

철도시스템의 RAMS 중심의 유지보수 정책 결정을 위한 개념적 절차

A Conceptual Procedure of RAMS Centered Maintenance for Railway Systems

김종운[†] · 박준서^{*} · 이호용^{*} · 김재훈^{*}

Jong-Woon Kim · Jun-Seo Park · Ho-Yong Lee · Jaehoon Kim

Abstract There are two main parts to improve the quality and the efficiency of railway service. One is to acquire the system with high RAMS performance and the other is to keep it up. Therefore we need to specify RAMS requirements in the system specifications and verify them. In addition, it is necessary to monitor RAMS and to make operation and maintenance policies based on RAMS. This article presents RAMS centered maintenance procedure of which target is to continuously achieve the inherent RAMS performance of the acquired system. The method to evaluate the effect on RAMS and the conceptual optimal model for determining maintenance interval are also proposed.

Keywords : RAMS, RCM, Maintenance

요 **지** 철도 서비스의 품질과 효율을 높이기 위해서는 높은 RAMS 성능을 가진 시스템의 획득과 이의 지속적인 달성이 매우 중요하다. 이를 위해서 시스템의 구매사양서에 RAMS 요구사항을 명기하고 이를 검증하는 것과 운영 및 유지보수 단계에서 RAMS 성능의 지속적인 관찰 및 RAMS 중심적인 운영 및 유지보수 정책 수립이 필요하다. 본 연구에서는 획득된 시스템의 RAMS 고유 성능이 지속적으로 달성되는 것을 목표로 하는 RAMS 중심의 유지보수에 대한 절차를 제안한다. 또한 유지보수 업무 및 주기에 따른 RAMS 영향 평가 기법 및 최적 유지보수주기 결정을 위한 개념적 모형을 제시한다.

주 **요** **어** : RAMS, RCM, 유지보수

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

RAMS(Reliability, Availability, Maintainability, Safety)는 철도 서비스의 품질을 결정하는 중요한 요소들 중 하나이다. RAMS 성능 향상을 통해 철도 서비스의 품질을 높이기 위해서는 높은 RAMS 성능을 가진 시스템을 획득하여야 하며 또한 획득된 시스템의 RAMS 성능을 지속적으로 유지하여야 한다. 이를 위해서 국내외 철도 운영기관에서는 구매사양서에 RAMS에 대한 요구사항을 명기하여 높은 RAMS 성능을 가진 시스템이 도입될 수 있도록 하고 있다.

높은 RAMS 성능을 가진 시스템이 도입되면 RAMS 지표를 지속적으로 관리하여 RAMS 성능을 유지하는 것이 관건이다. RAMS 성능을 유지하기 위해서는 효율적이고 효과적인 유지보수는 필수적이다. 이와 같은 효과적인 유지보수체계 수립을 위해 철도산업계에서는 RCM(Reliability Centered Maintenance) 기법의 도입에 대한 연구가 진행되고 있다.

Carretero 등은 EU(European Union)에서 수행한 ‘RAIL’ 프로젝트를 통한 결과로서 철도 네트워크에 적용한 RCM 방법론과 RCM 소프트웨어를 제시하였다[1]. 또한 REMAIN (Reliability and Maintainability in European Rail Transport), ROMAIN(Railway Open Maintenance Tool), INFRACOST (The Cost of Railway Infrastructure) 프로젝트에서 철도의 안전성과 신뢰성을 향상시키기 위하여 RCM 기법을 도입하였다 [2].

[†] 책임자 : 정희원, 한국철도기술연구원, 철도시스템연구본부, 선임연구원
E-mail : jong@krri.re.kr
TEL : (031)460-5222 FAX : (031)123-1234

^{*} 한국철도기술연구원

국내에서도 RCM 기법을 철도산업에 적용하기 위한 다양한 연구가 시도되었다. 한석운 등은 고무차륜 AGT(Automated Guideway Transit) 시스템의 유지보수 체계 구축을 위한 RCM 적용 절차를 제시하였다[3]. 이호용 등은 RAMS 추정 및 RCM 기법을 활용한 유지보수 정보화 시스템을 개발하였다[4]. 임병우, 윤덕균은 고속철도차량(KTX)에 RCM 적용 사례를 바탕으로 KTX RCM 의 시스템 흐름도 및 탄력적 예방정비 주기 조정 방법을 소개하였다[5]. 신석균은 EN50126에 제시되어 있는 RAMS 활동절차를 기반으로 하여 철도시스템을 위한 RCM의 간소화된 절차를 제시하였다[6].

