

열차제어시스템의 선로정보 생성관리장치 연구

윤용기*, 김용규*
한국철도기술연구원*

A study of a equipment, generation and managing train track data for train control system

Yongki-Ki Yoon*, Yong-Kyu Kim*
Korea Railroad Research Institute*

Abstract - Since radio communications based train control system requires considerable amount of information than track circuits based signalling system and these information have significant effects on train control system safety, it is essential to ensure information integrity. In addition, when track information has to be added or changed due to track installation, track maintenance (both corrective and preventive), any information changes must be reported to train control system as soon as possible. In this paper, we provide explanation on the equipment and its data structure. Also, we represent the results of a simulator application to check the information integrity generated by the equipment.

1. 서 론

무선통신기술을 기반으로 하는 열차제어시스템은 기존 궤도회로기반의 철도신호분야와 구별되는 몇 가지 특징을 갖고 있다^[1]. 첫 번째는 기존 궤도회로를 사용하지 않고 높은 정밀도로 열차위치를 결정한다. 두 번째는 많은 용량의 데이터를 지상과 차상간 양방향으로 연속적으로 전송한다. 세 번째는 기존의 신호시스템과 같이 지상과 차상에 있는 장치가 vital 기능을 처리한다.

전자연동장치가 이 같은 특징을 적용할 경우, 다음과 같은 기술을 구현할 수 있다. 첫 번째는 지상-차상간의 연속적인 양방향통신으로 지상-차상간 폐루프(closed loop)제어를 한다. 두 번째는 논리적인 가상폐색(세그먼트)을 사용하고 있어 기존 방식에 비해서 보다 많은 열차진로를 설정할 수 있다. 세 번째는 실시간으로 열차위치를 높은 정밀도로 추적할 수 있어, 한 개의 진로에 2편성 이상의 열차를 동시에 진입시킬 수 있다. 네 번째는 열차진로를 설정할 때 진입할 수 있는 열차ID를 동시에 설정할 수 있다.

무선통신기술을 기반으로 하는 열차제어시스템이 이 같은 기술적인 장점을 구현하기 위해서는 기존 궤도회로기반의 열차제어시스템에 비해서 많은 정보를 생성하고, 이를 안정적으로 전송하고, 이를 안전하게 관리하는 것이 요구된다. 전자연동제어장치가 2편성 이상의 열차가 같은 진로에 진입하는 것을 허용하기 위해서는 선행열차의 현 위치를 기준으로 정밀한 속도제어를 하여야 한다. ETCS(European Train Control System)은 열차정보수집, 선로정보수집, 이동권한설정, 정적속도프로파일 계산 및 동적속도프로파일 계산을 통하여 정밀한 열차속도제어를 한다^[2]. ETCS에서 사용하는 선로정보는 선로구간별 최대제한속도, 기술기(위치, 크기), 곡선(위치, 반경), 곡선(곡선길이, 캔트), 신호기(위치), 구조물의 위치와 길이(승강장, 선로전환기, 터널, 교량, 건널목, 차막이, 절연구간 등) 등 많은 정보를 필요로 한다.

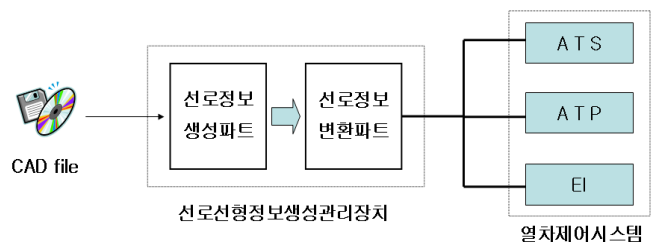
새로운 철도노선의 건설, 철도노선의 연장, 철도노선의 개량, 역승강장의 이동과 같은 작업은 많은 정보를 생성하며, 생성된 정보를 열차제어시스템에 적용하는 과정에 오류가 발생되지 않도록 많은 주의를 기울여야 한다. 이 같은 정보오류는 역에서의 열차충돌사고, 곡선구간에서의 열차탈선사고, 분기구간에서의 열차탈선사고 및 열차과주 등을 유발할 수 있다. 엄격한 관리를 통하여 정보생성, 정보변환, 정보전송 및 정보저장 등의 과정에 오류가 발생하는 것을 방지하는 것이 필요하지만, 수많은 정보를 활용하는데 많은 시간이 소요되므로, 일련의 과정을 자동화하여 정보오류발생을 차단하는 것이 좋을 것으로 판단된다.

