철도차량의 효과적 RCM 적용을 위한 LTA로직 개발

The Development of Logic of LTA(Logic Tree Analysis) for an Effective RCM Application of Rolling stock

송기태† 김민호* 백영구* 신건영** 이기서***

Song, Kee-Tae Kim, Min-Ho Baek, Young-Gu Shin Kun-young Lee, Key-Seo

ABSTRACT

In this paper, the study on development of an applicable logic on the characteristics of Rolling stocks will be proposed. In general, this logic which means decision logic or LTA(Logic Tree Analysis) is used to analyze how the failure mode have an effects on the system. The effect would be categorized as safety, operational, economical, etc. To do this, based on the typical logics which have been applied to other industries, such as plants, aero, etc. This paper emphasizes two crucial parameters that is one cost the other customer service, that have an important role in railway system operation.

In conclusion, as mentioned above as the logic for which could be effectively applied for the railway system(RST) would be developed.

1. 서 론

최근 국내 철도 산업에서는 신뢰성 중심의 유지보수(Reliability Centered Maintenance) 시스템 구축을 위해 많은 노력이 진행되고 있다. 하지만 오래전부터 항공분야 및 대형 장치 산업에 적용되어온 RCM 논리를 국내외의 철도시스템에 그대로 적용하기에는 철도 시스템의 특성으로 인해 적합하지 않은 부분이 많다. 이러한 문제점들이 존재하는 상황에서 RCM을 적용했을 경우 분석 시에 시스템의 기능적 분류 수준의 부정확성, 명확하지 않은 고장 관련 메커니즘, 시스템의 특성에 따른 전형적 고장유형 및 고장원인 정의의 어려움, 고장유형이 미치는 영향에 대한 분류기준의 모호함 등과 같은 문제들을 유발하여 최종적으로 목표한 RCM 적용의 효과를 얻지 못하고 시간과 비용을 낭비하게 되는 결과를 초래할 가능성이 크다. 따라서 기술 및 운영적인 측면에서 철도시스템에 효과적으로 RCM을 적용하기 위하여 철도시스템의 각각의 하부 시스템에 있어서의 운영 및 기술적인 특성에 따라 전문화된 RCM논리의 개발이 요구된다.

본 논문에서는 RCM적용 시 각각의 고장유형이 안전성, 운영성, 경제성에 미치는 영향을 확인하고 체계적으로 분류하기 위한 주요논리로 사용되는 LTA(Logic Tree Analysis)로직에 대하여 철도차량 시스템의 특성에 적합한 로직의 개발을 위한 연구를 실시하고자 한다. 이를 위하여, 일반적인 RCM의 개념과 분석절차에 대하여 간략히 언급하고, 타 산업분야에 적용되어 오던 전형적인 LTA로직에 대한 원리를 설명한다. 이러한 전형적이고 기본적인 LTA로직을 기반으로 철도 차량의 운영에 있어서 중요요소로써 고려할 수 있는 고객 서비스 및 비용 손실요소의 고려를 통하여 철도차량에 효과적으로 적용 가능한 고객서비스 및 비용에 관련한 각각의 LTA로직을 도출할 것이다. 또한, 추가적으로 이러한 각각의 요소를 통합하여 더욱더 효과적이고 종합적으로 철도차량시스템에 적용에 적합한 LTA로직을 제안하며, 향후 철도시스템에 전문적인 RCM을 효과적으로 적용하기 위해 이루어져야 하는 사항들에 언급하고자한다.

