

연동도표검증을 위한 알고리즘 개발

이종우, 이재호, 정의진
경기도 의왕시 월암동 374-1 한국철도기술연구원 철도신호통신연구팀

A Study on An Algorithm Verification of Interlocking Signalling Chart

LEE Jongwoo, LEE Jaeho, JOUNG Euijin
Korea Railroad Research Institute, 374-1 Weolamdong Euiwangsi Kyungkido S. Korea

Abstract - We have developed interlocking signalling chart using computer. The basic tool for the automatic signalling chart is table which represent relation between routes and track circuit, and track circuit and switch. from track layout being traced using CAD system. In this paper, three elements to be considered are proposed when the signalling chart is build.

1. 서 론

열차의 진로를 설정하는 규칙을 표시하여 놓은 것이 연동도표이다. 연동도표는 진로명, 관련된 신호기, 선로 전환기와 궤도회로를 표시하여, 진로설정하는데 안전을 확보하고 있다. 연동도표에서는 진로설정하는데 있어서 취급버튼과 선로전환기 방향, 관련된 궤도회로의 쇄정조건을 표시한다.

컴퓨터의 발달로 선로배선도를 자동화하여 이것으로부터 연동도표를 작성이 시도되고 있다. 그러나 연동도표의 작성은 오랜 시간동안 신호기술자의 숙련도에 의해서 작성되었다. 이 연동도표에는 관련된 전문가의 노하우가 고려되어 안전과 능률을 높이는 노력이 축적되어 있다. 연동도표를 자동화시키면 사람의 의존되어 작성되는 것에 비해서 안전성을 향상시킬 수 있다. 연동도표는 수동으로 작성하는 것은 세세한 연동조건 등을 고려할 수 있어, 자동화로 작성된 연동도표 보다는 효율성을 고려했다고 할 수 있다.

이 논문에서는 연동도표를 자동화를 함으로써, 고려하기 힘든 부분을 어떻게 고려하는 가를 다루었다. 연동도표 자동화의 성공여부는 전문가 작성할 때 고려하는 조건을 자동화에 고려할 수 있는가에 달려있다. 본문에서는 컴퓨터에 의한 연동도표 작성법의 문제점을 정리하여, 이것에 대한 것을 고려하여 자동화를 위한 알고리즘을 제안한다.

2. 연동도표작성

2.1 열차진로

열차진로는 선로 상에서 하나구간에 해당한다. 진로의 제어는 상황에 따라 진로길이를 신축과 열차의 진입속도를 변경하는 제어를 할 수가 있다. 또한 하나의 진로는 하나의 신호기와 1:1로 대응한다. 진로를 설정하는 것은 연동도표에 표시된 선로전환기와 궤도회로에 대해서 제약조건을 만족하면은 그 진로에 해당하는 신호기 제어하여 진로를 개통하도록 하는 것이다. 연동도표에서의 하나의 진로는 진로설정 버튼과 선로전환기, 궤도회로에 대해서 진로설정에 위한 제약정보를 표시한다. 연동도표는 진로를 개통하기 위해서 규칙을 기입한 것으로, 각 진로에 대한 정보를 기입한 것이 연동도표이다.

연동도표에서 고려되는 것은 설정하려는 진로에 대한 궤도회로와 그에 관련된 선로전환기를 조사하여 진로설정이 가능한지를 조사하는 것이다. 진로설정에 필요한

것은 설정하려는 진로에 대해서 신호기, 선로전환기 및 궤도회로가 다른 진로에 의해서 사용하고 있는지(쇄정 여부)와 궤도회로를 점유하고 있지 않은지를 판단하고, 쇄정이 되어있지 않으면 진로설정을 한다. 진로설정은 선로전환기를 진로방향으로 전환하고, 궤도회로 및 신호기를 쇄정하고, 신호기를 통과신호로 현시한다. 따라서 진로설정은 점유되지 않은 신호기기를 사용하여 진로개통하고, 다른 진로에 방해받지 않도록 쇄정을 하며, 쇄정된 신호기기는 다른 진로에서 사용되지 않도록 한다.

연동장치의 기본개념은 진로설정 중에 경합진로를 쇄정하는 것이다. 경합진로는 2개의 진로가 공통으로 궤도회로를 가지면 경합진로라 하며, 서로 상관이 없으면 병행진로라 한다. 쇄정방법에는 신호기를 쇄정하여, 진로를 설정하지 못하도록 하는 직접쇄정과 선로전환기를 쇄정하여 진로개통을 하지 못하도록 하는 것이 간접쇄정이다. 연동장치를 작동하기 위한 연동도표에는 진로를 개통시키기 위한 선로전환기와 경합진로를 쇄정시키기 위한 신호기를 기입하도록 되어 있다.