2. 본 론

2.1 개념

본 논문에서 발표하는 선로선형정보관리장치는 현장의 선로정보를 포함하고 있는 도면파일을 해독하여 선로정보를 생성하고, 열차제어시스템에서 필요로 하는 형식으로 도면파일을 변환하는 기능을 자동으로 수행한다. 이를 통하여 선로정보생성과정에서의 오류, 생성된 선로정보의 변

환과정에서의 오류를 차단하고, 열차제어시스템에서 필요로 하는 정보를 신속히 제공하는 효과를 거둘 수 있다. 선로정보생성관리장치는 그림1과 같이 선로정보를 생성하는 부분과 선로정보를 변환하는 부분으로 구성된다.



〈그림 1〉 선로정보 생성관리장치 개요도

2.2 선로정보생성프로그램

새로운 선로건설 또는 선로개발작업에 의해서 새로운 정보가 생성된 경우, 선로정보생성관리프로그램은 CAD file을 읽고 이를 열차제어시스템에 전송하기 위하여 CAD파일 변환, 선로도면 편집, 자료구조 생성, 시뮬레이터 데이터출력 및 데이터베이스 저장을 처리하는 기능으로 구성된다.

2.2.1 CAD파일 변환

CAD파일 변환기능은 선로선형정보를 갖고 있는 CAD파일을 선로정보생성관리장치에서 활용할 수 있는 파일(선로도면)로 자동 변환한다.

CAD파일 변환기능은 CAD파일을 선로정보생성관리장치에서 사용할 수 있는 파일형식으로 변환하고, CAD파일이 갖고 있는 선로선형정보를 저장한다. 단, CAD로 선로도면을 작성함에 있어서, 다음과 같은 몇 가지 제한조건을 설정하였다. ①모든 element는 블록으로 표현, ②블록내부에 블록을 포함하지 않음, ③텍스트, 직선, 사각형 및 타원은 절대로 블록지정을 하지 않음, ④naming 및 ⑤element와 comment의 구분 등이다. 이상의 제한조건에 맞추어 선로도면에 포함되는 승강장, 세그먼트(또는 폐색), 신호기, 선로전환기, 지상차, 진로구분차, 터미널과 같은 구성요소에 대한 상세한 제한조건을 정의하였다.

2.2.2 선로도면 편집

선로도면 편집기능은 “CAD파일 변환”기능을 통하여 선로정보생성관리장치에서 사용할 수 있는 파일(선로도면)로 변환하는 과정에서 발생한 오류를 수정하거나 선로정보생성관리장치에서 사용할 수 있는 선로도면을 직접 작성한다. 선로도면을 작성하는데 필요한 elements를 제공하여 사용자가 쉽고 편리하게 작업을 할 수 있다.

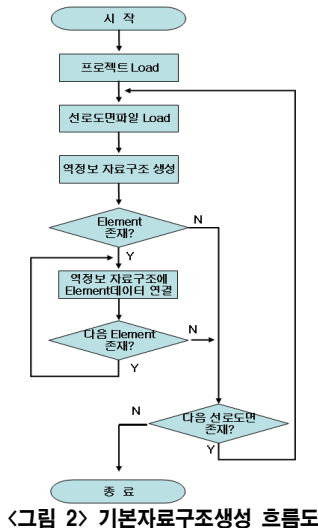
선로도면편집은 작업영역에 그려진 선로도면의 좌측에서 시작해서 우측으로 이동하면서 각 element의 자료구조를 연결list로 연결한다. 선로정보생성기에서 자료구조를 처리하므로 복잡한 연결자료구조를 적용하지 않고 단순한 연결list만 생성한다.

이 “선로도면 편집”단계를 통해서 작성된 선로도면을 선로정보를 생성하는 기준자료로 사용한다. 따라서 “선로도면편집”기능의 무결성은 선로정보생성관리장치의 신뢰성을 결정하는 중요한 인자이다.

