

PCS 교환기의 In-service 신뢰도 성장 분석

(Reliability Growth Analysis for In-service PCS Telecommunication System)

정 원* 장순태**
(Won Jung · Soon-Tae Chang)

Abstract New products often have in-service reliability problem despite an intensive development program. Therefore reliability data must be collected and analyzed, and improvements designed and implemented. A type of reliability incentive contract which has recently attracted a lot of attention is reliability improvement warranty(RIW). It has been employed by military, airlines, telecommunication systems, and public utilities. An RIW contract requires that the supplies carries out all repairs, modify the equipment to improve its reliability, and provides all spares needed, for a fixed period, for once-off fee. This paper presents the reliability growth analysis and management methods for in-service MC68 microprocessor, which is the main component of the base station controller in PCS(Personal Communication Service) telecommunication system. The methods will provide guidelines to monitor reliability program in planning RIW contract.

1. 서 론

최근 크게 관심을 보이고 있는 신뢰성 인센티브 계약의 형태는 신뢰성 향상 보증제도(RIW, Reliability Improvement Warranty)이다. 이는 미국방성 및 다른 민간 업체, 예를 들면 항공기, 통신시스템 회사에서도 채택하는 경향이 늘고 있다. RIW는 공급자가 보통 4년 정도의 일정한 기간동안 합의된 신뢰성 수준을 달성하고 모든 수리와 필요한 부품공급을 행하는 계약을 맺고 일시에 비용을 받는 것이다. 이 계약은 공급자와 고객 모두에게 장점이 있는데, 공급자 입장에서는 수리 발생 율을 최소화함으로써 이익의 극대화를 가져올 수 있고, 고객의 입장에서는 신뢰성 프로그램의 모니터링 및 유지보수작업과 관련된 관리를 하지 않아도 된다는 이점이 있다. 계약기간동안 공급자에게는 시스템의 신뢰성을 향상시키기 위해 설계변경을 포함하여 시스템을 수정할 권리가 주어져야한다. 또한 고객은 설계변경에 있어서 다른 시스템과의 상호호환성이나 성능에 영향을 미칠 수 있는 요소에 대하여 의견을 제시할 수 있어야 한다. RIW 계약은 가끔 MTBF 옵션을 포함하여

신뢰성 수준의 달성정도에 따라 인센티브를 지불하는 경우도 있다[8].

본 연구의 목표는 RIW와 관련하여 PCS 교환기에 사용되는 MC68 마이크로프로세서의 개발 및 In-service 동안의 신뢰도 성장관리를 체계화함으로써 RIW 계약 시 바른 신뢰성 목표를 설정하고, 계약기간 동안 신뢰성 수준의 모니터링 및 관리 방법을 제시하는데 있다. 신뢰도 성장관리는 일반적으로 제품의 개발단계에서 신뢰성 목표를 정하고 이를 달성하기 위한 제반 활동과 자원 즉, 예산, 인력, 시간, 동원 가능한 장비 등을 통합적이고 효율적으로 관리하는 프로그램이다. 그러나, 개발기간동안의 집중적인 신뢰도 성장관리 프로그램에도 불구하고 실제사용 환경과 시험환경과의 상이점을 완전히 극복할 수는 없기 때문에 신제품은 대부분 In-service에서의 신뢰성 문제를 포함하고 있다. 따라서 개발기간 동안의 신뢰도 성장관리의 원리가 In-service에서도 적용되며 이때의 신뢰도 성장은 사용기간동안에 발생하는 고장데이터의 분석 및 시험을 통하여 문제점의 보완과 부품 및 서브시스템수준의 설계변경에 의한 진화적 개발(Evolutionary development)로 성장을 이루어나간다.