2.2 연동도표작성에 있어서 전문가의 노하우(1)

컴퓨터를 이용한 연동도표의 작성은 앞에서 말한 단순한 쇄정관계를 표시하였다. 신호전문가들은 기본 연동도표에 안전과 능률을 최대한 높이기 위해서, 진로에 직접 관계하지 않는 선로전환기의 이용하는 것에 있다. 진로에 직접 관여되지 않고, 선로전환기를 이용하는 경우는 3가지로 분류할 수 있다. 첫 번째는 병행진로를 사용할 수 있도록 선로전환기를 설정하는 것이며, 2번째의 경우는 진로를 안전 측으로 작동하는 것과 3번째는 과주방호구간을 얻도록 하는 방법이다.

2.2.1 병행진로

쇄정란에는 진로 위의 선로전환기가 기재되어있는 것이 있다. 그림 1의 배선도에서 신호기 1A의 개통에 대한 연동조건을 표1에 나타내었다. 선로전환기 14는 직접적으로 진로와 상관이 없지만 쇄정란에 들어가 있다.

표 1. 신호 1A에 대한 연동도표

신호기	방향	선로 전환기	철사쇄정	진로쇄정	접근·보류 쇄정
1A	1A→1T	11③14	26T, 25T, 22T	(26T), (25T)	25T 90초

그림1의 선로전환기 11A 및 11B는 쌍둥이선로전환기(동시에 정위 또는 반위로 된다.)이다. 진로 ②와 ③은 병행진로이므로, 서로 상관이 없지만, 진로1의 경우에는 선로전환기 14를 정위로 쇄정함으로써 진로①을 이용할 수 있으므로 선로의 효율을 높일 수 있다. 그러나 진로 ④설정한면은 진로상 궤도회로에 있으므로 반위인 채로 쇄정되고 말아 쌍둥이 관계에 있는 14A를 정위전환할 수 없어 병행작업이 불가능하다. 위의 연동도표와 같이 14번의 조건을 넣음으로서 선로의 효율을 높일 수 있다.

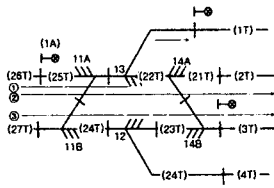


그림 1. 선로효율을 높이는 예

2.2.2 안전 확보

그림2에서와 같이 3개의 진로 r1, r2 및 r3의 진로가 서로 가로지르는 경우에서 진로설정에 대해서 고려한다. r3의 진로가 설정되어 있을 때 선로전환기11의 방향을 안전한 측으로 전환시키는 것이다. xz의 거리와 xy의 거리를 비교하여 길이가 긴 쪽으로 선로전환기를 전환한다. 이것은 진로 r3을 지장하기까지는 얼마간의 여유가 있기 때문에 여겨진다.

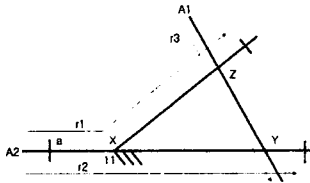


그림 2. 길이가 긴 쪽으로 선로전환기 전환

2.2.3 과주방호구간 선로전환기의 이용

열차를 진로 내에 확실하게 정지시키기 위해서 진로로의 진입속도를 설정속도보다 작은 것이 바람직하지만, 작업능률상은 주행속도는 높은 것이 바람직하다. 이 때문에 장내진로와 같이 높은 진입속도가 요구되는 진로에는 안전상 과주방호구간을 정하고 있다.

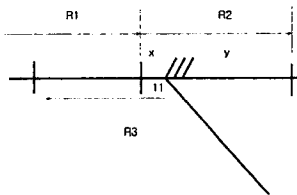


그림 3 진로제어구간의 연장에

그림 3에서는 진로 R1은 X점까지이므로 본래 R1의 쇄정란에는 경합진로 R3에 대한 정위를 기재한다. 그러나 실제의 연동도표에는 고속진입을 허용하기 때문에 과주방호구간을 더한 y점까지 제어구간으로 하고 있다. 그리고, R1의 쇄정란에는 정위를 기재하고 R3은 기재하지 않는다. 이것은 R1과 R3가 선로전환기 11에 의해서로 간접 쇄정할 수 있기 때문이다.

3. 진로설정의 원리

앞에서 언급한 3가지 경우를 더하여 연동도표를 작성을 하면은 선로의 효율, 안전성을 높일 수 있다. 이장에서는 실제적으로 적용할 수 있는 알고리즘에 대해서 설명을 한다.