이와 같이 RCM 기법은 국내외의 철도산업에서 유지보수 업무 수립의 방법으로 활발히 적용되고 있다. RCM 기법의 장점은 수행 프로세스가 입증되고 실행이 용이하다는 점에 있다. RCM은 철도 외 산업에서 그 효용이 입증되었으며 다수의 국제적 표준으로 정의되는 등 RCM 프로세스는 이미 많은 연구를 통해 정착화 되었다.

그러나 현재까지의 RCM 기법은 프로세스 수행에 그 초점이 맞추어 있어 프로세스 수행의 목표가 명확하지 않다는 단점이 있다. 물론 RCM 프로세스는 신뢰성과 안전성 향상이라는 목적으로 맞는 프로세스가 정의되어 있지만 신뢰성 및 안전성에 대한 정량화된 목표를 가지고 있지는 않다. 이 때문에 RCM 기법은 의사결정 프로세스에서 유지보수 업무 및 주기의 효율성 평가와 같은 의사결정에 대해서는 개념 수준의 방법론만을 제시하고 있을 뿐 정형화된 기법을 제시하지 못하고 있다. 이러한 문제를 해결하고자 하는 시도 중의 하나가 리스크 기반 유지보수(RBM: Risk-based maintenance)의 도입이다. 리스크 기반 유지보수는 안전성과 유지보수를 통합하여 리스크를 평가하고 평가된 리스크를 기반으로 유지보수를 계획하는 방법이다. Fig. 1과 같이 최근 들어 유지보수의 개념으로 리스크 기반 유지보수가 등장하여 RCM을 보완하면서 활발히 적용되고 있다[7].

본 연구에서는 RAMS 성능을 유지하는 것을 목표로 하는 RAMS 중심의 유지보수 업무 개발 절차를 다룬다. RAMS 중심의 유지보수 절차는 기존의 RCM 절차를 바탕으로 유지보수 업무 종류를 결정하는 과정과 정량적인 RBM 기법을 도입하여 유지보수업무의 종류와 주기에 따른 RAMS 측면의 리스크를 평가하는 과정으로 구성된다. RAMS 중심의 유지보수의 전체적 프로세스는 기존의 RCM 프로세스를 철도시스템에 적합하도록 조정하여 제시하였다. 또한 정량적인 유지보수주기의 결정을 위해 RBM 기법을 도입하여 철도시스템의 유지보수주기 결정에 따른 리스크로 ‘서비스신뢰도’, ‘가용도’, ‘안전성’, ‘수명주기비용’ 네 가지 리스크 평가 척도를 및 계산 방법을 제시하였다.

또한 유지보수의 대상이 되는 아이템에 대해 RAMS 목표가 설정되어 있다는 가정하에서 최적 유지보수주기 설정을 위한 개념적 모형을 제시하였다.

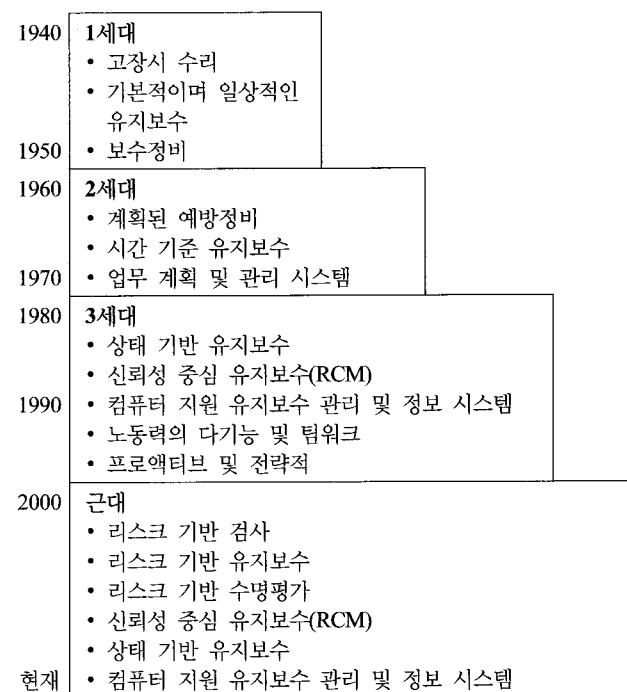


Fig. 1. Development of maintenance philosophy (Arunraj & Maiti [7])

