

CBTC를 위한 열차집중제어장치의 설계

장영환, 오성택, 조동래, 이희영, 류명선, 최창호
(주)포스콘 기술연구소

Design of Total Train Control system for CBTC

Jang Young Hwan, Oh Seong Taek, Cho Dong Rae, Lee Hi Young, Ryou Myung Seon, Choi Chang Ho
POSCON Corporation, R&D Center

Abstract - 컴퓨터의 발전은 철도 산업에 큰 영향을 끼치고 있다. 특히 기계식이나 수동식 신호 장치들이 마이크로프로세서를 탑재하면서 전자식, 자동식으로 변경되면서 철도 신호 시스템에 큰 변화를 가져왔다. 이로 인해 안전성은 더 높아지고 수송력 또한 증가하게 되었다. 이런 변화에 핵심적인 역할을 하는 것이 바로 열차집중제어장치이다. 열차집중제어장치는 기본적인 역할은 운행되는 열차들의 운전정보를 획득하고 이 정보들을 이용하여 효율적으로 차량을 운행하게 제어하는 것이다. 하지만, 다양한 철도 차량들이 생겨나고 신호 시스템이 발전하게 되면서 열차집중제어장치도 더 다양한 기능과 처리 능력을 가지도록 설계되어야 한다. 특히, 현재 큰 관심을 받고 있는 무인운전, 무선을 이용한 철도 시스템에서는 열차집중제어장치의 역할이 매우 중요한 부분이 되고 있다. 본 논문에서는 이런 상황을 고려하여 실시간으로 정보를 처리하고, 차량을 안전하게 제어하며, 모든 상황들을 정보화할 수 있는 열차집중제어장치에 대한 설계를 하고자 한다.

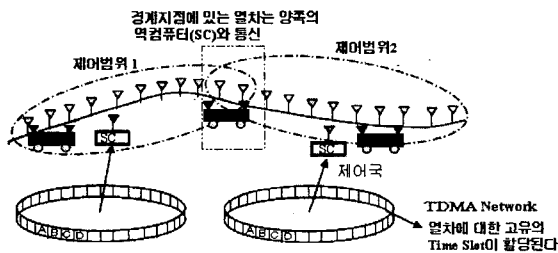
1. 서 론

컴퓨터의 사용이 광범하게 이루어짐에 따라 철도 신호 시스템에도 다양한 컴퓨터 시스템이 사용되고 있다. 철도 시스템에 GPS, 무선, 자동제어장치 등을 이용한 시스템들이 상용화 되고 있고, 활발한 연구도 진행 중이다. 이에 따라 다양한 철도 신호 시스템을 관리하고 제어하는 열차집중제어 시스템에도 변화가 필요하다. 단순히 화면에 상황을 표현하고 모니터링 하는 기능 외에도 열차운전 상황, 제어 내용의 자동기록, 자동신호제어 기능 등이 추가되어야 하며 교통량에 따른 고밀도 열차운전 상황에 대한 제어기능, 정보 제공 등 다양한 서비스 기능들까지 제공되어야 한다. 이런 기능을 제공하기 위해 열차집중제어장치는 많은 프로세스를 처리할 수 있어야 하며, 실시간으로 데이터를 저장하고 관리할 수 있어야 한다. 특히, 철도 신호에서는 안전성과 신뢰성이 중요한 요소이므로 열차집중제어장치 소프트웨어 또한 이런 요소들을 바탕으로 설계되어야 한다. 본 논문에서는 높은 안정성과 신뢰성으로 현재 경량전철이나 소규모 철도에 적용되고 있는 CBTC에 적합한 열차집중제어장치의 기능을 구분, 정의하고 다양한 기능들이 안정성과 신뢰성을 갖고 실행될 수 있도록 설계하고자 한다.

2. CBTC

2.1 CBTC 시스템 구성

K-AGT CBTC는 통상 CBTC로 불리며 무선통신에 의해 열차 위치를 검지하는 새로운 열차제어시스템이다. Fail-safe처리를 하고, 무선통신 데이터를 암호화해서 통신의 보안성을 확보하고 높은 안전성과 신뢰성을 가지고 있다. 또한 설비비나 유지비를 절감할 수 있다. 현재 많은 철도관련 업체나 연구소에서 경량전철 노선을 개발하는데 CBTC를 관심 있게 생각하고 있으며, 이미 경산에서 K-AGT(Korean Automated Guideway Transit Communication Based Train Control system)를 시험 노선에서 테스트 하고 있어 상용화하기에 충분한 요건을 갖춘 시스템으로 인정받고 있다. 현재 운행되고 있는 K-AGT CBTC 시스템의 구성은 <그림 1>과 같다.