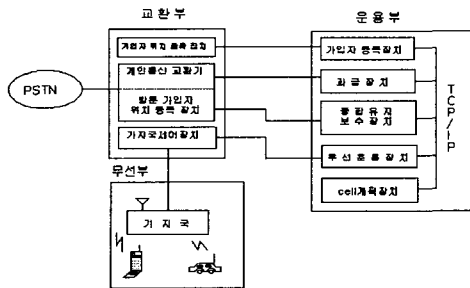
PCS 통신은 개인번호 부여와 이동성을 추구하는 시스템으로서 가입자 개인에게 부여된 고유번호를 사용하여 서비스 영역 내에서는 언제, 어디서, 누구와도 휴대 단말기를

* 대구대학교 자동차산업기계공학과
** 한국산업안전공단 교수

통하여 교신할 수 있도록 할 뿐 만 아니라, 다양한 정보제공 서비스를 할 수 있음은 물론 요금이 저렴하여 우리 나라에서도 97년부터 상용 서비스를 시작하였다. MC68 마이크로프로세서는 PCS 교환국내에서 음성데이터의 코딩과 디코딩, 반향제거, 그리고 핸드오프와 전력제어 기능을 담당하는 교환기의 주요 구성 품이다.

2. MC68 마이크로프로세서시스템의 구성

PCS 시스템의 구성은 <그림 1>에 나타난 것처럼 무선부, 교환부, 운용부로 구분된다. 무선부는 가입자 단말기의 이동성을 유지하기 위하여 Handoff 기능과 무선 자원 관리를 하며, 교환부는 CCS No.7

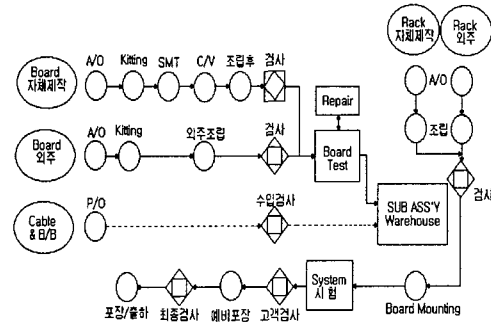


<그림 1> PCS 구성도

신호망을 경유하여 호 설정시 가입자의 위치 및 인증정보를 착신지 교환기까지 연결시켜 주고, 운용부는 개인 통신 시스템의 모든 장치를 통합 운영함은 물론 유지보수에 관한 기능을 담당한다. 교환부는 크게 개인 통신교환기, 가입자 위치등록장치, 그리고 기지국 제어장치로 되어 있는데, 본 연구의 대상이 되는 MC68 마이크로프로세서는 기지국 제어장치의 구성품이다. MC68 마이크로프로세서는 MC68030과 1627F6K DSP를 사용한 PBA로서 MSIC Rack에 포함(통합형)되거나, 독립적인 Rack에 존재하여(분리 집중형) 음성 데이터의 코딩과 디코딩, 반향제거, 핸드오프와 전력제어를 담당한다. 주요 특징을 요약하면 첫째, 50MHz의 출력을 갖는 MC68030 CPU와 최대 512Kbyte를 갖는 EPROM, 최대 256Kbyte의 SRAM, 4Mbyte의 SRAM 모듈, 그리고 Interrupt handling을 갖는 Microprocessor이며, 둘째, 데이터 교환을 위하여 Packet BUS를 사용하고, 세 째로는 13K QCELP의 코딩과 디코딩, 그리고 반향을 제거하기 위한 장치이다.

생산공정은 크게 보드, 랙, 그리고 케이블과 B/B의 생

산으로 구성되며, 일부품목은 외주협력업체에 의해 생산되고 있다. 가공, 검사 및 조립에 관한 생산공정 흐름도는 <그림 2>와 같다.



