연동도표 작성 및 검토 자동화 프로그램

Automation Program for Drawing and Examination of Locking Sheet

장승호† 유근수* 한창우* 이영수**

Chang, Seung Ho Yoo, Keun Su Han, Chang Woo Lee, Young Soo

ABSTRACT

Locking sheet is to display the contents of interlocking equipment for safe train drive in stations. It is being used as a basic information for interlocking equipment and for route control condition and the discussion for train operation between related parties. In spite of importance of this, there was no other way except depending on the work by hands from each stage(drawing, examination, discussion, approval) due to non-existing any tool. It is written it takes 30days from drawing to approval by procedures. However, it is required over the days in real time due to argument of each party. Furthermore on drawing of locking sheet, special conditions applied in accordance with situations of each station occasionally are different depending on the person in charge. Therefore, it is urgent to make up Logic Tree to accept special conditions of all stations.

Automation Program for Drawing and Examination of Locking Sheet is to improve inefficient interlocking operation which was operated by hands in accordance with custom as automated system. The target of this program is to minimize the processing time and potential errors by personal work and set up standards for Logic Tree of special condition.

1. 서론

연동도표란 정거장 구내에서 열차운전을 안전하게 하기 위한 연동장치가 어떤 내용인가를 도표로 한눈에 알아볼 수 있게 표시한 것이다. 연동도표는 연동장치 구현을 위한 기본 자료로 이용되고 있으며, 실무적으로도 연동도표는 관계자들 간의 역 구내 진로제어 조건 및 운전취급 협의 시에 이용되고 있다. 이러한 연동도표가 지금까지는 별다른 툴이 없는 관계로, 작성, 검토, 협의 및 승인 단계에서 관련 담당자들의 수작업(129건, 2004년 기준)에 의존할 수 밖에 없었다. 연동도표의 작성에서부터 검토, 협의, 승인까지 소요되는 시간이 한국철도시설공단 절차서 기준으로는 30일 정도 소요되는 것으로 되어 있으나, 관계자들 간의 의견 상충으로 실제로는 이보다 더 소요되는 경우도 있다. 또한 연동도표 작성시 각 역의 상황에 따라 특수한 조건에 대하여 담당자들 간의 의견이 서로 다른 경우가 있을 수 있으므로 이에 대하여 역의 특성을 고려한 Logic Tree 구현이 시급한 실정이다.

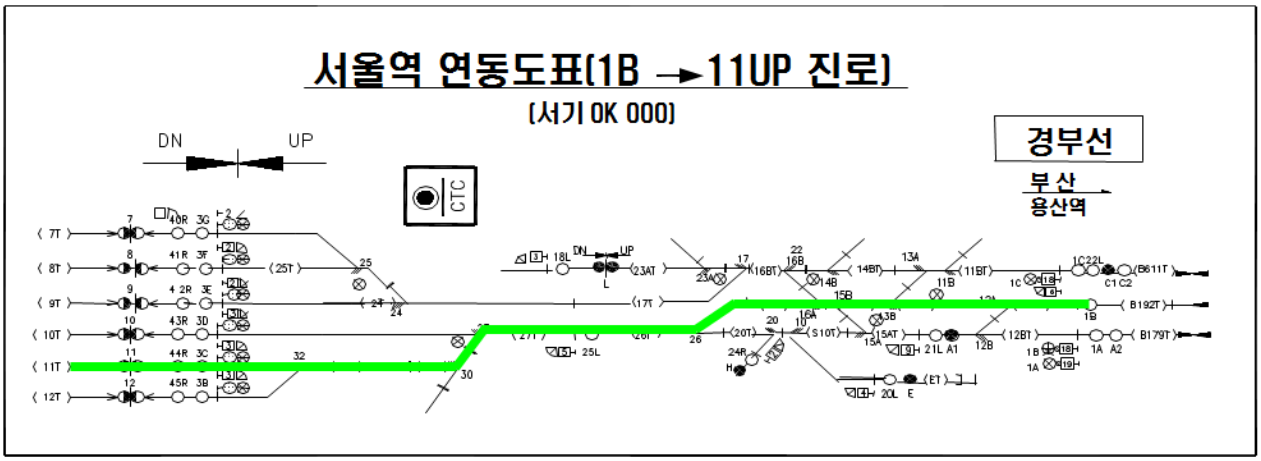
연동도표 작성 및 검토 자동화 프로그램은 관행에 따라 수작업으로 수행하여 왔던 비효율적인 연동도표 관련 업무를 각 역의 특수조건을 수용하는 자동화된 방법으로 개선하기 위한 것이다. 이것은 배선약도에 따라 연동도표 자동작성에서부터 검토, 시뮬레이션까지 가능한 시스템으로 연동도표 처리기간 단축 및 인적 오류 방지, 특수조건 Logic Tree 구현에 의한 기준마련 등에 목표를 두고 있다.

