

TCMS와 ATC장치간 인터페이스 이중계 구현 및 무축제동 제어방안

Design of redundancy interface between TCMS and ATC system, and brake control of free-axle system

홍구선*
Hong, Gu-sun

한신**
Han, shin

한정수***
Han, jeong-soo

ABSTRACT

Recently Domestic EMU's on board signal systems are gradually changed form Cab signal(Fix Block) to Distance-to-go. Interfaces with on board signal system, TCMS Redundancy structure is mainly required. This paper suggest Manual/Automatic Driving based on TCMS-ATC interface and design of backup system which is operated by Stan-by Computer when one of it's Local Interface Unit(LIU) is out of oder.

For the purpose of Precision Train Stop, Distance-to-go signal system require accuracy speed. Free-axle structure is required for this system. This paper suggest Free-axle braking system that lack of brake-force is compensated by the distributed brake-force using TCMS. And one of braking system has out of order, compensation of brake-force for Free-axle system. Then we prove our design to Complete Car Test

1. 서론

최근 국내 도시철도 차량의 신호시스템은 기존 지상 신호방식(Cab signal 방식)에서 점차 철도 신호설비의 안전성과 신뢰성을 크게 향상 시킬 수 있는 차상신호 시스템 방식(Distance-to-go¹⁾)을 채용하고 있다. 기존 지상신호 방식은 지상 데이터 의존도가 높으나, Distance-to-go 방식은 제동목표거리를 차상에서 계산하여 운행속도를 지정해 주기 때문에 차량제어 장치인 TCMS와 신호장치인 ATC(ATP/ATO)사이의 인터페이스는 더욱 중요하다.

기존 Distance-to-go방식의 차상신호 시스템은 추진/제동 및 출입문 관련 중요 데이터를 아나로그 및 디지털 신호를 이용하여 처리하였다. 따라서 본 연구는 TCMS를 이용하여 차상신호시스템의 데이터를 처리하여 자동운전을 수행할 수 있는 인터페이스 구조를 제안한다. 또한 Redundancy 확보를 위한 구조적인 2중계로 설계하며, 1개 고장이 발생 하더라도 다른 Standby Computer에 의한 운전 가능한 인터페이스 구조를 제안한다.

Distance-to-go 방식의 차상신호장치는 정위치 정차제어를 위한 정밀한 속도검지 요구증대에 따른 차량에는 무축제동 axle의 구현이 요구된다. 무축제동의 발생으로 인하여 부족해지는 제동력은 분산된 제동력을 통해 제어가 가능하도록 구현해야 한다.

* (주)로템 중앙연구소 주임연구원, 비회원

** (주)로템 중앙연구소 연구원, 비회원

*** (주)로템 중앙연구소 책임연구원, 정회원

따라서 중앙 집중 제어장치인 TCMS를 이용하여 차량전체의 제동 Blending Master가되어 이러한 부족분이 발생하면 소프트웨어적으로 보상제어 하는 방안을 제시한다.

정위치 정차를 위한 제동제어 기능을 구현하여, 정차 정밀도가 보장되는 범위 내에서 승차감이 유지되고, 또한 1개의 제동고장 발생차량에 대해서도 동일한 제동보상 방안을 제시한다.

2. 본 문

2.1 TCMS-ATC간 인터페이스 이중계 구현방안

2.1.1 ATC Cab 이중계 방식

광주 1호선에 적용되고 있는 지상시스템 방식의 ATC는 CAB 2중계로 구현되어 있다. 이는 2개의 ATC1/2 장치의 통신데이터를 각기 다른 통신포트를 통해 인터페이스 하는 구조로, 한개의 ATC고장 발생시 Cab 내의 다른 ATC의 백업으로 자동운전이 가능하도록 구현되어 있다. 지상에서 오는 명령을 전달받아 전상용 제동 및 정차제동, 출입문 제어 명령을 통신을 통하여 수신하여 처리하는 구조이다.

선두 CAB의 ATC1/2의 고장발생 시 후부로 전환되지는 않는다. 후부 ATC는 Standby 상태로 대기하고 있다가 선두 CAB으로 설정될 때만 활성화 된다.