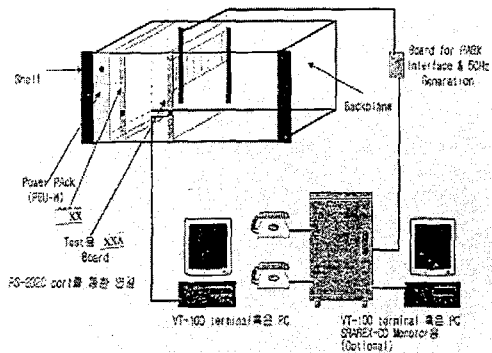
<그림 2> 생산공정 흐름도

3. 기능시험과 신뢰도 성장모델

3.1. MC68 마이크로프로세서의 기능시험

MC68 마이크로프로세서의 통합환경 보드 시험 프로그램(ITP: Integrated Test Program)은 C언어와 Assembly 언어를 사용하여 작성되어 있고, ROM화된 ITP는 각각의 보드에 대해 구분하지 않고 사용할 수 있도록 만들어져 있다. 그러나 각각의 보드들과 시험항목에 따라 프로그램은 모듈화되어 있으므로 필요에 따라 특정 보드의 시험항목을 추가하거나 수정이 용이하도록 만들어져 있을 뿐만 아니라 일부 프로그램 루틴에 대해서는 따로 컴파일하여 독립적인 수행이 가능하도록 되어 있다. ITP의 시험항목에는 각 보드들에 대하여 공통적으로 사용하는 부분도 있고 또 각 보드에서 유일하게 사용되는 부분을 시험하는 항목도 있다. 따라서 ITP 사용자는 각 보드의 기본적인 기능을 먼저 이해하는 것이 필요하다.

이러한 기능시험을 하기 위한 ITP의 구성품으로는 MC68 시험용 보드, 전력공급이 가능한 Shelf 또는 Rack, VT-100모드를 지원하는 Dummy terminal 또는 PC, ITP ROM 또는 ITP 프로그램, 그리고 RS 232C케이블로 구성되며, 이런 시험환경을 사용하여 MC68 보드의 CPU에 관련된 각종 기능과 메모리, 그리고 Packet Bus에 대한 시험을 할 수 있다. 시험환경의 구성도는 <그림 3>과 같다.



<그림 3> MC68 마이크로프로세서의 보드 시험 환경 구성도

3.2 신뢰도 성장 모델링

신뢰도 성장은 J. T. Duane[6]에 의해 처음으로 분석이 이루어졌는데 그는 항공기 부품에 대한 시험으로부터 제품의 고장률과 작동시간이 로그-로그 용지 상에 도식했을 때 직선의 형태를 따른다는 것을 알게 되었다. 이는 고장률의 변화와 시험시간과의 관계에 대한 경험적 결과로써 누적 고장률이 누적 작동시간에 대해 반비례한다는 것을 보여준다. 그 후 신뢰도 성장모델은 다양한 분야의 특수한 환경에 적합하도록 개발되어져 왔다.[1,7] 본 연구에서는 Duane 모델의 PCS 교환기에 대한 적용 가능성과 적합성에 대하여 검증하려고 한다. Duane 모델을 수식으로 나타내면

$$\ln \lambda_i = -b \ln t + \ln k \quad (1)$$

식(1)의 양변에 로그를 제거하면 다음과 같이 누적 고장률을 구할 수 있다.

$$\lambda_i = k t^{-b} \quad (2)$$

여기서

λ_i = 시간 t 까지의 누적 고장률

t = 시험시간

k = 상수

b = 성장곡선의 기울기 (성장률)

식(2)는 시간 t 가 증가함에 따라 누적 고장률이 감소하여, 신뢰성이 증가함을 보여주고 있다. 이때 상수 k 는 시스템의 복잡성, 설계 여유, 그리고 설계의 신뢰성 목표에 따라 변화한다. 시간 t 까지의 누적 고장 수를 $N(t)$ 라고 할 때 순간 고장률은 식(2)로부터 다음과 같이 구할 수

있다.

$$\lambda_i(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta N(t)}{\Delta t} = \frac{dN(t)}{dt}$$

식(2)로부터,

$$\lambda_i = k t^{-b} = N(t)/t$$

$$N(t) = k t^{1-b}$$

$$dN(t) = k(1-b) t^{-b} dt$$

이므로 순간 고장률 $\lambda_i(t)$ 는

$$\lambda_i(t) = \frac{dN(t)}{dt} = k(1-b) t^{-b} \quad (3)$$

그러므로 순간 고장률 $\lambda_i(t)$ 로부터 임의의 시간구간 $[t_1, t_2]$ 에서의 기대 고장 수는

$$N(t_2) - N(t_1) = \int_{t_1}^{t_2} \lambda_i(t) dt, \quad 0 \leq t_1 \leq t_2 \quad (4)$$