2. 본문

"연동도표 작성 및 검토 자동화 프로그램"은 크게 3가지 부분으로 나누어진다. 첫째는 배선약도 작화 부분이고 두 번째는 연동도표 자동생성 부분, 세 번째는 연동도표 검토 및 시뮬레이션 부분이다. 본 연구에서는 이러한 프로그램을 개발하기 위하여 "한국철도시설공단"의 절차서인 "연동도표 작성 및 검토

† 책임저자 : 비회원, 한국철도시설공단, KR기술연구소
E-mail : bihyup@hanmail.net
TEL : (042)607-3404 FAX : (042)607-3322
* 비회원, 한국철도시설공단
** 비회원, 대아티아이(주), R&D그룹

기준"의 내용에 나와 있는 쇄정기준을 바탕으로 배선약도에서 연동도표를 자동으로 생성하기 위하여 선로전환기 및 각종 신호기, 압구 등의 쇄정 조건을 어떻게 로직으로 구현할 것인가에 초점을 맞추었다. 연동도표는 선별되는 진로별로 출발점부터 도착점까지의 쇄정조건들을 도표로 만들어 놓은 것이다. 연동도표는 명칭란, 진로방향란, 취급버튼란, 쇄정란, 신호제어 및 철사쇄정란, 진로(구분)쇄정란, 접근 또는 보류 쇄정란으로 구성된다.



명칭	진로 방향	취급버튼			쇄 정(선로전환기)	신호제어 및 철사쇄정 (궤도회로)		진로(구분)쇄정	접근 또는 보류쇄정	
		출발점		도착점						
장내 신호기	B192T →11T	1B	11	11UP	12 13 15 16 26 27 30 32 69 [2A][53R][54R] [56R][25L]	12AT 13BT 15BT 16AT 26T 27T 30T 32T 11T 39AT	Y	[12AT][13BT] [15BT] [16AT][26T][27T] [30T][32T]	B192T	90 초

그림 1. 연동도표예시

2.1. 연동도표

연동도표의 각 쇄정란에는 출발점부터 도착점까지의 모든 쇄정조건들이 다 포함되어 열차가 안전하게 역 구내를 운행할 수 있도록 하고 있다. 쇄정들은 궤도 절연의 위치나 신호기의 위치나 종류, 선로전환기의 형태에 따라서 다양한 형태가 나타난다. 연동도표는 이러한 쇄정들을 쇄정란, 신호제어 및 철사쇄정란, 진로(구분)쇄정란, 접근 및 보류쇄정란 으로 나누어 알아보기 쉽게 표현하고 있다.

2.1.1. 쇄정

"연동도표 작성 및 검토 기준"의 표준쇄정법을 살펴보면 신호기의 과주여유거리 내의 선로전환기는 신호기에 경계신호를 현시하는 설비로 했을 때에는 편쇄정하도록 규정한다. 자기 진로 외의 선로전환기라도 개통방향이 다른 신호기의 진로에 지장을 줄 우려가 있는 선로전환기나 차량의 진, 출입에 따라 본선에 지장을 줄 우려가 있는 선로전환기는 지장이 없는 방향으로 전환하도록 되어 있다.

2.1.2. 상호쇄정

상호쇄정에는 첫째, 신호기와 신호기 간의 정위쇄정이 있다. 이것은 신호취급을 하여 신호기에 진행신호를 현시하였거나 진로구성중일 때, 신호취급을 한 후 열차 진행 또는 장애로 인하여 신호기는 정지신호를 현시하였으나 해당 진로가 모두 해정되지 않았을 때, 해당 신호가 접근 또는 보류쇄정에서 시소중일 때 등의 경우에 그 신호의 진로 내에 있는 다른 신호를 취급하였을 때 진로선별이나 신호기에 진행신호가 현시되지 않아야 한다는 것이다. 또 이미 현시된 신호 및 진로구성 상태는 변화가 없어야 하며 상호쇄정은 연동도표를 기준으로 한다. 둘째, 시서스 분기기의 정위쇄정이 있다. 시서스 분기기는 어느 하나의 선로전환기를 반위로 하는 신호취급 시 다른 쌍동의 선로전환기는 정위로 쇄정되어야 한다. 또

반위로 하는 진로로 신호가 취급된 경우 그 진로에 지장되는 다른 진로로 신호가 취급되어서는 안된다는 의미이다.

2.1.3. 신호제어 및 철사쇄정

연동도표의 신호제어 및 철사쇄정란에는 열차진행 순서별로 도착점까지 신호제어에 관계되는 궤도회로명을 표기하되 입환표지(진로표시기, 선로별표시등 포함) 및 유도신호기의 도착점 궤도회로는 기재하지 않는다. 운전방향 및 진로조사에 관계 있는 궤도회로명을 표기하며 연동폐색구간에서의 폐색조건(TPS) 및 단선자동폐색구간에서의 폐색조건(BR)을 표기하고 도중분기가 있는 경우 인접역의 신호제어 및 철사쇄정란에 선로전환기 번호를 표기한다. 구성진로 밖이라 하더라도 차량접촉한계 내에 있는 궤도회로 명은 표기한다.

선로전환기를 포함하고 있는 궤도회로를 단락한 후에는 단독 또는 연동취급을 하여도 선로전환기는 전환되지 않아야 한다. 이 경우 쌍동 이상의 선로전환기에서 2개 이상의 궤도회로로 구성된 경우 하나의 궤도회로만 단락하여도 선로전환기는 전환되지 않아야 한다. 이러한 쇄정을 선로전환기 조사쇄정, 즉 철사쇄정이라고 한다. 해당 선로전환기의 철사쇄정과 관계없는 인접 궤도회로가 단락 시 선로전환기는 취급한 방향으로 전환되어야 한다.

2.1.4. 진로(구분)쇄정

진로(구분)쇄정이란 신호기 진로, 운전방향과 관련된 진로 또는 진로구분쇄정에 관계있는 궤도회로명을 열차운행 방향 순서로 표기한다. 복선 자동폐색구간의 신호장(소)에서 반대선 운전설비를 설치한 경우 SBR을 표기한다.

