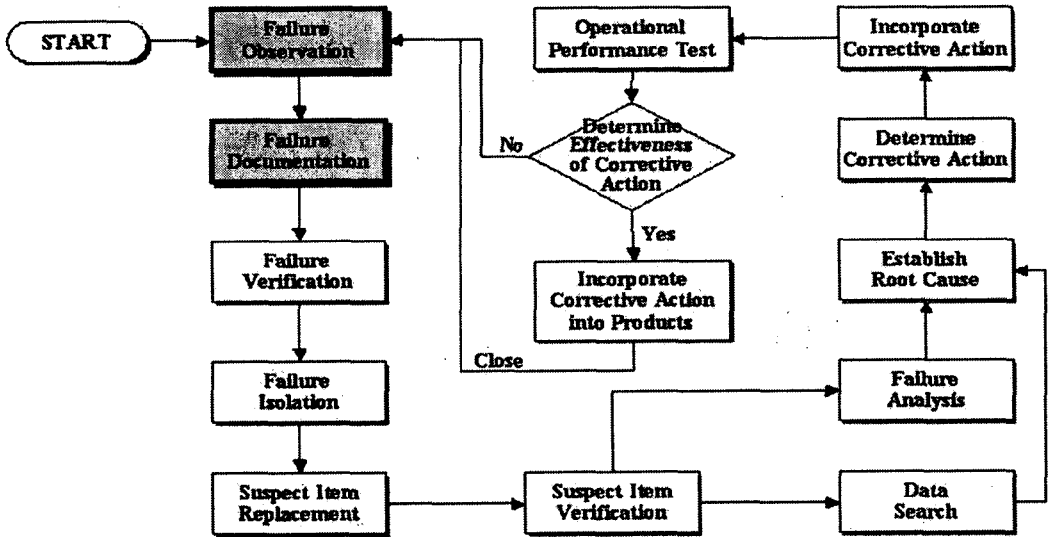
이러한 FRACAS의 사건 기록에 대한 프로세스는 전체 FRACAS의 과정 중 고장관측(Failure Observation)과 고장기록(Failure Documentation)이 여기에 해당되며, 고장관측이란 고장이 발생된 것을 확인하고 이러한 고장에 대한 사건을 인식할 수 있는 사람에게 통보하는 것을 말하며, 고장기록이란 고장사건을 둘러싼 상황에서 관련된 모든 적절한 데이터를 기록하는 것을 말한다.

FRACAS의 전 단 계중 여기에 해당되는 부분은 <그림 6>과 같다. FRACAS의 전반적인 효과는 입력하는 데이터의 정확성에 의존하는데, 이러한 데이터의 수집은 수동으로 저장하거나 자동화된 데이터베이스에 저장하는 것과는 상관없이 많은 양의 상세한 데이터들을 저장하는 것은 고장이 발생한 시점에 어떤 상태에 있었는지를 충분히 이해할 수 있도록 해준다. 다음은 사건기록에서 최소한 수집되어야 할 데이터를 보여주고 있다.

- 고장이 발생한곳
- 고장 날짜 및 시간
- 부품번호, 시리얼 번호(혹은 모델 번호)
- 고장을 관측한 사람의 이름(혹은 이니셜)
- 고장시점의 상태 : 환경적 스트레스요인들(온도, 진동 등), 작동시간(혹은 사이클)
- 고장 징후 : 어떠한 파라메타에서 고장 났으며, 이때의 변수 값, 관측할 수 있는 징후에서 주목할 만한 사항들(예: 과다 소음발생 등.)

그리고 후에 데이터 분석을 용이하게 하기위해선 모든 고장 기록이 한곳에 모여져 있어야 한다. 이 경우 작은 규모의 프로젝트일 경우엔 노트 등의 문서에 간단히 기록하여 저장하고, 규모가 큰 프로젝트일 경우엔 여러 문서에 기록하여 캐비닛 등에 저

장하겠지만, 이러한 기록을 저장하는 가장 좋은 방법은 역시 자동화된 데이터베이스 시스템이며, 이렇게 구축된 데이터는 추후에 고장추세분석, 고장 요약·상태보고서, 과거 고장에 대한 역사적 지식과 분석, 그리고 그에 따른 대책활동에 대한 모니터링 등 분석에 필요한 정보에 대해 효율적인 검색을 가능하게 해준다.