† 책임저자 : 비회원, (주)마이크로트랙, RAMS팀, 대리
E-mail : keetae@microtrack.co.kr
TEL : (02)2249 -2382 FAX : (02) 2249 -2386
* 비회원, (주)마이크로트랙, RAMS 팀
** 비회원, 서울도시철도공사, 차량기술 팀
*** 정회원, 광운대학교 정보제어 공학과, 교수

2. RCM분석과 LTA

2.1 RCM의 개념

RCM(Reliability Centered Maintenance)은 본래 이전부터 시스템의 고장으로 인한 안전상의 치명도가 높은 해외의 대형플랜트, 항공분야 및 군수 분야 등에서 주로 적용되어 왔다. RCM은 기본적으로 시스템의 고장에 관련해서 일정 시간동안 체계적으로 수집된 신뢰성 데이터를 활용하여 각각의 고장 특성을 분석하고 해당 고장이 미치는 영향과 치명도에 따른 효과적인 유지보수 방법을 결정하며, 또한 그 결과의 실제 적용을 위한 체계적이고 합리적인 절차들을 수립하기위한 방법론이라 할 수 있다. 이러한 RCM을 적용하는 주요 목적은 불필요하고 비효율적인 유지보수 업무들을 최소화함으로써 결과적으로 시스템의 운영 및 안전성을 향상시켜 운영상의 이익을 극대화 하는 것이다. 이를 위해서는 신뢰성에 기반한 유지보수 업무 선정 및 계획 수립이 매우 중요하다고 할 수 있다. RCM에서 예방정비 업무로써 분류되는 종류에는 TDM(Time Directed Maintenance), CDM(Condition Directed Maintenance), FFM(Failure Finding Maintenance), RTF(Run to Failure)로 크게 나눌 수 있다. 이러한 일반적인 RCM방법론을 특정한 시스템에 적용시키기 위해서는 그 시스템 특성에 적합한 RCM 논리를 적용하지 않으면 효율적인 분석이 진행되기 힘들며, 그 결과의 적용을 통해 효과를 얻기 어렵다. 이와 같이 RCM 적용을 통하여 많은 효과를 얻고 있는 기타 여러 산업에서는 이러한 문제를 해결하기 위하여 각각의 특성화된 RCM 논리를 개발하기 위한 연구와 노력을 기울여 왔기 때문에 이러한 문제를 극복할 수 있었던 것이며, 현재 RCM을 넘어서 WCM(World Class Maintenance)이라는 더욱더 진보된 유지보수 시스템 구축을 위하여 많은 투자와 노력을 아끼지 않고 있다.

2.2 RCM 분석 절차

RCM 분석을 위해서는 기본적인 분석논리에 따른 절차가 필요하다. 이러한 RCM분석 절차들은 기존의 여러 Standard에서 언급 되었으며, 각각의 절차에 대한 표현상의 의미는 조금씩 다르지만 기본적인 절차는 유사하다고 볼 수 있다. 따라서 본 장에서는 가장 기본적이며 전형적인 Classical RCM의 분석절차를 설명하도록 한다.

Classical RCM의 분석절차는 이전의 고장데이터를 기반으로 정량적인 분석 및 치명도가 높은 시스템을 우선 선정하여 선정된 시스템의 구성 및 수준을 분류하고 주요 인터페이스 요소 등을 확인하며, 각각의 기능 및 기능고장, 그리고 고장유형과 고장원인을 규명한다. 이를 통하여 이러한 각각의 고장유형 또는 기능고장이 시스템에 미치는 영향 및 치명도를 확인하여 RCM의 주요 논리인 LTA(Logic Tree Analysis)와 PMTA(Preventive Maintenance Task Analysis)를 사용하여 각각의 고장특성에 적합한 예방정비 업무를 도출한다. 최종적으로 선정된 예방정비 업무들을 업무유형, 업무주기, 업무담당자 등의 정보들에 따라 분류하여 RCM 분석 결과들을 정리한다. 참고로 RCM 분석은 위와 같은 절차로써 종료되는 것이 아니라 결과 적용 후 일정한 기간 동안의 모니터링을 통하여 적용결과의 이상 및 예측되지 않은 기능고장, 고장유형, 고장원인, 시스템의 영향 등이 발생하면 그 효율성에 따라 전형적인 RCM절차에서 조금은 축소된 RCM절차를 반복적으로 수행하게 된다. 이러한 반복적인 RCM 분석을 통하여 RCM을 통한 예방정비 업무는 계속적으로 최적화 되어 그 효과를 향상시키게 될 것이다.

다음의 그림1.은 Classical RCM 절차를 도식화한 것이다.

