

응용논문

IDEF₁을 이용한 신뢰성 정보 모델

장중순 · 안동근

아주대학교 기계 및 산업공학부

김민성

LG 생산기술원

A Reliability Information Model Using IDEF₁

Joong Soon Jang · Dong Geun An

School of Mechanical & Industrial Engineering, Ajou University

Min Sung Kim

LG Production Research Center

Abstract

Reliability management requires many activities such as conceptual design, detail design, reliability evaluation and analysis, life testing, and environmental screening, etc.. To perform these activities effectively, a lot of information are required : information for failure mechanism, failure modes, part characteristics, and environmental conditions, etc.. These information should be managed to be used effectively and accurately in reliability activities and feedback to product design and manufacturing.

This study identified and characterized these information and classified them according to the reliability activities commonly adopted in many manufacturing industries. IDEF₁ was used to define and characterize the flow and the relationship of these reliability information and model is proposed which represents the structure of reliability information systems. The proposed model can be used as a basis for developing reliability management softwares.

1. 서론

신뢰성에 관련된 활동들에 포함되어져야 하는 요소로는 부품의 재료특성이나 고장 메카니즘(failure mechanism), 해석기술 등을 바탕으로 한 시스템 설계기술, 신뢰성 있는 제조기술, 신뢰성 확보 및 개선기술, 신뢰성 시험기술, 고장해석기술, 고장정보의 수집 및 분석기술, 이러한 활동이 체계적으로 이루어지기 위한 관리기술과 신뢰성에 관련된 정보를 수집하고 처리할 수 있는 기술 등이다. 이러한 요소들은 방대한 양의 정보를 요구하거나 발생함으로써 독립적으로 이루어지기보다는 상호보완적으로 이루어져야 그 효과를 극대화할 수 있다.

이러한 신뢰성 관리뿐만 아니라 신뢰성 정보관리가 효율적으로 이루어지기 위해서는 신뢰성 평가와 개선에 유용한 제반정보를 지원해줄 수 있는 신뢰성 정보시스템이 필요하다. 신뢰성 정보시스템은 신뢰성 평가 및 개선활동을 극대화하기 위하여 신뢰성 정보를 수집, 저장, 검색, 분석, 보고 및 관리하는 정보시스템이다. 과거 신뢰성에 관한 정보는 주로 설계 부서의 자료에 국한된 것이었다. 그러나 제품이 복잡해지고, 지방사의 제조기준보다는 소비자의 사용적합이 더 강조되고, 그리고 신뢰성 관리에 관한 프로그램이 모든 부서의 스펙트럼으로 확산되어 프로세스화하고 있다.

이러한 변화는 컴퓨터의 발달과 함께 신뢰성 정보에 관한 관심을 확산시키고 있다. 실제로 신뢰성 정보 시스템의 영역은 기업의 전체업무라고 해도 과언이 아니다. 왜냐하면 신뢰성 정보시스템에서 관리되어야 할 정보들은 시스템의 개발설계 단계에서부터 운용 및 폐기에 이르기까지 전 라이프 사이클에서 발생되기 때문이다. 신뢰성 정보를 효과적으로 얻으려면 관련기능 부서로부터 입력할 자료를 명확히 정의해야 한다. 또한 원활한 자료 활용을 위해서는 전사적으로 일관된 표준방식으로 자료를 정의해야 한다. 왜냐하면 신뢰성 정보시스템에서 관리되어야 할 정보들은 사내의 각종 다른 정보시스템, 예를 들면 생산 정보시스템, 설계 정보시스템, 품질 정보시스템, 시장 정보시스템 등에서 획득할 수도 있고 필요로 하는 시스템으로 참조될 수도 있기 때문이다.

그러므로 제품이나 시스템의 신뢰성을 제고하기 위하여는 많은 정보가 필요하므로 정보시스템을 설계하기 위한 필수 선행조건은 정보시스템에서 관리되어야 할 정보나 데이터들의 파악이다. 필요한 정보에는 물론 하드웨어 설계나 소재의 성질에 대한 정보도 있지만 또 다른 것은 제품이나 시스템이 제조, 운반, 보관, 설치, 사용되어지는 사용조건과 환경조건에 대한 정보도 필요하다. 그런데 이와 같은 정보들은 어느 개인이나 팀에서 수집하기에는 한계가 있기 때문에 기업이나 국가 전체적인 노력이 필요한 부분이다.

신뢰성 정보나 데이터의 중요성 때문에 MIL-HDBK-217F, Bell-Lab., GIDEP, EuReDATA, DANTE-QC1, IAEA's Reliability Data Base 등의 신뢰성 데이터베이스가 마련되어 있다. 그리고 유럽의 ERDS(European Reliability Data System), 프랑스의 EDF(Electricite De France) 신뢰성 데이터 뱅크, TNO(The Netherlands Organization)의 FACTS(Failure and Accident Information System), 미국의 CREDO(Centralized

Reliability Data Organization) 등은 국가적인 차원에서 신뢰성 데이터베이스를 구축한 것이다[Cannon와 Beldell, 1991]. 또한 최근에 기업에서 개발한 KRIS(Korea Reliability Information System)라는 신뢰성 정보시스템이 있다[송채현, 1995]. HARIS(Hazards and Reliability Information System), CEDB(Component Event Data Bank), OREDA(Offshore REliability DAta) 등은 신뢰성과 안전성(safety)에 관련된 데이터베이스를 구축하고 통계적 분석을 수행할 수 있는 시스템이 개발되어 있다[Wingender, 1986].

그러나 기존의 신뢰성 정보시스템에서는 주로 고장이나 부품에 대한 시험 등의 데이터를 위주로 하는 결과치 관리에 치우쳐있으므로 분석위주의 신뢰성 활동에는 크게 도움을 주고 있지만, 설계 및 제조부분 등에는 큰 도움을 제공하지 못하고 있다. 따라서 이를 설계 및 생산에 도움을 줄 수 있도록 보다 정확한 정보의 제공이 가능하도록 신뢰성 정보시스템을 보완할 필요가 있다. 또한 국내 기업의 경우 아직 신뢰성 관리 업무에 대한 경험부족과 과거 데이터 축적 미비와 누락으로 활용단계에서 어려움을 겪고 있는 실정이므로 신뢰성 관리체제 개발뿐만 아니라 이에 적합한 신뢰성 정보시스템이 구축이 시급히 요구되고 있다.

본 연구에서는 신뢰성 향상을 위해 기반기술로서 축적될 수 있는 설계, 시험, 그리고 고장해석 등에 필요한 정보를 도출하여 관련 데이터베이스를 설계하기 위한 정보 데이터를 제시하고, 정보데이터로부터 실제클래스(entity class)를 정의하여 신뢰성 정보시스템의 가이드 라인을 제시하고, 파악된 정보를 바탕으로 하여 정보 모델링에 적합한 IDEF₁을 이용한 신뢰성 정보 모델을 제시하고자 한다.