2. RAMS 중심 유지보수 절차

본 장에서는 철도시스템의 RAMS 중심 유지보수 절차를 제시하고 절차에 포함된 각 단계의 내용을 제안한다. RAMS 중심의 유지보수 절차란 철도 서비스의 품질 및 운영의 효율성을 평가할 수 있는 척도인 RAMS 성능을 유지 또는 향상을 목표로 하는 유지보수 정책 결정 절차이다.

제시하는 철도시스템의 RAMS 중심 유지보수 절차는 Fig. 2와 같다. Fig. 2의 절차는 RCM 프로세스를 기본으로 하여 RAMS 영향 평가 결과를 통해 유지보수 업무 및 주기를 결정 할 수 있는 절차를 추가하였다. Fig. 2의 프로세스안의 각 단계 별 업무에 대한 정의는 RCM 규격인 IEC 60300-3-11[8], SAE JA1012[9], NAVAIR 00-25-403[10], MIL-HDBK- 2173[11] 내용을 철도시스템에 적합하도록 조정하여 제시하였다.

Fig. 2의 주요 단계에 대한 업무 내용의 정의 및 설명은 2.1 ~ 2.5에서 기술한다. Fig. 2의 절차 중 RCM과 가장 차별화되고 중요한 단계는 유지보수 업무 및 주기의 RAMS 영향 평가와 이를 통한 유지보수업무 및 주기의 선정 단계이다. 이 단계에 대해 고정시간 업무에 대한 개념적 모형을 3장에서 제시 한다.

RAMS 중심 유지보수 절차에서 사용되는 유지보수 업무는 NAVAIR 00-25-403에 따라 다음과 같이 분류한다.

- 서비스 업무(S) : 정상적인 운영 중에 고갈되는 소모성 물품 (연료, 오일, 산소, 수소 등)을 보충하는 업무
- 급유 업무(L) : 적절한 운용 또는 때 이른 기능 고장의 예방을 위해 윤활유의 공급이 필요한 아이템에 대해 윤활유를 주기적으로 공급하는 업무
- 온 컨디션 업무(OC) : 잠재적 고장 상태를 발견하기 위해 예정된 검사
- 고정시간 업무(HT) : 기능적 고장을 예방하기 위하여 지정된 최대 연령 한계에서 수행하는 한 아이템의 계획된 제거 또는 회복/복구 활동
- 고장 발견 업무(FF) : 이미 발생하였으나 운영 요원에게 분명하게 나타나지 않는 기능적 고장을 발견하기 위하여 숨은 기능 아이템에 대한 계획된 검사

2.1 분석 대상 시스템 설정

장비의 안전성, 가용성, 경제성에 대한 시스템의 중요성에 의해 유지보수 분석 프로그램에 포함될 시스템을 선정하며 Smith 등에 의해 제시된 기준은 다음과 같다[12].

- 많은 항목의 예방정비 업무를 가진 시스템
- 높은 예방정비 비용이 발생하는 시스템
- 많은 항목의 예방정비 업무를 가진 시스템
- 높은 보수정비 비용이 발생하는 시스템
- 시스템의 서비스의 부분적 또는 완전 중단의 주요 원인이 되는 시스템
- 안전과 환경에 영향을 주는 시스템

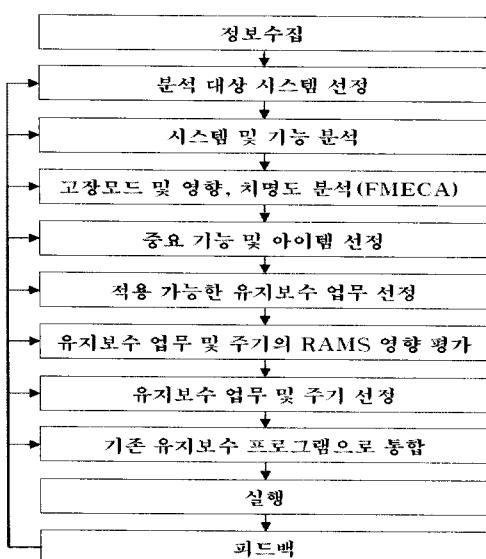


Fig. 2. RAMS Centered Maintenance Process

2.2 시스템 기능 분석 및 고장모드 및 영향, 치명도 분석

시스템 기능 분석 및 FMECA(Failure Mode, Effect and Criticality Analysis)는 RCM에서와 같이 매우 중요하며 많은 시간이 소요되는 절차이다. RCM 기법에서는 기존의 일반적인 기능분석 및 FMECA 기법이 사용되며, 본 절차에서도 기존의 방법들이 사용될 수 있다.