2.1.5. 접근 또는 보류쇄정

장내신호기의 접근쇄정구간은 자동폐색구간에서는,

$$L = \frac{V \times 1{,}000}{3{,}600} \times S + D$$

- L : 접근쇄정구간(m)
- V : 선구최대속도(Km/H)
- S : 진로설정에 필요한 시간(10 15초)
- D : 장내신호기 확인거리$(600m)$

위 계산식에서 산출된 거리 이상의 궤도회로 구간부터로 한다. 제2 장내신호기를 설치한 경우의 제1 장내신호기는 위 계산식에 따르고 제2 장내신호기는 제1 장내신호기의 구간에 제1 장내신호기에서 제2 장내신호기까지의 거리를 더한 구간으로 한다.

비자동폐색구간에서는 상대역 출발신호기의 바깥쪽의 궤로회로부터로 한다. 하지만 장내신호기의 외방에 궤도회로를 구성한 경우, 즉 최고속도 운행 시 열차제동거리를 확보한 경우에는 위 계산식을 따른다.

출발신호기의 접근쇄정구간은 통과열차가 있는 경우는 장내신호기부터 출발신호기까지의 거리로 하고, 통과열차가 없는 경우는 해당신호기 외방 유효장내의 궤도회로 구간으로 한다.

시간쇄정은 신호기나 입환표지 진로내의 선로전환기 중 도착선에 전기선로전환기를 설비한 경우나 현장취급을 하는 대향이 되는 선로전환기로서 필요한 경우에 적용한다. 그 외에도 단선구간의 교행설비가 있는 역으로 유효장 이상의 열차를 운전하는 경우의 과주여유거리내의 선로전환기에도 적용한다.

접근쇄정의 해정시소는 신호기의 확인거리 및 그 구간을 운전하는 열차의 제동거리 등을 감안하여야 하며 장내신호기는 90초 ± 10% (화물열차 전용구간인 경우에는 120초로 한다), 출발신호기, 입환신호기는 30초 ± 10%로 한다. 보류쇄정의 해정시소는 접근쇄정의 해정시소와 동일하다.

2.2. 쇄정조건 로직화

연동도표를 로직화하기 위하여 신호장치(신호기, 선로전환기, 궤도회로)심벌의 종류 및 규격에 따라

객체를 만들어야 하며, 객체의 속성에 심벌의 위치 및 방향, 번호를 부여하고, 번호부여 체계 및 기준을 로직화 하여 포함시킨다. 그 외에서 선로, 조작판 등의 객체를 만들고, 선로번호 부여체계 및 기준, 차량접촉한계, 유효장, 과주여유거리, 위치 및 방향, 폐로쇄정 및 시간쇄정 등 각종 쇄정관계 등을 로직화하여 객체에 포함시킨다. 신호기를 더 세분하면 압구에 의해 표시되는 장내, 출발, 엄호, 입환신호기(입환표지 포함)등이 있으며, 심벌에 의해 표시되는 유도, 구내폐색, TTB 등이 있고, 일괄제어가 있다. 선로전환기는 계통방향에 따라서 정위와 반위로 분류될 수 있으며, 궤도회로는 궤도회로 유·무에 따라 유궤도와 무궤도로 분류되고 유궤도는 또 선로전환기가 포함된 것과 미포함된 것으로 분류할 수 있다. 이러한 객체들에 쇄정 로직을 구현하기 위하여 우선 계전연동장치를 대상으로하여 동작과정을 나열하고 각 동작과정들에 대응하여 연동도표의 어떤 항목에 표기가 되는지 알아보았다.

2.2.1. 계전연동장치 동작과정

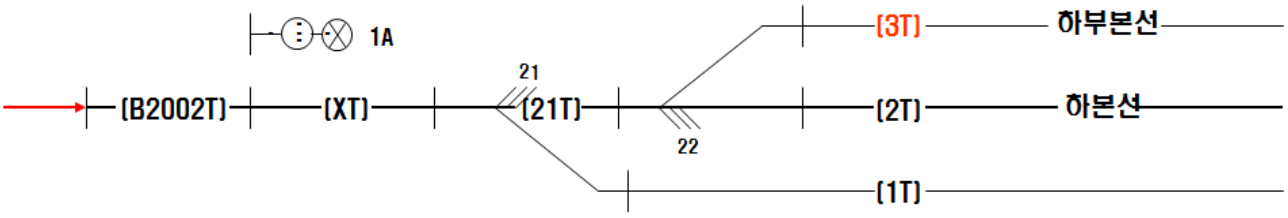


그림 2. 진로 1A->3T

구 분	계전연동장치 동작과정	연동도표의 쇄정란과의 관계
열차진입전	1. 1A – 3T 진로 취급	명칭란 및 번호란
	2. 하행 하부본선으로 마주보는 진로가 취급되지 않은 것을 조사 3. 선로전환기 21번을 정위로, 22번을 반위로 전환 4. 하행 하부본선으로 진로가 생긴 것을 조사 5. 선로전환기 21번, 22번을 쇄정	쇄정란
	6. 진로상에 다른 열차나 차량이 없음을 조사 7. 1A 진행 현시	신호제어란
열차진입후	8. 열차가 내방으로 진입에 따라 1A 신호기 정지 현시. 9. 관계 궤도회로를 통과하기까지 관계 선로전환기 쇄정 10. 열차가 각 궤도회로를 벗어날 때마다 그 궤도 회로 내 선로전환기 해정 11. 도착선으로 완전히 들어옴에 따라서 대항진로 쇄정을 해정	진로쇄정란
기타	※ 신호 취급자가 진로를 바꿀 때 안전을 확보하기 위한 쇄정 조건	접근 또는 보류쇄정란