2.1.2 ATC Train-Bone 이중계 방식

대구 2호선은 Distance-to-go 방식을 사용한다. ATC 시스템은 선두 CAB ATC의 고장 발생시 후부 ATC로의 기능을 백업하는 구조인 선 후부 CAB 절체 시스템으로 구현되어 있다. 활성화된 ATC의 명령은 Vital 신호(Digital, Analogue I/O)화 처리하도록 되어있고, 통신을 사용하여 감시 및 상태 데이터를 인터페이스 한다. Redundancy 구축을 위하여 TCMS 장치와의 완벽한 이중계를 구현하였다.

선두 운전실의 ATC1의 고장이 발생하면 차량은 ATC2에 의해 제어된다. 후부 ATC2의 차량 제어 데이터는 후부 TCMS에 의해 수집되어, 차량 데이터 링크(TDL: Train Data Link)를 통하여 선두 차량의 TCMS에게 전달되어 선두 운전실의 수동운전 모드를 지원한다.

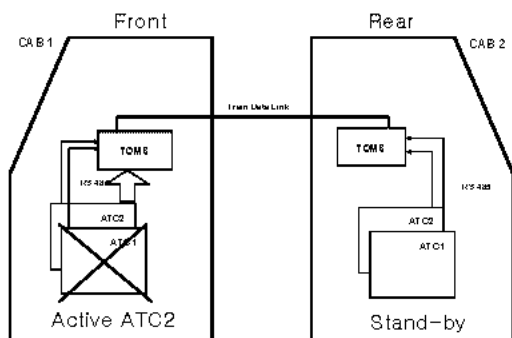


그림 1 광주 1호선 신호 인터페이스 예제

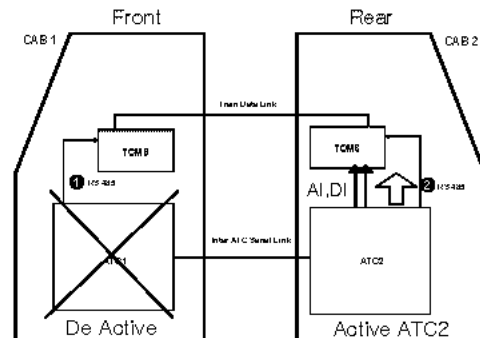


그림 2 대구 2호선 신호 인터페이스 예제

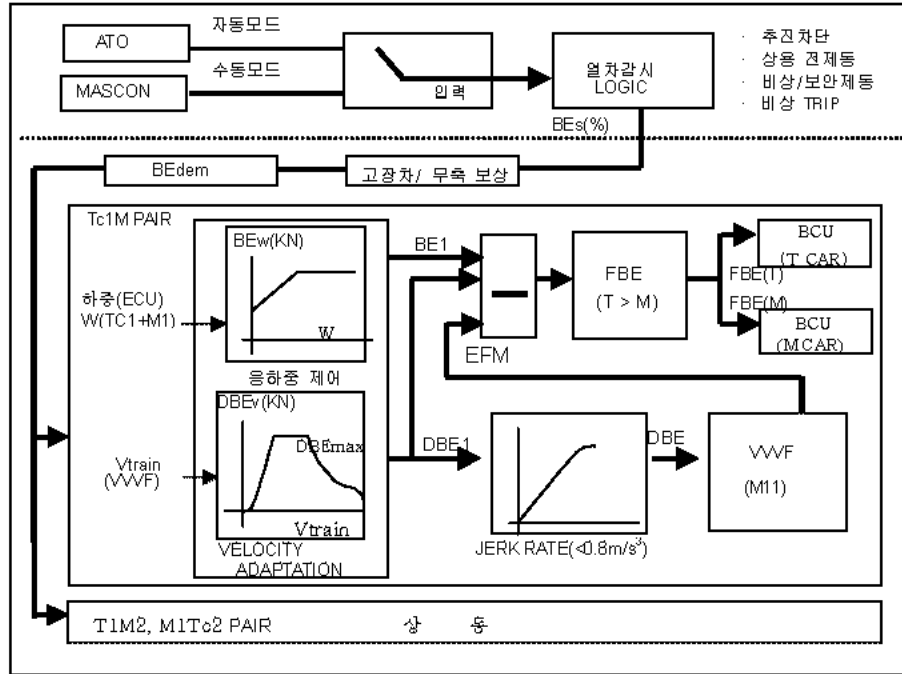


그림 4 TCMS 제동제어 Logic block diagram³⁾

2.2.2 FREE AXLE 시 TCMS 제동제어 기능

기본적으로 FREE AXLE 시 TCMS의 제동제어 로직의 흐름상에는 큰 변화가 없다.

