

## ■ 연구보고

신뢰성 관리 전문가 시스템<sup>†</sup>

金成寅 · 張洪碩

고려대학교 공과대학 산업공학과

## An Expert System for Reliability Management

Seong-in Kim · Hong S. Chang

Dept. of Industrial Engineering, Korea University

## Abstract

This paper concerns an expert system for reliability management. The system includes data base, life data analysis, life testing sampling plans and system operation. *PROLOG* is used as a language with *dBASE III+* for the data base management system and *C* for calculations and graphics. This system analyzing the data and selecting an appropriate sampling plan can be implemented on an IBM PC 386 or a higher level machine.

## 1. 서론

과거부터 특히 항공산업, 군수산업, 우주산업 등의 분야에서는 다른 어떤 품질 요인보다도 신뢰성이 최우선으로 인식되어 왔다. 이외의 분야에서도 제품이 다기능화, 고기능화 되면서 그 구조가 복잡하여짐에 따라, 구성 부품을 포함한 제품 전체의 품질 보증과 수명 등 제품의 신뢰성이 큰 비중을 차지하고 있다.

신뢰성 높은 제품을 개발하고 생산하기 위하여는 고품질의 원자재 또는 부품을 조달하고, 이들의 신뢰성을 설계, 예측, 시험하며, 이에 대한 고장 정보를 수집, 해석하는 등 여러 업무가 체계적으로 이루어져야 한다. 이러한 신뢰성 관리를 위하여 많은 방법들이 개발

<sup>†</sup> 이 연구는 국방과학연구소의 기초연구 지원에 의하여 수행되었음.

되어 있다. 특히 수명 데이터 분석 및 신뢰성 샘플링 검사는 목적, 개념, 현장의 상황에 따라 다양한 분석 기법과 검사 방식이 개발되어 있고, 각각 현장에서의 적용성, 효과, 비용이 다르다. 따라서 각 분석 기법과 검사 방식의 특성과 효과를 파악하여 적절한 기법과 방식을 선택하여야 불필요한 품질 비용의 지출을 막고 기대하는 효과를 얻을 수 있다.

그러나 많은 현장에서 분석 기법과 검사 방식에 대한 전문 지식의 부족으로 인하여 이를 효율적으로 이용하고 있지 못한 실정이다. 이해 부족으로 인하여 어떠한 형태이든 분석과 검사만 적용하면 되는 것으로 알고도 있어 이러한 기법과 방식이 오용되고 있는 형편이다. 더 나아가서 데이터 처리 방법의 미숙은 물론, 분석에 필요한 데이터도 축적되어 있지 못한 곳이 많다.

이러한 전문가의 부족을 극복하고 효율적인 신뢰성 관리를 위한 방법으로 이 논문에서는 인공지능의 한 분야인 전문가 시스템을 구축한다. 전문가 시스템은 전문가의 지식, 문헌의 내용, 현장의 경험을 지식 베이스로 구축하고 이를 사용하는 방법을 컴퓨터 프로그램화하여, 모든 현장이 이러한 전문가를 보유하고 있는 것과 같은 효과를 갖게 하는 것이다. 제2절에서는 지식 베이스의 내용과 구축 방법을 설명하고, 제3절에서는 시스템의 내용과 구축 방법을 설명한다.

## 2. 지식 베이스

신뢰성 관리는 제품의 설계 단계에서 고신뢰도의 제품을 설계하는 활동과 제품의 생산 단계에서 고신뢰도를 보증하는 활동으로 구분될 수 있다. 본 전문가 시스템의 지식 베이스(knowledge base)는 주로 後者を 다루나, 이 지식은 前者에 대한 기초가 되거나 정보를 제공한다.

지식 베이스는 크게 현장과 무관한 일반적인 지식(problem independent knowledge)과 현장에 고유한 특수한 지식(problem dependent knowledge)으로 구분된다. 이 논문에서는 모든 현장의 신뢰성 관리에 두루 적용될 수 있는 前者의 지식만을 기술한다. 따라서 지식의 내용은 일반 문헌에서 찾아 볼 수 있는 신뢰성 관리에 대한 일반론이다[Burr, 1976], [Nelson, 1982], [Schilling, 1982]. 後者の 지식은 현장별로 모듈화되어 본 전문가 시스템에 끼울 수 있다.