도표 1. 계전연동장치 동작과정

도표 1.을 보면 열차가 진로에 진입하기 전에 1A 장내신호기에서 3T까지 진로가 취급된후 1A 장내신호기에 진행이 현시되기까지의 과정이 쇄정란과 신호제어란에 표기된다는 것을 알 수 있다. 또한 진로(구분)쇄정란은 1A 장내신호기가 진행이 현시되어 열차가 진로에 진입한 이후 도착선까지 열차가 완전히 들어올 때까지의 쇄정조건들이 표기된다는 것을 알 수 있다. 그 외에 접근 또는 보류쇄정란은 신호

취급자가 갑자기 진로를 바꿀 경우를 대비하여 안전을 확보하기 위한 쇄정조건들을 표기하고 있다.

2.2.2. 장내신호기 로직

장내신호기에 해당하는 진로를 구성하기 위하여 출발점 압구를 검색하여 찾는다. 다음은 장내신호기로부터 진로구성이 가능한 도착점 압구를 찾는다. 출발점과 도착점을 기준으로 구성 가능한 진로를 검색하고 각각의 진로 내 선로전환기가 있는지 검색한다. 다음은 진로 내 궤도회로를 검색하고 도착점 유효장을 계산하여 유효장 내 선로전환기의 시간 쇄정을 계산하고 과주여유거리를 계산한 후 과주여유거리 내의 선로전환기를 검색한다. 다음은 구내폐색을 검색하여 구내폐색조건 여부를 결정하고, 유도신호기를 검색하여 유도신호기 취급여부를 결정하며, TTB를 검색하여 TTB 표기 여부를 결정한다. 진로내에 특수조건이 존재하는지를 검색하여 반영여부를 결정하면 진로가 완성된다. 열차 진입 전의 쇄정조건들을 쇄정란, 신호제어 및 철사쇄정란에 표기하고, 열차 진입 후 장내신호기가 정지를 현시하면 각 쇄정들이 해정되는 조건들을 진로(구분)쇄정란에 표기한다.

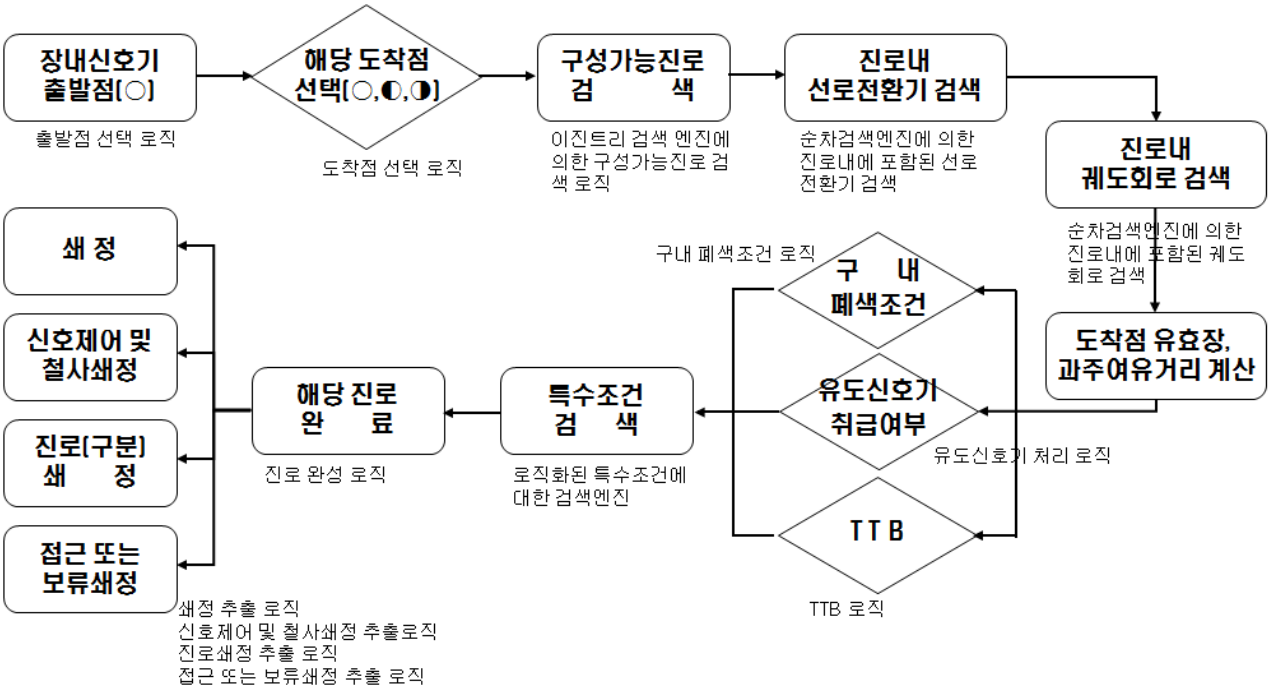


그림 3. 장내신호기 로직

2.2.3. 엄호신호기 로직

엄호신호기는 특히 방호를 요하는 곳에 설치하는 신호기이다. 대표적인 예가 도중분기이다. 엄호신호기의 로직은 기본적으로 장내신호기와 동일한 연동조건으로 구성하지만 과주여유거리 내의 선로전환기는 고려하지 않아도 된다. 진로내 궤도회로를 검색한 후에는 폐색조건을 검색하여 연동도표에 표기하는 로직이 추가되며 나머지는 장내신호기와 동일한 로직을 가진다. 엄호신호기의 접근쇄정구간은 엄호신호기 후방 2개의 궤도회로 구간 부터로 하나, 폐색구간이 짧아 거리가 부족한 경우에는 후방 3개의 궤도회로 구간 부터로 한다. 엄호신호기가 있는 경우 장내신호기의 접근구간은 엄호신호기의 접근구간에 엄호신호기와 장내신호기까지의 거리를 더한 구간으로 한다.