2. 신뢰성 관리체제

신뢰성 관리는 허용된 비용과 시간의 제한 안에서 사용자의 요구를 만족시키는 제품을 만들기 위하여 제품의 전 라이프 사이클에 걸쳐 신뢰성을 높이고 유지하는 활동으로 조직적이고 체계적인 활동이 필요하다. 그리고 데이터를 수집하여 통계적·기술적으로 해석하고 되도록 빨리 설계와 생산부문에 피드백하여 제품을 개선하고 보증할 수 있도록 해야한다. 그런데 신뢰성 기술의 속성상 단기적으로 이루어져야 하는 부분도 있고, 기업경영관리 전반에 걸친 장기적인 프로그램이 필요한 부분도 있다. 단기적인 프로젝트(project)의 성격으로 이루어져야 할 부분은 신뢰성 설계와 신뢰성 시험부분이다. 이러한 부분들은 단기간에 팀을 별도로 조직하여 활동하는 것이 좋다. 그러나 이러한 활동이 원활하게 이루어지기 위하여는 기업 내에 신뢰성에 관련된 설계나 시험, 해석 등의 기반기술이 축적되어 있어야 하며, 이러한 정보들이 필요한 때에 효율적으로 참조되어질 수 있어야 한다. 이를 위하여는 장기적으로 신뢰성에 관련된 정보를 처리할 수 있는 신뢰성 정보관리 부분이 필요하다.

신뢰성 설계는 신제품개발시 기획단계에서부터 제품고장을 예방할 수 있는 활동들이어야 하고, 신뢰성 시험은 개발/생산단계에서 신뢰성을 고려하기 위해 시험 및 시험

해석기술들이 포함되어야 하고, 또한 신뢰성 정보관리에서는 기업내의 신뢰성 관련 기반 구축에 관련된 활동들이 포함되어야 한다. 이러한 활동들은 일련의 절차에 맞추어 실시되어야 하는데, <표 1>은 바람직한 신뢰성 관리체제의 예를 보인 것이다.

여기서 주목할 점은 신뢰성을 높이기 위하여 사용단계에서 하여야 하는 활동중의 하나로 고장발생이나 보전활동에 대한 데이터를 수집하고 분석하여 설계나 보전방식에 반영하는 일이다. 미 국방규격에는 이를 FRACAS(failure reporting, analysis and corrective action system) 이라고 하여 신뢰성 관리체제에서 반드시 수행하여야 하는 업무로 규정하고 있다. FRACAS 는 신뢰성 예측이나 시험 등에서 발견하지 못하였던 문제점을 수집하고 보완하는 정보를 제공한다는 면에서 중요한 업무이며, 이미 원자력발전소나 기업에서는 정착되어지고 있는 활동이다.

< 표 1 > 신뢰성 관리체제의 예

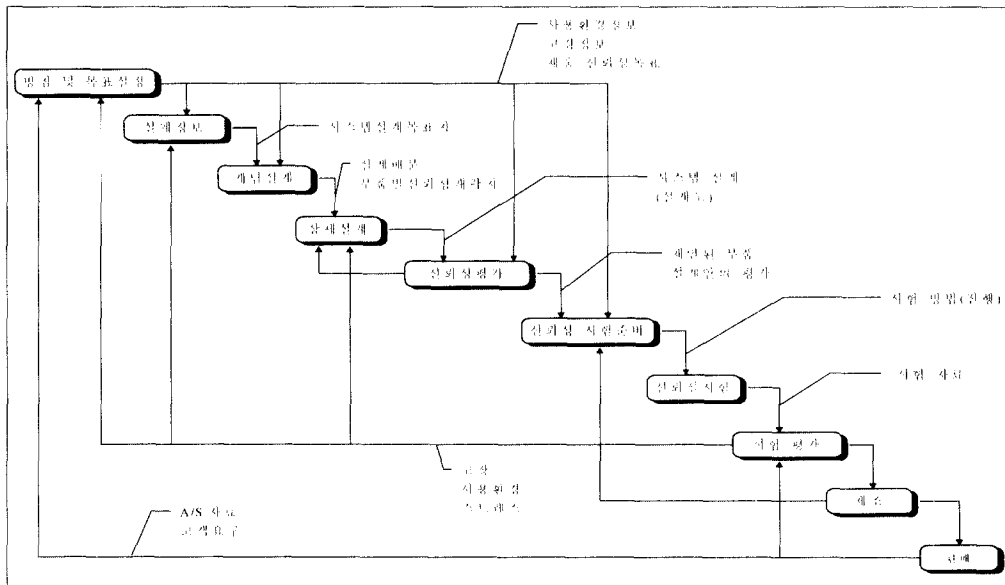
구분	추진항목	추진방법 및 내용	
기획	신뢰성 목표 설정	요구 신뢰성 파악 고객니즈 수집/분석, 시장클레임분석, 경쟁사분석	
	신뢰성 목표 설정	평균(MTBF, 고장률), 산포(B ₁₀ 수명) 시스템수명, 내구도, 보전도	
	신뢰성 정보 수집	사용조건, 환경조건분석, 스트레스분석, 고장해석 기술정보(설계 및 재료, 제조), 부품정보	
연구 / 개발 / 설계	신뢰성 설계	기본 설계	신뢰성설계원칙, 시스템 FMEA
		상세 설계	부품/재료선택, 외주업체선정, 부품인증방법 신뢰성설계(단순화, 최악지설계, 파라미터분석, Rule Based 설계)
	신뢰성 예측 및 평가	정성적 평가	FMEA, FTA, 설계심사
		정량적 평가	고장률예측, 시스템분석, 부하 강도분석 S/N분석, 보전성예측 및 평가
	신뢰성 시험	부품인증	인증시험(동작시험, 환경시험, 수명시험) 샘플링시험(샘플수, 시험기간), 가속수명시험 고장해석, 데이터해석
		시험 및 평가	Unit 시험, Set 시험, 현지시험, 고장시험 결합평가, 동작시험, 환경내부시험, 신뢰성성장관리
제조	생산 준비	공정 계획	공정 FMEA, 파라미터 설계, 관리공정도
		양산 시험	샘플링 시험, Screening, Aging
	생산	공정품질관리	SPC, 품질공학
	출하	설치 및 시동 계획	FMEA, 초기유동관리
판매	서비스	FRACAS 운용	클레임 처리, 신뢰성정보수집, 고장해석

신뢰성 관리가 적용되는 분야, 산업 또는 제품에 따라 신뢰성 관리의 추진항목이나 추진방법에 다소 차이가 있다. 예를 들면 전자제품인 경우에는 기존에 고장에 대한 많은 정보들이 축적되어 있기 때문에 신뢰성예측과 새로운 장치나 부품의 시험활동 중심으로 신뢰성 관리가 이루어진다. 그리고 기계제품인 경우에는 고장모드영향분석(FMEA; Failure Mode and Effect Analysis)이나 고장나무분석(FTA; Fault Tree Analysis), 부하-강도(Stress-Strength)분석을 통한 고장배제나 고장진단을 중심으로 신뢰성 관리가 이루어지고, 특히 '어떤 종류의 시험을 실시할 것인가'가 중요항목이라 할 수 있다. 그러므로 신뢰성 정보 모델링에는 이와 같은 점들이 고려되어야 한다.

