

# 경량전철 차량시스템의 신뢰도 배분

## A Reliability Allocation for Vehicle System of Light Rail Transit

鄭樂教\* · 金榮石\*\*

(Rag-Gyo Jeong · Young-Seok Kim)

**Abstract** - The target reliability values are defined for the train, signaling, rail track and electric power supply system of the LRT under development. The allocation of the reliability value is based on the failure rate and the failure type in the Korean subways. The reliability allocation in the train system is made more detail than others. The purpose of the allocation is to verify the reliability value of the results from each of the development stage, which could be the designing, manufacturing and purchasing work. The reliability of braking system, traction system, door system and other control system could be verified by establishing reliability models of these system. It could also enable us to estimate and analyse the reliability value and redo the work if necessary to achieve the shooting reliability value. A guide to the LRT reliability criteria is to be prepared after running test on the test track.

**Key Words** : Light rail transit(LRT), Vehicle, Reliability, Criteria

### 1. 서 론

신뢰성은 분석측면에서 2개의 관점이 개발되었다. 이 두 주요 관점은 부품 신뢰성과 시스템 신뢰성이다. 각각은 또한 1차 적으로 다른 요소를 취급한다. 부품 신뢰성은 부품 모집단에 대해 추론하기 위해서 개별 수선 불가능한 부품의 고장 특성과 관련이 있다. 시스템 신뢰성은 수선 가능한 시스템으로써, 다른 부품들로 조립된 그룹의 고장특성에 관련이 있다. 과거 발달사를 보면 부품 분석과 이론에 근거한 부품 신뢰성의 활동이 신뢰성 분야를 점유했었음을 알 수 있다. 불행히도, 몇몇의 경우에, 부품 신뢰성 이론을 실제에 적용시켰을 때 잘못되었음이 나타났다.[1] 그러나 이러한 문서는 많은 시스템 신뢰성 이론이 1960년대 중반 훨씬 전에 문서화되었음에도 불구하고 현재까지 여전히 존재하고 있다.[1, 2]

신뢰성 분석 기법과 용어는 폭넓게 이용 가능하지는 않지만 부품(Part, P)이나 시스템(System, S)관점에서의 기능은 실제로 효력을 발휘한다. 일반적으로 신뢰성의 분리된 개념의 공정은 신뢰성 정보를 개발, 해석, 교환할 때 기초를 제공할 것이다. 신뢰성 문헌에는 신뢰성 분석 기법과 용어의 혼란과 오용 때문에 오류의 평가가 수행된 많은 예가 있다. 이것은 부품과 시스템 평가 절차 사이의 차이를 좀 더 잘 이해함으로써 잘못 적용되는 것을 막을 수 있다. 정확한 관점으로부터 신뢰성 작업을 접근하는 것은 유효한 결과를 얻기 위해 필요하다. 이것은 부품, 시스템 신뢰성 두 측면에서 균형

잡힌 관점을 보여주고 있기 때문에 정확한 용어가 적용될 수 있다.

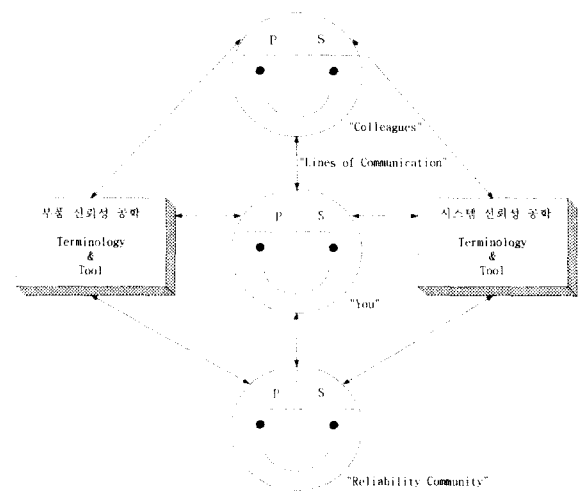


그림 1 신뢰성 공학 정보의 해석과 교환  
Fig. 1 Analysis and exchange for reliability information

신뢰성의 기능적 범주는 신뢰성의 다양한 논의에서 명시되어지고 기계, 전기, 전자, 구조, 재료를 포함하며 기능적 영역은 관련분야의 엄청난 지식기반으로 인하여 강화되었으며 신뢰성 모델을 의미 있게 하기 위해서는 공학적 변수를 신뢰성 변수로 바꿀 때 어떤 공학이론에도 위배되지 않는다.[1]

본 논문에서는 신뢰성은 시스템이나 기기 등의 시간적 안정성을 말한다. 즉, 경량전철시스템이 운용과정에서 정상적으로 작동되는 가능성을 말한다. 경량전철시스템은 기계, 전기,