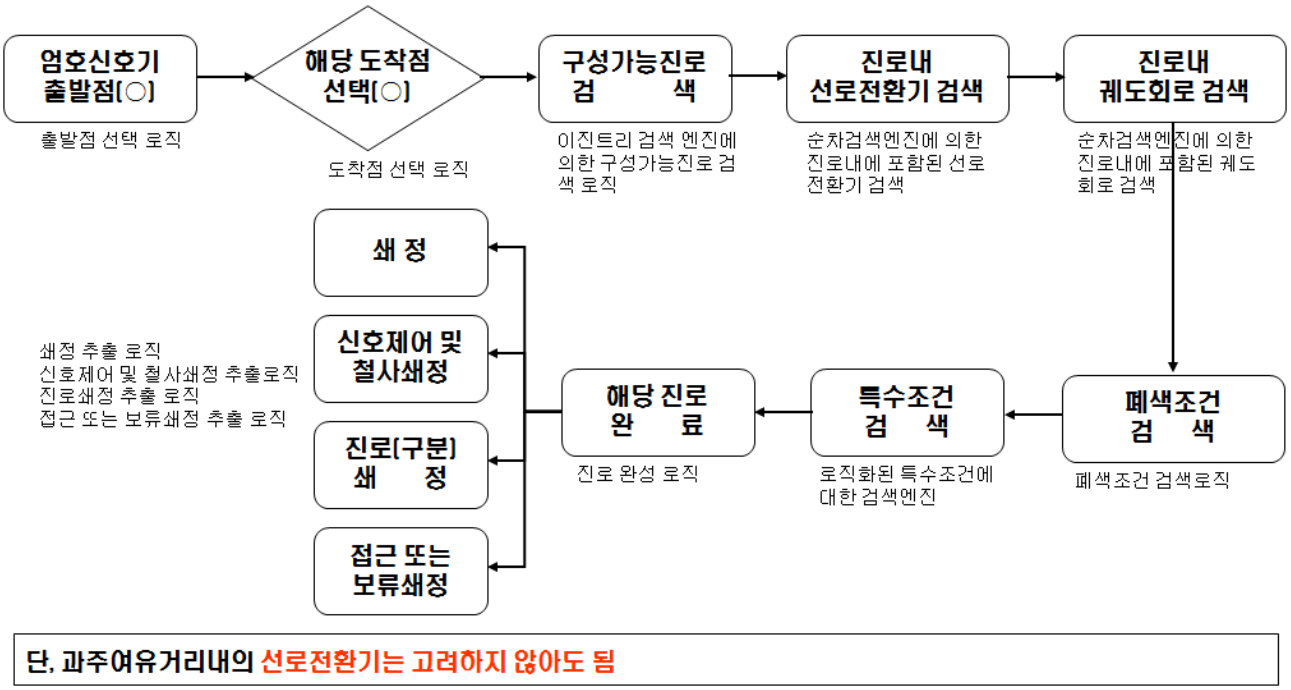


그림 4. 엄호신호기 로직

2.2.4. 출발신호기 로직

기본적으로 출발점 도착점으로부터 구성가능 진로를 검색하고 각각의 진로내 선로전환기를 검색하며, 진로 내 궤도회로를 검색하는 것까지는 장내신호기와 동일하다. 그 다음에 출발신호기는 출발신호기 외방 유효장을 계산하여 유효장 내에 있는 선로전환기를 검색하여 쇄정한다. 진로쇄정은 진로 내 궤도회로부터 적용한다. 유효장 내 쇄정된 선로전환기는 열차가 유효장을 완전히 통과한 후 해정되어야 한다. 폐색완료계전기 조건(BR)을 검색하여 적용 여부를 결정하며 TTB를 검색하여 TTB 표기 여부를 결정한다. 나머지 과정은 장내신호기와 동일하다.