FMECA의 분석의 효율을 높이기 위해서 설계 단계에서의 FMECA 결과를 바탕으로 유지보수 중심의 FMECA를 수행하는 것이 바람직하며 이를 위하여 설계단계와 같은 FMECA 기준을 사용하는 것이 바람직하다. 철도시스템의 경우 EN50126에서 정의되어 있는 RAMS 절차 중 RAM 분석 활동의 하나로 FMECA가 CLC/TR 50126-3에 정의되어 있으며 이에 대한 가이드라인이 CLC/TR 50126-3의 5.5.4.6장에 제시되어 있다[13,14].

2.3 중요 기능 및 아이템 선정

유지보수 분석은 기능 중심 또는 아이템 중심으로 분석을 수행할 수 있다. 이 때 분석의 효율을 높이기 위해 중요한 기능 및 아이템에 대해 우선적으로 분석하는 것이 바람직하다. Fig. 3과 같은 중요 기능 선택 로직을 통해 중요 기능과 비 중요 기능을 식별한다. 중요 아이템은 중요 기능을 가진 아이템이다.

- 중요 기능 : 해당 기능의 고장이 안전 및 환경, 운영, 경제성 측면에서 악영향을 주는 기능
- 비 중요 기능 : 해당 기능의 고장이 안전 및 환경, 운영, 경제성 측면에서 악영향을 주지 않는 기능

2.4 적용 가능한 유지보수 업무 선정

중요 기능이 선정되었으면 해당 기능 또는 고장모드에 대해 적용할 수 있는 유지보수 업무를 선정하여야 한다. 기능

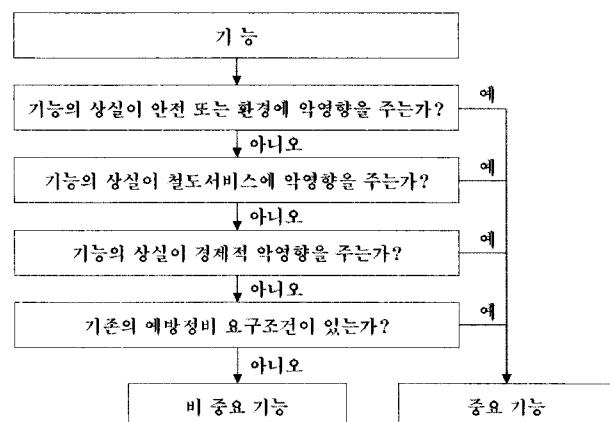


Fig. 3. Significant Function Selection Logic Diagram

고장에 대한 적용 가능한 업무 선정 절차는 Fig. 4와 같으며 각 유지보수 업무에 대한 적용 가능한 업무가 되기 위한 조건은 다음과 같다.

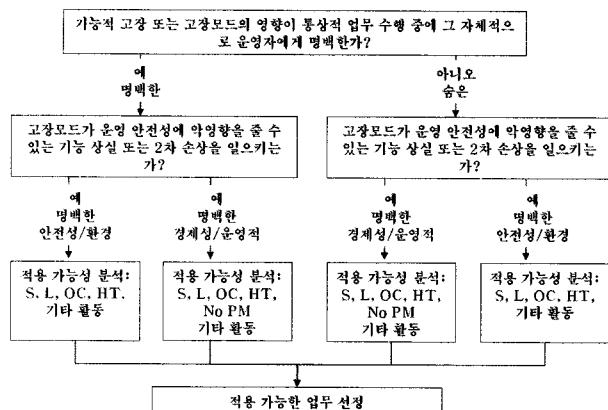


Fig. 4. Applicable Tasks Selection Logic Diagram

2.4.1 서비스/급유 업무

- 소모품의 보충은 기능의 저하율을 감소시켜야 한다.