\* 正 會 員 : 韓國鐵道技術研究院 先任研究院  
\*\* 正 會 員 : 仁荷大學教 電氣電子컴퓨터工學科 教授 · 工博  
接受日字 : 2001年 7月 16日  
最終完了 : 2002年 5月 7日

제어, 통신 등 다양한 시스템으로 이루어진 대규모 복합시스템이며, 무인자동운전으로 주행하여 승객을 수송하는 시스템이다. 경량전철시스템에 대한 제작, 건설 및 운영의 경험이 없는 상태이므로 과거 일반전철이나 지하철과는 달리 경험하지 못하였던 문제가 발생할 수 있으며, 사소한 부품 고장이라 하더라도 안전상의 문제를 야기할 수 있어 개발 및 설계과정에서 철저한 분석과 시험을 거쳐 이러한 문제가 발생하지 않도록 해야한다.[3, 4, 5] 따라서 본 논문에서는 신뢰성 관리프로그램 작성 및 활동 등의 정의에 의거하여 설계기준 및 수명을 설정하였으며, 국내지하철의 고장에 의한 사고사례 분석을 통한 배분과 신뢰성 소프트웨어 Relex를 이용하여 RBD(Reliability Block Diagram)를 작성하여 계산·배분하였고 이를 기본으로 하여 개발대상시스템의 목표신뢰도 및 유지보수주기설정을 위한 기초자료를 도출하였다.

**2. 신뢰성관리프로그램**

국내에서는 경량전철시스템에 대한 제작, 건설 및 운영경험이 없는 상태이므로 과거 지하철에서 경험하지 못하였던 문제가 발생할 수 있고, 사소한 부품의 고장이 안전상의 문제가 발생하지 않도록 개발과정에서 면밀한 분석 및 시험이 필요하다. 이에 총괄주관기관, 주관기관, 참여기업 및 위탁기관에 대한 신뢰성관리 활동정의에 따른 프로그램을 작성하였으며 이는 신뢰성관리활동의 기본이 되는 설계기준이 된다.

**2.1 경량전철 시스템의 등급 설정**

경량전철은 많은 부품으로 구성되어 있어 이들을 모두 신뢰성 프로그램으로 관리하기는 어렵다. 따라서 부품들 중 차량의 주요기능에 영향을 주지 않는 것들은 국제적인 표준규격에 적합하게 설계 및 제조되거나 품질인증을 획득할 수 있도록 하고 신뢰성 관리 대상에서는 제외시키는 것이 바람직하다.[2, 6]

이와 같은 등급분류를 위해서는 경량전철의 기능을 분류하고, 각 기능별로 해당 부품의 등급을 크게 2단계로 분류한다. 경량전철의 고장정의로부터 경량전철의 주요한 기능을 담당하는 부품은 HRD(Highly Reliability Degree)로, 경량전철의 서비스나 적절한 정비가 행해지면 되는 부품은 CRD(Commonly Reliability Degree)로 분류한다. HRD는 신뢰도 관리 프로그램 체계에 준거하여 중점관리 부품으로, CRD는 국제품질규격으로 적합성 여부를 결정한다. 경량전철의 신뢰도 지표를 설정하기 위하여 발생할 수 있는 고장을 다음과 같이 정의한다.

고장이란 아이템이 의도한 기능을 수행하지 못하는 상태를 말한다. 고장은 설계, 제조, 자재, 자원의 한계 등 기술적인 측면과 마케팅 등의 전략적 측면, 그리고 성능요구조건을 고려하여 정의하고, 또한 시스템이나 부품이 사용되는 경량전철을 기능별로 분류하고 각 기능별로 고장을 정의하였으며, 고장을 유발하는 고장원인과 고장모드의 정의는 다음과 같다

- **고장원인**: 고장을 유발하는 설계, 제조 혹은 사용 동안의 상황
- **고장모드**: 언급된 요소들에 있어서 고장의 순간에 동작 조건과 관련한 고장원인에 대해 예측된 혹은 관측된 결과

경량전철에서 부품등급으로 사용하는 고장분류는 다음과 같다.