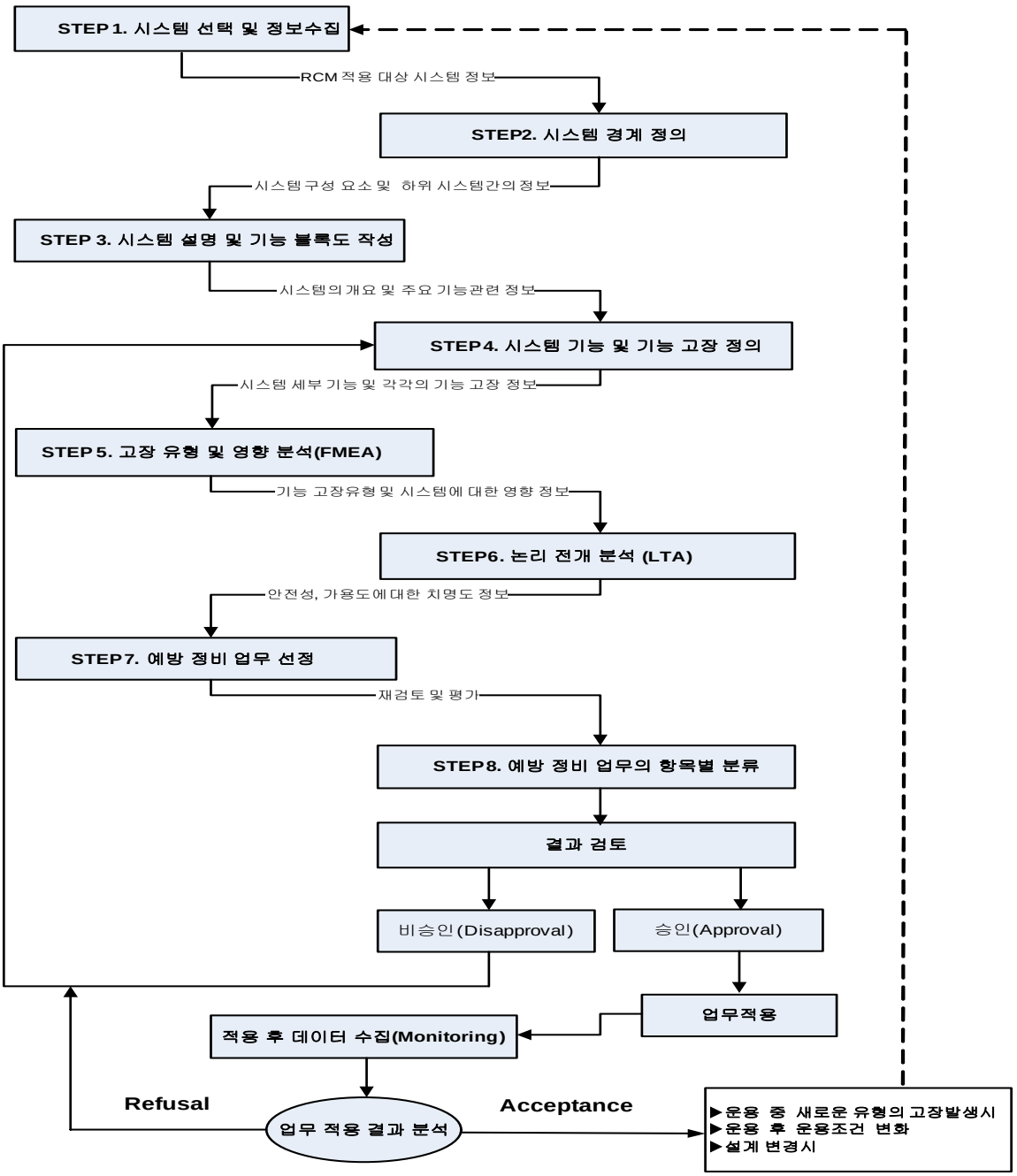

그림 1. Classical RCM 분석 절차

2.3 LTA의 설명

LTA(Logic Tree Analysis)는 RCM 분석에 있어서 사용되는 주요논리로써 고장유형, 원인 및 영향분석을 통해 확인된 각각의 고장유형이 시스템에 미치는 영향을 규명하여, 그 영향을 안전성, 운영적 영향, 경제적 영향과의 관련성에 따라 분류하기 위한 논리이며, 이 LTA결과를 토대로 차후 PMTA시에 효과적인 예방정비 업무의 선정을 위한 주요 데이터로써 사용된다. 이러한 LTA의 일반적인 논리는 모두 같으며, 다만, 항공 산업이나 원자력 산업 그리고 기타 특수 산업에서 사용되는 LTA는 일부 해당시스템의 특성에 따라 조금씩 다른 논리를 사용하고 있다. 이처럼 LTA의 기본적인 목적에 따라 그 원리는 모두 동일하나 실제 적용시의 효과를 향상시키고 보장하기 위해서는 LTA의 기본원리를 기반으로 한 적용시스템 특성에 적합한 LTA논리가 필요하다고 할 수 있다.

2.4 전형적 LTA로직

상기에서 언급한 기본적 LTA논리는 각각의 고장유형이 미치는 영향을 크게 3가지 범주로 분류하고 있으며, 그 3가지 범주는 안전성(Safety) 관련 영향(A), 운영적(Operational) 영향(B), 경제적(Economical) 영향(C)이다. 이러한 3가지 분류와 동시에 그 고장유형의 발생을 인지하는 것에 관련하여 정상적인 운영상에서 바로 발견 가능한지 아니면 정상운영상에서 고장유형의 발생이 숨겨져 있는지를 확인하는 고장 발생의 인지 특성에 관련한 분류(D)를 포함하고 있다. 만약, 특정 고장유형이 정상상태에서 인지 할 수 없는 특성을 갖는다면 해당 고장 유형의 LTA결과는 고장 발생의 인지 특성에 관련한 분류(D)를 포함한 D/A, D/B, D/C로 표현될 수 있는 것이다.

다음의 그림2.는 전형적 LTA논리를 도식화 한 것이다.

