

철도신호시스템의 안전설계를 위한 M&S 기반 설계대안 분석

M&S-Based Design Alternative Analysis for Safety Design of Railway Signaling System

정호전*, 이재천*[†], 김창원

Ho-Jeon Jung*, Jae-Chon Lee*[†], Chang-Won Kim*

초 록 철도신호시스템은 철도차량의 운행을 제어하는 시스템으로 안전의 확보가 매우 중요한 시스템이다. 이러한 안전 중시 시스템들에 대해 설계 단계에서부터 안전성을 확보하기 위해 안전설계가 이뤄지고 있다. 시스템의 안전설계를 위해 개념설계 단계에서부터 안전조치를 식별하여 반영하기 위한 연구들이 수행되고 있다. 그러나 기존 연구에서는 구성품 수준에서의 안전분석 및 안전조치의 반영에 대해 연구가 수행되었다. 또한 설계대안들에 대해 리스크 같은 단일요소에 의한 평가가 주로 이뤄졌다. 기능안전의 확보 측면에서는 기능수준에서부터 안전조치가 식별되어 설계에 반영되어야 한다. 따라서 본 연구에서는 기능수준에서의 안전 분석 및 안전조치를 반영하기 위한 M&S의 활용 방안에 대해 연구하였다. 또한 안전 뿐만 아닌 비용, 성능등의 복수의 지표에 의한 대안분석을 위한 M&S 활용방안을 연구하였다.

주요어 : Railway Safety, Safety Analysis, Hazard Analysis, Model-Based Approach

1. 서론

안전 중시 시스템에 대해 설계단계에서부터 안전을 확보하기 위해 안전설계가 이뤄지고 있다. 이 때 설계단계에서부터 안전을 확보하기 위한 안전조치들이 반영된다. 이때 안전조치가 단일한 것이 아닌 다양한 방안들이 도출될 수 있다. 따라서 대안들에 대해 안전 목표, 성능등을 충족하는지에 대해 분석하는 것이 필요하다. 이 때 M&S를 활용하여 대안 분석을 하는 연구들이 수행되고 있다. 기존 연구에서는 Fig. 1과 같이 구성품 수준에서 안전조치가 반영된 모델을 생성하여 분석하였다. 또한 대부분 리스크 단일지표로 대안 분석을 수행하였다. 그러나 기능안전의 확보 측면에서는 기능수준에서 안전분석 및 안전조치의 반영이 필요하다. 또한 리스크 단일지표가 아닌 비용, 성능등을 포함하는 복수개의 지표에 의한 분석이 필요하다. 따라서

본 논문에서는 Fig. 1과 같이 기능수준에서의 안전분석 및 안전조치의 반영과 복수개의 지표로 분석하기 위한 M&S 활용방안에 대해 제안하였다.

2. 설계대안 분석에서의 M&S 활용방안

2.1 M&S 기반 설계대안 분석 절차

안전설계를 위한 설계대안 분석 절차는 다음과 같다.

- (1) 시스템 모델링
- (2) 모델을 활용한 안전분석
- (3) 안전조치의 식별 및 모델에 반영
- (4) 안전조치가 반영된 모델을 활용한 대안 분석: 시뮬레이션의 활용

위와 같은 절차는 분석대상이 되는 시스템의 설계정보를 모델링 하는 것, 모델링된 설계정보를 기반으로 안전분석을 수행하는 것, 안전분석결과를 활용하여 다양한 안전조치를 식별하고 이를 모델에 다시 반영하는 것, 안전조치가 반영된 대안 모델을 활용하여 안전목표 및 설계목표를

[†] 교신저자: 아주대학교 시스템공학과
(jaelee@ajou.ac.kr)