3. 신뢰성 정보

3.1 신뢰성 정보의 구성

본 연구에서는 신뢰성에 관련된 입·출력 정보를 파악하기 위하여 <표 1>의 신뢰성 관리 체제의 신뢰성 활동을 단계별로 구분한 다음 그 단계에서의 추진항목 및 내용에 따라 발생하는 정보 또는 그 단계에서 취해야 할 정보를 파악하였다. 각 단계에서 정리되는 정보는 참고문헌[4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 16]을 기초로 하여 작성된 것이다. <그림 1>은 신뢰성 활동에 따른 정보의 흐름을 개략적으로 나타낸 것이다.



< 그림 1 > 신뢰성활동에서 정보흐름

개발설계단계에서는 기술정보와 환경/사용조건 정보 수집을 바탕으로 신뢰성의 요구조건 및 목표를 명확히 하는 것이 신뢰성 활동의 시작이라고 할 수 있다. 이 경우 필요한 것은 시스템에 대한 고장의 정의와 신뢰성 지표의 선정이다. 신뢰성 지표의 선정은 개발설계대안을 평가하는 척도로 사용된다는 면에서 많은 데이터와 정보가 필요하다. 신뢰성 목표설정이 이루어지면 기수집된 사용/환경조건 등을 감안한 설계가 이루어져야 하며, 설계 후에는 설계대안에 대한 신뢰성 평가 또는 예측이 이루어져야 한다. 신뢰성 예측은 설계대안의 채택여부, 보완 또는 재설계 등을 결정하는 중요한 업무로서 많은 정보들이 요구된다.

신뢰성 예측을 통한 평가가 이루어지면 시제품을 제작하여 시험을 실시하여야 한다. 이는 도면을 바탕으로 한 신뢰성 예측을 확인하고 미처 예상하지 못한 문제점 등을 발견하기 위한 활동이다. 또한 신뢰성 시험은 개발된 부품이나 시스템을 인증하기 위하여서도 실시됨으로 많은 신뢰성 정보를 제공한다.

신뢰성 시험이 이루어지고 나면 생산준비를 하여야 하는데, 공정에서 발생할 수 있는 불량모드를 체계적으로 수집하여야 하며, 출하 및 설치과정까지 포함하여야 한다.

3.2 신뢰성 관리활동 단계별 신뢰성 정보

3.2.1 기획단계에서의 신뢰성 정보

기획단계에서 가장 중요한 활동은 신뢰성 목표설정이다. 목표설정을 위해서는 고객의 요구사항, 자사·타사 기술 및 정보, 신뢰성 지표, 고장의 정의, 사용/환경 조건, 고장모드 등의 정보를 관리함으로써 제품 설계의 기본 지침을 제시하게 된다. 특히, 환경정보는 제품의 제조부터 실제 사용환경까지로 세분화하여 그때 제품에 미칠 수 있는 각종 요인과 스트레스(stress)들을 파악함으로써 설계의 치밀성을 기할 수 있다. 기획단계에서의 정보를 살펴보면 다음과 같이 분류할 수 있다.

1) 신뢰성 목표설정 부문

- 제품·구성부품 정보
- 자·타사의 신뢰성 수준
- 최악(worst)의 제품·부품 목록
- 고장 건수, 고장시간분포
- 신뢰성 지표(MTBF(Mean-time-between-failure), 고장률, B10 수명 등)

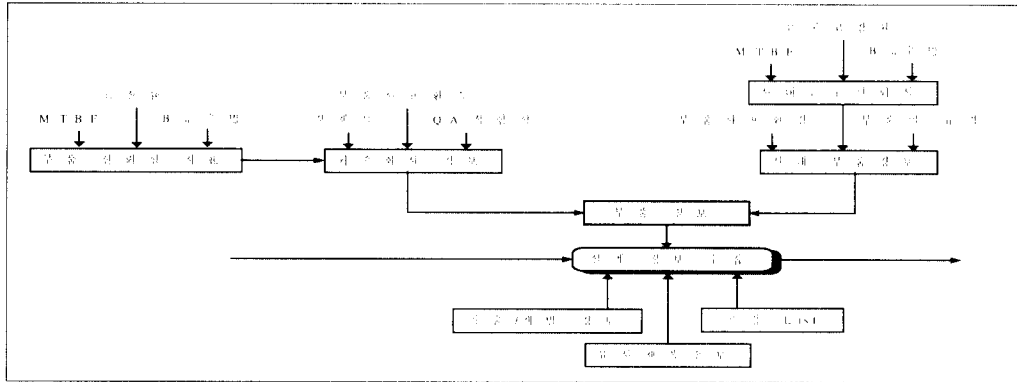
2) 고객의 요구사항 부문

- 임무명세 : 기능적 요소, 물성적요소, 인간적 요소, 경제적 요소, 생산적 요소
- A/S 데이터 : 고장 제품·부품 건수와 시간, 품질보증 비용, 무상보증 및 유상보증 비용 내역
- 시장조사 데이터

3) 환경정보

- 설치 조건 및 사용환경 : 온도의 분포, 습도의 분포, 진동, 충격, 기압, 염도, 사용장소의 특이성, 사용자에 따른 사용 습관

작성하는 것으로부터 시작된다. 신뢰성 시방의 기본이 되는 것은 설계목표값(측정 가능한 신뢰도 특성값)의 규정과 이의 실현을 위한 사용환경에 관계된 정보가 필요하다.



< 그림 3 > 설계정보수집에서 정보흐름

개발하려는 시스템에 대한 설계가 완성되면 그 시스템에 대한 신뢰도, 보전도 등은 고정된다. 다시 말해서 설계가 완성되었다는 것은 형상, 부품선정, 사용재질이 고정됨으로 인해서 시스템에 대한 성능, 기능수준이 정해지고 내포하고 있는 결함사항, 취약점, 고장이 발생할 수 있는 잠재적 성질이 고정됨으로 인해서 신뢰도, 보전도의 수준이 하드웨어적으로 신뢰성 목표 수준을 달성할 수 있는지를 알아내야 한다. 이를 위한 일련의 업무활동을 신뢰성 분석이라고 하며 여기에는 신뢰도 예측, FMEA, FTA, 최악치 분석(Worst Case Analysis), 부하-강도 분석 등 여러 수단이 동원된다. 근본적으로 신뢰성 분석은 설계된 시스템에서 어떤 고장이 얼마나 자주 발생할 것인가를 알아내려는 것이며 분석결과 기능 수행에 지장을 주는 고장, 발생빈도가 높은 고장에 대해서는 그 원인을 분석하고 설계상 취약점을 찾아 이를 해소시키기 위한 중요한 정보들을 제공해준다. 이 단계에서의 정보 흐름은 <그림 4>와 같이 표현할 수 있다.