<그림 6> FRACAS의 단계중 사건 기록부분

나. 분석 수행

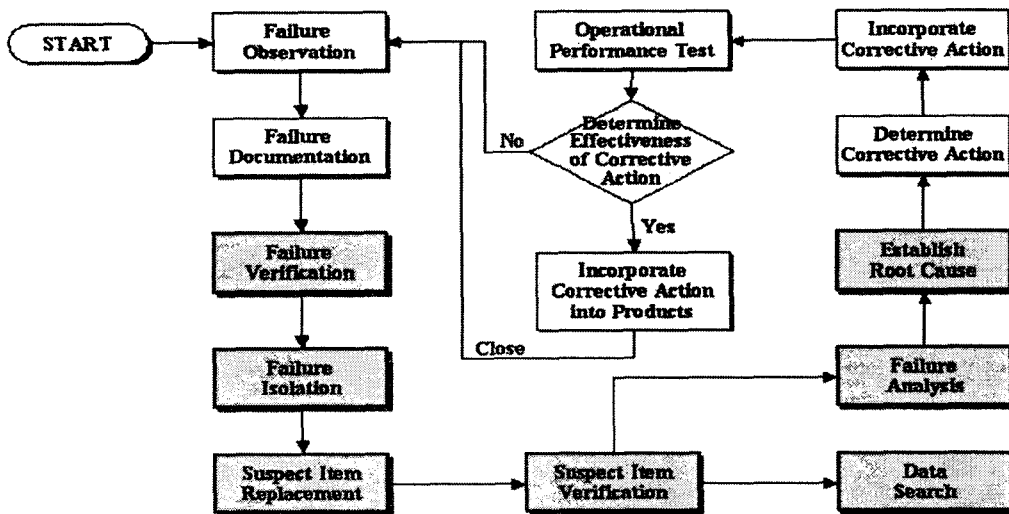
고장분석의 기본 정의는 가용한 데이터의 조사, 가용한 물리적 증거 그리고 실험분석 결과를 통해 산출한 합리적 결과와 논리적 단계를 거쳐, 고장원인을 결정하는 것이라 할 수 있다. 충분한 고장분석을 수행하기위해서 상세히 요구된 수준에서 고장을 둘러싸고 있는 간단한 환경 조사에서부터 복잡한 시스템의 고장을 야기할 수 있는 재료나 특정 부품의 본질적인 물리적 현상을 결정하기위한 복잡한 실험 분석까지도 포함시킬 수 있다.

<그림 7>은 FRACAS의 실행단계중 분석을 수행하는 부분에 대한 절차가 어떤 부분에 포함되고 있는가를 보여주고 있으며, 각 실행단계에 대해 설명하면 다음과 같다.

- 고장검증(Failure Verification) : 고장이 영구적인 것이라면, 고장을 야기한 결과에 대한 상황을 계속 반복함으로써 사건을 검증하고, 발생한 고장이 회복 가능한 것이라면 그 고장이 발생했던 상황을 다시 재현함으로써 사건을 검증한다.
- 고장 분리(Failure Isolation) : 검증된 고장에 대해선, 사건을 분리하기 위한 시험이나 고장 처리조사를 수행한다.
- 고장의심 품목 교체 (Suspect Item Replacement) : 고장이 검증된 아이템에 대해서는 입증된 아이টে으로 교체를 한 후, 고장을 야기한 상황을 재현하여 교체한

아이템이 문제를 해결하였는지 확인하기 위해, 탐지되었던 고장에 대해 실험이나 고장처리조사를 수행 한다. 만일 이때에도 고장이 계속해서 발행한다면, 사건에 대한 정확한 원인을 규명하기 위한 절차를 반복하여 수행한다.