2.4.2 온 컨디션 업무

온 컨디션 업무를 적용 가능하기 위해서는 고장 프로세스가 Fig.5와 같이 구성되어져야 한다. 즉 한 아이템 또는 기능이 고장나는 과정은 시간이 진행됨에 따라 기능이 감소되어 특정 시점(P)에서 기능이 감소가 진행되고 있음을 확인할 수 있고 이 기능이 점차적으로 감소하여 한 시점(F)에서 고장이 발생하는 고장 프로세스를 가져야 한다.

- 고장에 대한 감소된 저항력이 텀지 될 수 있어야 하며, 고장 저항력의 감소율이 예측 가능하여야 한다.
- 명확히 정의 가능하고 식별 가능한 잠재적 고장이 존재하여야 한다.
- 식별할 수 있는 P-F 기간이 존재하여야 한다.

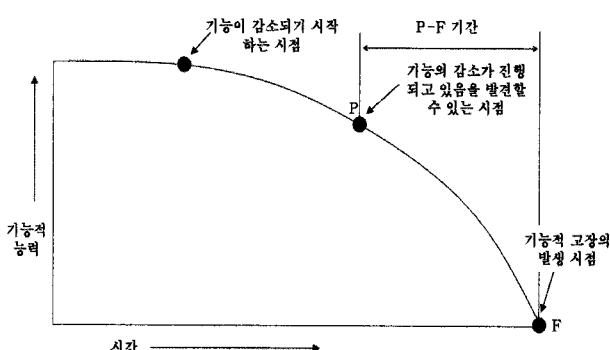


Fig. 5. On Condition Task Considerations

- P-F 기간보다 짧은 기간에 온 컨디션 업무 수행이 물리적으로 가능하여야 한다.
- 잠재적 고장의 발견에서부터 기능적 고장 발생까지의 시간 중 가장 짧은 시간은 고장모드의 결과를 회피, 제거 또는 최소화하기 위해 미리 정해진 활동이 수행될 수 있을 만큼 충분히 길어야 한다.

2.4.3 고정시간 업무

2장에서 정의한 고정시간 업무의 대표적 예는 아이템의 주기적 교환이나 오버홀 등으로 아래와 같은 특성을 가져야 한다.

- 고려중인 고장률이 가파르게 증가하는 연령이 있어야 한다.
- 해당 고장모드 발생의 충분히 큰 부분이 이 연령 이후에 일어나야 한다.
- 회복/복구 활동은 고장 저항성의 수락 가능한 수준으로 복구시킬 수 있어야 한다. (회복/복구 활동에만 해당)

2.4.4 고장발견 업무

- 고장발견 업무는 복합 고장의 확률을 수락할 수 있는 수준으로 줄여야 한다.

2.5 유지보수 업무 및 주기의 RAMS 영향 평가

적용 가능한 유지보수 업무가 선정되면 해당 업무에 대해 적정 주기를 결정하기 위해 RAMS 영향을 평가해야 한다. RAMS 영향 평가는 임의로 선정된 주기에 대해 RAMS 영향 평가를 수행할 수 있으며 3.5장의 개념적 모형과 같이 RAMS 영향 평가를 통한 최적 주기를 결정할 수도 있다. 유지보수 업무 및 주기의 RAMS 영향을 평가하기 위한 RAMS 지표는 안전성, 서비스 신뢰성, 가용성, 수명주기비용을 사용한다. 안전성과 가용성은 EN50126에서 서비스 품질을 결정하는 일차적인 RAMS 지표로 기술되고 있으며, 수명주기비용은 철도 운행 및 유지보수 효율성을 평가하기 위한 중요한 지표로 사용되고 있다. 서비스 신뢰성은 안전성 및 가용성에 영향을 줄 뿐 아니라 그 독립적으로 서비스 품질을 나타내는 중요한 지표로써 대부분의 철도차량의 구입 사양에 명기되어 있다. 이에 가지 RAMS 지표는 시스템의 성능 뿐 아니라 유지보수 업무의 종류 및 주기에 영향을 받기 때문에 유지보수 업무 및 주기의 효율과 효과를 평가하는 RAMS 영향 지표로 사용된다. RAMS의 항목 중 유지보수성은 독립적인 리스크 평가 척도로는 사용되지 않고 가용도 및 수명주기비용에 영향을 주게 된다.

