

하이브리드 궤도회로 안전성분석에 대한 연구

A Study on Safety Analysis of Hybrid Track Circuit

이창룡*[†], 이기서*, 양동인**, 오세화***, 정호형**** 김주안*****

Chang-long Li*[†], Key-seo Lee*, Dong-in Yang**, Sea-hwa Oh***, Ho-hung Jung****, Juan Kim*****

Abstract Hybrid track circuit system read/write the RFID Tag on a sleeper using RFID Reader to determine and transmit the location of the train accurately to the on-board equipment. Hardware part consists of RFID Tag, RFID Reader and Control Box. In this paper, we draw the requirement for train precision stop through safety analysis of hybrid track circuit for train detection.

Keywords : Track Circuit, HTC, Safety Analysis

초 록 하이브리드 궤도회로 시스템은 침목 위의 RFID Tag를 RFID Reader로 읽기, 쓰기 하여 열차의 위치를 정확하게 판단하여 열차의 위치정보를 차상장치에 전송하는 장치이다. 하드웨어 부분은 RFID Tag, RFID Reader, Control Box로 구성이 된다. 본 논문에서는 열차의 위치인식을 위한 하이브리드 궤도회로 안전성 분석을 통하여 열차위치검지를 위한 요구사항을 도출한다.

주요어 : 궤도회로, 하이브리드 궤도회로, 안전성 분석

1. 서론

이 최근 국내에 신설되는 지하철, 경량전철, KTX 등에 설치되는 신호 시스템은 대부분 고밀도의 운전시격을 요구하고 있으며, 이러한 시스템적 요구사항을 충족하기 위해서는 열차의 안전 운행 및 정밀한 위치 정확도가 필요하다. 기존의 열차제어시스템은 이러한 시스템적 요구사항을 반영하여 궤도회로, RFID, 발리스, 타코미터 등을 이용하여 열차 위치 및 열차 속도를 검지하고는 있으나, 아직 여러 문제점들이 있다.

기존 신호 시스템은 선로변에 일정 간격으로 설치되는 발리스를 통해 제공되는 절대적 열차 위치와 열차 차량의 양 차축에 설치되는 타코미터를 통해 전달되는 열차 위치 정보간의 비교를 통해 차상 제어 장치가 열차 위치 타당성 확인을 수행하고 있다. 그러나 값비싼 발리스 가격으로 인해 발리스 설치 대수에 제한이 따르고, 발리스 장치에 대한 해외 의존도가 높은 실정이다. 이를 탈피하고자 국내에서 발리스 국산화 개발에 성공하였지만, 상용화 단계까지는 아직 시일이 걸릴 것으로 예상된다.

† 교신저자: 광운대학교 일반대학원 제어계측공학과(long_kw@kw.ac.kr)

* 광운대학교 로봇학부 ** 국토해양부

*** 신분당선 신호팀 **** 서울메트로 기술연구원

***** 광운대학교 동북아문화산업학부

또한 차상 타코미터의 펄스 발생 주기와 선로변에서 절대 위치 정보를 제공하는 발리스의 이격 간격이 짧을수록 정밀한 열차 위치 정보를 제공할 수 있으나, 값비싼 발리스 가격으로 인해 촘촘히 발리스를 설치할 수 없고, 타코미터의 경우에는 철도차량의 출발 또는 제동 체결 시 발생하는 차륜의 공전(슬립:slip)과 공주(슬라이드:slide)를 필터링 할 수 없기 때문에 발리스 정보의 타코미터의 펄스 카운터 비교만으로는 정확한 열차 위치를 산출할 수 없다. 따라서 이를 보완하고자 신호시스템에서 핵심적인 궤도회로를 하드웨어와 소프트웨어 기술을 이용하여 열차위치를 정확하게 검지할 수 있는 하이브리드 궤도회로를 설계한다.

2. 하이브리드 궤도회로

2.1 하이브리드 궤도회로 소개

하이브리드 궤도회로의 전체적인 구성은 다음 그림과 같으며, 궤도회로단락에 의해 열차 위치를 검지하는 방식이 아니라 선로에 설치된 특수태그(Passive 태그)와 차상간의 정보전송으로 열차위치를 검지하는 방식이다.