이다. 따라서 시간구간 $[t_1, t_2]$ 에서 j 개 고장이 발생할 확률은

$$P_j[N(t_2) - N(t_1) = j] \quad (5)$$

$$= \frac{e^{-\int_{t_1}^{t_2} \lambda_i(t) dt} \left\{ \int_{t_1}^{t_2} \lambda_i(t) dt \right\}^j}{j!}, \quad j \geq 0$$

여기서 $\lambda_i(t)$ 는 시간 t 의 함수로서 식(5)와 같은 분포를 비동질성 포아송과정(Non-homogeneous Poisson Process, NHPP)이라고 한다. NHPP는 평균 고장률이 시간에 따라 변화하는 것 이외에는 동질성 포아송 분포의 특성과 같다.

만약 어떤 시스템의 수명이 t_1 이라고 할 때, 이 시스템이 시간 $t_1 + d$ 까지 작동할 확률은

$$R(t_1, t_1 + d) = e^{-\int_{t_1}^{t_1+d} \lambda_i(t) dt}, \quad d \geq 0 \quad (6)$$

이다.

3.3 모수 추정 및 신뢰구간

식(1)은 기울기가 b , 절편이 $\ln k$ 인 직선형태이므로 이를 최소 자승법으로 추정하면 다음 식을 얻을 수 있다.

$$\hat{\delta} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i (x_i - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (7)$$

$$\ln k = \hat{a} \quad (8)$$

여기서 $\hat{a} = \hat{a} - \hat{\delta} \bar{x}$,

$\hat{a} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i = \bar{y}$, $y = \ln \lambda$, $x = \ln t$ 이다.

성장률 b 에 대한 신뢰구간을 구하기 위해 식(7)의 b 값을 사용한다. \hat{b} 에 대한 $100(1-\alpha)\%$ 의 하한과 상한 신뢰구간은 다음 식에 의해 구할 수 있다.

$$b_L = \hat{b} \frac{\chi^2(\alpha/2, 2M)}{2(M-1)} \quad (9)$$

$$b_U = \hat{b} \frac{\chi^2(1-\alpha/2, 2M)}{2(M-1)} \quad (10)$$

여기서 M 은 총 고장회수를 나타낸다.

3.4 적합도 검정

시험 데이터의 분석을 위해 어떤 모델을 적용할 수 있는지는 적합도 검정을 해보는 것이 바람직하다. NHPP 과정의 적합성을 확인하는데는 지수분포에 사용되는 검정 방법이면 사용 가능하다. 실제로 적절한 수정만 이루어진다면 다음의 시험 중 어느 것을 이용해도 무방하다.[9, 10]

- Kuiper's Test
- Crammer-Von Mises Test
- Watson's Test
- Anderson-Darling Test
- Chi-Squared Test

여기서는 시스템 작동 시작시간이 임의 시간 t_1 에서 시작하는 경우에 대해 효과적으로 분석할 수 있는 Chi-Squared Test를 적용하였다. 단계 별 검정 방법은 다음과 같다.

단계 1

수면구간 $[t_1, t_2]$ 에 대한 시스템의 기대 고장 수를 계산한다.

$$\hat{\theta}(j) = \hat{k} (t_2^{1-b} - t_1^{1-b}) \quad (11)$$

단계 2

χ^2 통계량을 계산한다.

$$\chi^2 = \sum_{j=1}^n \frac{[N(j) - \hat{\theta}(j)]^2}{\hat{\theta}(j)} \quad (12)$$

단계 3

자유도 $df = d - 2$ 를 갖는 χ^2 분포 값이 요구되는 유의수준 이내일 때 $\lambda_i(t) = (1-b)kt^{-b}$ 는 NHPP를 따르게 된다. 이때 d 는 총 구간 수를 나타낸다.

4. 적용 예

4.1 개발과정에서의 신뢰도 성장 분석

MC68 마이크로프로세서의 개발과정에서 얻은 ITP 시험결과 데이터는 다음과 같다.