- **치명적 고장**: 사망사고 등 승객안전에 심각한 영향을 줄 수 있는 고장
- **중대한 고장**: 전철의 운행이 불가능한 고장으로 다른 차량으로 교체하는 경우
- **경미한 고장**: 열차운행을 지연시킬 수 있는 고장
- **미미한 고장 및 서비스고장**: 일상적인 점검이나 부품 교환으로 처리되는 고장

이들을 주어진 품목코드는 고장등급분류-시스템종류-부품종류 순으로 코드화를 시키면 표 1과 같다[5]

**표 1** 부품등급

**Table 1** Classification for component

등급	기준	표시기호
HRD	1	치명적 고장
	2	중대한 고장
	3	경미한 고장
CRD	1	정기교환부품(미미한 고장)
	2	서비스부품 및 제품 (서비스 고장)

**2.2 신뢰도 지표**

경량전철은 다수의 부품으로 구성된 복합 시스템이다. 따라서 경량전철의 신뢰도 지표를 하나로 표시하는 것은 매우 어렵다. 여기서는 시간에 관련된 사항은 MTBF(Mean Time Between Failure)로 거리나 주행에 관련된 사항은 MDBF(Mean Distance Between Failure)로 나타내하고자 한다. 하지만 신뢰도 지표는 설계변경이나 시스템 인증의 자료로 사용되기 때문에 가능하다면 주행에 관련된 MDBF로 통일하여 표시하는 것이 좋다.[5, 6]

**2.3 신뢰도 요구조건 명확화**

신뢰도 요구조건은 신뢰성 보증활동의 시작이며 포함되는 활동은 경량전철 운영계획에 따르는 신뢰도 요구조건을 설정하고 적절한 신뢰도 지표를 선정하며 벤치마킹을 통한 비교사항을 제시해 주어야 한다. 이를 활용할 수 있는 기법으로는 신뢰성 기능전개를 들 수 있다. 경량전철의 개발은 시스템이나 부품 수준까지 이루어진다. 신뢰성 기능전개는 신뢰성 요구사항과 기술개발의 요구사항과의 관계를 매트릭스 형태로 나타내어 개발하고자 하는 부품의 수준을 신뢰도 지표 형태로까지 표시할 수 있다.

**2.4 기관별 신뢰성관리활동**

총괄주관기관 및 주관기관이 신뢰성관리를 위해서 수행하는 내용은 대부분 동일하다. 그러나 총괄주관기관은 경량전철시스템 전체에 대한 개발프로그램, 신뢰도 목표와 고장을 정의하고, 주관기관은 담당하고 있는 하부시스템에 대한 개발

프로그램, 신뢰도 목표 및 고장을 정의한다. 또한 신뢰성을 관리하기 위한 단계별 활동내용은 표2와 같이 설정하였다.[5]

표 2 신뢰성관리프로그램의 단계별 활동  
Table 2 A step activity for reliability management program

단 계	활동 내용
개념설계	- 신뢰성 요구사항 설정 - 타당성 연구 - 개념설계
설 계	- 신뢰도 목표 배분 - 기능설계 - FMECA(Failure Mode Effect Analysis), FTA(Fault Tree Analysis) - 신뢰성 예측
개 발	- 상세 설계 분석 - 신뢰성 예측 - 신뢰성 개발 성장시험
인 증	- 신뢰성 인증시험 - 생산계획 및 평가
생 산	- 부품의 제조/생산시험
운 용	- 동작시험평가/보전활동

2.5 신뢰성프로그램

경량전철기술개발사업에서 신뢰성을 관리하기 위한 프로그램을 구성하였으며 참여기관 역할정의와 단계별 활동내용을 정립하면 그림 2와 같다.

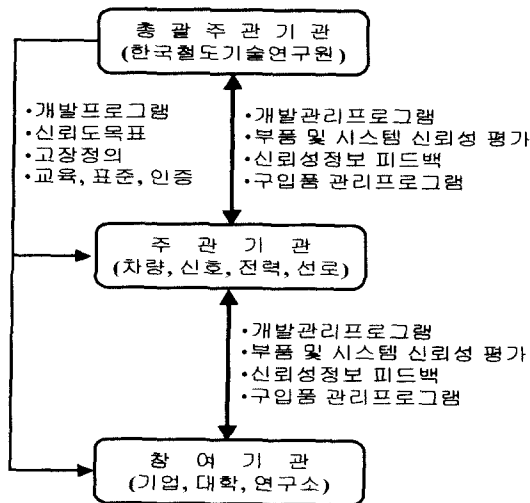


그림 2 신뢰성관리 및 평가프로그램  
Fig. 2 Program of reliability management and evaluation

현재 경량전철기술개발은 개념설계와 기본설계를 완료한 단계로 이에 따라 신뢰성요구사항을 설정하였으며, 현 단계에

서는 경량전철시스템 전체에 대한 관리 및 평가체계를 수립 하였다.

