

# 선형회기분석을 이용한 고장분포 추정에 관한 연구

\*이강미, 신덕호, 백종현, 이재호  
한국철도기술연구원, 신호제어연구실  
e-mail : kmlee246@krri.re.kr, ducko@krri.re.kr

## Study on the Failure Distribution Estimation using Linear Regression Analysis

\*Kang-Mi Lee, Ducko Shin, Jong-hyun Baek, Jae-ho Lee  
Korea Railroad Research Institute, Signal & Control Research Team

### Abstract

It is required to optimize the system operation efficiency to allocate maintenance task and period using systemic maintenance process. To allocate maintenance task and period must analysis the failure distribution mode at first.

In this paper, we introduce the linear regression analysis and estimate the failure distribution for the railroad signal equipment using that.

Failure Mode and Effect Analysis) 후, 유지보수 결정 논리를 통해 유지보수가 요구되는 장치에 적합한 유지 보수업무를 할당하는 체계적이고 과학적인 방법이다. RCM을 통한 적합한 유지보수업무할당과, 할당된 유지 보수업무의 주기를 산정하기 위해서는 와이블분포를 이용한 선형회기법이 많이 사용된다.

본 논문에서는 선형회기법을 소개하고, 철도신호 장치에 이를 적용하여, 고장분포를 예측하여본다.

### I. 서론

기존의 철도시스템의 유지보수는 경험 또는 제작사의 권고에 의해 수동적으로 수행되어왔다. 이는 불필요한 유지보수업무의 수행으로 인한 운영의 비효율화를 가져올 수 있으며, 시스템의 안전한 운영을 저해하는 요인이 될 수 있다. 따라서 최근 체계적인 유지보수업무의 선정 및 할당을 위한 많은 연구가 이루어지고 있다. 그 예로 1930년대부터 안전필수분야 즉, 항공, 자동차, 원자력 분야의 유지보수체계 근간이 되고 있는 신뢰도중심유지보수(RCM, Reliability Centered Maintainability)가 있다. 이는 장치를 기능별로 분류하고, 각 기능의 고장모드 및 고장영향 분석(FMEA,

### II. 본론

#### 2.1 선형 회기 기법

장치의 고장분포를 분석하기 위한 선형회기법은 그림 1의 절차로 수행된다.



그림1. 고장분포절차

즉, 장치의 고장시간을 오름차순으로 정렬하고, 정렬된 고장시간 (TTF, Time To Failure)의  $\ln(TTF)$ 를 X축,  $\ln(\ln(1/(1/F(t))))$ 를 Y축으로 하여 고장발생에 대하여 타점하고, 추세선을 그리면, 추세선의 기울기와

절편값이 와이블분포의 모수가 된다.

2.2 철도신호장비의 고장분포 분석

표1은 수집된 철도신호장비의 고장데이터의 고장시간을 오름차순으로 정렬하고, Ln(TTF)를 X축, Ln(Ln(1/(1/F(t))))를 Y축으로 하여 그림 2와 같이 고장발생에 대하여 타점하고, 추세선을 그리면, 추세선은  $y = 1.6458x - 11.841$  와 같다. 여기서 와이블 분포의 변수  $\beta = 1.6458$ ,  $\eta = 133.23$ 이다. 즉, 와이블분포의 확률밀도함수는  $f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} \exp\left[-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta\right]$  로,  $\beta$ 는 형상모수로 분포의 모양을,  $\eta$ 는 척도모수로 가로축 크기를 결정한다. 선형회기법으로 분석된 철도신호장비는  $\beta > 1$ 이므로 고장이 시간에 따라 증가하는 장치임을 알 수 있으며, 이 장치의 분포함수는 그림 3과 같다.