- 고장의심 품목의 고장확인(Suspect Item Verification) : 교체한 아이템의 고장이 독립 적으로(아이템이 제거된 장비와 상관없이) 발생 하였다는 것을 입증한다. 만일 이때 고 장이 이전에 실시했던 입증방법이나 분리 행동절차로 결합아이템을 입증하거나 검토할 수 없다면 보다 적당한 아이템으로 다시 교체한다.
- 데이터 조사(Data Search) : 고장분석 행동과 병행하여, 똑같거나 유사한 아이템에 대 한 고장이력에 대한 FRACAS의 데이터베이스를 조사하여 아이템의 고장 추세를 평가한다.
- 고장분석(Failure Analysis) : 자료조사결과와 결합 아이템 교체로부터 얼마나 많은 비용이 고장분석에 필요한지를 결정하여 근본고장원인을 규명하기위해 충분히 낮은 수준에서 요구분석을 수행한다.
- 근본 고장원인 설정(Establish Root Cause) : 다음과 같이 직접적인 고장 원인을 초래한 초기 사건을 결정한다.
 - Overstress 상태, 제조 결함
 - 조작자(operator) 실수 나 절차상의 결함
 - 유도된 고장, 물리적 고장 유형



<그림 7> FRACAS의 단계중 분석 수행부분

고장분석의 초기단계에서 보고된 고장은 실제 고장원인으로써 검증되거나, 부족한 검증에 대해선 그 원인을 문서화 해야 하는데, 이는 밝혀지지 않은 고장 보고를 종결하거나 비용적인문제, 시간상의 제약 혹은 기술적 문제의 부재 등으로 인해 그것의 고장원인을 더 이상 조사 하지 않고 어떠한 원인으로 분류해버리는 것은 항상 큰 위험이 따르기 때문이다. 즉, 초기 분석이 완료되면 더 이상의 시정조치(고장대책활동)가 필요한지 아닌지에 대한 결정을 확실히 하여 이를 문서화 시켜야 한다.

검증작업은 보고된 아이템의 고장유형을 반복해보거나, 고장에 대한 물리적 증거들로 수행해 볼 수 있다. 그러나 검증되지 않은 고장 중 높은 발생률을 갖는 것은 시스템 수행 파라메타와 고장을 입증하기 위해 사용된 시험장비의 허용한도 사이에 상반되거나 허용오차에 대한 문제점들을 가지고 있음을 명심해야 한다.

따라서 일단 고장이 입증되고, 고장사건 정보가 적절한 전문가에 의해 검토 되고나면 고장분석계획은 그러한 분석을 수행하기위해 취해진 일련의 단계를 설명할 수 있도록 공식화 돼야 하며, 고장난 아이템에 대한 과거의 자료들을 통해 이미 해결된 문제에 대해선 반복적인 문제해결을 위한 노력을 기울이는 것을 피하도록 고려해야 할 것이다. 참고로, 근본원인을 분석을 위해선 FMEA/FMECA나 5 Why Method 등을 이용하여 수행할 수 있다.

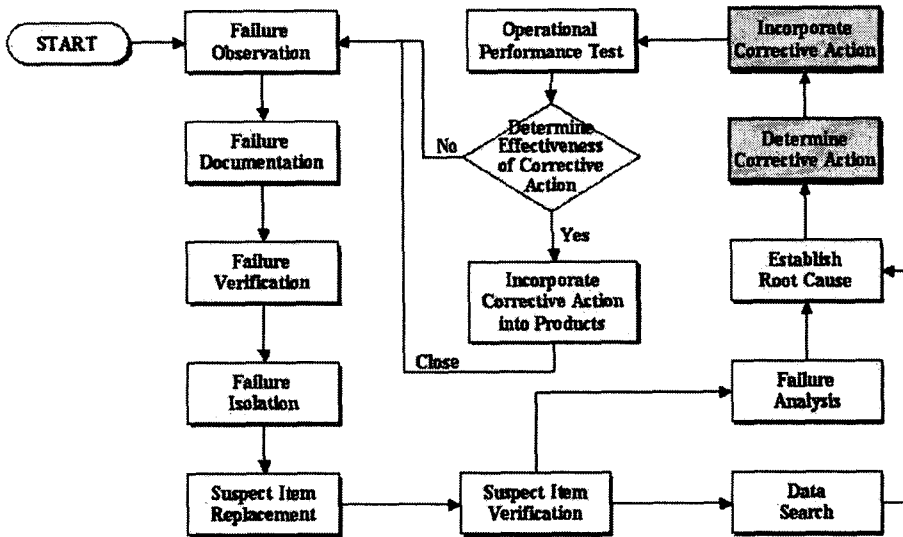
다. 시정조치의 확인

고장대책은 일반적으로 소프트웨어와 관련된 설계를 포함한 제품 시스템의 설계나 프로세스를 변경하는 것으로서 정의할 수 있다. 엄격한 분석을 통해 근본적인 고장원인이 결정되면, 주요한 고장의 재발을 방지하거나 줄이는 효과로서 적절한 대책활동이 전개 및 문서화되, 수행되고 입증되어야 한다. 이러한 고장에 대한 적절한 대책활동을 확인하는 절차는 <그림 8>과 같으며, 각 실행단계에 대해 설명하면 다음과 같다.