### 1) 수명 데이터의 분석

본 전문가 시스템의 지식 베이스는 수집된 수명 데이터를 분석하는 지식과 적합한 신뢰성 샘플링 검사 방식을 선정하는 지식으로 구성된다. 분석의 대상이 되는 수명 데이터는 수집되는 방법과 특성에 따라 다음과 같이 분류된다. 그러나 데이터는 어느 하나로 분류되지 않고 중복될 수 있다.

- 완전(complete) 데이터 - 대상인 제품이나 부품이 모두 고장날 때까지 관측하는 데이터.
- 정시(time)/정수(failure) 중단(censored) 데이터 - 미리 정한 시점까지 관측하는 정

시 중단 데이터와 미리 정한 고장 갯수까지 관측한 정수 중단 데이터.

- 단일(single)/복합(multiply) 중단 데이터 - 관측 중단 시점이 대상에 따라 동일한 단일 중단 데이터와 서로 다른 복합 중단 데이터.
- 고장 원인별(failure mode) 데이터 - 고장 원인이 서로 다른 경우의 데이터.
- 양분(quantal-response) 데이터 - 고장 시간을 관측하지 않고, 주어진 시점 이전 또는 이후인지를 관측하는 데이터.
- 구간(interval) 데이터 - 주어진 구간내의 고장 여부를 관측하는 데이터.

이 데이터로부터 수명의 분포는 다음과 같은 분포 중의 하나로 분류(fitting)된다 [Leemis, 1986].

- 지수분포
- 정규분포
- 로그정규(lognormal)분포
- 와이블(Weibell)분포
- 극한치(extreme value)분포.

분포를 선정하는 통계적 방법은 다음과 같다.

- $\chi^2$  적합도 검정
- Kolmogorov Smirnov 검정
- Bartlett 검정
- 각종 확률지의 사용.

분포가 선정되고 나면 신뢰도에 대한 다음과 같은 척도들이 추정된다[Borland, 1986], [Elperin and Gertsbakh, 1988], [Shamnugam and Richards, 1989].

- 분포의 모수(parameters)
- 평균 수명
- 고장율(hazard rate)
- 신뢰 수명.

이 시스템은 또한 가속 수명 데이터도 처리하며, 이와 관련된 모델은 다음과 같다[Bai, Kim and Lee, 1989].

- Arrhenius 모델
- Inverse Power 모델.

## 2) 검사 방식의 선정

신뢰성 샘플링 검사는 추출된 샘플의 수명 데이터로부터 로트의 합격 불합격을 판정하는 절차이다. 이 전문가 시스템에서는 <표 1>과 같은 검사 방식을 포함한다.

<표 1>에는 이들 샘플링 검사 방식이 수명분포, 검사 기준, 데이터 수집 방법에 의하여 분류되어 있다. 이 검사 방식 중의 선정은 분류 방법과 같이 검사의 목적, 개념, 현장의 상황 등을 고려하여 이루어진다. <그림 1>에 수명이 지수 분포를 하는 경우, 샘플링 검사 방식의 선정이 의사결정격자(decision lattice)로 표시되어 있다.

〈 표 1 〉 신뢰성 샘플링 검사 규격의 분류

규격	수명 분포	설계 검사 기준			데이터 수집 방법		
		평균수명	고장율	신뢰수명	정시중단	정수중단	축차중단
H108	지수분포	✓	✓		✓	✓	✓
MIL-STD-781D	지수분포	✓			✓		✓
MIL-HDBK-781	지수분포	✓			✓		✓
TR-3	외이블분포	✓			✓		
TR-4	외이블분포		✓		✓		
TR-6	외이블분포			✓	✓		
TR-7	외이블분포		✓	✓	✓		
규준형	정규분포	✓	✓		✓		

보다 복잡한 경우에는 각 검사 방식에 주어진 상황에 따라 적합도 계수가 주어진다. 이를 사용하여 적절한 검사 방식을 선정하는 방법은 기존 연구인 검사운영 전문가 시스템 [Kim et al., 1993]에서와 같다. 이러한 분류 방법, 의사결정격자, 적합도 계수 및 적용 방법 등의 내용이 전문가 시스템의 지식이 된다.