표 1. 철도신호설비 고장데이터

NO.	Time To Failure(hour)	Median Rank(F(t))	Ln(TTF)	Ln(Ln(1/(1/F(t))))
1	456	0.7	6.122493	-2.155616006
2	504	1.7	6.222576	-1.175270415
3	960	2.7	6.866933	-0.601543551
4	1152	3.7	7.049255	-0.147287035
5	1848	4.7	7.521859	0.281917795
6	1920	5.7	7.56008	0.794336831

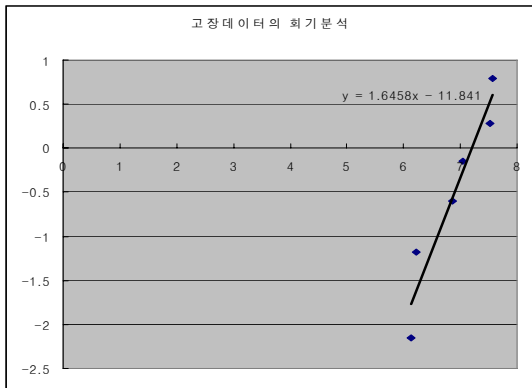


그림 2. 고장분포의 선형회기분석

2.3 철도신호장비의 고장분포 분석

고장데이터는  $y = 1.6458x - 11.841$ 로 와이블 선형 분석이 가능하므로, 이때 와이블 분포의 변수  $\beta = 1.6458$ ,  $\eta = 133.23$ 이다. 따라서 이 장치의 고장 분포함수는 식(1)과 같고, 확률밀도함수는 그림 3과 같다.

$$f(t) = \frac{1.6458}{133.23} \left(\frac{t}{133.23}\right)^{0.6458} \exp\left[-\left(\frac{t}{133.23}\right)^{1.6458}\right] \quad (1)$$

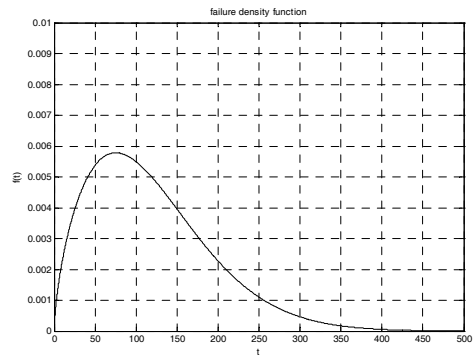


그림 3. 선형회기법으로 분석된 고장분포

III. 결론 및 향후연구방향

본 논문에서는 장치의 고장분포를 예측하기 위한 방법으로 선형 회기 기법을 소개하고, 이를 철도신호장비에 적용하였다. 이와 같은 과학적 고장분포분석방법은 점차 복잡해지고, 안전이 요구되는 시스템의 운영 효율을 높이고, 안전한 운영을 위해 요구되며, 이를 통해 분석된 고장분포는 체계적 유지보수업무선정에 활용될 수 있다. 따라서, 시스템의 운영시 발생하는 고장데이터의 정확한 수집 및 기록이 매우 중요함을 알 수 있다.

향후, 과학적분석방법으로 예측된 고장분포의 유지보수업무주기산정을 위한 후속 연구가 수행되어야 할 것이다.

참고문헌

- [1] 신석균(2006), “철도시스템 적용을 위한 SRCM개발에 관한 연구”, 박사학위 논문, 광운대학교
- [2] 김종운외(2008.02), “철도시스템의 RAMS 중심의 유지보수 정책 결정을 위한 개념적 절차”, 한국철도학회 논문집
- [3] John Moubray(1997), “Reliability-Centered Maintenance” Elsevier publishing.
- [4] 정해성외(2000) , “신뢰성 분석과 응용”, 영지문화사.
- [5] 박경수(1999), “신뢰도 및 보전공학”, 영지문화사.
- [6] B.S. Dhillon(1999), “Engineering Maintainability”, Gulf Plishing Company.
- [7] Bry Dodson, Dennis Nolan(2002), “Reliability engineering handbook”, QA Publishing.
- [8] Benjamin S. Blanchard et. “Maintainability - A Key to effective serciceability and Maintenance Management” wiley-Interscience Publication.