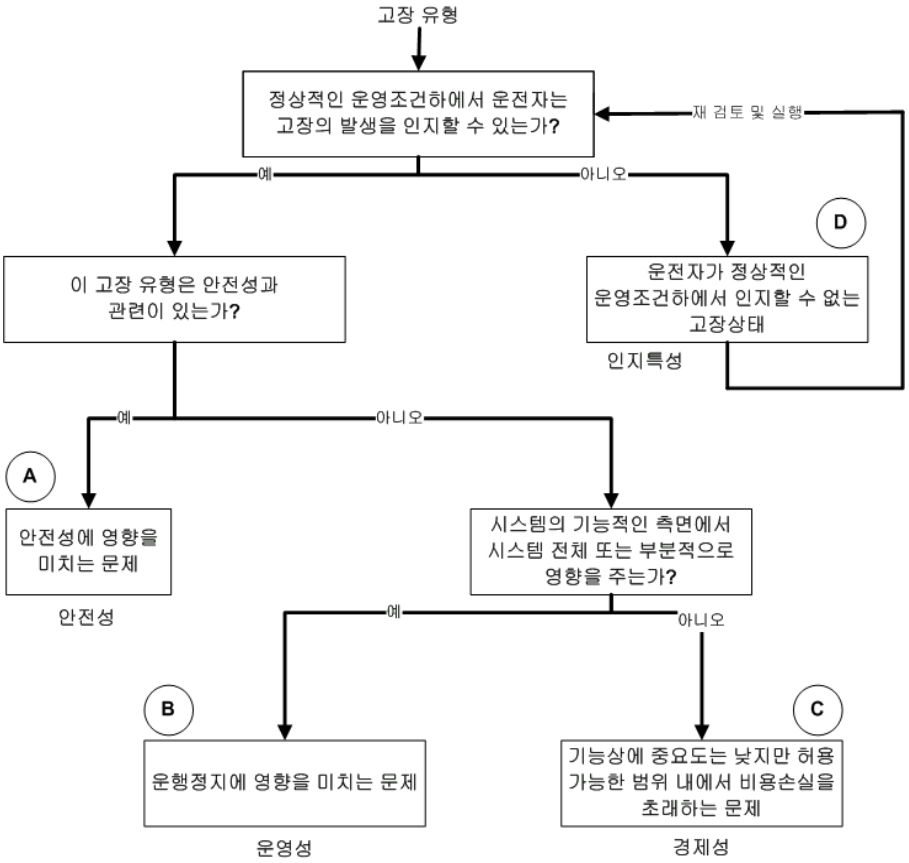

그림2. 전형적 LTA로직

3. 철도차량 시스템에 효과적으로 적용 가능한 LTA로직 개발

위에서 언급한 바와 같이 철도 차량시스템에 효과적으로 RCM을 적용하기 위해서는 철도차량시스템이라는 특수한 시스템의 특성을 고려한 LTA논리가 필요하다고 할 수 있다. 이를 위해서는 먼저 철도 차량시스템에서 주요하게 고려해야할 요소가 무엇인지에 대하여 생각해 보아야 한다. 철도 시스템에서 고려해야하는 주요 요소는 기본적인 요소인 안전성, 운영적 요소, 경제적 요소와 더불어 고객관련 서비스를 추가적으로 고려할 수 있다.

현재 철도 시스템은 급속적인 기술발전과 서비스 개선을 통하여 많은 고객들이 주요 대중교통수단으로 이용하고 있는 상황에서 고객서비스는 보이지 않는 운영 이익을 창출할 수 있는 주요 운영 요소라고 할 수 있다. 따라서 이러한 요소의 고려를 통하여 철도차량적용을 위한 LTA논리를 개발할 필요가 있다고 할 수 있다. 추가적으로, LTA논리상에서 기본적으로 언급되어 있는 경제적 요소를 조금 더 효과적으로 적용하기 위한 LTA논리 개발 또한 RCM적용 효과를 향상시킬 수 있을 것으로 사료된다.

3.1 고객서비스 측면을 고려한 LTA로직 개발

철도 차량에 효과적 RCM 적용을 위한 LTA로직 개발을 위하여 현대 철도 차량 시스템에서 추가적으로 고려해야 할 요소인 고객서비스를 고려한 LTA로직은 다음의 그림3.과 같이 나타낼 수 있다.