- 시정조치 결정(Determine Corrective Action) : 분석과 근본고장원인에 대한 결과를 바탕으로 재발할 수 있는 고장요인을 방지하기위한 대책활동을 전개한다. FRACAS 내에서 대책활동을 문서화하고 속해있는 구성원(조직)들과 대책활동에 대한 정보를 서로 공유한다.
- 시정조치의 적용(Incorporate Corrective Action) : 고장난 아이템에서 확인된 대책활동(그것의 효과에 대한 입증이 미해결된 것은 최소로 하여)을 통합 한다.

이러한 적절한 대책활동의 결정은 그것의 통합을 승인할 수 있거나 통합에 의해 강한 영향을 줄 수 있는 모든 기술적, 관리적 기능들이 포함되야 하며, 잠재적인 대책활동에 대한 대안으로는 다음과 같은 것들을 들 수 있다.

- 장비의 설계 변경
 - 부품/구성품의 추가 혹은 제거
 - 소프트웨어 코드의 변경
 - 물리적 치수나 재료의 타입을 변경
 - 완전한 장비의 재설계
- 앞으로 발생할 수 있는 사용자 실수나 휴먼 에러를 예방하기 위한 구조적, 교육적, 정서적 대책마련
- 계획단계에서 만들어 질 수 있는 절차 변경(예, 교육, 검사방법, 정비나 시험 절차 등)
- 설계 실수나 형상 불일치, 인쇄 실수 등으로 구성된 문서 변경
- 보다 빈틈없는 시험 요구사항이나 예방정비 절차서

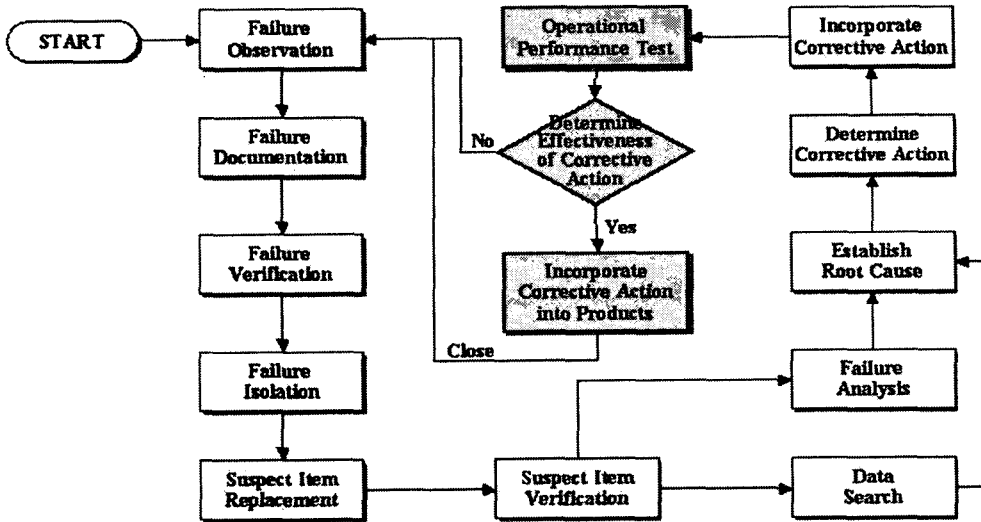


<그림 8> FRACAS의 단계중 적절한 대책활동 확인 부분

라. 시정조치의 효과 검증

FRACAS의 프로세스중 이 시점에선 각각의 보고된 고장들이 분석되며, 모든 공개된 보고서와 분석 및 대책활동수행에 대한 날짜들은 고장보고가 종료되는 그 시점까지 확실히 검토해야 한다. <그림 9>는 FRACAS의 단계 중 대책활동의 효과검증에 해당하는 절차부분을 보여주고 있으며 여기서 각 실행단계에 대해 설명하면 다음과 같다.