2.6 설계기준 및 수명설정

무인자동운전을 목표로 개발되는 경량전철시스템에 대한 목표신뢰도를 정의하는 것이다. 개발중인 경량전철시스템은 고무차륜형식의 차량시스템, 신호제어시스템, 전력공급시스템 및 선로구축물로 구성되어 있다. 이들 하부시스템의 설계수명은 다음과 같다.

- 차량 시스템 : 25년(정밀진단 후 5년 연장)
- 신호제어시스템 : 30년(IEEE 권고기준)
- 전력공급시스템 : 30년
- 선로 구축물 : 50년

또한 경량전철시스템의 운전조건은 다음과 같다.

- 편성열차의 1일 평균주행거리 : 400km 이상
- 최고운행속도 : 70km/h 이상
- 최소운행시격 : 90초
- 왕복운행시간 : km당 3초의 예비시간
- 정차시간 : 정차역 당 최소 20초

철도분야에서 신뢰도를 나타내는 방법으로 사용되는 방법은 MDBF와 MTBF 및 고장율을 사용하고 있다.[4, 7]

고장(Fail)을 정의하는 것은 시스템을 운용하는 관점에서 정의하는 방법과 구성품에 대한 정의방법이 있는데 여기서는 시스템운영과 관련하여 고장정의, 고장율과 MDBF, MTBF의 관계를 다음과 같이 정의한다.[5, 6, 8]

- 고장 : 열차운행이 5분 이상 지연되는 상황
- 고장율( $\lambda$ ) =  $\frac{1}{MTBF} = \left(\frac{\text{평균속도}}{MDBF}\right)$  (1)

3. 신뢰도 배분

3.1 RBD를 이용한 신뢰도 배분

3.1.1 경량전철시스템 구조 및 신뢰도 배분

경량전철시스템기술개발의 신뢰성관리프로그램 및 프로그램절차에 맞추어 경량전철시스템의 목표신뢰도를 배분하였다. 특히 차량시스템의 경우 보다 자세히 하였다. 시스템의 연결 구조는 직렬이고 각 시스템의 수명 분포가 지수분포에 따르며 경량전철시스템의 수명은 평균수명을 정의하였다. RBD에 입력한 시스템 구조는 그림 3, 4와 같으며, 이들 신뢰도 목표설정 활동에 고려한 사항으로는 선정된 신뢰성 지표에 대한 정량적인 목표를 설정하는 활동과 신뢰도 분석이나 평가를 위해서는 정량적인 목표를 설정하였으며, 비용과의 트레이드오프 및 국내기술수준을 감안한 외국 경량전철의 지표를 참고로 활용하였다. 또한 경량전철 시스템 사용환경 및 운행 자료(운행조건, 사용조건, 환경조건, 정량적 기록/조사)와 고장을 유발하는 요인을 파악하여 시간에 따라 변화가 많은 부품, 온도에 따라 변화가 많은 부품, 부하에 따라 변화가 많은 부품으로 구분하였다.

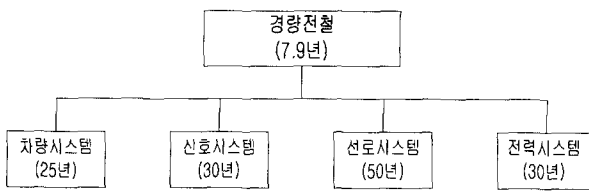


그림 3 경량전철시스템 구조  
Fig. 3 Structure of light rail transit system

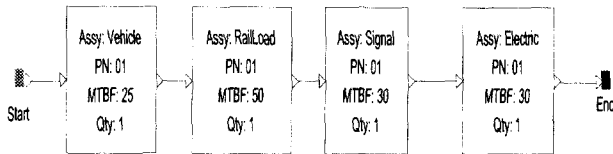


그림 4 RBD에 입력한 경량전철시스템 구조  
Fig. 4 Structure of light rail transit system for input RBD

신뢰성 소프트웨어인 Relex를 이용하여 신뢰성 블록 다이어그램을 작성하여 계산을 수행한 결과 경량전철의 MTBF는 7.9년이 나왔다. 여기서 각 시스템에 제시된 년 수는 평균수명이 아니라 생존수명인 것이다. 따라서 생존수명의 자료로는 경량전철의 평균수명을 계산할 수는 없다. 일반적으로 각 시스템의 연결이 직렬구조일 경우 각 시스템 중 최소 수명이 상위 시스템의 생존수명이라 할 수 있다. 그러므로 경량전철의 생존수명은 25년 정도는 가야 한다. 생존수명의 자료를 가지고 구한 위의 값인 7.9년은 말 그대로 평균수명으로 7.9년마다 전반검사(Overhauling)와 중요부분 검사를 3회 수행한다면 적어도 23.7년 정도는 경량전철이 생존할 수 있을 것이다.