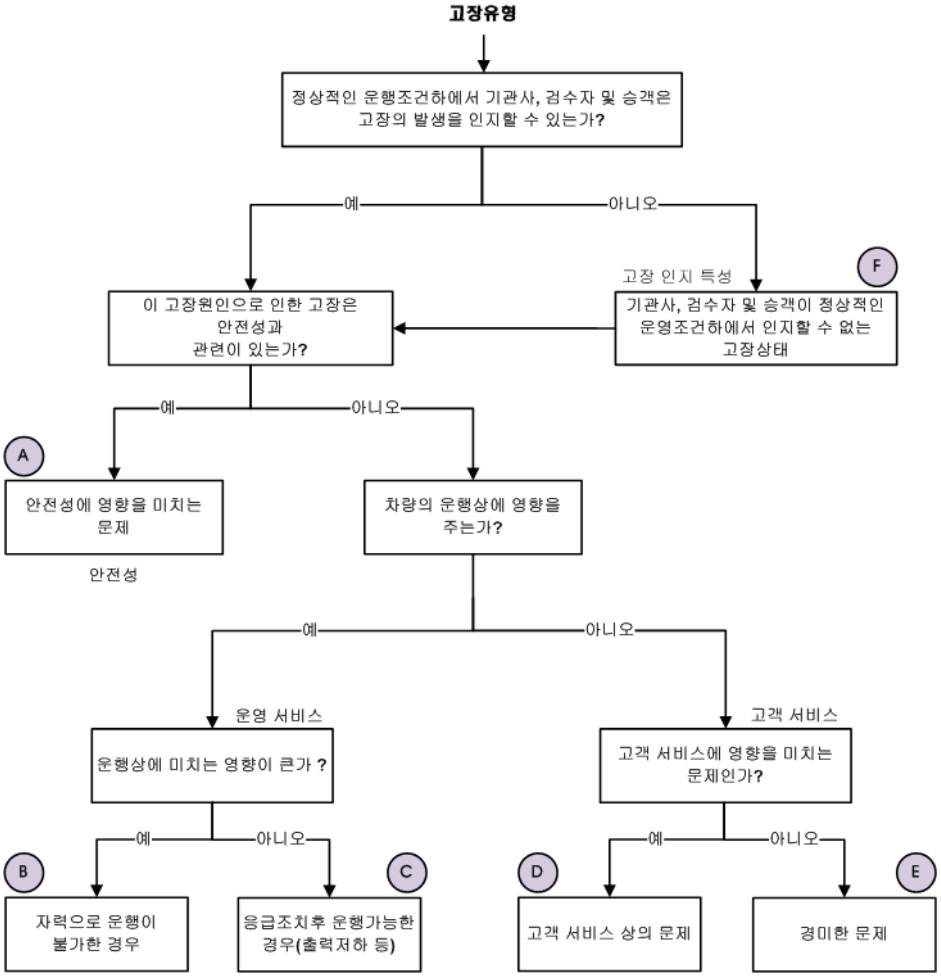

그림 3. 고객서비스를 고려한 철도차량 적용 LTA로직

3.2 비용손실정도를 고려한 LTA로직 개발

효과적인 RCM 분석을 위해서는 비용에 관련한 데이터 수집 및 분석이 매우 주요하다. 하지만 실제 철도시스템 또는 철도 차량시스템에 대한 비용관련 데이터 관리 및 분석이 활발하게 이루어지지 못하는 실정이다. 따라서 이러한 부분을 감안해 LTA를 통하여 각각의 고장유형이 유발하는 비용손실정도를 이용하여 고 비용손실 관련 고장유형 또는 저비용 손실고장유형으로 분류를 함으로써 예방정비 업무 및 유지보수 관련 정책수립 시에 유용한 자료로써 사용될 수 있을 것이다. 이를 위해서는 각 철도 운영기관에서의 비용관련 데이터 관리 및 비용손실 기준정의에 대한 많은 노력이 선행되어야 할 것이다.

다음의 그림4.는 비용 손실정도를 고려한 LTA로직을 나타낸 것이다.