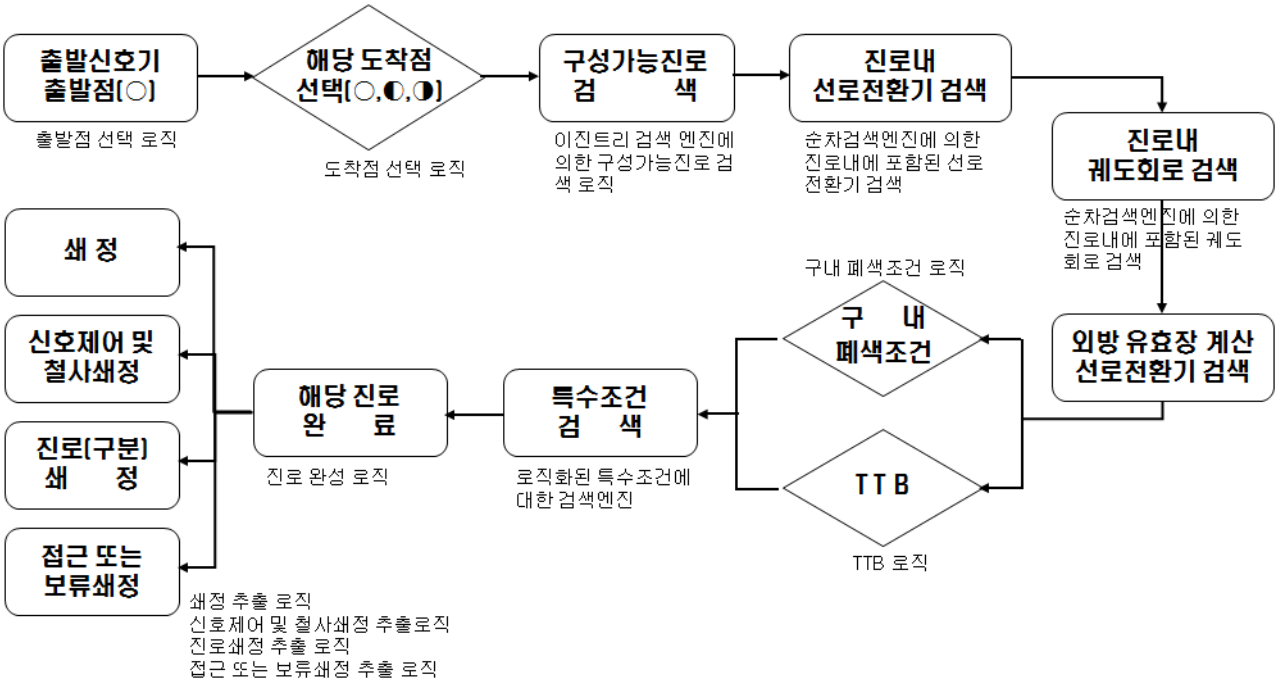


그림 5. 출발신호기 로직

2.2.5. 입환신호기 로직

입환신호기가 출발신호기의 역할을 하는지 여부를 판단한다. 출발신호기 기능을 할때에는 폐색조건 검색 로직이 추가된다. 입환신호기가 입환표지의 역할을 하는 경우 폐색조건 검색 로직은 제외되며 전체적이 로직이 수행된다. 입환 신호기는 유효장 내의 선로전환기는 쇄정의 하고 과주여유거리 내의 선로전환기는 쇄정하지 않는다. 입환신호기의 진로쇄정은 입환신호기 내방 궤도부터 적용한다. 접근쇄정은 입환신호기 외방 첫 번째 궤도회로를 적용한다. 진로 내 입환신호기(표지)는 상호쇄정에 포함시키지 않으며 정지를 현시하도록 한다. 열차가 도착선에 완전히 진입 후 도착선 유효장 내 선로전환기는 60초 ~ 90초 후에 해정된다. 진로 내 같은 선에 있는 입환표지는 일괄제어되어 진행현시 된다.

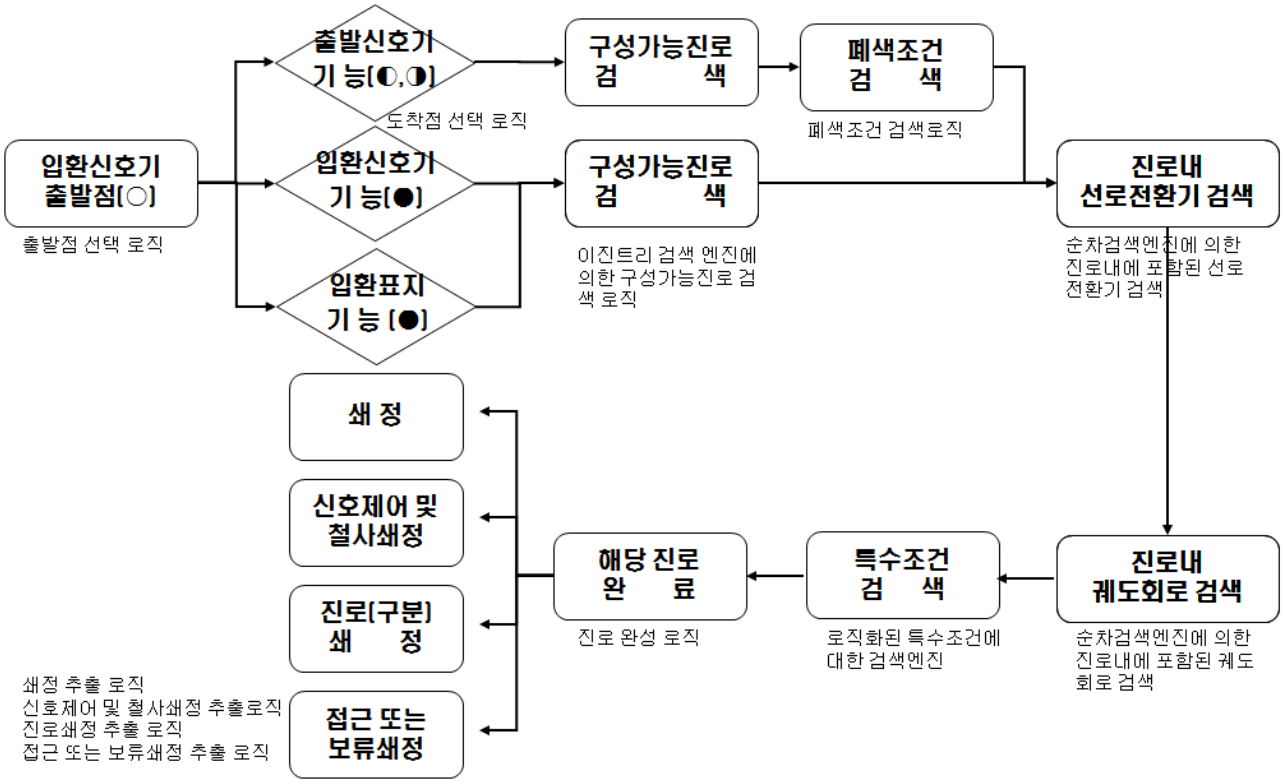


그림 6. 입환신호기 로직

2.2.6. 입환표지 로직

입환표지 로직은 입환신호기 로직에서 기능 선별 로직(출발신호기 기능/입환표지 기능)을 제외시키면 완전히 동일하다.