3.1 진로와 신호기

진로의 진입을 위해서 진로의 입구에는 신호기가 설치하여, 해당진로에 열차의 진입여부를 현시한다. 진로 입

구에는 원칙적으로 신호기가 설치된다. 진로는 진입허가는 진로의 출발점과 도착점의 버튼에 의해서 결정된다.

3.2 진로합성

연속진로에 대해서 동시에 제어할 수 있다. 동시진로는 하나의 진로r1의 도착점과 다른 진로r2의 출발점이 서로 연결되어 있으면, r1과 출발점과 r2의 도착점의 버튼을 취급함으로써, 진로를 합성할 수 있다. 이러한 합성진로는 고속진입을 허용한다. 연동도표에는 진로 r1 신호기에 의해서 다음과 같은 진로규칙을 정한다.

- ① 합성진로가 되지 않을 때는 저속진입
- ② 일부 합성진로r2가 다른 진로에 의해서 쇄정되어 있다면, r1과 r2를 합성하여 고속진입을 허용한다.
- ③ 모든 합성대상진로 r1이 다른 진로에 의해서 쇄정되어 있으면 진입을 금지한다.
- ④ 모든 합성진로r1가 다른 진로에 의해서 쇄정되어도 저속진입을 허가한다.

②와 ③의 경우는 합성진로와 ②와 ④는 부분합성진로이다.

3.3 진로설정의 원리

열차에 대하여 진로 r1을 설정할 때는 가능한 안전과 능률을 향상시켜야 한다. 이를 위하여 아래와 같은 네 가지의 요건이 충족되도록 신호기 및 선로전환기를 제어할 필요가 있다. 이것을 진로설정의 원리라 부른다.

- ① 진로설정 : 해당 진로의 선로전환기를 r1이 개통하는 방향으로 전환·쇄정한다.
- ② 병행진로 : r1과 경합하는 궤도회로를 갖고 있지 않은 진로에 대해서 진로r1으로 쇄정하지 않는다. 선로전환기가 쌍동형인 경우로서 다른 진로와 경합을 하면은 세 번째 경우로 간주한다.
- ③ 경합진로에서 사용하지 않는 선로전환기 설정 : 경합진로에 대해서는 해당되는 선로전환기는 간접쇄정을 하고, 간접쇄정을 할 수 없는 경우는 직접쇄정을 한다.
- ④ 합성진로 : r1과 설정 가능한 진로 rn이 있으면 합성한다. 진로의 합성은 그 진로의 신호기와 선로전환기를 진로 r1의 쇄정란에 기입하는 것에 의해 수행된다.

4. 쇄정란 생성 알고리즘

이 알고리즘은 쇄정 알고리즘과 합성알고리즘으로 구성된다. 우선, 쇄정 알고리즘으로 전 진로에 대하여 첫 번째 3개의 논리를 적용하고, 그리고 그 결과를 이용해서 합성알고리즘을 처리한다.

표 2. 진로와 궤도회로와의 상관관계검사 테이블

TC번호	B000T	XT	21AT		
진로번호 (발점→착점)					
B000T→4T	○	○	○		○
B000T→5T	○	○	○		
5T→B000T					
.
.
.
		○			

먼저 앞에서 정의된 규칙을 적용하기 위해서 각 진로 별로 해당궤도회로를 일치 테이블을 구성한다. 각 진로

를 추출하기 위해서는 배선도를 컴퓨터를 이용하여 작성을 하며 이것을 아래와 같은 테이블을 구성을 한다. 첫 번째 테이블은 각 진로에서 진로를 설정하기 위해서 사용하는 궤도회로와 상관관계를 표시한다. 진로설정에서 경합진로를 알아내는데 사용된다. 표3은 각 궤도회로에 존재하는 선로전환기와 진로설정에 선로전환기가 사용이 되는지를 확인하는데 사용한다.

표 3. 궤도회로와 선로전환기

선로전환기 궤도회로번호	21	22A	22B		p
XT	-	-			-
21AT	○	○			
24T			○		
.
.
.
TCn		○			○

4.1 쇠정알고리즘

(1) 진로설정

첫 번째 규칙은 위의 테이블 이용하여, 궤도회로와 선로전환기를 찾아내어 선로전환기를 진로방향으로 전환을 한다.

(2) 병행진로

두 번째 규칙은 진로 r1을 설정할 때, 다른 병행진로 rn을 쇠정하지 않아야 하므로, 쇠정을 할 수 있는 쌍동관계가 있는 선로전환기를 리스트를 표2와 표3을 이용해서 에서 찾는다. 궤도회로서 찾은 선로전환기와 같은 번호와 다른 접자를 갖는 것은 쌍동 선로전환기이다.