<표 1> 개발과정에서의 시험시간 및 고장률

시험시간	관측 고장수	누적 고장수	누적 고장률
0~2,160	16	16	0.00741
2,160~4,320	11	27	0.00625
4,320~6,480	9	36	0.00556
6,480~8,640	7	43	0.00498
8,640~10,800	6	49	0.00454
10,800~12,960	7	56	0.00432

먼저 누적 고장률 함수를 구하기 위하여 식(7)과 식(8)을 이용하여 절편과 기울기를 계산하면,

$$\hat{a} = -2.5274$$

$$\hat{b} = -0.307$$

이다. 따라서 누적 고장률 λ_i 는 식(2)로부터

$$\lambda_i = k t^{-b} = 0.08 t^{-0.307}$$

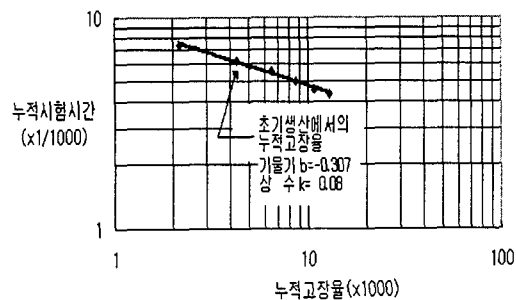
이를 log-log 용지에 도식하면 <그림 4>와 같은 형태가 된다. 만약 시간 $t=12,960$ 에서의 순간 고장률을 알고자 할 경우, 식(3)으로부터

$$\lambda_i(t) = k(1-b) t^{-b},$$

$$\lambda_i(t) = 0.08(1-0.307) 12,960^{-0.307}$$

$$\lambda_i(t) = 0.003029$$

의 결과를 얻을 수 있다.



<그림 4> 개발과정에서의 신뢰도 성장 곡선

이 데이터들이 Duane 모델에 적합한지를 Chi-squared test를 이용하여 검정해 보면,

$$\chi^2 = \sum_{j=1}^n \frac{[N(j) - \hat{\theta}(j)]^2}{\hat{\theta}(j)} = 0.37 \text{ 이고,}$$

$\chi^2(4, 0.1) = 7.78$ 이므로 상기 데이터들이 Duane 모델에 적합하다는 것을 알 수 있다. 이때 성장률에 대한 90% 신뢰구간은 다음과 같다.

$$b_L = -0.307 - \frac{\chi^2(0.05, 112)}{2(56-1)} = -0.217$$

$$b_U = -0.307 - \frac{\chi^2(0.95, 112)}{2(56-1)} = -0.346$$

4.2 In-service 신뢰도 성장 분석

In-service에서의 신뢰성분석을 위해 보증수리 과정에서의 보고서로부터 <표 2>와 같은 고장 데이터를 얻었다.

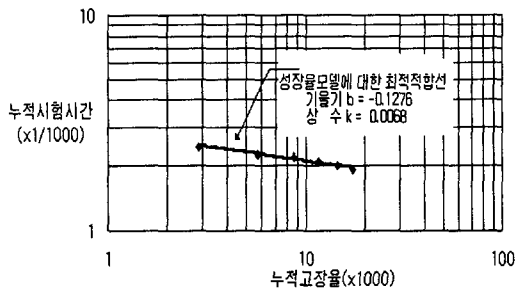
식(7), 식(8)로부터 모수를 추정하면 $\hat{a} = -4.9898$, $\hat{b} = -0.1276$ 의 값을 얻을 수 있다. 따라서 시간 t 에서의 누적 고장률은

$$\lambda_t = 0.0068 t^{-0.1276}$$

In-service에서의 신뢰도 성장 곡선을 도식하면 <그림 5>와 같다.

<표 2> In-service에서의 작동시간 및 고장률

사용시간	관측고장수	누적고장수	누적고장률
2,880	7	7	0.00243
5,760	6	13	0.00226
8,640	6	19	0.00220
11,520	5	24	0.00208
14,400	5	29	0.00201
17,280	5	33	0.00191