2.2.3 자료구조 생성

자료구조 생성기능은 “선로도면편집”기능에서 생성 또는 수정된 데이터를 이용하여 자료구조를 생성하고 데이터를 출력하는 기능을 수행한다. 이러한 역할을 수행하기 위해서 Element연결, Route Tree, Route Line, Route List, 데이터출력 등 5가지의 자료구조를 만든다. Element연결은 각 element의 연결관계를 저장하는 기능을 수행한다. Route Tree는 터미널→터미널, 터미널→offpage, offpage→터미널, offpage→off

page간의 세그먼트 데이터를 저장하는 tree형태의 자료구조로서 상행과 하행의 구분없이 모든 진로를 저장하는 기능을 수행한다. Route Line은 tree구조의 진로자료구조를 토대로 모든 진로를 저장하는 linked list형의 자료구조를 생성하는 기능을 수행한다. Route List는 진로구분자간의 세그먼트데이터를 저장하는 자료구조로서 사용자가 원하는 최종진로를 저장하는 기능을 수행한다. 또한, 데이터출력기능을 추가하여 위에서 작성한 자료구조를 참조하여 연결되어 있는 열차제어시스템에서 필요로 하는 데이터 형식으로 출력한다. 선로정보생성기의 자료구조는 기본자료구조 생성, Element연결, Route Tree, Route Line, Route List의 순서로 생성되며, 기본자료구조생성절차는 그림2와 같다.



〈그림 2〉 기본자료구조생성 흐름도

2.2 자료구조

선로정보 생성관리장치는 CD_NODE의 구조체를 기본 자료구조로 하여 구현된다. 각 element는 CS_NODE를 기초로 하여 필요한 데이터를 추가하여 각각의 자료구조를 생성한다. Element 자료구조의 종류와 내용은 표1과 같다.

각 element는 element의 CS_NODE와 함께 char 배열형의 name, id, guid를 기본으로 자료구조에 포함한다.

〈표 1〉 Element 및 자료구조내용

Elements	자료구조내용
RSST	역정보
RSSM	세그먼트정보
RSSG	신호기정보
RSSW	선로전환기정보
RSTP	지상차정보
SRPF	Platform(승강장)정보
RSTM	Terminal(중단역)정보
RSOP	Offpage정보
RSSP	Seperator(구분자)정보
RSRT	Rect(도형)정보

1) Element연결정보

각 element간의 연결관계를 저장하는 구조이며, 역정보자료구조를 기본으로 하여 각 node에 해당하는 데이터를 연결하여 구성한다. 진로생성에 관련한 모든 자료구조를 결정하는 기초자료구조이다. 그림3에 Element연결정보를 나타내었다.

2) Route Tree자료구조(RSRTR)

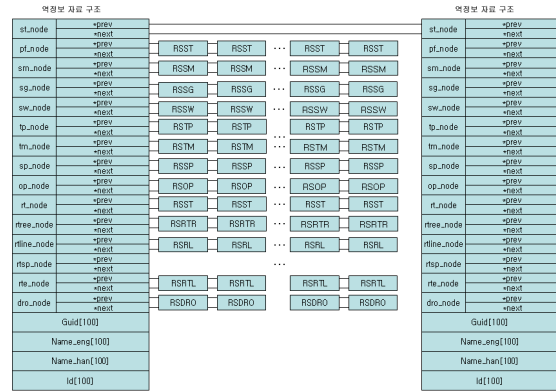
역에 속하는 터미널(또는 offpage)에서 터미널(또는 offpage)까지의 세그먼트연결정보를 저장하는 트리자료구조로, 각 세그먼트의 데이터를 CRailTreeData 클래스를 통해서 저장된다.

3) Route Line자료구조(RSRL)

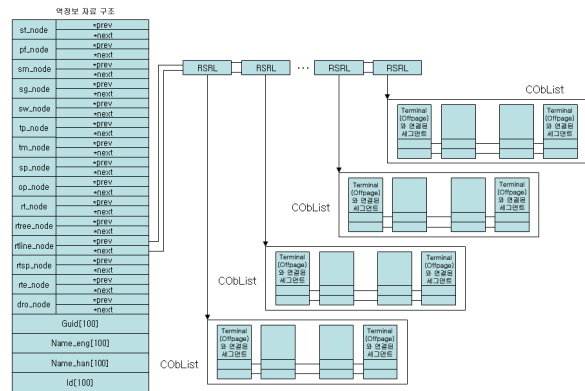
Route Tree에서 작성된 트리구조에서 터미널(또는 offpage)에서 터미널(또는 offpage)까지의 진로를 저장하는 자료구조로 각 진로에 해당하는 세그먼트정보를 COBList의 형식으로 저장한다. 그림4에 Route Line 자료구조를 보여주고 있다.