- 표2와 표3을 이용하여 진로r1과 관계가 있는 쌍동형 선로전환기를 찾는다.
- 쌍동형 선로전환기 속한 궤도회로를 표3에서 찾는다.
- 표2에서 궤도회로가 속한 진로를 찾아 진로r1과 공유하는 궤도회로가 없으면 다음 단계를 수행하고, 공유를 하면 서로쇠정관계가 있으므로 스텝①을 수행한다.
- 각 선로전환기에 대해서 정위와 반위를 구한다.
- rn의 진로에서 쌍동형 전환기가 정위이면 정위로 설정하고, 반위이면 반위로 설정한다.

(3) 경합진로

세 번째 규칙은 첫 번째와 두 번째 규칙에 의해서 쇠정되지 않은 선로전환기를 안전성 유리한 방향으로 쇠정하는 규칙이다.

- 표2와 3을 이용하여 진로 r1을 정하고 해당되는 궤도회로 들을 구한다.
- 표3을 이용하여 해당궤도회로에서 사용되지 않은 선로전환기의 목록을 작성한다.
- 선정된 각 선로전환기에 대해서 병행진로와 경합진로에 대한 선로전환기 위치를 결정한다.
- 병행진로에 해당되지 않고, 경합진로에서 반위의 경우에 해당을 하면은 정위로 설정을 하고, 병행진로에 해당하지 않고, 경합진로에서 정위와 관계가 있으면 반위로 설정한다.

(4) 진로합성

이 알고리즘은 진로 r1과 진로 rn에 의해 직접쇠정이 필요없게 되는 부분집합으로 만든다. r1과 합성되는 진로의 집합은 일반적으로 복수의 진로를 갖는다고 여겨진다. 그러나, 실제로 합성되는 진로에는 이 중 하나뿐이다. 따라서 직접쇠정이 필요하지 않는 진로는 r1이 합성

된 진로의 어떠한 진로와 합성되어도 직접 쇠정되지 않아도 된다. 각 합성되는 진로는 합성된 진로는 r1이 합성된 진로의 어느 진로와 합성되어도 반드시 합성되는 것에 의해 쇠정되는 진로이다. 합성알고리즘은 다음과 같이 된다.

- r1과 합성되는 진로 rn이 반합성이면 ④로 이행한다.
- r1과 합성 가능한 진로의 집합을 구한다.
- 합성 가능한 진로에 신호기가 존재여부를 찾아서 있으면 직접쇠정 없으면 간접쇠정을 기입한다.
- 경합진로에 대해서 경합진로로 쇠정하지 않는다.

5. 연동표의 검증사례

연동도표의 검증사례는 간단한 그림 4와 같은 배선도를 가지고 수행을 하였다.

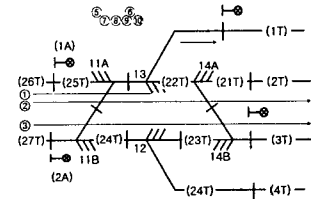


그림 4. 연동도표 작성에 적용된 배선도

이 배선도에 의해서 적용된 것은 진로 1A에 해당한다. 다음에 오는 연동표는 진로 ①②③에 대한 것을 연동논리로 구한 것이다.

표 4. 신호 1A에 대한 연동도표

신호기	방향	선로 전환기	철사쇄정	진로쇄정	접근·보류 쇠정
1A	1A→1T	11, 14	26T, 25T, 22T	(26T), (25T)	
1A	1A→2T	11, 13, 14	26T, 22T, 21T, 1T	(26T), (25T)	
2A	2A→3T	11, 12, 14	27T, 24T, 23T, 3T	(27T), (24T)	

6. 결 론

본 문에 취급한 내용은 전문가가 작성하는 연동도표에 일치도록 조건을 넣어서 작성을 하여 보았다. 앞으로는 보다 쉽게 알고리즘을 적용할 수 있는 테이블의 작성과 이것을 근거로 하여 전문가 시스템을 이용하면은 보다 전문가가 작성한 연동도표와 일치할 수 있다.

(참 고 문 헌)

- 八賀 明, "連動表を検證するためのがアルゴリズム", RTRI Report Vol. 10, No11, '96.11
- 철도청 "신호설비시공표준", 행정간행물 등록번호 11-1510000-000084-14
- Akida et al. 연동도표작성용 지적CAD(1), (2) RTRI, REPORT vol4, no 2, '90'2
- 吉武 勇 et al. "運轉保安設備の解説", 日本鐵道圖書株式會社, 1984