<그림 5> In-service에서의 신뢰도 성장 곡선

식(3)으로부터 $t=12,960$ 시간에서의 순간 고장률은 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$\lambda_i(t) = k(1-b) t^{-b},$$

$$\lambda_i(t) = 0.0068(1-0.1276) 12,960^{-0.1276}$$

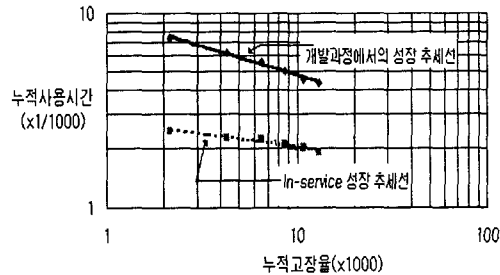
$$\lambda_i(t) = 0.0018$$

이 결과로부터 구간 [18,000, 20,000]시간 사이에서 3개 이하의 고장이 발생할 확률은 식(5)에 의거 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$P_r(j \leq 3) =$$

$$\sum_{j=0}^3 \frac{e^{-\int_{10,000}^{12,000} 0.0068 t^{-0.1276} dt} \left\{ \int_{10,000}^{12,000} 0.0068 t^{-0.1276} dt \right\}^j}{j!} = 0.661$$

개발과정과 In-service 과정에 있어서 성장률을 비교해 보면 0.307과 0.128로서 In-Service 동안의 신뢰도 성장이 매우 느린 것을 알 수 있다. 이는 개발단계에서 이미 주된 신뢰성 문제가 해결된 점도 있지만, In-service에서는 고장 데이터를 수집하기가 훨씬 어려운 것도 원인이 된다. 서비스 수리보고서가 신뢰성 데이터의 유용한 자료이지만 사용자의 손에 있는 장비에 대하여 자료를 관리, 조사한다는 것은 쉬운 일이 아니며, 따라서 TAAF(Test Analyze and Fix) 과정이 늦어지게 마련이다.



<그림 6> 개발과정과 In-Service에서의 성장률 비교

5. 신뢰도 성장률 모니터링

신뢰도 성장률 모니터링은 개발과정 또는 In-service 기간에 서브시스템 또는 시스템 수준에서의 신뢰도 변화를 추정하는 것으로서 요구되는 신뢰성 목표 달성을 위해 현재 충분히 성장을 지속하고 있는지, 혹은 언제 목표에 도달할 것인지를 가능한 이른 시점에서 결정하고, 이에 따라 제한된 가용자원을 효과적으로 할당하는 것이 목적이다.

모니터링 관리자는 고장 데이터로부터 현재 시스템의 신뢰성 수준, 성장률의 추정, 그리고 이로부터 앞으로 기대되는 신뢰성 수준을 예측할 수 있어야 한다. 개발과정에서의 시험환경은 항상 일정하게 유지하여야 하며, 급격한 변화는 새로운 고장모드를 일으키고 결과적으로 성장률에 영향을 미치게 된다. 이러한 사항을 고려하여 MC68 마이크로프로세서의 신뢰도 성장률 모니터링 절차를 다음과 같이 제안한다.

단계 1 신뢰성 목표설정

4.1로 부터 시스템의 개발 완료시점에서의 순간 고장률이 0.003029라는 결과를 얻었다. 이를 고장간 평균시간으로 나타내면

$$MTBF = \frac{1}{\lambda_i(t)} = \frac{1}{0.003029} = 330 \text{ 시간}$$

이다. 관리자는 이 자료를 가지고 신제품에 대한 신뢰성 목표를 설정할 수 있는데, 신뢰성 목표설정은 성능, 시험절차, 경제성, 자원, 대체효과 등을 고려하여 설정하게 된다. 만약 관리자가 신뢰성을 10% 향상시키고자 한다면, 제품의 신뢰성 목표는

$$\lambda_o = (0.90) \lambda_e$$

로 구할 수 있다. 여기서 λ_o 는 목표 고장률을 λ_e 는 현재 고장률을 나타낸다.

따라서

$$\lambda_o = 0.90 \times 0.003029 = 0.002726$$

$$MTBF = \frac{1}{0.002726} = 367 \text{ 시간}$$

이다. 그러므로 제품 신뢰성이 10% 향상되면 MTBF는 367시간이 되어, 과거 제품의 MTBF 330 시간보다 37시간이 증가하게 된다.

