

통신기반열차제어시스템(CBTC)에서 지/차상 간 통신기능 불능 시 대처방안에 대한 고찰

A Study on responses for communication failure between wayside and onboard in CBTC

강진석*[†], 강덕원*, 박성호*

Jin-Seok Kang*[†], Duk-Won Kang*, Seong-Ho Park*

초 록 CBTC(Communication Based Train Control, 통신기반 열차제어시스템)는 열차-지상 간 양방향 통신을 이용한 신호시스템으로 열차의 위치가 기존 시스템보다 정확하고 운행의 효율성 및 운행시격 향상 측면에서 많은 장점을 보유하고 있다. 또한 종합관제실에서의 제어 및 모니터링 기능이 강화되어 자동 및 무인운전에 적합한 시스템이다. 하지만 무선통신을 통한 무인운전의 효율성에도 불구하고, 열차-지상 간 통신기능 불능 시 승객 서비스 제공에 심각한 영향을 초래하게 되는바, 본 논문에서는 CBTC 통신기능 불능으로 열차 위치정보 상실 시 운행 복구를 위한 대처방안들을 다룰 것이다. 각 대처방안마다 장·단점을 분석하여 운영자가 주변 열차의 상황에 따라 합리적인 열차 복구 방안을 선택하는데 도움을 주고자 한다.

주요어 : CBTC, 통신불능, 보호구역, 열차결합(Coupling), 백업(Fall-back)모드

1. 서 론

무선 통신을 이용하는 CBTC 시스템에서 지상-차상 간 통신 기능 불능 상황에서는 열차 위치 추적이 불가하므로 승객 서비스 제공에 심각한 영향을 초래한다. 물론, 네트워크와 열차무선의 이중화 및 무선 커버리지의 중첩, Hot-Standby 차상장치 등 설비 이중화 설계를 통해 가용성을 높여 통신의 완전한 단절상황은 거의 발생하지 않는다. 그러나 최악의 상황까지 고려하여 시스템 설계가 이루어져야 하기 때문에 시스템 기능 구현 시 통신 불능의 장애 발생시에도 열차 복구가 가능하도록 하여야 한다.

본 논문에서는 통신두절 시 고장열차의 안전한 이동을 위한 기능을 설명하고 승객 서비스 지속을 위한 대처방안을 제시한다.

† 교신저자: 현대로템 기술연구소 신호시스템팀

(js.kang@hyundai-rottem.co.kr)

* 현대로템 기술연구소 신호시스템팀

본 논문에서는 통신두절 시 고장열차의 안전한 이동을 위한 기능을 설명하고 승객 서비스 지속을 위한 대처방안을 제시한다.

2. 본 론

2.1 열차복구 방안

통신 불능 열차(NCV : Non Communicating Vehicle)는 Fail-Safe 원칙에 따라 선로에 비상 정지하고 지상으로 자신의 위치를 전송하지 못한다.

열차 자체 고장으로 정지하였을 경우 고장 해결 후 관제명령을 통해 무인 재출발이 가능하지만 통신이 두절된 열차는 위치 추적 불가로 수동개입이 요구된다.

본 논문에서는 통신 불능 시 열차복구를 위해 운영자가 선택할 수 있는 옵션사항을 아래의 3가지로 제시한다.

Table 1 통신불능 열차의 복구방안

복구방안	설명
1. 보호구역 설정	선로 두 지점 사이에 통신 두절 열차가 안전하게 이동할 수 있는 안전 경로 생성
2. 열차결합	통신가능 열차 투입 후 통신 두절 열차 결합 후 견인
3. 백업 모드 사용	열차 검지 보조수단 사용으로 열차 위치 검지

2.1.1 보호구역 설정

통신 불능 상황에서 기관사가 관제사의 통제 없이 수동모드로 열차를 이동한다면 지상 장치가 인지하고 있는 열차의 마지막 위치와 실제 열차 위치가 다른 Ghost Train이 된다. 이러한 이유로, CBTC 시스템에서 관제사의 보호 없이 통신두절열차를 이동하여서는 안 된다.