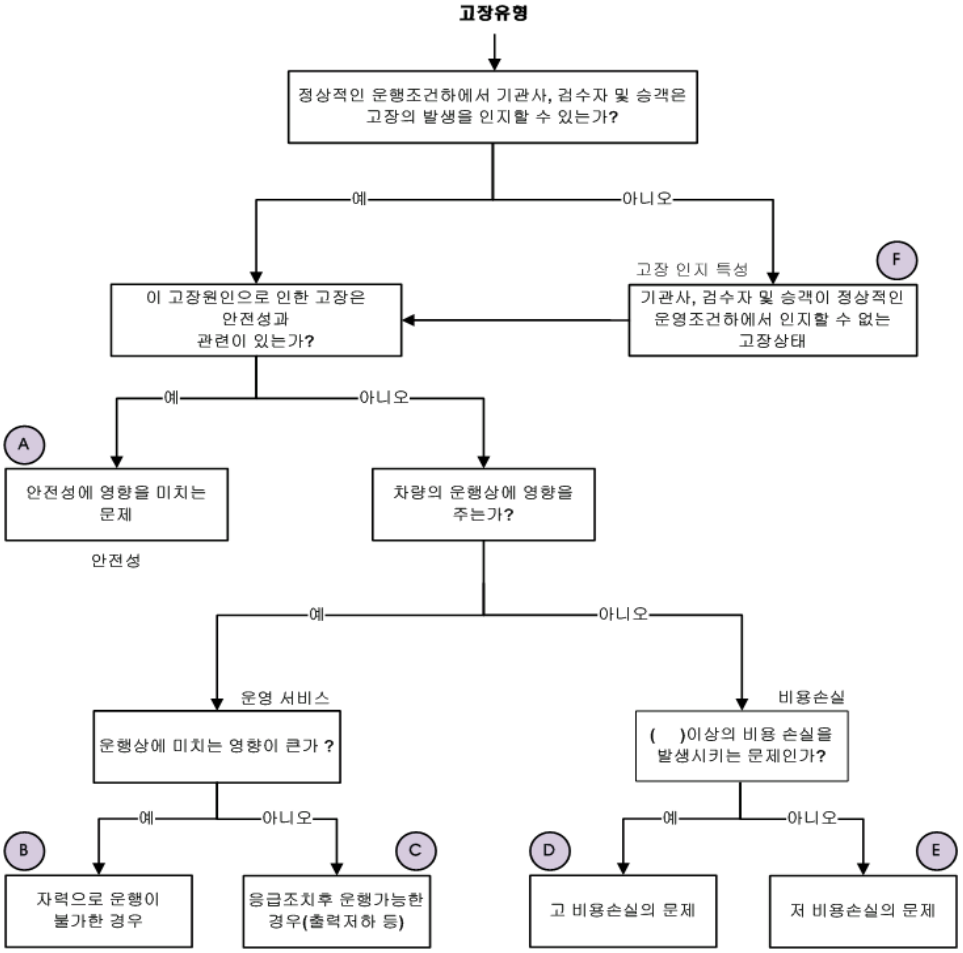

그림4. 비용손실 정도를 고려한 LTA 로직

3.3 통합 LTA로직 개발

상기에서 나타낸 고객서비스 및 비용손실정도를 고려한 LTA논리를 필요에 따라 통합하여 적용하면 RCM 분석의 효과를 더욱더 증대 시킬 수 있을 것이다. 하지만 무조건 위의 두 가지 LTA로직을 통합하여 사용하는 것 보다는 현재 RCM 분석에 사용될 데이터의 상황 및 얻고자 하는 결과를 고려를 통해 분석자가 판단하여 적절하게 분리 또는 통합하여 적용하는 것이 효과적일 것이다.

다음의 그림5.는 고객서비스 및 비용손실정도를 고려한 통합 LTA로직을 나타낸 것이다.