3.1.2 경량전철 차량구조 및 신뢰도 배분

등가 배분은 직렬구조에서 각 서브 시스템에 동일한 신뢰성을 할당하는 것으로 모델에 적용하는 가정은 다음과 같다.

- 직렬 시스템 구조에서 각 서브 시스템에 동일한 신뢰성을 할당
- 신뢰성 목표치
- 직렬구조
- 부품 신뢰도 증가에 수반되는 난이도 무시
- 서브 시스템별 고장의 영향을 고려하지 않음

$$\hat{R}_i = (R^*)^{1/n} \tag{2}$$

여기서,  $R_1 = R_2 = \hat{R}_i$

신뢰성 소프트웨어로 차량 구성품의 고장기록에 나오는 데이터를 가지고 차량시스템의 블록 다이어그램을 그리고 전체 시스템을 차례대로 나타내었다. 일반적으로 차량시스템은 전기장치, 기계장치 및 내장재 등으로 구성되고 각 장치가 상호 유기적인 관계를 형성한다. 기계장치는 크게 대차부분과 차체부분으로 나뉘어지며 대차는 대차 및 현가 장치 등으로 구성되고 차체는 차체구조와 내장재로 구성된다. 이와는 별도로 제동장치, 출입문장치 환기장치, 냉난방장치 등은 기계장치로 분류될 수 있으나 이것을 조작하는 전원공급 및 제어

장치에 따른 영향으로 전기장치에 포함을 시켰다.

전기장치에 구성하는 분야는 크게 추진장치분야, 제동장치 분야 및 열차관리장치 등으로 크게 나뉘어 진다. 열차관리장치에는 배전반, 냉난방장치, 환기장치, 출입문장치 및 통신장치 등이 포함된다.

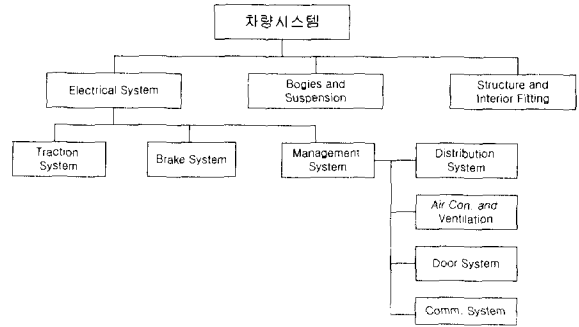


그림 5 차량시스템 구조  
Fig. 5 Structure of vehicle system

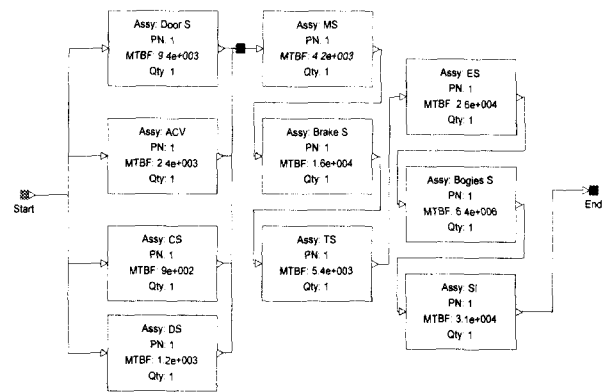


그림 6 차량시스템 신뢰성 블록 다이어그램  
Fig. 6 RBD block diagram of vehicle system

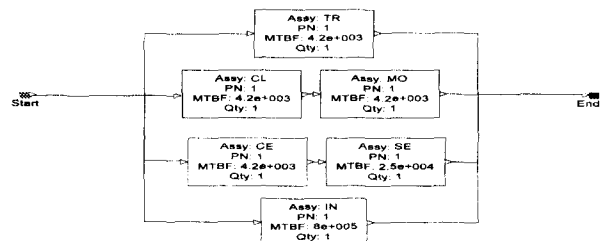


그림 7 통신시스템 신뢰성 블록 다이어그램  
Fig. 7 Block diagram for RBD communication system

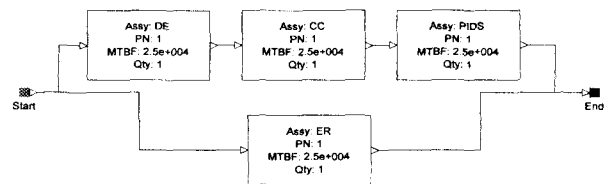


그림 8 열차관리시스템 신뢰성 블록 다이어그램  
Fig. 8 Block diagram for RBD of train management system