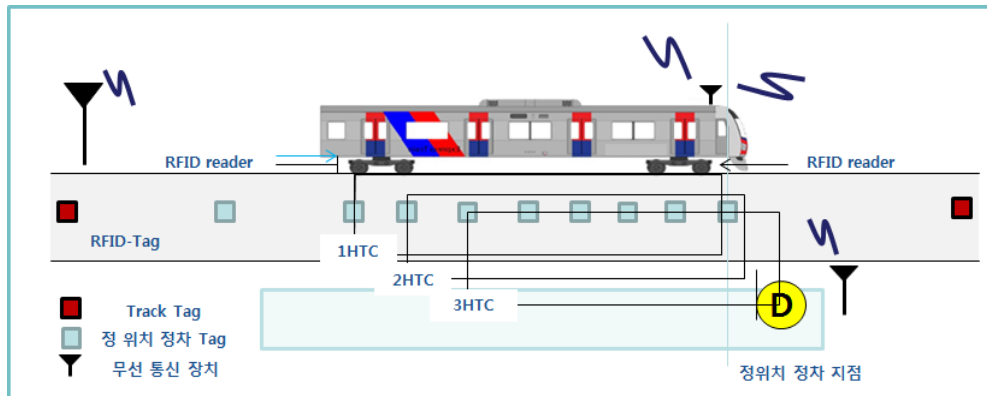


Fig. 1 Hybrid Track Circuit

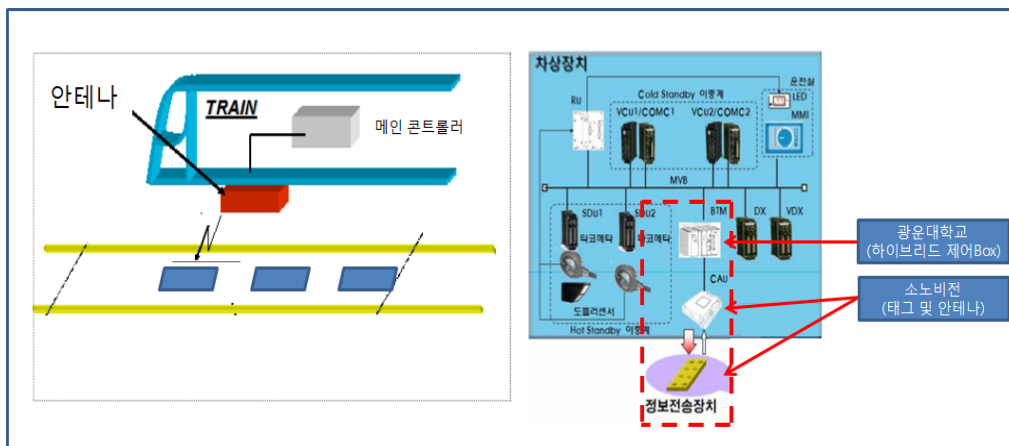


Fig. 2 Hybrid Track Circuit System Configuration

하이브리드 궤도회로 시스템은 기존 철도신호시스템에서 궤도회로에 상응되는 부분으로서 아래 그림과 같이 별도의 하이브리드 궤도회로 메인 컨트롤러를 기존의 ATP 신호 시스템 및 타코미터와 인터페이스되어 있다. 열차 전두부 및 후두부에 설치되어 있는 900MHz의 특수 안테나가 통해 침목 위에 설치된 수동형 태그 정보를 수신하여 이를 HTC 메인 컨트롤러에 송신하면, 컨트롤러는 수신된 태그 정보와 타코미터의 펄스 카운터 값을 비교 분석하여 ATP 차상장치로 송신한다. 본 시스템은 기존의 ATO/ATP와 연동이 되어서 기존에 운행 중인 차량, 현재 개발하고 있는 차세대 전동차 시스템에도 설치가 가능하다.

2.2 하이브리드 궤도회로 구성

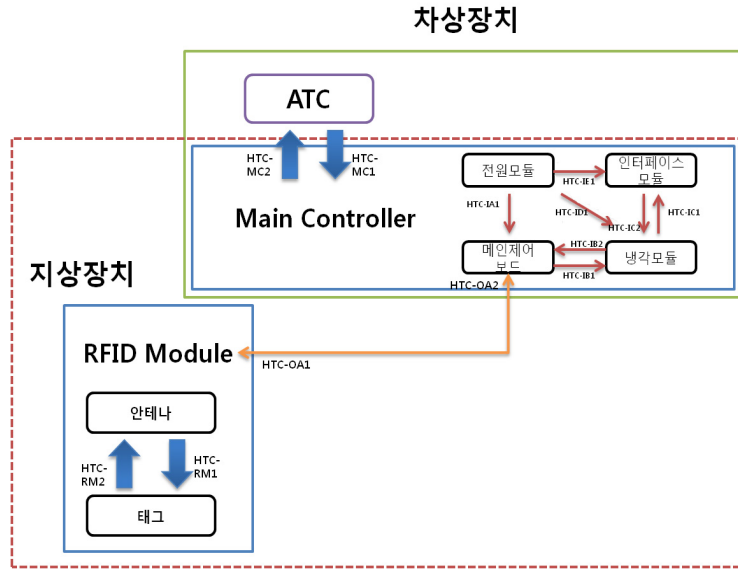


Fig. 3 Hybrid Track Circuit Interface

하이브리드 궤도회로는 차상장치와 지상장치로 분류되고, 차상장치는 전원모듈, 메인제어모듈, 냉각모듈, 인터페이스모듈로 구성이 된다. 지상장치는 RFID모듈로 구성이 되는데, 안테나와 태그가 포함된다.