<그림 1> K-AGT CBTC 시스템 구성

2.2 CBTC 시스템 사양 및 성능

CBTC 시스템을 설계하기 전 시스템의 사양과 성능을 파악할 필요가 있다. 특히 무선, 열차위치 검지, 이동폐색 구간에 대한 기능과 성능, 요구사항을 정확히 파악해야 한다. 아래 3가지 항목에 관한 기능을 설명하였고, <표 1>에서는 K-AGT 적용된 CBTC의 기본적인 성능과 사양을 기술하였다.

2.2.1 무선 네트워크

무선 네트워크를 구축하고 차상-지상 간 연속적인 디지털 데이터 통신을 함으로써 안전성을 유지하고 신호현시 외 기타 많은 정보를 송수신 할 수 있다.

2.2.2 고정밀도 열차위치 검지

무선 거리 측정방식을 토대로 지상자료 위치보정과 차상 속도 발전기를 이용한 위치정보를 계산해서 고정밀도 열차위치검지가 가능하다.

2.2.3 이동폐색

이동폐색을 사용하고 고정폐색과 비교해서 열차운전 시력의 단축이 가능하다.

항목	사양·성능
운전방식	무인운전 또는 유인운전
시스템 안전성	IEC1508 SIL(최고 레벨)
폐색방식	이동폐색(고정폐색도 가능)
차상장치 설비 방식	1장치/1편성, 1장치/1운전대(2장치/1편성)
제어범위 내의 최대 열차수	20편성
열차제어 주기시간	1.0초 이하
무선기 설치 간격	300m(표준)
무선기 제어대수	26대(1제어범위)

<표 1> K-AGT CBTC 시스템 사양 및 성능

3. 열차집중제어장치(TTC:Total Train Control system)

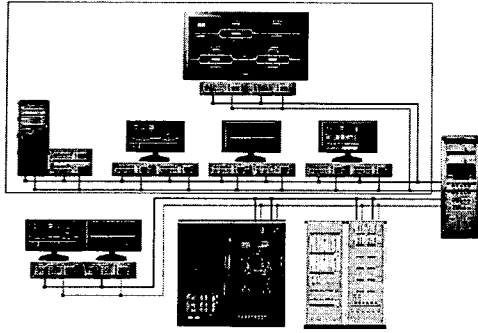
3.1 열차집중제어장치 설계의 주안점

열차집중제어장치(TTC:Total Train Control system, 이하 TTC) 종합 관제실 설비의 총괄된 명칭으로, 열차 관제 시스템과 스케줄 관리 시스템, 네트워크 시스템으로 현장 신호 정보를 Broadcast 방식(UDP/IP)을 이용하여 중앙운영 컴퓨터에서 수신한 CBTC 지상 장치의 열차정보, ATO 지상 장치의 차량정보와 TCP/IP 방식을 이용하여 중앙운영 컴퓨터에서 수신한 차량정보를 모두 취합하여 TCP/IP를 이용하여 열차집중제어장치 화면에 표시하는 역할과 ATO 지상장치로 Operator에 의한 제어를 수행한다. CBTC 차량의 운행을 감시하고 제어하기 위해서 종합 관제실에 설치하는 TTC시스템의 소프트웨어는 실시간으로 운행되는 열차와 승객의 안전을 최우선으로 고려해야 하기 때문에, 열차 운행상의 장애 및 위험요소가 소프트웨어에 악영향을 끼치지 않도록 구성한다. 또한 서브시스템은 열차가 운행하는 현장으로부터 많은 양의 실시간 데이터를 처리해야 하므로 데이터 통신을 효율적으로 운영하기 위하여 이종계의 이더넷을 이용하도록 설계한다.