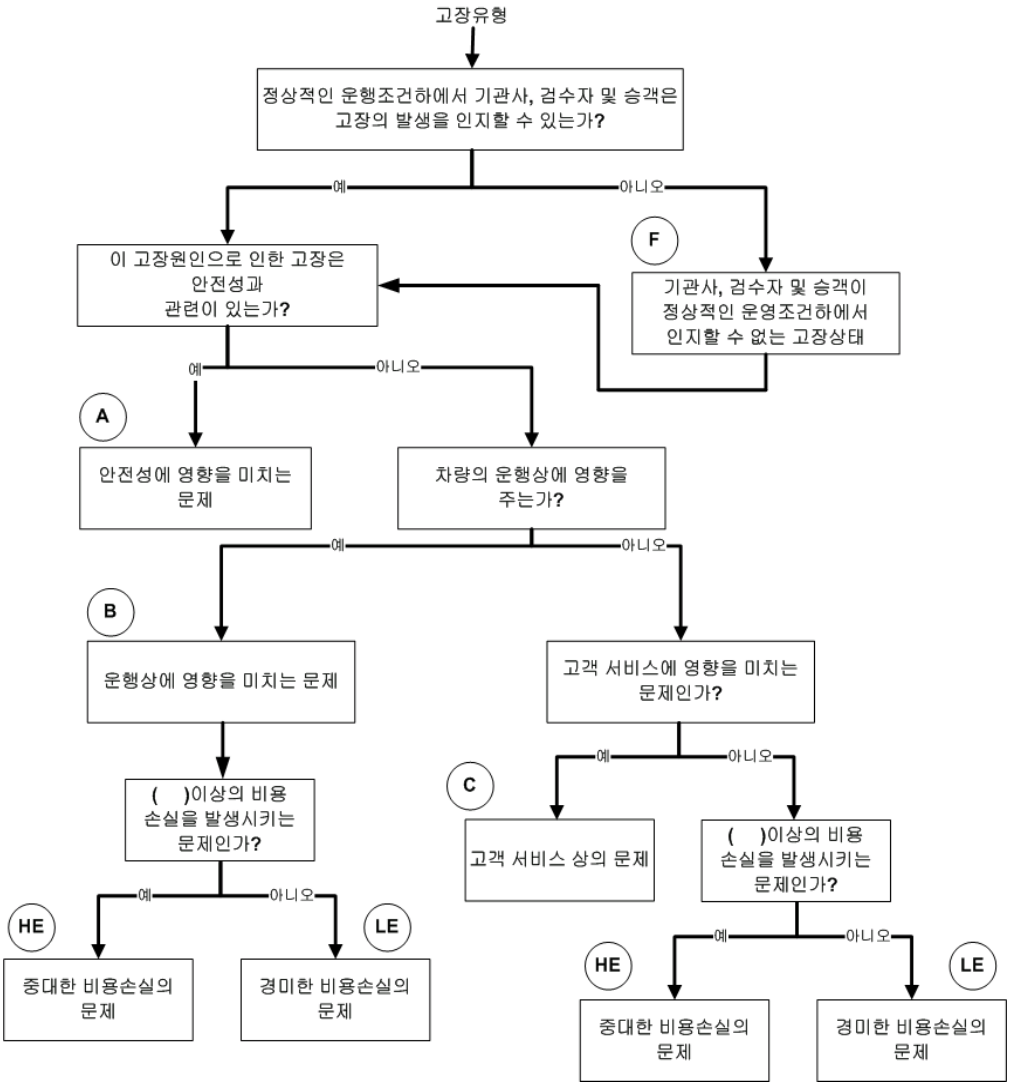

그림5. 고객서비스 및 비용손실정도를 고려한 통합 LTA로직

4. 결론 및 향후과제

본 논문에서는 철도 차량에 적용하기 위한 LTA로직 개발을 위하여 RCM의 일반적 개념 설명 및 RCM 분석절차를 설명하고, 그 중에서 LTA에 대한 설명과 전형적 논리에 대하여 언급하였다. 이를 통해 철도 차량시스템의 주요 요소인 고객서비스와 비용손실정도를 고려한 각각의 LTA논리 개발안을 제시하였으며, 추가적으로 그러한 개별적 LTA를 통합하는 방안에 대하여 설명하였다. 이러한 연구를 통하여 현재 국내 철도 시스템에 RCM을 효과적으로 적용시키기 위해서는 이러한 부분 외에도 많은 부분 연구와 노력이 필요하다는 것을 알 수 있었으며, 그 중에서도 특히 국가기관 및 운영기관에서 이러한 노력이 헛되지 않도록 제도적 또는 정책적 기반 마련이 필히 이루어져야 할 것으로 사료된다.

본 논문을 통해 향후 국내 철도차량의 RCM 적용 시의 용이성 및 효율성을 향상시키고 그 결과의 효과를 보증 할 수 있을 것으로 기대하며, 더 나아가 철도 시스템 전반에 걸쳐 각 시스템의 특성에 적합한 RCM 논리 개발 및 적용을 위한 연구의 활성화에 기여 할 수 있을 것으로 기대한다.

참고문헌

1. Anthony Mac. Smith (2002), "RCM-Gateway to World Class Maintenance"
2. NAVAIR, RCM Working Group Steering Committee - NAVAIR 00-25-403
3. 신석균 (2006), "철도시스템 적용을 위한 SRCM 개발에 관한 연구 " 박사학위논문, 광운대학교
4. John Moubray(1997), Reliability-Centered Maintenance Ⅱ.
5. SAE JA1012(2002),"A Guide to the Reliability-Centered Maintenance(RCM) Standard"
6. IEC 60300-3-11(2003),"Application Guide-Reliability Centered Maintenance", Dependability management-Part3-11
7. MIL-STD-2173(AS)(1986),"Reliability-Centered Maintenance Requirements for Naval Aircraft, Weapons System and Support Equipment"