* 아주대학교 시스템공학과

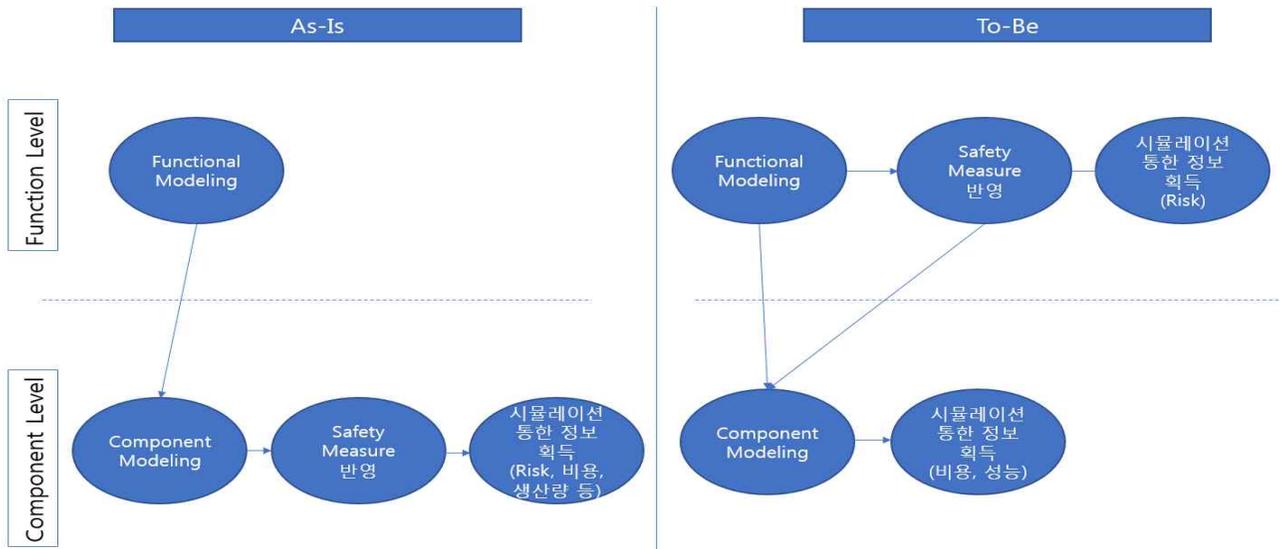


Fig. 2 Concept of Alternative Analysis

충족하는 대안을 도출하는 것까지를 포함하는 절차이다. 이 절차에 따라 M&S 설계대안분석을 수행하게 되는데 이때 활용되는 M&S 기법이나 분석방법이 다양하게 제안되고 있다.

2.2 설계대안 분석에서의 M&S 활용방안

위와 같이 M&S 기반 설계 대안분석을 위한 절차를 제시하였다. 이때 절차에 따라 수행하는데 있어 구체적인 M&S 활용방안은 다음과 같다.

시스템 모델링은 설계진행에 따라 기능수준에서의 기능 구조 및 구성품 구성에 대해 모델링 하기 위해 SysML의 Block Definition Diagram이 활용된다. 기능의 거동을 분석하기 위해서는 Activity Diagram이 활용되어 기능의 수행순서, 기능간의 인터페이스등을 분석한다. 구성품의 인터페이스를 분석하기 위해서는 Internal Block Diagram이 활용되어 구성품간의 인터페이스가 어떻게 구성되는지 인터페이스에 따라 교환되는 것은 무엇인지를 분석 할 수 있다.

다음으로 기능수준에서 안전분석을 위해 고장상태에 관한 분기를 추가하여 대상시스템의 리스크를 분석한다. 이 때는 기능의 거동분석을 위해 생성한 Activity Diagram에 고장에 관한 분기를 추가형

활용한다. 이 모델을 활용하여 확률 측면에서의 리스크를 분석할 수 있다. 이 결과를 활용하여 안전조치가 필요한 부분을 식별하고 안전기능의 형태로 안전조치를 반영한다.

그리고 대안들의 비용, 성능등의 평가를 위해 구성품모델에 성능, 비용에 관한 파라미터들을 추가한다. 이를 활용하여 SysML의 Parametric Simulation을 통해 대안별 비용, 성능의 평가를 수행 할 수 있게 된다.

3. 결론

본 논문에서는 M&S 기반의 설계대안분석 방법에 대해 제시하였다. 이를 위해 설계대안분석 절차 및 절차에 따른 M&S의 활용방안에 대해 제시하였다. 이를 활용하여 안전설계를 수행할 때 안전 목표 및 설계목표를 충족하는 설계를 수행할 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] T. Kurtoglu, I. Tumer, and D. Jensen, "A functional failure reasoning methodology for evaluation of conceptual system architecture," *Research in Engineering Design*, vol. 21, no. 4, pp. 209-234, Oct. 2010.
- [2] S. Sierla, I. Tumer, N. Papakonstantinou, K. Koskinen, and D. Jensen, "Early integration of safety to the mechatronic system design process

by the functional failure identification and propagation framework," *Mechatronics*, vol. 22, no. 2, pp. 137-151.

- [3] M. H. Ordouei, A. Elkamel, and G. Al-Sharrah, "New simple indices for risk assessment and hazards reduction at the conceptual design stage of a chemical process," *Chemical Engineering Science*, vol. 119, no. 8, pp. 218-229, Nov..
- [4] V. Rose, L. Bao (2007) Vibration of the plate with a hole, *Proceedings of the 25th ASCE International Civil Engineering Congress*, New Orleans, LA, pp. 47-52.
- [5] L. Li, B. Persaud, and A. Shalaby, "Using micro-simulation to investigate the safety impacts of transit design alternatives at signalized intersections," *Accident Analysis and Prevention*, vol. 100, Mar. 30, 2017.