- 기능수행시험(Operational Performance Test) : 정적인 상황에서 적절한 수행도를 입증하기 위한 기본시험(고장대책활동의 통합이 수반되는 baseline test)과 기능시험(근본적인 고장이 발생한 상황을 내포하는 operational test)등을 실시하여 모든 기능 수행 시험과 기본 데이터(baseline data)에서 잠재적인 변화에 대한 기 시험 결과를 비교한다.
- 시정조치의 효과확인(Determine Effective of Corrective Action) : 고장대책활동으로 수락 할 수 있는 수준 이하의 수행을 보인(소개되지 않은) 다른 고장들과 근본적인 고장사건이 수정되는 것을 입증하고, 만일 근본적인 고장 사건이 다시 발생한다면 정확한 근본원인을 결정하기위해 FRACAS의 프로세스를 다시 반복하게 된다.
- 시정조치의 적용(Incorporate Corrective Action into All Products) : 일반적 제품의 제조 프로세스 플로우(Product Line Process Flow)에서 증명된 대책활동의 수행을 확대 하며, 근본적인 고장이 재발하는 경우에는 정확한 근본원인을 결정하기위한 FRACAS 프로세스를 다시 반복한다.



<그림 9> FRACAS의 단계 중 대책활동 효과 검증 부분

전반적으로 이러한 활동이 폭넓게 수행되기 전 시정조치(고장대책활동)이 입증되어야 하는 것은 FRACAS의 성공에 있어 매우 중요한 부분이며, 시정조치가 의도되도록 수행되었다는 것과 새로운 고장유형 없이 근본적인 고장원인을 제거 하는데 효과적이라는 확신을 주게 된다. 그러나, 이러한 고장대책활동의 수행은 포괄적인 형상관리 시스템을 통해 입증될 수 있으며, 그 효과는 검사나 시험 그리고 시정조치를 적용해 보거나 야전데이터들을 비교해 봄으로써 입증할 수 있다.

FRACAS는 고장이 발생함에 따라, 그 고장에 대한보고, 분석 그리고 그에 따른 대책행위 등에 대한 일련의 순환적인 고장보고시스템으로써 대책행위에 대한 입증이 이루어져야 고장이 해결된 것으로 판단한다. 즉, 고장자료 보고기능, 고장수리를 위한 조치행위 전달기능, 고장 발생현황 분석 및 조치행위 유형에 대한 통계량 산출기능 등을 통해 고장자료 분석체계 구축 및 고장발생부터 해결까지의 업무체계 구축을 할 수 있게 된다.

그래서, 실제 고장 자료에 대한 분석행위를 통한 설계반영, 신뢰도 향상, 정비행위 수정을 통한 정비도 향상, 군수지원분석 반영에 대한 업무가능성과 개발시 수행하는 FMECA의 분석적인 자료에 대한 실제자료를 제시하여 줌으로써 개선 및 입증가능하며, 실제자료를 기초로한 신뢰도 입증시험이 수행가능하고 실제 고장자료의 발생 및 분석/입증 자료에 대한 DB 구축을 통하여 운용에 대한 Know-How가 축적 가능하게 된다. 궁극적으로 이러한 FRACAS의 전반적인 효과는 보다 좋은 시험결과를 산출하고, 고객만족의 개선, 생산성의 증가, 제품에 대한 불합격을 감소, 보다 높은 신뢰도 수행 그리고 생산비용 감소 등을 통해 명백히 입증할 수 있을 것이다. 이러한 일련의 모든 과정들은 증가된 시장 점유율과 미래의 제품 선점에 대한 기회를 이끌게 될 것이다.

5. 구축 사례

가. FRACAS 시간범위

평시의 경우 우리나라 무기체계의 대부분은 1년을 주기로 갖는 운용 및 임무 시간을 갖는다. OO장비의 경우도 이와 같다고 판단하여, 시점에 관계없이 1년 주기를 만족하는 자료를 수집하면 체계의 특성을 파악할 수 있다. 따라서 현재의 시점을 기준으로 과거 임의의 시점과 미래 임의의 시점이 1년 또는 2년 주기 형태의 자료를 가질 수 있어야 하며, 이를 위해서는 OO장비의 제조사에서 수집한 자료의 성질에 따라 FRACAS의 범위를 결정해야 한다.

나. OO장비의 FRACAS 자료 수집의 대상 품목

자료 수집의 대상의 품목은 다음과 같은 기준에 의해 설정한다.