단계 2 표본크기 결정

이전 제품의 개발 단계에서 보여준 신뢰도 성장률이 신제품의 개발에도 같은 수준으로 나타난다고 가정하고, 신뢰성 목표달성을 위해 필요한 최대 시험표본 수를 결정하여야 한다. 표본 수를 결정하는 방법에는 도식적인 방법과 수식적인 방법이 있는데 여기서는 수식적 방법에 대해 설명하고자 한다.

성장률 추세 선이 log-log 용지 상에서 직선 형태로 나타나기 때문에, 제품의 고장률과 b , k 값을 알면 새로운 제품의 총 시험시간 t 를 구할 수 있다. 즉 식(2)와 식(3)으로부터

$$\lambda_i(t) = (1-b) \lambda_i \quad (13)$$

이고, 여기에 수치를 대입하면

$$\lambda_i = \frac{1}{(1-b)} \lambda_i(t) = 0.0039 \text{ 가 된다. 따라서}$$

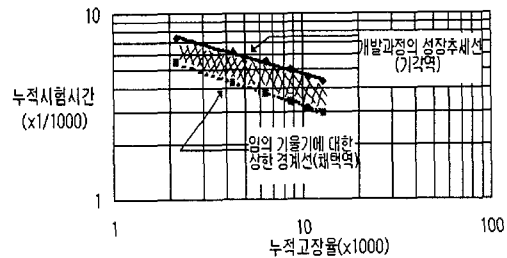
$$\ln 0.0039 = -0.307 \ln t + \ln 0.08$$

$$t = 18,780 \text{ 시간}$$

그러므로 주기별 시험시간을 $t=2,160$ 시간이라고 하면, 목표 신뢰성을 얻기 위해 요구되는 시험표본 수는 9개 이다.

단계 3 모니터링 절차

신제품의 성장률이 과거 제품 성장률과 같다는 가정이 비현실적일 수도 있기 때문에 관리자는 계획된 목표달성 여부를 모니터링 절차를 통하여 지속적으로 점검해 보아야 한다. 이 모니터링 절차에 대한 요구조건은 허용할 수 없는 추이는 기각하고, 허용할 수 있는 추이는 채택하는 축차적인 방식을 적용한다. 기각 역은 과거 제품 개발과정에서의 성장률 추세 선으로서 이 보다 완만한 성장률은 기각한다. 반면에 상부 경계선 아래에 있는 영역은 관리자가 신뢰성 요구 목표를 달성 가능한 채택역으로 한다.



<그림7> 성장률 모니터링 절차

이 때 신뢰성 수준의 계산은 식(13)을 사용한 누적 고장률에 의한 것이며, 상수 k 값은 과거 개발과정에서의 k 값과 같다고 가정한다.

목표 고장률 $\lambda_o = 0.002726$ 에 대하여 임의의 기울기 b 가 -0.35이면, 누적 고장률은 식(13)으로부터

$$\lambda_o = (1-b) \lambda_i \quad (14)$$

$$0.002726 = (1-0.35) \lambda_i$$

따라서 요구 누적 고장률은 다음과 같다.

$$\lambda_i = 0.0042$$

현재 초기 생산과정에 있어서 상수 $k=0.08$ 이므로, 이를 식(2)에 대입하면,

$$\ln 0.0042 = -0.35 \ln t + \ln 0.08$$

$$t = 4,536 \text{ 시간이다.}$$

그러므로 계획된 누적 고장률을 얻기 위해서는 $t=4,536$ 시간동안 시험을 해야 한다.

<표 3>의 값들은 <그림 7>에 있는 채택 역의 상한 경계선을 계산하는데 사용된 임의의 b 값 들이다.

<표 3> 임의의 b 값에 대한 채택 역

기울기	누적 고장률	누적 시험시간
-0.307	0.0039	18,781
-0.35	0.0042	4,536
-0.40	0.0045	1,333

만약 특정 시점에 대한 데이터가 빗금친 부분내에 있다면, 요구되는 신뢰성 목표가 달성되지 않았으므로 과거 경험에 기초하여 시험을 계속해야 하고, 데이터가 채택역 안에 있다면 신뢰성 목표를 달성하였으므로 시험을 중지하게 된다. 그러나 만약 특정 시점 데이터가 기각역안에 있다면, 과거 경험에 비추어 볼 때 신뢰성 요구 목표를 달성할 수 없기 때문에 설계변경 등의 교정활동이 필요하게 된다.