4) Route List자료구조(RSRTL)

Route Line에서 생성된 진로를 참조하여 구분자에서 구분자까지의 진로를 생성하기 위한 자료구조로서 구분자와 구분자사이의 세그먼트정보를 저장한다.



〈그림 3〉 Element 연결



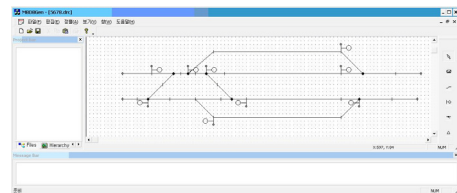
〈그림 4〉 Route Line 자료구조

2.3 데이터출력 확인

선로정보생성관리장치가 일련의 과정을 거쳐서 생성한 선로정보를 열차제어시스템에서 사용하기 위해서는 생성된 정보의 안전성을 확인하는 것이 중요하다. 선로정보생성관리장치에서 생성되는 정보의 무결성을 확보하기 위해서는 선로도면편집단계에서의 오류를 확인하여 수정을 하며, 열차제어시스템에서 필요로 하는 데이터형식에 맞게 자료구조를 설정하는 것이 필요하다.

본 논문에서는 선로정보생성관리장치의 무결성을 확인하기 위하여 모의장치를 사용하였다. 모의장치는 무선통신을 기반으로 하는 열차제어시스템의 간격제어와 진로제어를 구현하기 위해서 사명설비, 지상설비 및 차상설비로 구성되었으며, 실시간 열차위치추적이 가능하도록 하였다[3].

선로정보생성관리장치의 무결성 확인은 모의장치에서 2가지 선로정보를 사용해서 열차진로제어과정에 오류발생을 확인하는 것으로 하였다. 모의장치에서 사용한 선로정보 하나는 개발자가 CAD파일을 직접 확인한 후 필요한 정보를 추출한 후 모의장치에 입력한 것이다. 다른 선로정보 하나는 본 논문의 장치를 이용하여 동일한 CAD파일을 읽고, 생성된 정보를 모의장치에 입력한 것이다. 그림5는 CAD파일을 “선로도면편집” 기능에서 사용할 수 있는 파일로 전환한 것이다.



〈그림 5〉 CAD파일 변환 결과

그림6은 선로정보생성관리장치와 모의장치의 연결상황을 보여주고 있다. 열차제어시스템을 구성하는 ATS, ATP, EI 및 열차에 해당하는 모의장치의 각 구성장치는 선로정보생성관리장치에서 생성한 정보를 설치한 후 열차간격제어와 열차진로제어를 수행하였으며, 장애 또는 오류가

발생하지 않은 것을 확인하였다.



<그림 6> 모의장치-선로정보생성관리장치 I/F

3. 결 론

선로정보생성관리장치에서 작성한 생성한 선로데이터를 열차진로제어 시스템 모의장치에 적용한 결과 모의장치에서 열차안전간격 및 역 구내에서의 열차진로제어에 장애가 발생하지 않은 것을 확인하였다. 또한 CS_NODE의 구조체를 기본구조로 하여 필요한 데이터를 추가하여 자료 구조를 생성하는 방법을 적용함으로써 열차제어시스템에서 필요로 하는 데이터를 지원하는 것이 적절한 것을 확인하였다.

선로정보생성관리장치에 입력된 CAD파일을 작성함에 있어, 선로도면 편집과 자료구조생성에 장애가 발생하지 않도록 하기위해서 몇 가지 제한을 설정하였다. 이것은 선로정보생성관리장치의 CAD파일변환을 확인하는데 부족한 점이 있음을 보여준다. 따라서 CAD파일변환에서 요구하는 내용을 초대로 한 CAD파일 작성 기준 및 생성된 정보의 무결성을 확인하는 연구가 뒤따라야 할 것으로 판단된다.

[참 고 문 헌]

- [1] IEEE, "IEEE standard for communications-based train control(CBTC) performance and functional requirements", IEEE Std 1474-1, pp 6, 2004
- [2] ERTMS users group, "ERTMS/ETCS functional requirements specification", ERTMS/ETCS FRS V4.29, 1999
- [3] 윤용기, 황종규, 이재호, 김원형, "Smart열차진로제어알고리즘연구용 모의장치개발", 한국철도학회 추계학술대회, 2006