1) 전체 6량 편성시 무속제동의 부족분에 대한 보상값

$$Bdem = BEs(\%) \times \frac{\text{전체 Axle 수}}{\text{전체 Axle 수} - \text{무속 Axle 수}} = BEs(\%) \times \frac{24}{22} = 1.09 \times BEs(\%)$$

2) 따라서 그림4와 같이 운전모드에 따라 ATO 혹은 MASCON으로부터 제동 명령을 읽어들이어 열차감시 로직 체크를 통해 제동 명령(Bdem : 0 ~ 109%)을 계산하여 전송한다.

2.2.3 고장차에 대한 제동보상

2.2.3.1 제동 보상 개념

편성의 임의의 차량에 고장이 발생 한 경우TCMS는 고장 차량의 차종에 따른 고장 보상률을 계산하여 정상차량에 고장차의 제동 보상값을 분산하여 전체 편성의 요구 제동력을 유지 하도록 한다. 차종별 고장 보상률은 아래의 표와 같다.

도표1 : 편성 및 차종별 고장 보상률

| 차종/편성 | TC | T1 | T2 | M1 | M2 | 비고 |
|--------|------|------|------|------|------|----|
| 8량 1편성 | 1.14 | 1.13 | 1.13 | 1.15 | 1.15 | |
| 6량 1편성 | 1.19 | 1.17 | | 1.22 | 1.21 | |
| 4량 1편성 | 1.31 | | | 1.35 | 1.34 | |

2.2.3.2 Free-axle 적용시 각 차종별 제동력 계산

아래 표는 Free-axle 적용시 각 차종별 공차/만차 상태에서의 제동력 값을 나타내며, 또한 M1/M2차 고장에 따라 편성별/차종별 요구 제동력을 나타낸다.

도표2. Free-axle 적용시 제동력 계산, 6량 편성 기준 (공차)

| 차종/요구제동력 | TC | T1 | T2 | M1 | M2 | 비교 |
|--------------|--------|--------|----|--------|--------|------|
| 정상시 (미적용) | 31,629 | 27,827 | | 36,294 | 35,353 | |
| 정상시 (적용) | 34,767 | 30,224 | | 39,664 | 38,494 | |
| 고장차 보상시 (적용) | 42,073 | 36,575 | | 47,999 | 고장 | M2고장 |

만차상태에서 M1차 고장에 의거 제동력 보상을 수행 한 경우 4량 1편성의 M1차량을 보면, 최대 75.082kN의 요구 제동력이 발생하게 된다. 이 값은 차량의 감속도 4.5km/h/s의 설계치에 맞도록 계산된 EB의 요구 제동력(66.740kN)을 훨씬 넘게 된다 (도표3). 이러한 이유로 차량의 제동 시스템에 과부하가 걸리게 되어 궁극적으로 차량에 손상을 유발하게 된다. 그러므로 4량 1편성인 경우 Free-axle 적용한 경우에는 고장차 보상을 하지 않도록 하여야 한다.

도표3 : Free-axle 적용시 제동력 계산, 6량/4량 편성 기준 (만차)

| 차종/요구제동력 | TC1 | M1 | T1 | T2 | M2 | M1 | TC2 |
|--------------|--------|--------|--------|----|--------|--------|--------|
| 정상시(미적용) | 47,425 | 51,914 | 43,261 | | 50,842 | 51,914 | 47,425 |
| 정상시(적용) | 51,737 | 56,634 | 47,194 | | 55,464 | 56,634 | 51,737 |
| 고장 보상시(6량편성) | 62,888 | 68,840 | 57,366 | | 67,418 | 고장 | 62,888 |
| 고장 보상시(4량편성) | 70,087 | 75,082 | | | | 고장 | 70,087 |

2.3 열차 시험

시험 조건 :