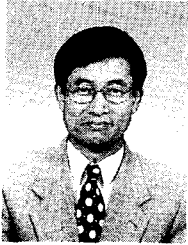
6. 결 론

Duane의 신뢰도 성장모델은 초기에 항공기 부품에 대한 적용으로 시작되었으나[6], 그 후 Crow[4,5]에 의해 이론적인 개발이 이루어져 미 국방성의 표준(Military Standard)으로 발전되었으며, 자동차[2]를 비롯한 다른 산업분야에서도 적용이 시도되고 있다. 본 연구를 통하여 PCS 교환기의 In-service 신뢰성을 모델링 하는데에도 적용이 가능하다는 것을 보여주었다. 이는 개발과정에 대한 신뢰도를 추정할 결과, 성장률이 0.307로서 Codier[3]가 제시한 성장률 값(통상 0.3~0.5) 범위 내에 있으므로 MC68 마이크로프로세서 고장률 데이터를 Duane 모델에 적용할 수 있다는 것을 볼 수 있다.

지금까지의 신뢰도 성장관리 기법은 주로 개발 및 초기생산단계에 초점을 맞추어 분석한데 비하여 이번 연구는 RIW와 관련하여 PCS 교환기에 사용되는 MC68 마이크로프로세서의 개발 및 In-service 동안의 신뢰도 성장관리를 체계화 함으로써 RIW 계약 시 바른 신뢰성 목표의 설정과 계약기간 동안의 신뢰성 수준의 모니터링 및 관리에 효과적인 방향을 제시해 주고 있다.

참 고 문 헌

- [1] Ascher, H. and Feingold, H.(1984), *Repairable Systems Reliability*, Marcel Dekker, New York.
- [2] Brunner, F. J.(1987), "Application of Reliability Technology in Vehicles Development," *Society of Automotive Engineers Symposium* 871956, pp.1-19.
- [3] Codier, E. O.(1968), "Reliability Growth in Real Life." *Proceedings 1968 Annual Symposium on Reliability*, New York, pp.458-469.
- [4] Crow, L. H.(1989), "Integrated Reliability Growth Testing," *Proceedings Annual Reliability and Maintainability Symposium*, pp.160-166.
- [5] Crow, L. H.(1990), "Evaluating the Reliability of Repairable Systems," *Proceedings Annual Reliability and Maintainability Symposium*, pp.275-279.
- [6] Duane, J. T.(1962), "Learning Curve Approach to Reliability Monitoring," *IEEE Transactions on Aerospace*, Vol.2, No.2, pp.563-566 .
- [7] Jung, W., G. S. Wasserman and L. R. Lamberson.(1990), "A Taxonomy of Reliability Growth Models," *Journal of the Society of Logistics Engineers*, Vol.24, No.1, pp.9-16.
- [8] O'Connor, P.D.T.(1995), *Practical Reliability Engineering*, Wiley, 3rd Ed.revised, New York.
- [9] Rigdon, S.E, and A. P. Basu(1989), "The Power Law Process: A Model for the Reliability of Repairable systems," *Journal of Quality Technology*, Vol.21, No.4, pp.251-260.
- [10] Smith, S. A. and S. S. Oren(1980), "Reliability Growth of Repairable Systems," *Naval Research Logistics Quarterly*, Vol.27, pp.539-547.



정 원

한양대학교 산업공학과 졸업
미국 Wayne State University에서 석사
및 박사학위를 취득
New Jersey 주립대에서 조교수로 근무
현재 대구대학교 자동차산업기계공학
부 교수로 재직중이다.

주요 관심분야는 품질 및 신뢰성공학, 생산정보시스템 등.



장 순 태

1999년 대구대학교 대학원 산업공학과
(공학박사)
1988 국방대학원 운영분석 전공(이학석사)
1983 영남대학교 토목공학과 졸업
현재 산업안전안전공단 교수