3장에서는 고정시간 업무에 대한 RAMS 영향 평가를 위한 개념적 모형을 설명한다.

RAMS 영향 평가를 통해 유지보수 업무 및 주기가 선정되면 RAMS 지표가 가장 우수한 유지보수 업무가 최종 대안으로 선정될 수도 있고 때로는 비용 대 효과 분석을 통해 하나 이상의 유지보수 업무를 수행할 수도 있다.

3. 고정시간 업무 주기의 RAMS 영향 평가

3장에서는 고정시간 업무에 대한 RAMS 영향 평가를 위한 개념적 모형을 설명한다. 고정시간 업무는 Fig. 6과 같이 지정된 최대 연령 한계에서 아이템에 대해 예방정비를 수행하므로 아이템의 고장률을 $\lambda(T^*)$ 이하가 되도록 한다. 즉 아이템의 고장률은 고정시간 업무 주기, T^* 에 따라 달라지므로 고정시간 업무 주기를 결정하기 위해서 RAMS 영향을 평가하여야 한다. 본 연구에서는 아이템의 교환과 같이 예방정비 후 아이템의 상태는 새것과 같이 된다고 가정한다.

3.1 안전성 평가

아이템이 안전에 관련된 품목이라면 안전성 평가를 수행하여야 한다. 안전성 평가는 일반적으로 Table 1에 나와 있는 안전성 리스크 평가를 통해 수행되게 된다. Table 1과 같은 리스크는 빈도와 심각도의 함수이다. 고정시간 주기는 고장모드의 심각도에는 영향을 주지 않고 발생빈도에만 영향을

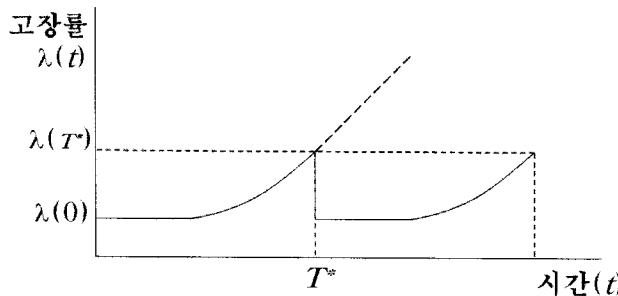


Fig. 6. Failure Rate Reduction after Hard Time Task

Table 1. Typical example of risk evaluation and acceptance (EN50126)

빈도	리스크 수준			
	Undesirable	Intolerable	Intolerable	Intolerable
Frequent	Undesirable	Intolerable	Intolerable	Intolerable
Probable	Tolerable	Undesirable	Intolerable	Intolerable
Occasional	Tolerable	Undesirable	Undesirable	Intolerable
Remote	Negligible	Tolerable	Undesirable	Undesirable
Improbable	Negligible	Negligible	Tolerable	Tolerable
Incredible	Negligible	Negligible	Negligible	Negligible
	Insignificant	Marginal	Critical	Catastrophic
	심각도			

주기 때문에 고정시간 주기에 따라 고장모드의 발생빈도가 어떻게 변하는지를 분석하여 안전성 평가에 반영하여야 한다.

고정시간 업무 주기에 따른 고장 발생 빈도는 아래의 식에 의해 산출된다.

$$\text{연간 고장발생 회수} = \frac{\int_{t=0}^{T^*} \lambda(t) dt}{T^*} \times OT \quad (1)$$

$\lambda(t)$ = 고장을 함수

OT = 아이템(고장모드)의 연간 운영 시간

위와 같이 연간 고장발생 회수가 결정되면 고장의 발생빈도 등급을 EN50126의 정성적 발생빈도 분류표에 의해 정성적으로 분류할 수도 있고 Table 2와 같이 정량적인 발생빈도 기준에 의거하여 발생빈도 등급을 분류할 수도 있다[15].

Table 2. Example of frequency ranking scheme (CLC/TR50126-2)

구분	발생빈도 범위 예	연간평균발생빈도
Frequent	1회/20일 ~ 1회/3달	6.25
Probable	1회/3달 ~ 1회/1.25년	1.25
Occasional	1회/1.25년 ~ 1회/7년	0.25
Remote	1회/7년 ~ 1회/35년	0.05
Improbable	1회/35년 ~ 1회/175년	0.01
Incredible	< 1회/175년	0.002

3.2 서비스 신뢰성 평가

서비스 신뢰성은 철도 서비스에 영향을 주는 고장의 빈도에 관한 특성이다. 이에 대한 대표적인 정량적인 척도로는 서비스 고장 간 간격(MTBSF : Mean Time Between Service Failures)이 있으며 이 척도는 철도시스템의 서비스 신뢰성 요구조건으로도 널리 사용되고 있다.