- 비용 대비 효율에 민감한 품목
- 시스템 효율에 민감한 품목
- 고장 현상에 대해 식별 및 분리(Identification and Isolation)가능한 품목
- 정비 절차 및 수준이 분명하게 구별될 수 있는 품목
- 고장 및 정비에 대해 시간 기록이 분명할 수 있는 품목

다. OO장비의 FRACAS 자료 수집 양식

자료 수집 양식은 이미 표준화된 것이 많이 있다. 그러나 반드시 구분해야 하는 것은 분석적 목적의 자료와 관리적 목적의 이력 자료의 구분이다. 즉 R&M 분석, LSA 분석, 그리고 ILS 요소 산출 등의 구분이 분명해야 한다. 특히 고장 자료의 수집의 경우 고장모드(유형)에 대한 수집은 고장모드를 설명하는 언어의 불명료함으로 인한 분석의 오류를 피하기 위해 반드시 코드화해야 한다. 정비 자료 또한 마찬가지로 향후의 정비절차 표준화를 위해 코드화를 해야 한다. 현재 K1-전차 및 유사 무기체계의 자료 수집 양식은 여러 가지 이력관리 기록에 지나지 않는다.

라. 수집된 자료의 분석 방법

수집된 자료의 분석 방법은 두 가지로 생각할 수 있다. 먼저 고장 자료의 경우 시간에 대한 경향을 분석하여, 시간에 관계없는 우발 고장인지 또는 경향을 가진 고장인지를 판단해야 한다. 전자의 경우 일반적인 횡단면 자료의 분석 기법을 사용하며, 후자의 경우 확률과정모형을 통해 분석해야 한다. 한편 정비 자료의 경우 횡단면 자료의 분석 방법을 사용할 수 있다.

그리고 품목의 종류에 따라 고장의 과정이 다를 수 있는데, 전기전자의 경우는 우발고장의 형태를, 기계류 부품 또는 기계류를 포함하는 품목 또는 시스템의 경우엔 경향을 갖는 확률과정모형을 이용하여 분석한다.

마. 자료 수집 및 분석 도구

자료의 수집과 분석을 위해서는 도구가 필요하다. 현재 가장 범용적으로 널리 사용하는 도구는 Relex Software사의 FRACAS 시스템이며, OO장비의 FRACAS도 이 프로그램을 사용하였다. 다음 두 환경에 따라 자료의 수집과 분석 절차는 약간의 차이가 있다.

-On-Line 환경

자료 입력 인터페이스 : Data Entry Module

자료 분석 인터페이스 : Analysis Module

자료 저장 및 관리 : Access / MS-SQL / ORACLE

분석 결과의 리뷰 : Web Environment

-Off-Line 환경

자료의 입력 인터페이스 : MS-Excel / Access를 통한 자료입력 양식

자료의 분석 인터페이스 : Analysis Module

자료 저장 및 관리 : Access / MS-SQL / ORACLE

분석 결과의 리뷰 : 표준 출력 양식

바. 입력 데이터 구조 및 출력물 사례

부대명	고장어택데이터 수집기간
	2001년 4사 분기 ~ 2003년 3사 분기
	2001년 4사 분기 ~ 2003년 3사 분기
	2002년 1사 분기 ~ 2003년 3사 분기
	2002년 3사 분기 ~ 2003년 3사 분기
	2001년 4사 분기 ~ 2003년 2사 분기
	2001년 4사 분기 ~ 2003년 2사 분기