1. 차량: 대구 2호선 전동차 (6량: TC1-M1-T1-M2-M1-TC2) 2. 하중: 공차조건
3. 회생: 부하 회생 4. 기록: Chart Recorder
5. 저크 및 감속도 비율 (저크: 0.8m/s² 미만, 감속도: 3.5km/h/s 이상)

도표4 : 6량 편성의 경우 M2차 고장시 요구 제동력 값 / 실차량 측정치(Free-axle)

| 차종(공차) 요구제동력 | TC | T1 | M1 | M2 | 비교 |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|-------------------------|
| 정상시(설계치) | 34,767 | 30,224 | 39,664 | 38,494 | 217,581 |
| (측정치) | 34,760 | 30,140 | 39,580 | 38,750 | 217,570 |
| 고장차 보상시(설계치) | 42,073 | 36,575 | 47,999 | 고장 | 216,720 |
| (측정치) | 42,060 | 36,470 | 47,890 | 고장 | 216,370 |
| A/S 압력 (측정치) | 1.90 | 1.53 | 1.80 | 1.77 | 단위(Kg/cm ²) |

도표5 : 6량 편성의 경우 M2차 고장시 BC 압력값 / 실차량 측정치(Free-axle)

| 정상시 BC압력(설계치) | 2.71 | 2.41 | 2.56 | 2.49 | 오차 ±0.2 단위(Kg/cm ²) |
|------------------|------|------|------|------|------------------------------------|
| (측정치) | 2.66 | 2.39 | 2.54 | 2.45 | |
| 고장차보상시 BC압력(설계치) | 3.18 | 2.83 | 3.03 | 고장 | |
| (측정치) | 3.09 | 2.66 | 2.94 | 고장 | |

도표 4,5 정차상태(평탄선로)에서 측정한 값이다. 무측제동을 보성한 정상(설계치) 대비 실차에서 TCMS가 제동장치에게 송신하는 명령값을 측정한 결과 차이가 없이 정상적으로 제어가 이뤄짐을 알 수 있으며, 고장차 보상시에도 설계치 및 측정치에 차이가 없음을 알 수 있다.

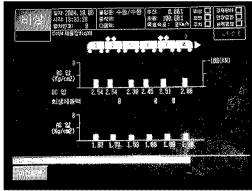


그림 5. BC압/AS압 분포 (정상시)

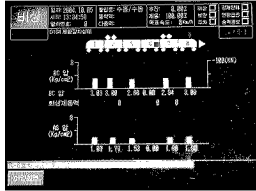


그림 6. BC압/AS압 분포 (M2차량 조명상시)

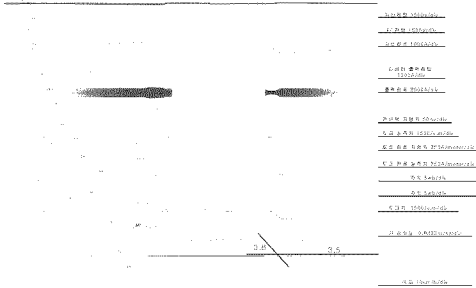


그림 7. 가 가속도 그래프 (공차 주행시연)

그림7은 완성차 주행시연을 수행을 한 것으로서 부족(Free-axle)제동 제어 가 수행되는 차량을 주행 시 가속도 3.5km/h/s 이상의 정상적인 제동제어가 이루어졌음을 알 수 있으며, 또한 승차감을 위한 저크 제어(0.8 미만)도 원활하게 이루어졌음을 알 수 있다. 향후과제로서 본실험시연과정을 통해 무축시스템의 장단점을 비교한다.

3 결론

본 연구에서는 최근 Distance-to-go 방식의 제동에 따른 의한 TCMS와 ATC의 인터페이스 중요성에 따른 이중화 방안을 제안하고, 무축제동 제어 혹은 고장차의 발생으로 인하여 부족해지는 제동력은 분산된 제동력을 통하여 제어가 가능하도록 구현하였다. 이러한 제안을 열차 시연을 통한 타당성을 검증하였다.

참고문헌

1. 백종현, 조봉찬 (2001년), "차량신호시스템의 전신기술적용 사례조사 및 운영실태 조사",철도기술연구원
2. 김용규, "유럽의 신호방식 정의 및 기술동향", 철도기술연구원.
3. 한경수 (1999), "TCMS에 의한 전동차 추진/제동 제어기법", 한국철도학회