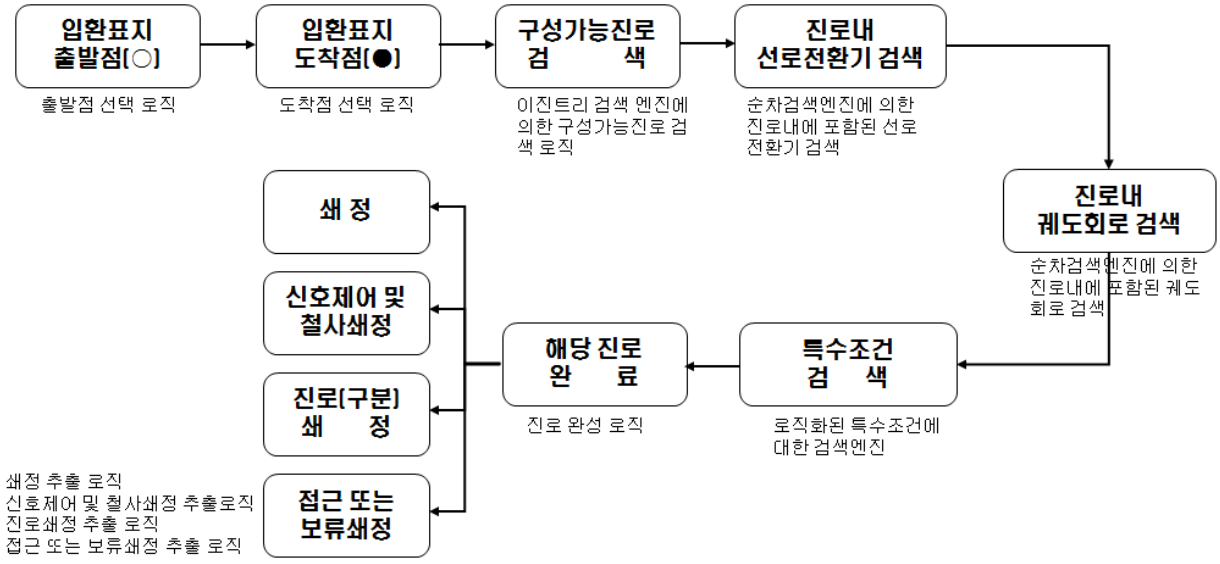


그림 7. 입환표지 로직

2.2.7. 기타신호기 로직

기타 신호기들의 로직은 장내신호기, 엄호신호기, 출발신호기의 공통되는 부분만으로 만들어진 일반화된 로직으로 출발점, 도착점을 검색한 후 구성가능 진로를 검색하고, 각 진로 내의 선로전환기와 궤도회로를 검색하며, 폐색조건을 검색하고 특수조건을 검색하여 반영한 후 해당 진로를 완료한다. 기타 신호기의 대표적인 예로는 유도신호기나 구내 폐색 신호기를 들 수 있다. 유도신호기의 경우는 장내신호기 진로중에 필요한 진로에 설치하는 신호기이다. 유도신호기는 기본적으로 장내신호기와 동일한 연동조건으로 구성하나, 도착선 내 궤도회로 및 과주여유거리 내의 선로전환기는 고려하지 않아도 되나 상호쇄정은 원칙대로 표기한다. 유도신호기의 연동도표 표기에서 도착선 궤도는 확인하지 않으나 도착선내 궤도는 낙하되어 있어야 한다. 구내폐색신호기는 장내신호기에 소속된 경우와 출발신호기에 소속된 경우로 나누어서 로직을 구현한다.