MTBSF는 고정시간 간격의 함수로서 아래의 식에 의해 계산되어진다.

$$MTBSF = E(T^*) = \frac{\int_0^{T^*} \bar{F}(x) dx}{\bar{F}(T^*)} \quad (2)$$

$F(x)$ = 서비스 고장 시간에 대한 고장분포함수

$\bar{F}(x) = 1 - F(x)$

3.3 가용성 평가

가용성을 평가하는 시점과 목적에 따라 다양한 정량적인 척도들이 제시되었다. CLC/TR 50126-3에서는 철도차량의 가용성 평가를 위해 5가지의 정량적 척도가 제시되었다. 그 중에서 운영/유지보수의 효율성을 평가하기 위한 척도가 운

영 가용도이며 이 척도는 철도 시스템의 유지보수주기의 효율과 효과를 평가하는 척도로 사용될 수 있다.

운영 가용도 A_o 는 고정시간 업무 주기의 함수로 아래의 식에 의해 계산되어 진다.

$$A_o = \frac{MTBM}{MTBM + MDT} \quad (3)$$

$$MTBM = \int_0^{T^*} xf(x)dx + T^* \int_x^\infty f(x)dx \quad (4)$$

$$MDT = F(T^*) \cdot DT_{cm} + \bar{F}(T^*) \cdot DT_{pm} \quad (5)$$

MDT = 평균 다운 시간

$f(x)$ = 고장시간에 대한 확률밀도함수

DT_{cm} = 해당 아이템의 보수정비 작업으로 인한 평균 시스템 가동 중지 시간

DT_{pm} = 해당 아이템의 예방정비 작업으로 인한 평균 시스템 가동 중지 시간

3.4 수명주기비용 평가

유지보수주기에 따라 수명주기비용이 영향을 받기 때문에 유지보수주기를 결정하기 위해서 수명주기비용을 평가되어야 한다. 유지보수주기에 따라 변경되는 수명주기비용 부분은 예방정비 비용과 보수정비 비용, 고장에 따른 손실비용이다.

따라서 해당 아이템의 고정시간 업무에 영향을 받는 수명주기비용의 평가는 아래의 단위 시간당 총 영향 비용으로 계산된다.

• 단위 시간당 총 영향 비용 (TC) = 예방정비비용 + 보수정비비용 + 고장 발생에 따른 손실비용

$$TC = \frac{F(T^*) \cdot [C'_{mh} \cdot MT_{cm} + C'_{ma} + C'_{pe}] + \bar{F}(T^*) \cdot [C''_{mh} \cdot MT_{pm} + C''_{ma}]}{\int_0^{T^*} xf(x)dx + T^* \int_x^\infty f(x)dx} \quad (6)$$

$f(x)$ = 고장시간에 대한 확률밀도함수

MT_{cm} = 아이템의 1회 보수정비 작업에 소요되는 시간

MT_{pm} = 아이템의 1회 예방정비 작업에 소요되는 시간

C'_{mh} = 아이템의 1회 보수정비에 소요되는 시간당 비용

C'_{ma} = 아이템의 1회 보수정비에 소요되는 재료비

C'_{pe} = 아이템의 1회 고장발생에 따른 손실비용

C''_{mh} = 아이템의 1회 예방정비에 소요되는 시간당 비용

C''_{ma} = 해당 아이템의 1회 예방정비에 소요되는 재료비

3.5 최적 고정시간 업무 주기 결정 모형

고정시간 업무 주기를 결정하고자 하는 아이템에 대해 안전성, MTBSF, 운영가용도 요구조건이 정해져 있는 경우는 아래와 같은 최적화 모형을 통해 안전성, 서비스신뢰성, 가용성 요구조건을 만족하면서 수명주기비용을 최소로 하는 고정시간 업무 주기를 결정할 수 있다.