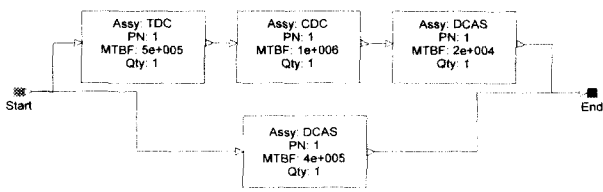


그림 9 출입문 신뢰성 블록 다이어그램  
Fig. 9 Block diagram for RBD of door system

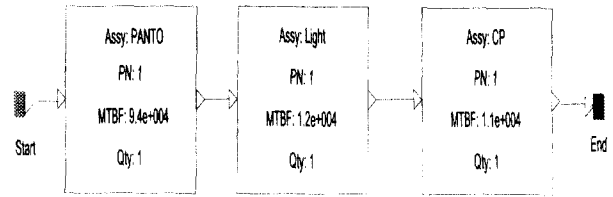


그림 14 견인시스템 신뢰성 블록 다이어그램  
Fig. 14 Block diagram for RBD of traction system

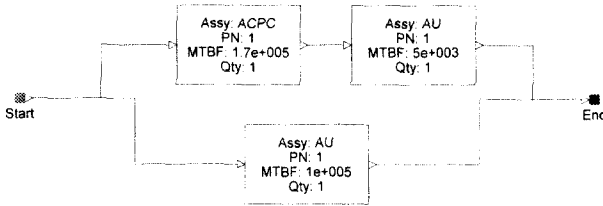


그림 10 냉난방 및 환기시스템 신뢰성 블록 다이어그램  
Fig. 10 Block diagram for RBD of aircon. & ventilation system

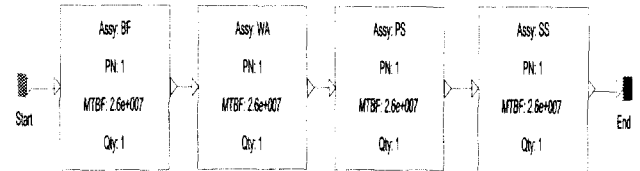


그림 15 대차 및 현가장치 신뢰성 블록 다이어그램  
Fig. 15 Block diagram for RBD of Bogies & Suspension system

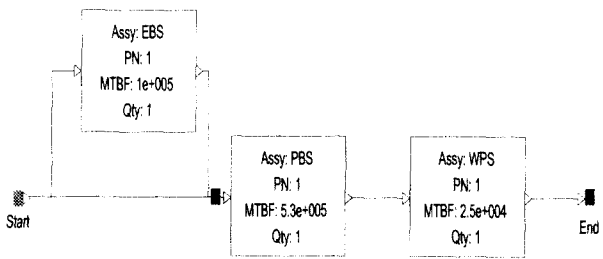


그림 11 제동시스템 신뢰성 블록 다이어그램  
Fig. 11 Block diagram for RBD of brake system

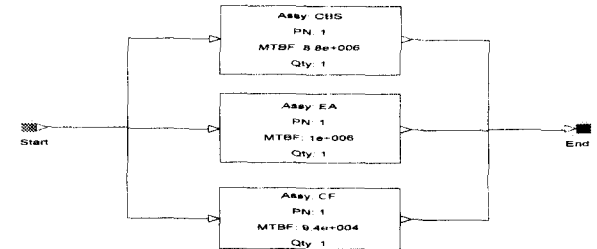


그림 16 차체 및 내장재 신뢰성 블록 다이어그램  
Fig. 16 Block diagram for RBD of structure and interior fitting system

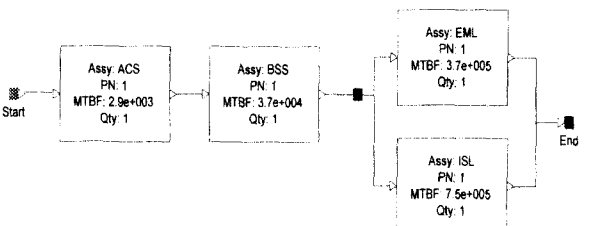


그림 12 전기장치 신뢰성블록다이어그램  
Fig. 12 Block diagram for RBD of electric system

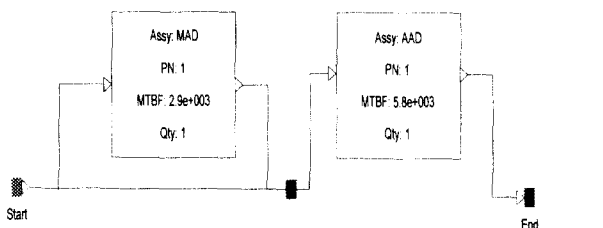


그림 13 배전반 신뢰성블록다이어그램  
Fig. 13 Block diagram for RBD of distribution cubicle system