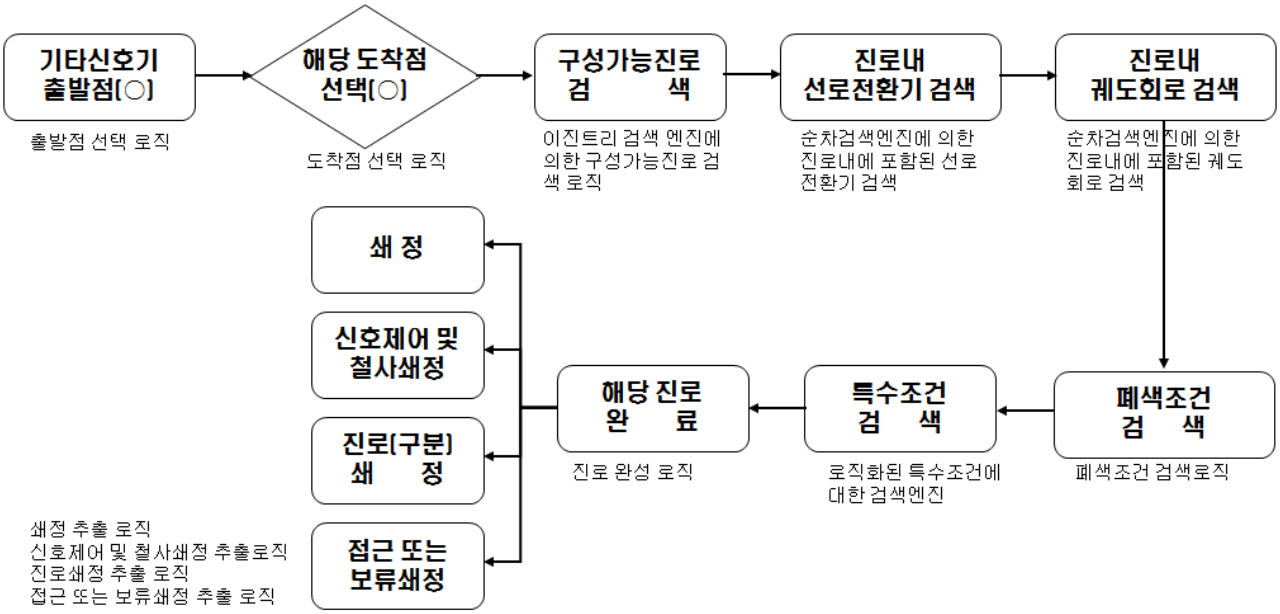


그림 8. 기타신호기 로직

2.3. 기술동향

2.3.1. 국내 기술 동향

종래의 기술을 분석해 보면, 연동장치 개발사들에 의하여 CAD로 만들어진 연동도표에 대하여 연동장치에 입력할 수 있는 데이터 형식으로 변환하는 프로그램은 개별적으로 개발되어 있으며, 연동로직 알고리즘 구현과 전자연동장치 데이터베이스 분석, 연동검사 체크리스트 출력 정도가 현재의 국내 기술 수준이다. 전자연동장치 연동기능 검증 분야에 대한 연구가 진행되고 있으나, 실용 프로그램은 아직까지 개발되지 않고 있다. 연동도표 작화(Schematic), 검토, 분석, 시뮬레이션 부분을 총 망라하는 실용적인 프로그램은 아직까지 개발된 것이 없는 실정이다.

2.3.2. 해외 기술동향

일본의 경우 연동도표 작성으로부터 연동검사 Check List 출력까지 Computer로 지원하는 System 개발 사례가 존재한다. 이 시스템은 복잡한 연동도표 자동생성 논리 알고리즘 구현을 위해 구조적인 면과 논리적인 면을 동시에 표현 가능한 Object지향 기술을 도입하였다. 단, 자동 연동로직 분석 및 검사 기능과 시뮬레이션 기능은 구현되지 않았다.

1) 배선약도 데이터 입력기능

연동도 작성시 CAD를 이용하여 도면을 입력하면서 데이터를 입력하는 방식으로 노선이나 플랫폼, 신호기나 정자 심볼 등은 CAD 기능으로 작도하고 명칭 관계나 노선상 신호설비 심볼은 Object 객체를 이용하여 작도. 데이터 입력화면을 이용하여 직접 데이터를 입력하는 방식으로 CAD 입력기능으로 할 수 없는 특수조건에 해당하는 신호설비간 접속관계를 표시, 수정하는 기능이 구현되어 있다.

2) 진로데이터 입력기능

연동도를 탐색하여 자동으로 진로 데이터 작성이 가능하다. 진로 데이터를 수동으로 입력, 수정하기 위하여 진로 데이터 입력 기능을 제공한다.

3) 연동논리 데이터 입력기능

연동논리 데이터는 배선약도 데이터와 진로 데이터로 부터 자동 생성된다. 자동 생성된 데이터를 수동으로 입력, 수정하기 위한 기능을 제공한다.

4) 연동도표 데이터 생성

입력된 데이터를 이용하여 연동도표 작성에 필요한 연동도표 데이터를 자동으로 생성하는 기능을 제공한다.

5) 연동도표 체크리스트 출력

연동도표 데이터로부터 연동검사 체크리스트를 자동으로 생성하는 기능을 제공한다.

2.4. 기대효과

연동도표 업무처리가 자동화됨으로써 업무 프로세스가 개선되며 이를 통해 운영효과 또한 향상된다. 연동도표 작성에서 검토, 승인까지의 전 과정을 자동화 시킴으로써 업무기간을 혁신적으로 단축할 수 있으며, 기존의 과도한 업무편중 현상을 해소함으로써 운영효과면에서 큰 이익을 얻을 수 있다. 연동도표 작성시의 오류 및 누락을 최소화 하고, 반복적인 연동검사 업무를 1회의 검사로 줄임으로써 연동검사 업무의 효율화을 꾀할 수 있다. 소, 중, 대, 특대역별 연동도표 업무의 처리시간이 예측 가능해 짐으로써 계획적인 열차운영이 가능해진다. 프로그램의 신뢰성을 인정받음으로서 기준 적용에 대한 공감대를 형성하게 되고, 특수조건 등에 대한 단일화된 기준 확립으로 이해관계자 간에 원활한 업무협의가 이루어진다. 전문지식 없는 사람도 작화 및 검토가 가능하여 지므로 인력 활용의 효율성이 증대한다.

참고문헌

1. (2007), “연동도표 작성 및 검토 기준”, 한국철도시설공단

2. (2004), “신호설비시공표준”, 한국철도시설공단