3.2.4 신뢰성 시험단계에서의 신뢰성 정보

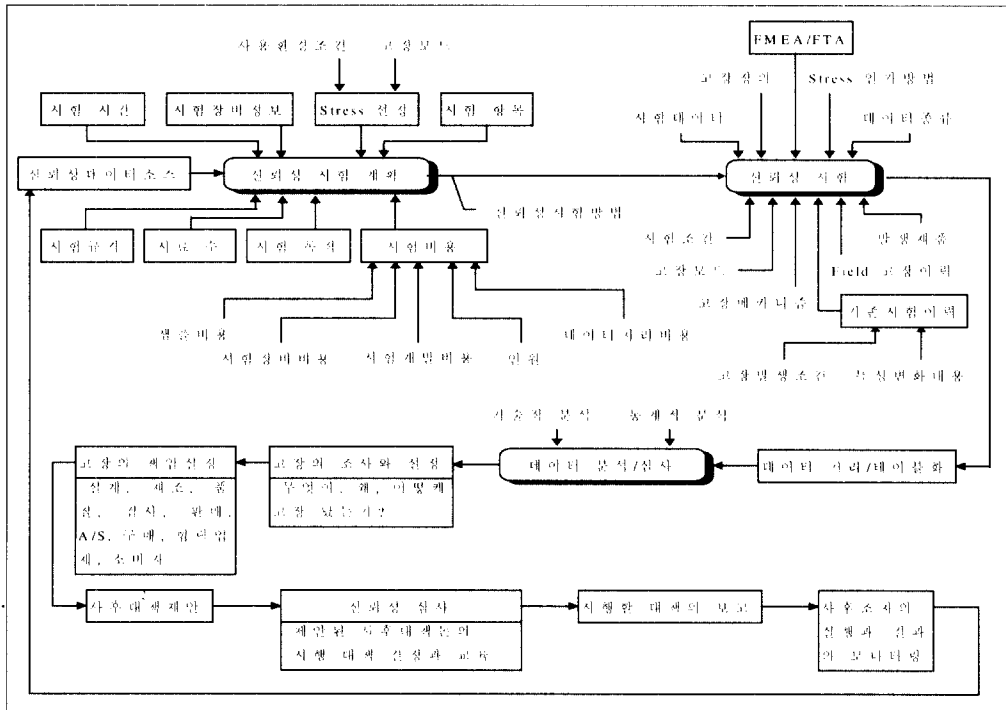
시스템에 대한 신뢰성 시험은 크게 두 가지로 개발과정에서 수행하는 성장시험과 개발 후 제조단계에서 수행하는 인증시험으로 나눌 수 있다. 성장시험의 목적은 시험 중 발생한 고장에 대해서 그 원인을 찾고 고장원인을 해결함으로써 신뢰도가 얼마나 증가되고 있는가를 관측하는 시험이다. 따라서 성장시험은 시스템에서 취약점이 어디에 있는가를 가급적 조기에 발견하기 위한 것이 목적이므로 고장이 예상될 수 있는 적당한 부하 및 환경조건에서 실시된다. 이 시험은 기존 시스템의 경험자료 또는 이론적인 모델에 의해서 계획 또는 예상 성장곡선을 설정하고 실제로 시험에서 평가된 성장곡선을 비교함으로써 시스템의 신뢰도 달성 가능성을 평가할 수 있는 정보들을 제공한다. 또한 시험을 많이 하면 할수록 고장발생 원인을 더욱 제거시킬 수 있다는 점이나 발생한 고장에 대해서는 개선조치가 효과적으로 이루어져야 된다는 점에서 시

- 8) 시험장소와 설비 : 시험장소, 필요한 설비, 공구, 지그 및 안전장비, 예비품 및 소모품, 시험 감시장치 등
 - 9) 시험비용 : 시료와 장비의 비용, 시험의 전체 비용
 - 10) 보고서 : 중간보고서의 빈도, 보고되어야 하는 분석의 형태, 보고서 분량
 - 11) 책임과 시험팀 : 조직, 시험팀의 교육, 시험계획과 절차의 설계와 준비를 위한 개인적인 권한(책임), 시험시료와 시험장비의 조달, 시험의 운영, 시험데이터와 결과 분석, 중간과 최종보고서 준비
 - 12) 신뢰성 요구 : 시험될 장비의 신뢰성 수준, 최소수용과 설계신뢰성 또는 MTBF, 신뢰수준, 소비자와 생산자의 위험, 경·중고장들
 - 13) 보전요구 : 시험될 장비의 보전수준상태, 예방보전과 개량보전내용 기록
- 신뢰성 시험의 실시에 있어서 대상제품의 사용상태에서 가해지는 스트레스의 종류와 수준을 조사하여 실제로 문제가 되는 고장모드의 정보를 수집하고 이것을 잘 조합하여 문제가 되는 고장을 재현시킬 수 있는 환경조건으로 시험을 실시하여야 한다. 특히 FMEA/FTA에서 치명도가 높게 나타나는 고장모드들에 대하여는 사용조건을 선부 고려한 시험이 이루어져야 하므로 고장모드와 고장메카니즘은 시험단계에서 중요한 정보로 활용된다. 그리고 신뢰성 시험으로부터는
- 1) 어떤 부품이 고장났는가?
 - 2) 몇 시간, 마일, 사이클 후 혹은 언제 고장났는가?
 - 3) 어떻게 고장났는가?
 - 4) 왜 고장이 났는가?
 - 5) 1차고장 혹은 2차고장이 있는가?
 - 6) 고장발생 시점에 적용된 스트레스 수준?
 - 7) 실제 운용에서의 스트레스 수준?
 - 8) 사후 조치와 이유?
 - 9) 고장난 부품의 기능?
 - 10) 장비가 만족스러운 기능 상태로 되는데 걸리는 시간?
 - 11) 사후 조치의 비용항목들은 어떤 것이 있는가?
 - 12) 분담업무에 대한 의견
 - 13) 보고서 수와 착수 일짜, 업무 완성 일짜, 개별 업무분담의 일짜와 서명, 보고서의 승인 일짜와 서명, 가공데이터 보고서 일짜와 서명 등과 같은 정보들이 수집되어야 하고 수집된 정보들은 일정한 형식으로 기록되고 보고되어야 한다.
- 시험을 통해 수집된 데이터의 최종형식은 개별적 고장까지의 시간 또는 그룹화된 고장까지의 시간 데이터로 가공하고 가공된 데이터로부터
- 1) MTTR(Mean-time to failure)
 - 2) MTBF
 - 3) 고장률
 - 4) 평균수명에 대한 양쪽 신뢰구간, 한쪽 신뢰구간
 - 5) 신뢰도

- 6) 신뢰도에 대한 양쪽 신뢰구간, 한쪽 신뢰구간
- 7) 고장까지의 시간의 분포와 모수들의 추정
- 8) 가장 적합한 확률지에 데이터 타점과 모수
- 9) 재설계등에 의한 평균수명과 평균 신뢰도의 향상 등과 같은 결과들을 산출하고 보고서 형식으로 표현되어야 한다. 신뢰성 데이터의 처리와 분석을 위해서는 데이터를 테이블화하는 것이 효과적이다[Kececioglu, 1993]. 이러한 테이블은 신뢰성 시험 데이터 수집에 사용하는 형식과 연관되어야 하고 적어도 다음과 같은 정보들을 포함하여 신뢰성 보고서로 만들어져야 한다.