표 3 차량 시스템과 하부 시스템의 MTBF  
Table 3 MTBF of vehicle system and sub-system

시 스템	MTBF(hour/year)
Bogies and Suspension	6410256.5
Structure and Interior Fitting	31211
Gangways and Couplers	6410256
Traction System	5423.6
Electrical System	26384
Brake System	16137
Door System	9363.2
Air Con. and Ventilation	2427.2
Distribution System	1152.8
Management System	4166.7
Comm. System	899.3
차량 시스템	222.2

차량시스템구조에 따른 신뢰성 블록 다이어그램이 정확하게 작성되어야 하고 설계시 FMECA의 자료를 참고하여 부품 및 시스템의 신뢰성 블록 다이어그램이 먼저 작성되어야 한다. 차량 시스템과 하부 시스템의 MTBF를 계산하여 보았다. 이 차량 시스템의 일년간 운행시간은 12(hours/day)×365(days/year)×90%(가동률)=3942(hours/year)이다. 신뢰성 블록 다이어그램의

로 계산된 결과(그림 6~그림 16) 및 표 3에서 보듯이 차량 시스템의 MTBF인 222.2(hours/year)와 가동률 90%인 상태의 MTBF를 비교하면 일년동안 운행되면서 17~18번의 점검이 이루어져야 함을 보여주고 있다. 일반적으로 철도의 정기점검 기간이 1~3개월이라고 볼 때 18일마다 점검이 이루어져야 하는 결과를 도출하였다. 이러한 결과가 나오게 된 것은 데이터가 실제 시스템의 평균수명을 유추하여 얻어낸 데이터이고 서비스 시간의 평균수명이라는 것이다. 따라서 실제 시스템의 고장과는 다르다고 볼 수 있다.

**3.2 목표신뢰도 배분**

**3.2.1 경량전철시스템 목표 신뢰도**

경량전철시스템에서 적용하는 고장은 열차의 주행이 5분 이상 지연되는 것으로 한다. 열차의 년 평균 가동률은 90%이상으로 한다.

**3.2.1 지상시스템의 신뢰도 배분**

지상시스템을 구성하고 있는 것은 열차의 모든 운행을 관리하는 중앙사령설비, 일정한 제어영역을 관리하는 지역사령설비, 역 설비, 전력공급설비 및 선로구축물이 있다. 선로구축물의 사고는 일반적으로 선로의 보수와 관련하여 발생하는 것으로 신뢰성을 고려하는데 제외한다. 차량시스템이 열차운행을 지연시키는 요인은 눈과 결빙에 의한 것으로 이에 대한 설비로는 전력공급시스템의 한 부분으로 응설 설비를 포함한다. 또한 선로방향전환기(전철기)는 사령설비에 포함을 한다.

지상설비의 목표신뢰도는 13만km를 주행하는 동안 4회로 제한한다. 비록 지상신호설비가 차량시스템에 비해서 매우 복잡하게 구성되어 있으나 대부분 이중화로 시스템을 구축하고 있어 신뢰성은 매우 높다. 지상설비의 구분은 전력설비와 신호설비로 구분하여 표4 에서와 같이 전력설비의 고장 발생률은 지상설비의 50%를 포함한다. 또한 지상설비에 대한 목표신뢰도도 표 4와 같으며, 13만 km를 주행하는데 하부시스템이 신뢰할 수 있는 거리를 나타내고 있다.

**표 4** 지상시스템의 목표신뢰도 배분

**Table 4** Allocation for target reliability of wayside system

구 성 품	신뢰도배분(%)	신뢰도값(MDBF)	
전력설비	50	65000	
신호설비	제어/감시장치	10	325000
	소프트웨어	10	325000
	하드웨어	30	108333

**3.2.2 차량시스템의 목표신뢰도**

차량시스템을 편성(transits)개념이 아닌 차량수로 하여 1량이 1년 동안 주행하는 거리는 131,400km( 400km \* 365 \* 0.9)로, 차량 1량이 13만km를 주행할 때 5분을 초과하는 운

행지연이 발생하는 횟수를 1회로 제한한다. 즉 2량/1편성의 열차가 운행지연을 발생시키는 횟수를 2회로 제한하는 것이다. 이러한 정의에 의해서 차량에 대한 목표신뢰도의 배분은 표 5와 같으며, 13만 km를 주행하는데 하부시스템이 신뢰할 수 있는 거리를 나타내고 있다