1. 부대번호	2. 장비호수	3. 관리번호	4. 고장발생일시	7-a. 발생장공	8. 고장발생경위 설명
1		00008-10	2001-01-24	주회기포란공	BTCS 연동시험용 망장공/역에서 유압이 조금 누유된 것을 발견함 이 경우 정비관에게 보고 계도 정비관리 담당장차 상용하는 과정에서 시작속 유압라인 1개가 파손됨
2	UC	00003-08	2001-04-15	내계확장비공	주전원 배터리가 방전으로
3	OC	00011-03	2001-07-09 오전 8:00:00	건설운전공	(내계건설 운전 역)용 차
4	OC	00011-04	2001-07-12 오전 8:30:00	기타	주회기 운전시 포탄을 출
5	OC	00013-02	2001-08-09 오후 4:40:00	내계확장비공	01년 8월 9일 16시 40분경
6	OC	00007-01	2001-08-10	내계확장비공	
7	OC	00009-01	2001-08-24 오후 2:30:00	건설운전공	8월 24일 14:30분경 전투기
8	OC	00003-01	2001-09-05	건설운전공	화포기동 준비중 건설공
9	OC	00011-05	2001-09-07 오전 8:00:00	건설운전공	9월 7일 일조검출 시간에
10	OC	00018-01	2001-09-07 오전 8:20:00	기타	9월 7일 08:20경 장비 일조
11	OC	00010-01	2001-09-13	기타	라지메이터 홈입 그림미
12	OC	00002-01	2001-09-15	내계확장비공	화포 일조 검출 때 장전 지
13	OC	00014-25	2001-09-16	건설운전공	02.9.6 08:00 건설운전 수
14	OC	00014-26	2001-09-16	건설운전공	02.9.6 09:00 건설운전 도
15	OC	00001-01	2001-09-20	내계확장비공	조종수가 화포 세차용 방
16	OC	00001-02	2001-09-21	주회기포란공	9.21 반단위 운전중 탄출
17	OC	00007-02	2001-09-24	내계확장비공	조종수가 일조검출 시간
18	OC	00009-02	2001-09-24	내계확장비공	9월 24일 일조검출시 화포
19	OC	00010-02	2001-09-24	기타	화포가 비포장도로를 주

<그림 10> 입력 데이터 구조

Value	Result
MTBF	19.614350
MTBLMA	19.614350
MTBLR	N/A
MTBCF	N/A
MTTR	0.237088
Failure Rate	50983.081847
Reliability	1.000000
Availability	0.988057
System Cost	W0
Maintenance Cost	W0
Replacement Cost	W0

<그림 11> 출력물 샘플

6. 결 론

본 연구는 국군의 OO 장비를 대상으로 FRACAS 체계를 구축하는 과정을 보여주고 있다. 본 FRACAS 체계는 국내·외 방위산업 및 민수분야에서 제품개발 후 운용 단계에서 고장자료 수집, 분석 및 활용을 할 수 있을 것으로 사료된다. 나아가서는 국방신뢰성 평가, RAM-D 분석, LCC(life cycle cost)분석, ILS 분석 등에 활용될 수 있을 것이다. 또한 운용단계 품질보증 및 향상을 위한 국내환경에 적합한 운용단계 신뢰성 분석 및 평가 업무, 운용단계에서 요구되는 신뢰성 분석업무에 대한 현 실태 분석과 개선방안 도출, 운용자료 수집/분석 결과의 설계 및 운용정보 피드백을 체계 구축을 통한 설계품질과 신뢰성 향상 기반 구축에 활용될 수 있을 뿐만 아니라 운용단계 신뢰성 평가의 활성화에 따른 국방예산절감 효과 등이 기대된다.

참고문헌

1. 국방부, 민군 신뢰성 규격의 통일화 및 표준화, 2005.
2. 국방부, 민군 신뢰성 규격의 통일화 및 표준화, 2006.
3. 김성호, 곽무현, “지상무기체계의 야전운용 Data 수집 및 RAM 인수산출 기법연구”, 기술연구본부, 1994
4. 조윤기, “배치/운용단계 무기체계 신뢰성 제공 방안”, 2003년 국방품질보증 학술세미나, 2003
5. 한봉윤, “미군의 SDC 적용사례 및 군내 적용방안”, 2004년 국방품질보증 학술세미나, 2004
6. 한상철, “K계열전차 야전자료 수집 및 실태분석”, 2004년 국방품질보증 학술세미나, 2004
7. 홍연웅, “민수분야 FDMS적용실태”, 2004년 국방품질보증 학술세미나, 2004
8. RAM-D 요소별 분석기준서(OO장비 ILS 최신화, 야전운용제원반영) 1권&2권, 삼성테크윈, 2003
9. Department of Defense, MIL-HDBK-2155, “Failure Reporting, Analysis and Corrective Action Taken”, Department of Defense, 1995
10. James Jauw, Pantelis Vassiliou, “Field Data is Reliability Information: Implementing an Automated Data Acquisition and Analysis System”, 2000 PROCEEDINGS Annual RELIABILITY and MAINTAINABILITY Symposium.