Fig. 1 Ghost Train

이를 방지하고자, 관제사의 요구에 의해 특정 구역에 보호구역을 설정하여 통신불능 열차가 해당 구역에서 안전하게 운행하도록 한다. 보호구역은 정상운행중인 CBTC 열차가 진입할 수 없는 구간으로 특정 열차의 보호를 위하여 설정하는 구역이다. 보호구역이 설정되면 해당 구간에 이동권한 설정 및 선로전환기 전환이 불가하다.

보호구역 설정 전 관제사는 운전정리를 통해 이동경로에 어떠한 열차도 존재하지 않도록 해야하며, 목적지까지 통신불능 열차의 이동을 관제사가 기관사와의 통신(무전기 등)을 통해 승인한다. 열차가 목적지에 도착했을 때 보호구역을 수동 해제 할 수 있다.

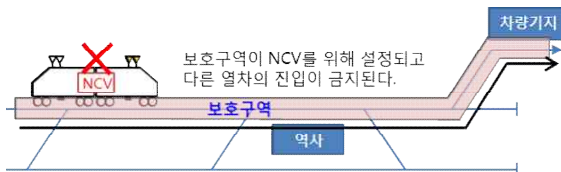


Fig. 2 보호구역 설정

보호구역 설정 기능은 대부분의 CBTC 시스템에서 적용하고 있는 기본기능으로, 설계가 매우 단순하다는 장점이 있다. 하지만 최종 목적지가 출발지로부터 많이 떨어져 있는 경우 선로의 많은 부분이 보호구역 설정으로 폐쇄되고 이는 승객 서비스에 심각한 영향을 초래한다.

이런 단점을 극복하기 위하여, 열차가 목적지에 도착하기 전까지 역간마다 좁은 구역에 보호구역을 수동으로 설정하여 운행에 영향을 최소화 할 수 있다.

2.1.2 열차결합(Coupling)

열차결합(Coupling)이란 견인열차에 의한 구원운전을 의미하는 것으로 열차의 자력 운행이 불가능한 경우 고장열차의 검수와 이동 및 유지보수 조치를 위하여 정상열차와 고장열차 두 개의 열차 편성을 연결하는 것이다. 열차결합을 위하여 다음의 2단계 절차를 거쳐야 한다.

Step 1. 열차 간 물리적인 체결(결합)

Step 2. 단일열차 인식을 위한 논리적 처리

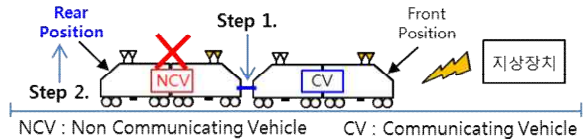


Fig. 3 열차결합(Coupling)

정상열차(CV)는 고장열차(NCV)와 물리적인 결합 후 논리적 처리를 수행 하여야 한다. 논리적 처리란, 새로운 열차 인식을 위하여 위치 식별지점을 결합된 열차 길이에 맞추어 새로운 Parameter 값이 소프트웨어적으로 차상장치에 적용됨을 의미한다. Parameter 값은 열차길이, 제동율, 가속율 등이 포함된다. 지상장치는 새롭게 열차 위치보고를 받아 결합 열차 이동 시 다른 열차로부터 보호한다. 논리적 처리는 열차의 전/후방 위치에 기초해서 열차 안전거리를 산정하기 때문에 매우 중요하다.



Fig. 4 Safety Distance

즉, 열차결합을 통한 열차 복구는 통신 불능 열차가 통신가능 열차와 결합하여 CBTC 시스템의 보호 아래 차량기지 또는 유치선 까지 견인하는 것을 말한다.

열차결합의 장점은 결합 후 견인을 시작한 즉시 열차 위치가 확인되어 시스템에 의한 열차 보호가 가능하다는 것이다.