**표 5** 차량시스템의 목표신뢰도 배분

**Table 5** Allocation for target reliability of vehicle system

구성품	신뢰도 배분(%)	신뢰도값(MDBF)
차체	2.33	55793
대차/현가	0.04	3250000
조향장치	5.76	22569
통로 및 연결기	0.06	2166667
추진장치	20.81	6246
보조전원장치	14.67	8861
제동장치	19.01	6838
출입문장치	14.51	8959
공기압축기	7.60	17105
열차제어장치	15.21	8547

이 신뢰도배분은 열차의 운행에 많은 영향을 줄 수 있는 추진장치, 열차제어장치, 보조전원장치, 제동장치 및 출입문에 목표신뢰도를 집중하였는데 제어장치(하드웨어, 소프트웨어), 전력시스템 및 기계작동장치 등이 포함된다. 또한 국내에서 지하철의 운행을 지연시킨 사고내용을 고려하여 신뢰도를 배분하였다.

**4. 결 론**

신뢰도 배분은 RBD에 따른 배분과 국내 지하철의 사고사례를 차량시스템의 제동, 출입문, 추진시스템, 집전시스템등과 해외 경량전철 신뢰도를 분석한 MPM((Morgan-town People Mover), PRT(Personal Rapid Transit)의 내용을 분석한 결과를 바탕으로 계산한 신뢰도(MDBF) 배분이 유효한 데이터로 판단되어 이를 근거로 개발중인 경량전철 차량시스템에 요구되는 목표신뢰도 및 유지보수주기설정을 위한 데이터를 도출하였다.

- 경량전철시스템의 고장은 13만km를 주행하는 동안 5분 이상의 운행지연을 초래하는 것으로 정의한다.
- 차량시스템의 목표신뢰도는 13만km를 주행하는 경우 고장 발생을 1회로 제한을 한다.
- 지상시스템의 목표신뢰도는 13만km를 주행하는 경우 고장 발생을 4회로 제한한다.

이러한 연구결과를 바탕으로 향후 지속되어야 할 연구내용은 다음과 같다.

- 1) 운영 및 유지보수에 대한 경제성 해석
- 2) 차량시스템, 지상시스템의 구성품에 대한 신뢰성분석
- 3) 이중화기술, 단위핵심부품에 대한 고장모드영향분석 및 새로운 신뢰성을 향상하는 새로운 기술을 확보하여 MDBF

- 가 낮은 구성품의 목표값 상향 조정
- 4) 선로에서의 주행시험을 통한 경량전철시스템의 목표신뢰도의 기준 작성 등을 들 수 있다

**참 고 문 헌**

[1] 정락교 외 “종합시스템엔지니어링”, 경량전철 시스템 기술 개발 사업연구보고서, 1차년도, pp. 213-241, 1999. 12.

[2] Mauro Ciappa and Wolfgang Fichtner, “Lifetime prediction of IGBT Modules for Traction Applications”, IEEE 38<sup>th</sup> Annual International Reliability Physics Symposium, San Jose, California, pp. 210-216, 2000.

[3] Richard E. Albert and Wayne H. Swan, “Morgan-town People Mover Reliability Experience”

[4] Adtranz Metro, “Towards zero failure, zero maintenance”, Railway Gazette International, January 2001

[5] 정락교 외 “경량전철시스템최적화 및 시험 평가”, 경량전철 시스템기술개발 사업연구보고서, 2차년도, pp. 233-379, 2000. 12.

[6] Raytheon system company, “Phase II Demonstration PRT Project Safety Compliance Assessment Report”, September 1998

[7] CENELEC, “The specification and demonstration of reliability, availability, maintainability and safety”, June 1993

[8] JR East, “Short-life trains need no maintenance”, Railway Gazette International, April 1993

**저 자 소 개**



**정 락 교 (鄭 樂 敎)**

1964년 1월 25일생. 1990년 인하대 전기 공학과 졸업. 1999년 동 대학원 졸업(석사). 1990년~1994년 (주) 한진중공업철차 사업부. 2002년 현재 한국철도기술연구원 시스템 기술개발팀 팀장(선임연구원)  
Tel : 031-461-8531  
E-mail: rgjeong@krri.re.kr



**김 영 석 (金 榮 石)**

1951년 6월 11일 생. 1977년 인하대 전기 공학과 졸업. 1987년 일본 나고야대학원 전기공학과 졸업(공학박사). 1987년 ~ 1989년 진기연구원 전력전자연구실장. 현재 인하대 전기공학과 교수.  
Tel : 032-860-7397  
E-mail : youngsk@inha.ac.kr