- 1) 제품명 혹은 일련번호
- 2) 1차 고장과 2차 고장을 포함한 전체고장
- 3) 고장당 단품과 노동력 비용
- 4) 고장당 정지시간

또한 보고서에는 고장정보를 분류하여 상세하게 기록하고 부품수준의 분석을 위하여 서브어셈블리의 이름, 부품이름과 번호, 고장의 설명, 이전의 고장대처방안, 이전의 공학적 변경사항 등과 같은 정보들을 기록해야 된다. 이러한 정보들을 바탕으로 고장에 대한 향후 대책을 마련하고 설계, 제조, 품질, 검사, 판매, A/S, 구매, 협력업체 등의 부서와 정보를 공유해야 한다. <그림 5>는 신뢰성 시험단계에서의 정보의 흐름을 나타내고 있다.



< 그림 5 > 신뢰성 시험단계에서 정보의 흐름

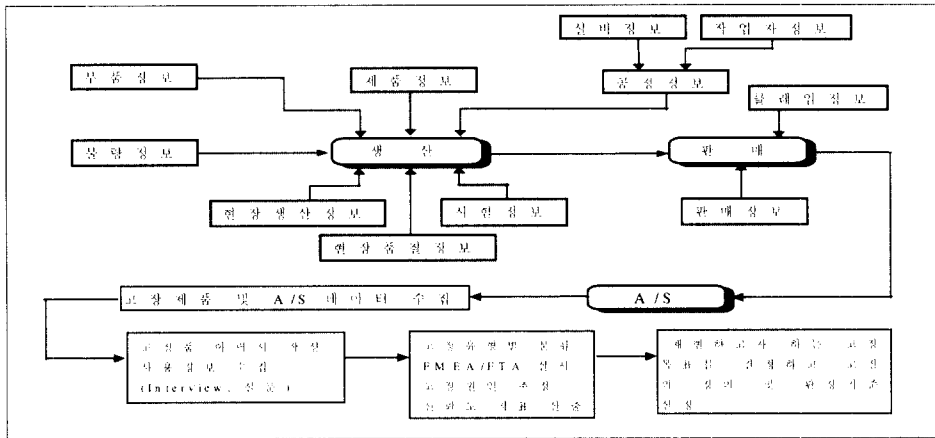
3.2.5 생산/판매단계에서의 신뢰성 정보

신뢰성 목표설정, 신뢰성분석, 신뢰성 시험 및 평가 등은 시스템의 신뢰성에 관한 어떤 정보를 제공하여줄 뿐 이 활동자체가 실제적으로 시스템의 신뢰도를 증가시키지는 않는다. 실질적으로 시스템의 신뢰도 증가는 설계도면에서 형상, 치수, 재질, 부품 선정, 구조변경 등과 같은 실제적인 개선행위가 이루어져야 하며 또한 설계된 도면대로 시스템을 제조하여야 한다.

생산단계에서는 4M(man, machine, material, method)에 의해 제품의 산포가 발생되게 된다. 이러한 산포의 원인이 제품 또는 설비의 신뢰성에 어떠한 영향을 미치는가를 규명하고 이의 개선을 위해서는 제조단계에서의 정보가 필수적이다. 여기서는 수많은 정보가 발생하는데 특히, 설비와 원재료는 신뢰성과 밀접한 관계를 가지고 있다. 제품의 출하 후 유통까지의 정보와 고객 및 현장에서의 실제 사용의견도 신뢰성 정보로서 관리하여야 한다. 그리고 제품의 사용환경에서의 고장데이터는 일반적으로 보증기간동안 발생하는 클레임을 처리하거나 A/S를 하는 과정에서 얻어지게 되는데 이러한 현장데이터를 적절한 방법으로 분석하여 제품의 신뢰도에 대한 올바른 정보를 얻고 품질개선에 활용하는 것은 기업에 있어서 매우 중요한 항목이다. A/S 데이터는 재현실험의 이력과 함께 기획 및 설계로의 중요한 입력 변수로서 현장에서 직접 얻어오는 것이기 때문에 제품 신뢰성에 대한 실제적 정보를 가장 많이 담고 있다고 할 수 있다. 실제 현장(field)에서 고장제품을 수거하거나 A/S 센터에 수집된 데이터를 이용하여 고장의 원인을 분석하고 고장의 정의를 명확히 하여 재현성 시험을 통해 신뢰성 목표설정단계와 설계단계로 반드시 피드백되어야 한다. 고장제품 수거시에는 기간별, 지역별 등으로 구분하여 실시하고 고객과의 면접이나 설문을 통해 소비자의 사용습관 등을 파악하여 정보화하고 소비자 인식사항과 함께 이력관리를 실시하면 보다 효과적이다. 또한 수거된 고장제품을 형태별로 분류하고, 고장에 대한 FMEA/FTA를 실시하고 고장원인을 특성치 변화, 열화성, 마모성 등으로 분류하여 고장원인을 추정하여야 한다.

A/S 센터에 수집된 고장데이터는 고장내용별, 고장원인별 등으로 분석하여 각종의 신뢰성 지표를 산출하고 고장형태와 적절한 모델을 도출하여 신뢰성 시험이 실시될 수 있도록 관리되어야 한다.

신뢰성 생산/판매에 있어서 신뢰성정보는 설비정보, 작업자정보, 부품정보, 제품정보, 현장 생산 정보, 현장품질정보, 사용정보, 고객요구, 제품 클레임 정보 등이 필요하다. 이들 정보의 흐름과 내용은 <그림 6>과 같이 표현할 수 있다.



< 그림 6 > 생산/판매단계에서 정보의 흐름

3.3 신뢰성 정보시스템의 정보 연관

앞에서 전개된 신뢰성 활동 단계별 정보발생과 필요한 정보들의 연관관계를 살펴보면 <표 2>와 같다. <표 2>를 살펴보면 신뢰성 활동에 있어서의 정보들 중에서 고장과 관련된 정보, 사용/환경 조건과 관련된 정보, 품질요소 등이 다른 정보들에 비하여 신뢰성관리의 각 활동에서 중요한 정보로 활용되고 있다.

4. 신뢰성 정보의 모델링

4.1 IDEF₁ 모델

IDEF(ICAM DEFinition) 방법론은 미공군의 CIM구축을 위해 제안된 ICAM (Integrated Computer Aided Manufacturing) 프로그램에서, 시스템 구조화 분석 및 디자인기술방법론으로 개발된 일련의 모델링 기법이다. 그 중 IDEF₁ 모델은 제조시스템이나 제조 환경에서의 정보(Information)에 대한 모델링 방법론이다.

IDEF₁은 구축하려는 정보시스템의 분석 및 시스템 내에서의 의사소통이 효율적으로 수행될 수 있는 메카니즘을 구성하는데 그 목적이 있다. 또한 IDEF₁ 모델을 이용하여 정보의 흐름, 연관관계 뿐만 아니라 조직 또는 시스템 내에 어떤 정보가 존재하는지 혹은 어떤 정보를 관리해야하는지를 규명하는데 도움이 된다는 장점이 있다 [Mayer, 1994].

IDEF₁은 그래픽 심볼을 이용하여 정보의 실체(entity)와 흐름을 표현하는데 다음과 같이 5단계에 걸쳐 수행하게 된다.