3.2 TTC 시스템 구성도

3.2.1 물리적 시스템 구성도

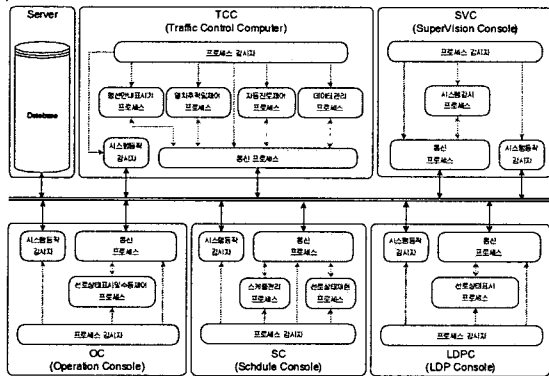
TTC 시스템은 크게 종합 관제실 설비와 현장 설비로 구성한다. 종합 관제실 설비는 서버, TTC와 모니터링, 스케줄, 운영 콘솔로 구성되고, 현장 설비는 차상(또는 지상) 장치로 구성되어 있다. 안정성과 신뢰성을 고려하여 각 콘솔은 산업용 PC를 이종계로 구성한다. 이에 따른 물리적인 구성도는 <그림 2>와 같다. <그림 2>에서 적색으로 표시한 영역이 본 논문에서 설계할 TTC 부분이다.



<그림 2> 물리적 시스템 구성도

3.3 TTC 시스템 프로세스 구성도

TTC는 모든 운행 정보들을 관리하고 제어해야 하기 때문에 많은 프로세스들이 동시에 수행될 경우가 있다. 이때 실행되고 있는 프로세스가 다른 프로세스의 동작 상태에 영향을 주지 않고 독립적으로 동작하여 오류발생을 최소화할 수 있도록 설계되어야 한다. 이를 위해 프로세스 감시자를 두어 각 프로세스의 우선순위를 조정하게 된다. 특히, 안전에 큰 영향을 끼치는 차량 위치 금지, 속도 제어, 정위치 정차와 같은 정보를 다루는 프로세스들은 프로세스 감시자에게 높은 우선순위를 받아 실행될 수 있는 환경을 제공받아야 한다. <그림 3>은 TTC 시스템의 프로세스 구성도를 나타낸 그림이다.



<그림 3> TTC 시스템 프로세스 구성도

3.3.1 프로세스 감시 프로세스

각 콘솔에서 실행되는 모든 프로세스들을 감시하는 프로세스이다. 비동작중인 프로세스를 자동 실행시켜 항상 모든 프로세스가 동작하도록 관리해준다.

3.3.2 시스템동작 감시 프로세스

각 콘솔의 LAN 연결 상태를 체크하여 공유메모리에 각 콘솔 LAN 상태를 기록하는 프로세스이다. 통신, 데이터베이스의 접속과정을 관리하여 부하를 줄이는 역할을 담당한다.

3.3.3 통신 프로세스

외부와의 송수신을 담당하는 프로세스로서 UDP방식으로 이루어지는 입력 및 출력을 담당하고 각 프로세스간의 데이터 전달은 공유메모리와 메일슬롯을 이용한다.

3.3.4 열차추적 및 제어 프로세스

차량으로부터 본선 운행상태를 입력받아 차량의 상태에 따라 열차 번호를 부여하고 열차의 운행구간 등을 자동으로 제어하는 프로세스이다.

3.3.5 데이터관리 프로세스

매일 운영할 운행스케줄을 업무종료 후 자동생성하고 LCC와의 데이터를 동기화하는 프로세스이다.

3.3.6 스케줄관리 프로세스

열차의 운행 스케줄을 작성하고 계획 및 실적 스케줄에 대한 그래프 등을 통하여 통계 및 운행상황을 조회하는 프로세스이다.

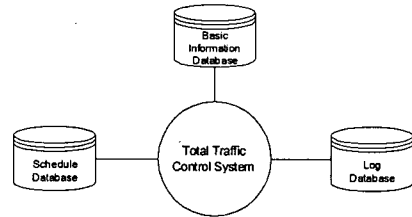
3.3.7 스케줄관리 프로세스

TTC 시스템 및 기기실 설비와 차량의 동작 상태를 실시간으로 모니터링 하는 프로세스이다.