- 목적함수

$$\text{최소화 } TC = \frac{F(T^*) \cdot [C'_{mh} \cdot MT_{cm} + C'_{ma} + C'_{pe}] + \bar{F}(T^*) \cdot [C''_{mh} \cdot MT_{pm} + C''_{ma}]}{\int_0^{T^*} xf(x)dx + T^* \int_x^\infty f(x)dx} \quad (7)$$

- 제약조건

$$Safety(T^*) \geq Safety_{target} \quad (8)$$

$$MTBSF(T^*) = E(T^*) = \frac{\int_0^{T^*} \bar{F}(x)dx}{F(T^*)} \geq MTBSF_{target} \quad (9)$$

$$A(T^*) = \frac{MTBM}{MTBM + MDT} \geq A_{target} \quad (10)$$

4. 결론

본 연구에서는 획득된 시스템의 RAMS 고유 성능이 지속적으로 달성되는 것을 목표로 하는 RAMS 중심의 유지보수 정책 결정을 위한 절차를 제안하였다.

제안된 RAMS 중심의 유지보수 절차는 기존의 RCM 절차를 바탕으로 유지보수 업무 종류를 결정하는 과정과 정량적인 RBM 기법을 도입하여 유지보수업무의 종류와 주기에 따른 RAMS 측면의 리스크를 평가하는 과정으로 구성된다. RAMS 중심의 유지보수의 전체적 프로세스는 기존의 RCM 프로세스를 철도시스템에 적합하도록 조정하여 제시하였다. 또한 정량적인 유지보수주기의 결정을 위해 RBM 기법을 도입하여 철도시스템의 유지보수주기 결정에 따른 리스크로 ‘서비스신뢰도’, ‘가용도’, ‘안전성’, ‘수명주기비용’ 네 가지 리스크 평가 척도를 및 계산 방법을 제시하였다.

본 연구에서 제시한 RAMS 중심의 유지보수 절차 및 기법의 도입은 철도 서비스의 품질 척도인 RAMS 성능, 즉 서비스 신뢰도, 가용도, 안전성을 향상시키고 철도 서비스의 경제성 척도인 수명주기비용을 감소시킬 수 있을 것으로 기대된다.

[참고 문 헌]

1. Carretero, J., Pérez, J. M., Carballeira, F. G., Calderón, A., Fernández, J., García, J. D., Lozano, A., Cardona, L., Cotaina, N., Prete, P. (2003). "Applying RCM in large scale systems: a case study with railway networks", Reliability Engineering & System Safety, Vol.82, pp.257-273.
2. Márquez, F. P .G., Schmid, F., Collado, J. C. (2003). "A reliability centered approach to remote condition monitoring. A railway points approach", Reliability Engineering & System Safety, Vol.80, pp.33-40.
3. 한석윤, 하천수, 이한민(2004) “고무차륜 AGT 차량의 신뢰성 중심 유지보수(RCM)에 관한 연구”, 한국철도학회논문집, 제7권, 제3호, pp.271-277
4. 이호용, 한석윤, 박기준, 배철호, 서명원(2004), “도시철도 유지보수 예방정비체계 구축 방법론에 관한 연구”, 한국철도학회논문집, 제7권, 제3호, pp.245-250.
5. 신석균(2006) “철도시스템 적용을 위한 SRCM 개발에 관한 연구”, 박사학위 논문, 광운대학교
6. Arunraj, N. S., Maiti, J. (2007) “Risk-based maintenance-Techniques and applications”, Journal of Hazardous Materails, Vol.142, pp.653-661.
7. IEC 60300-3-11 (1999), Application guide - Reliability centered maintenance, 1999.
8. MIL-HDBK-2173 (1998), Handbook for reliability-centered maintenance requirements for naval aircraft, weapons systems and support equipment.
9. NAVAIR 00-25-403 (2001), Guidelines for the naval aviation reliability-centered maintenance process.
10. SAE JA1012 (2002), A guide to the reliability-centered maintenance (RCM) standard.
11. Smith A.M. (1993), Reliability-Centered Maintenance, McGraw-Hill.
12. EN50126 (1999), Railway applications - The specification and demonstration of Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS).
13. CLC/TR 50126-3 (2006), Guide to the application of EN50126 for rolling stock RAMS.
14. CLC/TR 50126-2 (2007), Guide to the application of EN50126 for safety.

(2008년 1월 3일 논문접수, 2008년 2월 12일 심사완료)