< 표 2 > 신뢰성 활동과 정보사이의 연관관계

구 분 추진항목 정보	기획		설계			시험			생산		판매	
	목 표 설 정	설 계 정보 수 집	기 분 설 계	상 세 설 계	신뢰 성평 가	신뢰 성시 험 회	신뢰 성시 험	시험 해석 / 평가	생 산 준 비	생 산	관 매	실 사 용
제품 정보	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
사용/환경 정보	●			●	●	●		●			●	●
요구품질 정보	●		●	●	●		●					
신뢰성 지표 정보	●			●	●	●		●				
타사의 신뢰성 정보	●				●	●						●
시장요구 신뢰성 정보	●		●		●		●					
고장의 정의	●			●		●	●			●		
고장모드 정보	●			●	●	●		●		●		
고장메카니즘 정보				●	●		●	●		●		
외주회사 정보		●							●	●		
부품 정보		●	●	●		●			●	●		
기술/개발 정보		●										
유사제품 정보	●	●			●	●						
공정 List 정보		●							●	●		
사내부품 정보		●		●								
FMEA					●		●		●			
FTA					●		●		●			
인간공학 정보				●	●							
신뢰성블록도			●	●	●							
임무명세서 정보		●		●	●		●					
시험설비정보(계측기 포함)						●						
시험방법, 조건, 항목						●						
시험데이터					●			●				
과기 시험 이력 정보	●			●	●	●						
시료 이력 정보						●	●					
신뢰성 상태	●			●	●	●		●		●		
고장의 상태와 정리	●				●	●	●	●		●		
고장분석과 사후조치	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Field 고장·불량 이력정보	●			●	●	●		●				
시험 결과 보고서	●	●	●	●	●	●		●		●		
과거 신뢰성 정보	●			●	●							
현장 생산 정보										●		
현장 품질 정보										●		
작업자 정보										●		
설비 정보										●		
현장 불량 정보										●		
A/S 정보	●							●				●
고장제품 정보	●				●	●	●					
클레임 정보	●							●				●

단계 1 : Context Setting

: 해당 정보시스템의 모델의 범위와 목표가 정의되어야 한다. 이 단계를 수행한 결과로서 정보원(source of material)과 정보데이터의 목록(source data list)이 작성되어진다.

단계 2 : Entity Class Definition

: 단계 1에서 파악된 데이터들을 그 내용과 용도에 따라 분류하여 실제들의 집합인 실체클래스(entity class)를 구성하게 된다. 실체는 모델에서 객체(object)로 취급되므로, 이들에 대한 정의와 의미를 명시함으로써 모델의 기초가 구성되게 된다.

단계 3 : Relational Class Definition

: 단계 2에서 정의된 실체들 사이의 관계를 정의하는 단계이다. 우선 관계 매트릭스(relationship matrix)를 작성하여 실체들 사이의 관계의 유무를 파악하여야 한다. 그리고 관계가 있음이 파악된 실체들 사이에는 구체적으로 어떠한 관계가 있는지를 명문화한다.

단계 4 : Key Attribute Class Definition

: 실체클래스에 대한 키클래스(key class)를 파악하고, 키클래스에서 사용되는 각각의 속성 클래스(attribute class)를 정의한다.

단계 5 : Non-Key Attribute Class Definition

: 어떠한 비키속성클래스(non-key attribute class)를 실체클래스와 연결시킬 것인가를 결정한다.

4.2 정보원과 정보데이터 작성

성공적인 제품개발을 위한 신뢰성 정보관리에 필요한 정보는 제품의 개발, 시험, 생산, 판매의 단계에서 발생된다. 그리고 GIDEP(Government-Industry Data Exchange Program), MIL-HDBK-217, Non-Electronic Part Reliability Data, Milssile Material Reliability Production Handbook-Parts Count Prediction, RADC(Rome Air Development Center), BELL CORE 등은 중요한 신뢰성 데이터원으로 매우 가치 있는 정보들을 얻을 수 있다[Kececioglu, 1993]. 그밖에 사내의 신뢰성 분석 보고서, 고장 분석 보고서, 고장코드집, FMEA, FTA, A/S데이터 등에서도 정보를 수집할 수 있다. 이렇게 수집된 원시상태의 정보들을 정보원(Source Material)이라 한다. 이러한 정보원으로부터 직접적으로 관리할 자료를 정보데이터(Source Data)라 하고, IDEF₁을 이용한 신뢰성 정보 모델링을 위해서는 우선적으로 파악해야 하는 정보리스트이다. 3장에서 논하여진 신뢰성 활동에서 발생하는 데이터와 각 종의 정보원을 바탕으로 정보데이터들을 정리하면 <표 3>과 같다. <표 3>에 정리된 정보는 IDEF₁의 전개 단계에서 제 1단계를 수행한 것에 해당된다.

< 표 3 > 정보 데이터 리스트

NO.	Source Data List	NO.	Source Data List	NO.	Source Data List
SD#01	제품code	SD#23	외주회사 code	SD#45	시험 No.
SD#02	제품명	SD#24	회사명	SD#46	시험일자
SD#03	제품단위	SD#25	회사내역(주소)	SD#47	고장발생시간
SD#04	제품특성	SD#26	신뢰성관리내역	SD#48	고장발생 Item
SD#05	부품code	SD#27	고장모드 code	SD#49	고장발생 조건
SD#06	부품명	SD#28	설비 code	SD#50	고장발생 내용
SD#07	부품신뢰성지표	SD#29	현장생산	SD#51	분석 No.
SD#08	고장 code	SD#30	생산수량	SD#52	분석 방법
SD#09	고장 증도	SD#31	불량내역	SD#53	분석결과내용
SD#10	고장 등급	SD#32	고장률	SD#54	A/S No.
SD#11	고장 지명도	SD#33	고장영향	SD#55	A/S code
SD#12	품질 code	SD#34	고장원인	SD#56	사용 시간
SD#13	요구기능	SD#35	고장대책방안	SD#57	발생제품
SD#14	고객요구사항	SD#36	시험상비	SD#58	FMEA No.
SD#15	타사제품code	SD#37	시험상비명	SD#59	FTA No.
SD#16	사용환경 code	SD#38	시험상비특성	SD#60	인간기능명
SD#17	환경영향도	SD#39	시험방법	SD#61	인간기능구분
SD#18	명세서 No.	SD#40	시험시료수	SD#62	작업자 code
SD#19	입부시간	SD#41	시험시간	SD#63	공정 code
SD#20	서비스스텝 code	SD#42	실개 code	SD#64	불량수량
SD#21	서비스필요부품수	SD#43	실개 내역	SD#65	생산시간
SD#22	목표 신뢰성	SD#44	실개도면 No.	SD#66	실개변경이력

4.3 IDEF₁을 이용한 신뢰성 정보의 모델링

IDEF의 실체(entity)는 물리적·개념적 객체(즉 사람, 장소, 물건, 아이디어)를 그 대상으로 하여 특정 조직에서 관리되는 정보를 말하며, IDEF₁에서 실체의 집합, 혹은 현실세계의 객체에 관하여 관리되는 정보군을 실체클래스로 불린다. <표 3>에 나열된 정보데이터로부터 하나의 정보군을 형성하는 실체클래스(entity class)를 정의해야 한다. 이들 실체클래스는 그 자체가 하나의 정보군을 형성하게 된다. 즉, 신뢰성 정보 시스템 구축시 데이터베이스의 하나의 테이블로서 <표 3>의 정보데이터로부터 만들어진다. 그리고 이러한 실체의 이름은 그 실체를 잘 나타낼 수 있는 의미를 지닌 단어로 표현된다. 신뢰성 정보 모델링의 실체클래스는 <표 4>와 같다.