3.4 데이터베이스 설계

<그림 3>의 DataServer는 TTC 시스템 운영 중에 발생하는 정보와 운영 시 필요한 정보를 데이터베이스에 저장하는 기능을 수행한다. 데이터베이스는 차량운행의 기초적인 정보들을 보관하는 Basic Information Database, 열차 운행 스케줄을 보관하는 Schedule Database, 조작 및 알람 로그를 보관하는 Log Database로

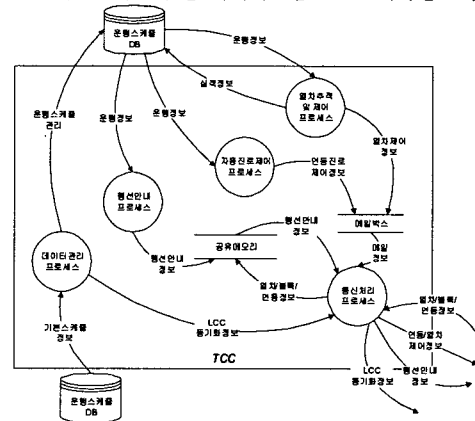
구성된다. <그림 4>는 데이터베이스의 구성을 도식화한 그림이다.



<그림 4> 데이터베이스의 구성

3.5 TTC 프로세스간의 흐름

TTC는 열차자동제어, 진로자동제어, 데이터관리 등 사용자의 입력 없이 자동으로 처리되는 모듈로 구성된다. TTC 내부의 프로세스간의 데이터 이동은 주기적으로 갱신되는 정보의 경우 공유메모리를 이용하여 전달하고, 이벤트적으로 발생하는 제어정보는 메일박스를 이용하여 손실되는 정보를 최소화 하도록 설계한다. <그림 5>는 TTC 프로세스간의 흐름을 다이어그램으로 도식화한 그림이다.



<그림 5> TTC 프로세스간의 흐름도

3.5.1 열차 추적 및 열차 제어

열차추적 및 열차제어 모듈은 열차의 위치 등을 감시하여 역 홈폐도 정차시 운행에 필요한 개별 열차 정보를 자동으로 제어하고 열차의 도착, 출발에 따라 열차의 도착시간, 도착 진로, 출발시각, 출발 진로, 지연/조착 계산 등을 처리하여 운행 스케줄에 실적을 기록한다.

3.5.2 자동진로 제어

자동진로제어 모듈은 열차의 위치와 열차 운행 스케줄에 있는 도착 진로와 출발 진로를 이용하여 열차가 역에 도착하거나 출발할 때 운행할 진로를 제어하며, 회차구간에서 회차진로를 자동으로 제어하는 모듈이다.

4. 결 론

TTC 시스템은 차량 운행에 관련된 모든 상황을 감시하고 제어하는 중요한 시스템이다. TTC 시스템의 성능이 전체 차량운행의 수송력이나 안전에 큰 영향을 끼치게 되기 때문에 TTC 시스템에 대한 설계는 가능한 모든 상황을 고려하여 치밀하게 짜야 한다. 본 논문에서는 여러 프로세스들을 통해 분산, 실시간 처리가 가능하도록 설계함으로 향후 구현 과정에서 TTC 시스템의 쉬운 확장성과 시스템의 안전성을 추구할 수 있는 방안을 제시했다. 향후 연구를 통하여 실제 구현에 필요한 요구사항을 분석하여 실제 TTC 시스템의 운영에 있어 높은 신뢰성과 안전성 있는 TTC 시스템을 구현하고, 각각의 프로세스간의 인터페이스에 대한 확실한 프로토콜을 규격화하는 것이 필요하다.

[참 고 문 헌]

- [1] 유광관, "열차집중제어", 철도신호, Vol. 4 No. 4, pp. 22-25, 1990
- [2] Hinden, H. J., "Real-Time systems", Electronic Design, pp. 288-311, 1983
- [3] 이종우, "신호제어시스템 엔지니어링 기술개발", 대한전기학회 하계학술대회 산업체 특별세션, 1999
- [4] H.A.H. Handley et al. "Organizational Architecture and Mission Requirements : A Model to Determine Congruence"
- [5] IEEE std 1220-1998, IEEE Standard for Application and Management Engineering Process
- [6] Goman, H., "A Software Development of Real-Time System", Communications of the ACM, Vol. 29, No. 7, pp. 657-668, 1986