### 3) 지식의 표현

통계적 방법에 따라 데이터를 분석하거나 주어진 조건에 따라 샘플링 검사 방식을 선정하는 지식을 표현하는 방법은 규칙(rule), 프레임(frame), 의미네트워크(semantic network) 등이 있다. 본 연구에서는 내용간에 관계를 필요로 하는 지식은 거의 없으므로 If-Then 형식의 규칙을 사용한다. 또한 규칙은 업체, 부품, 검사항목별 데이터 등의 유사 지식을 쉽게 수정할 수 있다.

## 3. 시스템의 구성

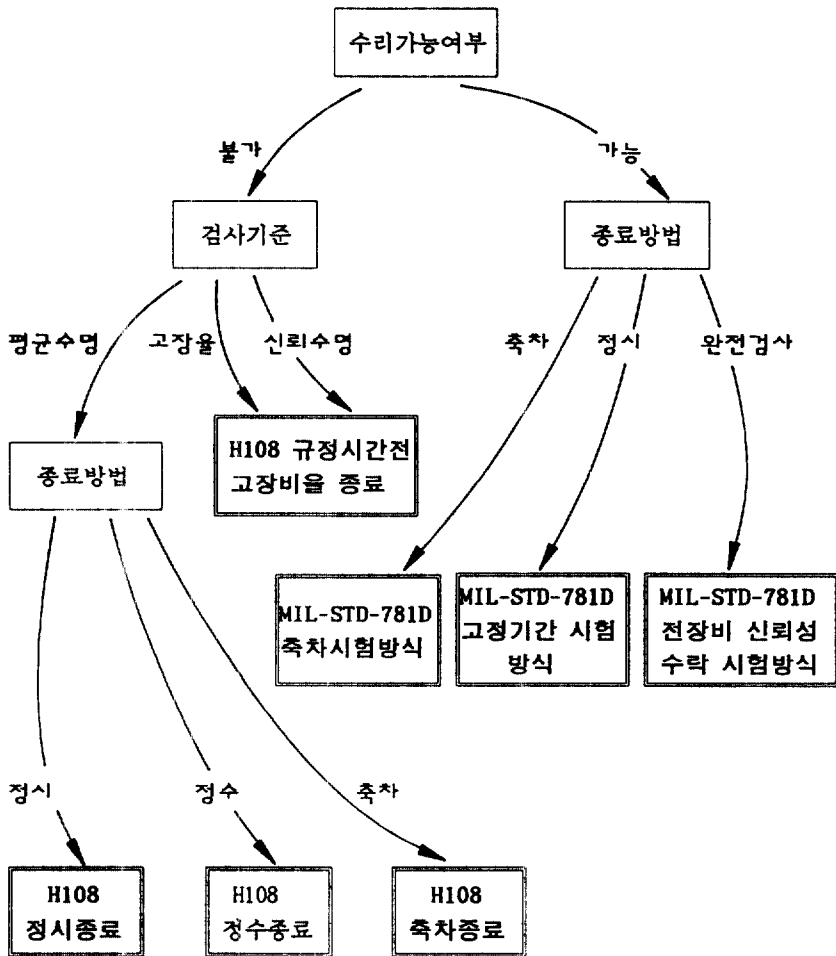
### 1) 하드웨어

이 전문가 시스템이 운영될 수 있는 하드웨어의 구성은 다음과 같다.

- 기종: IBM PC 386 이상
- 주 기억 용량: 640K byte 이상
- 운영 체제: 한글 DOS 버전 3.0 이상
- 한글 코드 체계: 조합형 한글
- 디스켓 드라이브: 5.25 또는 3.5 인치
- 하드 디스크: 30M byte 이상.

### 2) 개발 도구

전문가 시스템 개발을 위한 셸(shell)은 한글 표현, 융통성의 부족 등으로 사용하지 않



< 그림 1 > 샘플링 방법의 선정.

는다. 인공지능의 언어인 PROLOG[Borland, 1986]를 직접 사용하여 프로그램한다. 수명 데이터 분석시 수학적 모델의 해를 구하는 모듈, 그래픽 기능은 C 언어를 사용하여 개발한다. 화면 구성과 사용자 선택 메뉴 작성은 Turbo PROLOG에서 제공하는 도구 [Borland, 1987]를 사용한다. 한편 데이터 베이스 관리는 dBASE III+[다우데이타시스템, 1988]를 사용한다.