그리고 <표 4>와 같이 실체클래스가 구성된 후, 실체클래스들 사이의 연관관계를 표시하는 관계클래스(relation class)를 정의한다. IDEF₁ 관계 클래스(relation class)는 정보 시스템에 의해 관리되는 현실적 객체 사이의 의미있는 관계를 표현하는 것으로 관계 클래스는 관계 클래스 이름의 표제를 단 두 개의 실체 클래스 사이의 연계에 의

해 표시된다. 각 실체 클래스가 다른 실체 클래스의 한 성원과 연관될 수 있는 성원 수를 구체화하는 중요정보를 가지고 관계 클래스가 코드화된다.

< 표 4 > 실체클래스

Entity Class			Entity Class			Entity Class		
NO.	NAME	발생S.D	NO.	NAME	발생S.D	NO.	NAME	발생S.D
E#01	고장등급	SD#10	E#10	신뢰성블럭도	SD#20	E#19	A/S	SD#54
E#02	고장정의	SD#08	E#11	시장요구	SD#14	E#20	FMEA	SD#58
E#03	사용환경	SD#16	E#12	타사제품	SD#15	E#21	FTA	SD#59
E#04	임무명세서	SD#18	E#13	인간기능구분	SD#60	E#22	설비	SD#28
E#05	제품	SD#01	E#14	설계	SD#42	E#23	공정	SD#63
E#06	품질요구	SD#12	E#15	시험장비	SD#36	E#24	작업자	SD#62
E#07	부품정보	SD#05	E#16	시험방법	SD#39	E#25	현장생산	SD#29
E#08	외주회사	SD#23	E#17	신뢰성시험	SD#45			
E#09	고장모드	SD#27	E#18	데이터분석	SD#51			

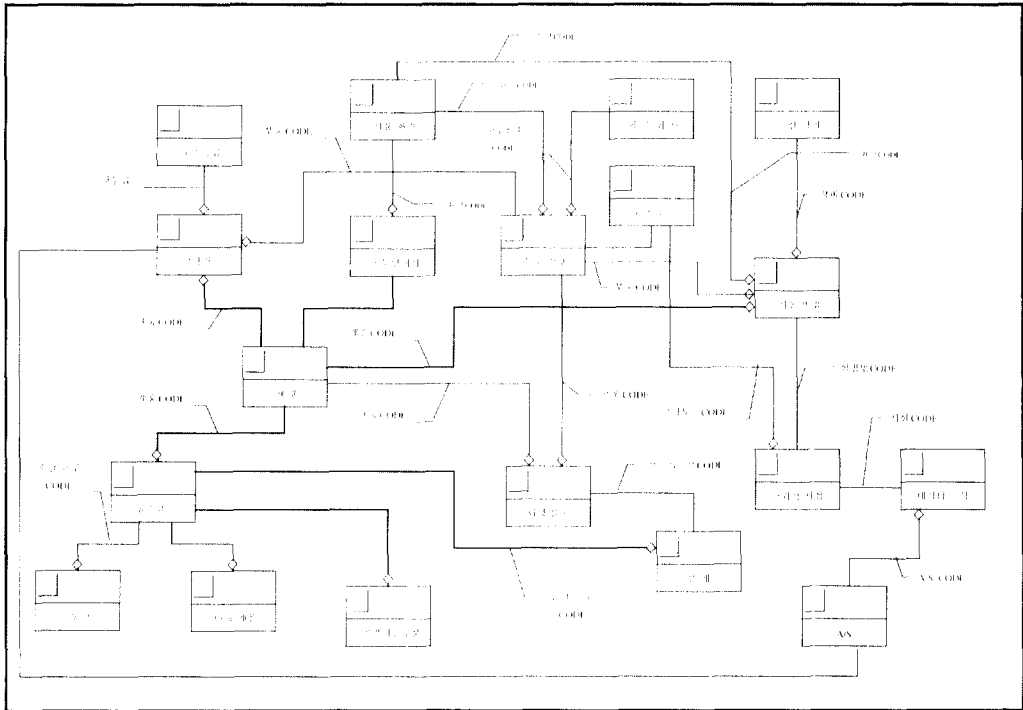
또한 속성 키(attribute key)는 실체와 실체사이의 신뢰성 정보 흐름에 있어서 관련된 정보를 대표할 수 있는 정보데이터로서, 이들 속성 키를 그룹화한 것이 속성클래스(attribute class)이다. 그리고 실체클래스의 한 성원을 다른 것과 구분하기 위해 그룹으로 사용되는 하나의 속성클래스를 '핵심클래스(key class)'라 한다. 이러한 속성클래스(attribute class)와 키클래스(key class)들을 정의함으로써 IDEF₁을 이용하여 모델링할 수 있다. 이와 같은 일련의 정의와 관계를 규명함으로써 신뢰성 정보 모델링을 할 수 있다. <그림 7>은 모델링된 IDEF₁ 다이어그램을 나타낸 것이고, 이들 실체클래스들이 지니는 내용들은 <표 5>와 같다.

본 연구에서는 <그림 7>과 같이 IDEF₁ 모델을 사용하여 신뢰성 정보 모델링을 했지만 IDEF₁은 정보 모델링을 위한 한 가지 방법론이기 때문에 신뢰성 정보 시스템 구축시에는 IDEF₁ 이외의 방법으로도 모델링은 가능하다.

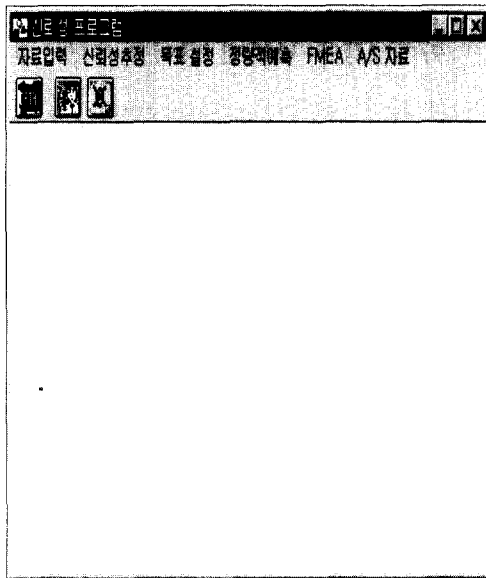
<그림 8>과 <그림 9>는 현재 개발된 신뢰성 정보관리와 A/S관리 프로그램의 일부를 나타내고 있다. 이 프로그램의 기능들은 크게 다음과 구성되어 있다.