Table 1 Hybrid Track Circuit Interface

모듈명	기능
전원모듈	외부에서 공급된 전원을 RFID모듈, 메인제어보드, 인터페이스 모듈 및 냉각모듈에 필요한 전원을 공급한다.
메인제어모듈	태그에서 전송받은 열차 위치에 대한 정보를 분석하여 열차의 위치를 최적화하고 이 최적화한 열차위치 데이터를 태그에 저장한다.
인터페이스모듈	메인제어보드에서 분석한 열차 위치정보에 대한 정위치 정차 제어시스템의 데이터를 송수신하며 열차위치의 정보를 차상에 전송하는 무선 통신 시스템의 데이터를 송수신하고 열차속도와 이동거리 검지 시스템의 데이터를 송수신한다.
냉각모듈	HTC랙의 온도를 감지하고 그에 맞는 적절한 온도로 유지해 준다.
RFID모듈	RX/TX 신호로 고유 숫자를 받아 RFID Reader와 Tag로 열차의 위치에 대한 정보를 송수신한다.

각 모듈의 기능 및 인터페이스는 위의 표와 같다.

3. 시스템 요구사항

3.1 기능 요구사항

HTC-TF1: 태그로부터 위치정보를 수신하여 ATC로 전송하는 기능
이 기능은 PHA문서에 의하여 SIL 4의 요구사항을 만족하여야 한다.

3.2 인터페이스 요구사항

HTC-TF1: 태그로부터 위치정보를 수신하여 ATC로 전송하는 기능, 이 기능은 PHA문서에 의하여 SIL 4의 요구사항을 만족하므로

- 기능 1: 태그의 정보를 읽기
 - 기능 2: 태그에서 읽어온 정보를 메인제어장치로 전송
 - 기능 3: 메인제어장치에서 처리한 정보를 ATC에 전송
- 위의 기능은 SIL 4의 요구사항을 만족해야 한다.

3.3 신뢰성 요구사항

신뢰성 요구사항은 HTC 구성부품의 평균고장시간(MTBF=추후결정)으로 정의된다.

Table 2 Reliability Requirement

순번	적용대상	MTBF	단위
1	HTC 지상장치	20,000시간	Hour
2	HTC 차상장치	50,000시간	Hour

3.4 유지보수성 요구사항

HTC의 유지보수성 요구사항은 HTC의 구성부품에 대한 유지보수 조치가 주어진 조건 하에서 규정된 시간 내에 규정된 절차에 의해 성공적으로 수행됨을 보증해야 한다.

HTC의 교정유지보수도(Corrective Maintenance)는 아래 식과 같이 산출 하며, 정량적 유지보수에 대한 목표는 HTC 정량적 유지보수도 목표와 같이 적용한다. 교정유지보수도의 평가는 MIL-HDBK-472 를 기준으로 예측하며, 현장 설치 및 시운전기간에 검증한다.

$$M_c = \frac{\sum (\lambda M_c)}{\sum \lambda}$$

λ : 10⁶시간 당 결함의 평균 부품의 고장률

M_c : 교정유지보수작업을 수행하는데 필요한 시간(Corrective maintenance time)

Table 3 Maintainability Requirement

순번	적용대상	MTTR	단위
1	HTC	1	Hour

3.5 가용성 요구사항

HTC의 가용도목표인 정상상태 가용도(Steady state Availability)는 아래 식과 같이 산출하며, HTC 및 하부 장치별 가용도 목표는 [표 88] HTC 정량적 유지보수도 목표와 같다. HTC 전체 가용도는 아래 식을 적용한다.

$$A_{steady-state} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

$A_{steady-state}$: 정상상태 가용도(Steady state Availability)

Table 4 Availability Requirement

순번	적용대상	정상상태가용도(Ass)	단위
1	HTC	99.99	%

3. 결론

본 논문에서는 하이브리드 궤도회로를 정의하고, 하이브리드 궤도회로의 구성 및 인터페이스 부분에 대해 정의하여 시스템 요구사항에 대한 분석을 진행하였다. 따라서 본 논문을 통하여 하이브리드 궤도회로 개발에 도움이 되었으면 한다.

후 기

본 논문은 국토교통부 국토교통과학기술진흥원 연구비지원(12PRTD-C061738-01-000000)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] Ho-hung Jung, Yang-ok Ko, Chang-long Li, Key-seo Lee (2013) Study on Precise Positioning using Hybrid Track Circuit system in Metro, *The Journal of The Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, 8(3), pp. 471-477