### 3) 소프트웨어

본 시스템의 소프트웨어는 다음과 같은 5개의 주 메뉴와 그에 따른 몇 개의 부 메뉴로 구성된다.

코드 열람. 데이터 베이스에 이미 등록된 업체 코드와 부품 코드를 열람한다.

추가. 새롭게 신뢰성 관리를 하고자 하는 관리 항목을 데이터 베이스에 추가시킨다.

삭제. 더 이상 관리할 필요가 없는 관리 항목을 데이터 베이스에서 삭제한다.

열람 및 수정. 기존 관리 항목을 열람하거나 해당 수명 데이터를 수정한다.

수명 데이터 분석 - 기존 데이터 정보. 데이터베이스에 저장된 기존 관리 항목의 수명 데이터 정보를 화면에 표시한다.

수명 데이터 분석 - 직접 분석. 화면에 나타나는 표를 이용하여 사용자가 직접 수명 데이터 분석 방법을 선택하여 분석한다.

수명 데이터 분석 - 간접 분석. 시스템과 사용자와의 대화를 통하여 수명 데이터를 분석한다.

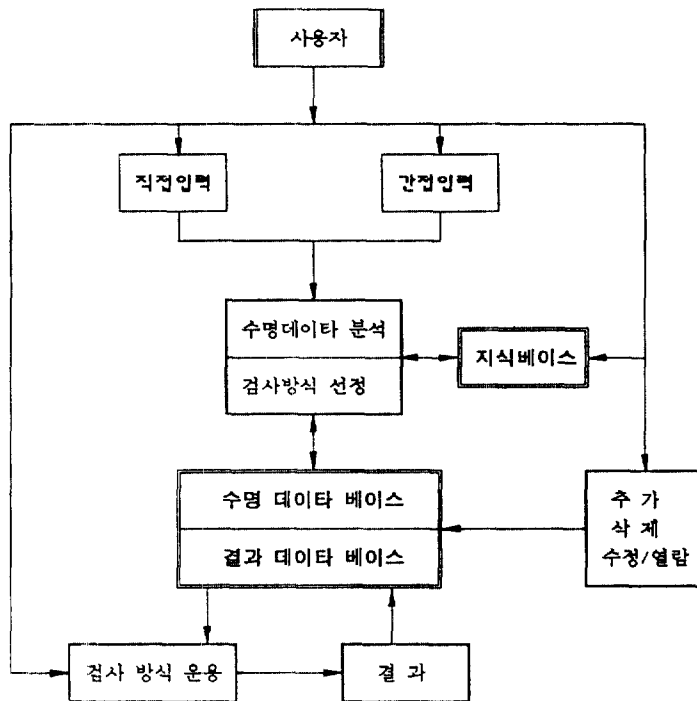
검사 방식 선정 - 기존 검사 방식. 데이터 베이스에 저장된 기존 관리 항목의 검사 방식 정보를 화면에 나타나는 표에 표시한다.

검사 방식 선정 - 직접 선정. 화면에 나타나는 표를 이용하여 사용자가 직접 검사 방식의 종류를 선택한다.

검사 방식 선정 - 간접 선정. 시스템과 사용자와의 대화를 통하여 검사 방식의 종류를 선택한다.

검사 방식 운영. 분석된 수명 데이터 정보와 선택된 검사 방식을 기초로 검사 방식을 운영하여 로트의 합격·불합격을 판정한다.

이들 메뉴를 사용자, 지식 베이스 및 데이터 베이스와 연관시키면 <그림 2>와 같은 관계를 갖는다.

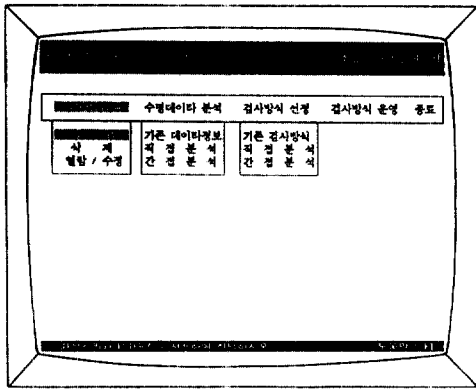


< 그림 2 > 소프트웨어의 구성.