- 1) 자료 관리 기능
- 2) 신뢰성 추정 기능
- 3) 신뢰성 목표설정 기능
- 4) FMEA 작성 기능
- 5) A/S 데이터 분석 및 관리 기능

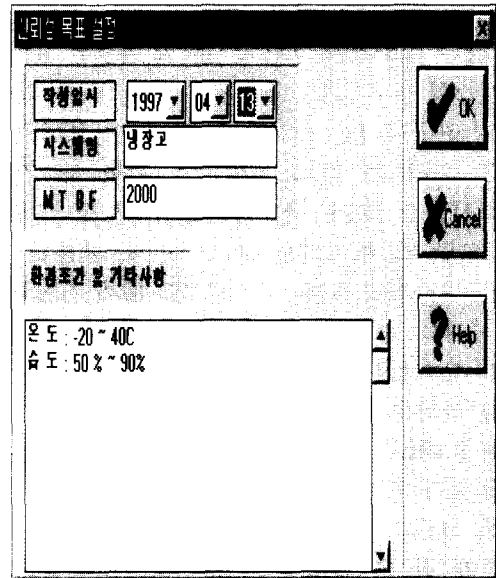
본 프로그램에서는 데이터의 처리/분석 뿐만 아니라 각 정보에 대한 이력관리를 정확하게 할 수 있도록 계속적으로 보완하고 있다.



< 그림 7 > 신뢰성 정보시스템의 IDEF1 다이어그램



< 그림 8 > 미트비 프로그램의 주요기능



< 그림 9 > 목표설정 입력화면

< 표 5 > 실제클래스의 내용

Entity Class	Key Data	Non Key Data	Entity Class	Key Data	Non Key Data
고장등급	고장등급 code	지명도	설계	설계 No. 설계 Item	설계변경이력 설계도 No. 제품 code
고장정의	고장 code 제품 code	고장등급 고장규격	시험장비	장비 code 장비명	적용대상
사용환경	사용환경 code	사용환경영향	시험방법	시험방법 code	시험장비 code 사용환경 code 부품 code 제품 code
임무명세	명세 No. 제품 code	사용시간 사용환경 code	신뢰성시험	시험 No.	시험방법 code 고장모드 발생시간
제품	제품 code	제품명 제품단위 목표신뢰성	데이터분석	분석 No. 시험 No.	분석내용
품질요구	품질 code 제품 code	품질요구내용	A/S	A/S No.	제품 code 고장 code 고장모드
부품정보	부품 code 신뢰도	부품명 사용환경 code 외주회사 code 부품단위	FMEA	고장모드 서비스시스템 code 제품 code	고장영향
외주회사	회사 code	회사명	FTA	고장모드 서비스시스템 code 제품 code	
고장모드	고장모드 code	고장모드 영향	설비	설비code 공정 code	설비명
신뢰성블럭도	서비스시스템 code 제품 code	부품 code	공정	공정 code	제품 code 부품 code 설비 code 공정 code
시장요구	품질 code	제품 code 요구내용	작업자	작업자 code 공정 code	작업자명
타사제품	타사제품 code	품질 code 제품 code	현장생산	시간간격 제품 code 부품 code 공정 code	생산수량 설비 code 작업자 code
인간기능구분	인간기능 code	기능명			

5. 결론

제품의 신뢰성을 향상시키기 위한 신뢰성 활동과 신뢰성 평가 기준의 설정 및 개정 등의 활동에서 발생하는 정보의 축적과 효율적 관리는 고신뢰성을 확보할 수 있는 기

반이 된다. 신뢰성 정보시스템의 효율적 설계를 위한 선행조건으로서 정보의 입·출력부분의 설계는 매우 중요하다고 할 수 있다. 본 연구에서는 신뢰성 정보시스템이 갖추어야 할 정보를 체계적으로 정리한 후, IDEF₁을 통하여 이러한 정보를 모델링하였다. 구축된 모델을 바탕으로 하여 각종 신뢰성 관리와 A/S 데이터의 분석 및 관리를 주요 기능으로 하는 신뢰성 정보시스템을 개발 중에 있으며, 신뢰성 정보시스템을 운영함으로써는 다음과 같은 효과를 기대 할 수 있다.

- 데이터베이스를 통한 신뢰성 자료의 축적
- 합리적인 품질보증체제 확립
- 제품설계와 시험기간의 단축
- QS 9000 인증에 대비한 기틀 마련
- 제품에 대한 신뢰성 보증

그러므로 신뢰성 정보시스템의 구축은 기획, 설계, 시험, 판매, 그리고 A/S 등에서 발생하는 자료·정보의 축적으로 소비자에게 제품에 대한 품질보증을 확실하게 할뿐만 아니라 축적된 정보들을 새로운 제품개발에 활용함으로써 제품의 개발주기의 감소와 제품의 신뢰성 향상에 기여하고 고장발생 감소에 따른 원가절감을 가져올 수 있다. 또한 신뢰성 정보시스템에서 관리되어야 할 정보들은 시스템의 개발설계 단계에서부터 운용 및 폐기에 이르기까지 전 라이프 사이클에서 발생되기 때문에 신뢰성 정보시스템에서 관리되어야 할 정보들은 사내의 각종 다른 정보시스템과의 연관성을 고려해야 할 것이다.

참고문헌

- [1] 송채원, "신뢰성 테스트와 신뢰성 데이터 관리," 제5회 신뢰성·보전성 심포지엄, 한국신뢰성연구회, 1995.
- [2] 이상용(1992), 「신뢰성 공학」 형설출판사.
- [3] Cannon, A.G. and Bendell, A.(1991), *Reliability Data Banks*, Elsevier Applied Science, New York.
- [4] Flamm, J. and Luisi, T.(1992), *Reliability Data Collection and analysis*, Kluwer Academic, Dordrecht.
- [5] Fuqua, N.B.(1987), *Reliability Engineering for Electronic Design*, Marcel Dekker, Inc., New York.
- [6] Jensen, F.(1995), *Electronic Component Reliability*, John Wiley & Sons, Inc., New York.
- [7] Moltoft, J.(1994), "Reliability Engineering Based on Field Information-the Way Ahead," *Quality and Reliability Engineering International*, Vol. 10, No.5, pp. 399-409.

- [8] Kececioglu, D.(1993), *Reliability and Life Testing Handbook*, Prentice-Hall, New Jersey.
- [9] Lawless, J.F.(1982), *Statistical Models and Methods for Lifetime Datum*, John Wiley & Sons, Inc., New York.
- [10] Mayer, R.J.(1994), *IDEF₁ Information Modeling*, Knowledge Based System Inc.
- [11] Mann, N.R., Schafer, R.S. and Singpurwalla, N.S.(1974), *Methods for Statistical Analysis of Reliability and Life Data*, John Wiley & Sons Inc., New York.
- [12] Pecht, M.(1991), *Handbook of Electronic Package Design*, Marcel Dekker Inc., New York.
- [13] Priest, J.W.(1988), *Engineering Design for Producibility and Reliability*, Marcel Dekker Inc., New York.
- [14] Society of Automotive Engineers, Inc.(1993), *Reliability and Maintainability Guideline for Manufacturing Machinery and Equipment*, National Center for Manufacturing Sciences, Inc., Ann Arbor.
- [15] Wingender, H.J.(1986), *Reliability Data Collection and Use in Risk and Availability Assessment*, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg.
- [16] US DOD, Military Handbook 338, *Electronic Reliability Design Handbook*, 1984.