단점은 설계가 복잡하다는 것인데, 새롭게 결합된 열차의 Parameter 값(결합열차의 길이, 비상제동율, 상용제동율, 가속율, 저크율 등)을 모두 고려하여 설계한다는 것이 쉬운 일이 아니기 때문이다. 또한, 침두 시 구원 열차를 본선에 투입하는 것 또한 어려운 일이다. 하지만, 선로에 투입되는 열차의 타입을 한가지로 한다면 열차 결합을 위한 논리적 처리를 단순화 할 수 있다.

2.1.3 백업(Fall-back)모드

백업모드는 보조의 열차 검지설비를 추가로 설치하여 열차의 위치를 검지하는 것이다. 보조 열차 검지설비는 차축검지장치와 궤도 회로장치가 있으나, 통상 CBTC 시스템에서는 비용이 상대적으로 저렴한 차축검지 장치를 사용한다.

정상적인 운영상태에서 모든 열차는 CBTC 시스템으로 운영 되지만, 열차의 통신이 불능 상태일 경우, 관제사의 판단에 따라 백업모드로 전환하여 보조검지 설비를 이용하여 열차 유무를 검지할 수 있다.

백업모드는 고정 폐색 시스템으로 보조 검지 설비(Ex. 차축검지장치)를 통한 열차 점유 정보를 통해 전자연동장치가 신호기를 제어 하여 수동으로 운행한다. 열차는 안전 거리 유지를 위하여 전방 열차로부터 한 블록(폐색) 이격하여 정차한다.

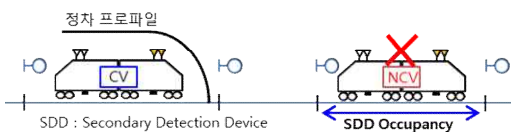


Fig. 5 백업(Fall-back) 모드

백업모드의 장점은 이전 두 방법보다 더 빠르게 서비스를 복구할 수 있다는 것이다. 이전 두 가지 복구 방법은 보호구역이 해제될 때까지 기다리거나 구조 열차가 도착 할 때까지 기다려야 하지만 백업모드는 바로 열차를 이동토록 할 수 있다.

단점은 비용이 많이 들고 더 많은 유지 보수 구간이 생긴다는 것이다. 백업모드의 적용은 운영 요구조건 및 비용 등을 고려 하여 신중하게 결정해야 한다.

3. 결론

통신불능 열차는 CBTC 시스템 설비의 이중화로 발생 가능성이 낮지만, 비상상황이 발생하였을 때 복구조치가 가능하여야 한다. 운영자는 열차복구 방법을 열차 서비스의 영향 최소화를 고려하여 결정 하여야 한다.

보호구역 설정은 가장 기본적인 열차복구를 위한 기능으로 통신두절열차가 목적지 까지 도달할 때까지 다른 열차가 운행할 수 없는 단점이 있다.

열차결합(Coupling)은 자력운행 불가 시 사용하는 기능으로서, 정상적인 운행시간에 결합을 위한 구원열차를 본선에 투입하기 어렵고, 투입열차의 타입(전동차, 디젤동차, 전기동차 등)이 많을 경우 설계가 복잡하다는 단점이 있다.

백업(Fall-back)모드는 운행 영향이 세가지 선택사항 중 적어서 운영적으로 가장 선호 하는 방식이지만 설치비용 및 유지보수가 어려운 문제점이 있다.

위에 제시한 방안들은 모든 CBTC 노선에서 적용하고 있지 않으며, 운영 Concept 및 비용 등을 고려하여 발주자가 선택 가능하다. 열차 복구를 위한 발주자 운영 요구사항의 확실한 이해가 있어야 시스템의 과다설계와 추가 비용을 줄일 수 있다.

참고문헌

[1] Naeem Ali(2017) 7 Key CBTC Functions Transit Operators Must Understand, pp. 15-23.

[2] 한국철도표준규격 KRS SG 0069 - 15 도시
철도용 무선통신기반 열차제어시스템

[3] 전재훈, 강덕원, 이종성 “RF-CBTC 신호방
식에서 Fall-Back 시스템 구축방안”, 한국
철도학회 춘계학술대회, 2011