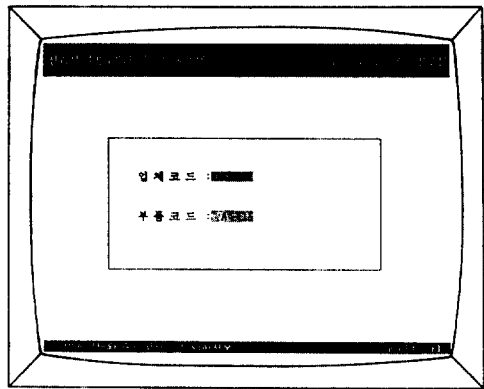
#### 4) 시스템의 운영

메뉴는 <그림 3>의 화면 1에서와 같이 구성된다. 데이터 베이스에의 업체, 부품, 데이터의 추가, 입력, 수정 및 삭제는 화면 2와 화면 3에 나타나 있다. 대화를 통한 상황의 입력 예는 화면 4와 같다. 모든 상황과 결과는 화면 5와 같은 종합표로 표시된다. 이 종합표에서 직접 선정할 수도 있다. 그밖에 확률지, OC 곡선 등은 화면 6과 화면 7에서와 같이 그래픽 기능을 통하여 제공된다. 화면 8은 샘플링 검사 결과의 합격·불합격을 알려 주고 있다.

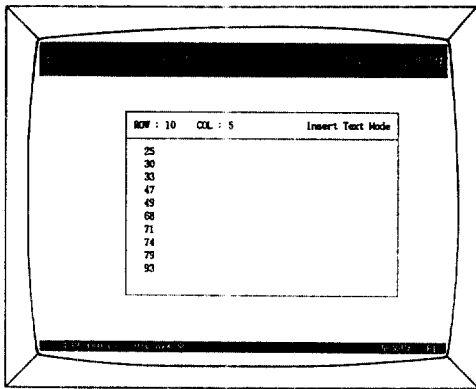
화면 1



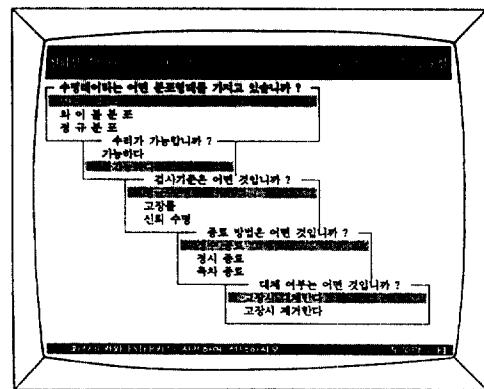
화면 2



화면 3

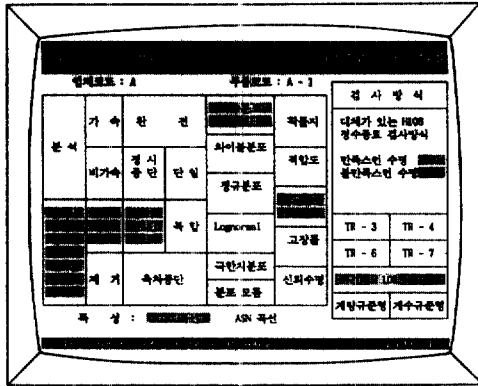


화면 4

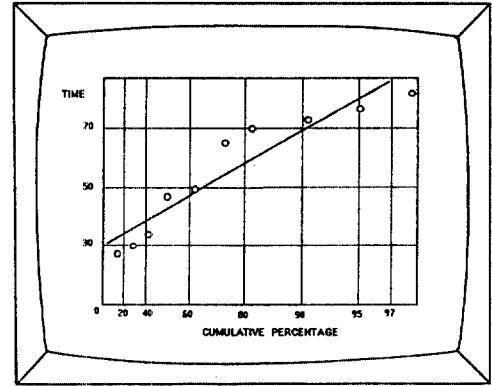


< 그림 3 > 각종 화면(계속).

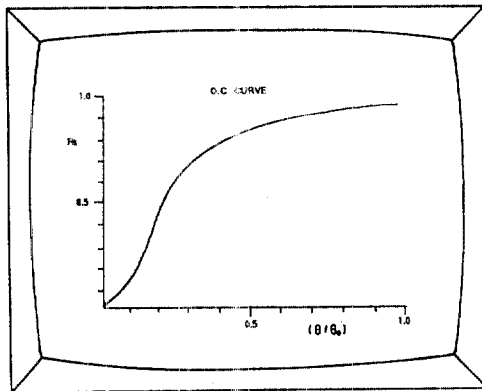
화면 5



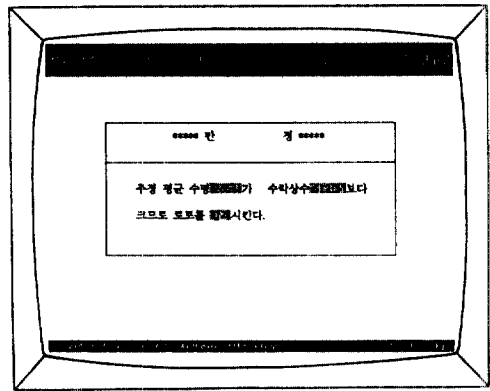
화면 6



화면 7



화면 8



< 그림 3 > 각종 화면.

### 4. 결론

본 연구실에서는 품질관리를 위한 전문가 시스템으로 검사 운영 전문가 시스템[Kim et al., 1993], 공정 관리 전문가 시스템[김성인, 신용석, 1993], 실험계획 전문가 시스템에 이어 이 전문가 시스템을 개발하였다. 앞으로 품질비용 전문가 시스템, 통계 전문가 시스템을 개발할 예정이다. 이들은 추후 통합되어 품질관리 전문가 시스템이 완성될 것이다.

이 전문가 시스템은 최근 많은 관심을 끌고 있는 컴퓨터 통합 생산(CIM: Computer Integrated Manufacturing)의 일부분으로 접목될 수 있다.



## 참고문헌

- [ 1 ] 김성인, 신용석 (1993), "통계적 공정관리를 위한 전문가 시스템," 「산업공학」, 제6권, 제1호.
- [ 2 ] 다우데이터시스템 (1988), 「한글 dBASE III PLUS」.
- [ 3 ] Bai, D. S., Kim, M. S., and Lee, S. H. (1989), "Optimal simple step-stress accelerated life tests with censoring," *IEEE Transactions on Reliability*. Vol. 38, No. 5.
- [ 4 ] Borland (1987), *Turbo Prolog Toolbox*, Borland International Inc., Scotts Valley, California.
- [ 5 ] Borland (1986), *Turbo Prolog: The natural language of artificial intelligence*, Borland International Inc., Scotts Valley, California.
- [ 6 ] Burr, I. W. (1976), *Statistical Quality Control Methods*, Marcel Decker, Inc., New York, N. Y.
- [ 7 ] Cleary, M. J. and Tickel, C. M. (1992), "The phases of data analysis," *Quality Progress*, Feb.
- [ 8 ] Elperin, T. and Gertsbakh, I. (1988), "Estimation in a random censoring model with incomplete information: Exponential lifetime distribution," *IEEE Transactions on Reliability*, Vol. 37, No. 2.
- [ 9 ] Kim, S. I., Lee, C. S., Yang, J. R., and Wang, H. C. (1993), "An expert system approach to administer acceptance control," *Industrial Engineering*. July.
- [ 10 ] Leemis, L. M. (1986), "Lifetime distribution identities," *IEEE Transactions on Reliability*, Vol. R-35, No. 2.
- [ 11 ] Nelson, W. (1982), *Applied Life Data Analysis*, John Wiley & Sons, Inc., New York, N. Y.
- [ 12 ] Schilling, E. G. (1982), *Acceptance Sampling Quality Control*, Marcel Dekker, Inc., New York, N. Y.
- [ 13 ] Shamnugam, R. and Richards, D. O. (1989), "On estimating the mean time to failure with unknown censoring," *IEEE Transactions on Reliability*. Vol. 38, No. 3.
- [ 14 ] Yin, X. K. and Sheng, B. Z. (1987), "Some aspects of accelerated life testing by progressive stress," *IEEE Transactions on Reliability*, Vol. 36, No. 1.