

# 전자연동장치용 연동도표작성 알고리즘 설계에 관한 연구

## An Algorithmic Approach to Design of a Railway Interlocking Table

이길영\* 박영수\*\*, 이재훈\*, 유광관\*\*\*, 이재호\*\*\*\*,  
Lee, Gil Young, Park, Young-Soo, Lee, Jae-Hoon, Yoo, Kwang-Kwin, Lee, Jae-Ho

### Abstract

In this paper will be presented an algorithm for designing of a railway interlocking table which is a document describing the functional specification of the interlocking device. The ability to produce an interlocking table has been handed down in the signalling engineers society. And the signalling engineer makes the most of his expertise to produce an interlocking table. But, the expertise has not yet been organized into technical system, the core of the expertise is a hard nut to crack. Therefore, we analyze into signal engineering expertise, and propose a generalization of interlocking notion. Also, an algorithm is drawn up based on a train route setting principle to solve practical and general problems by computer. And the performance of the algorithm is evaluated for test program based on AutoCAD technology. The evaluation result shows that it can be utilized as the effective algorithm for computer control of the signalling system as interlocking device, that it improved in safety

### 1. 서론

열차의 진로를 제어하는 열차제어장치는 안전운송과 효율적인 운송의 기반이 되는 장치로 하나의 진로에는 여러개의 분기기가 있으며 진로를 따라 운행하는 열차는 탈선, 충돌의 염려가 없도록 제어하여야 한다. 이러한 열차제어를 위해 분기기 및 신호기의 취급에 일정한 순서와 규칙이 만들어지고, 이 규칙에 따라 작성된 열차제어의 기능 사양을 연동도표라 하며, 연동도표는 배선약도와 연동표로 구성되어 있다. 배선약도는 실제의 배선에 가능한 한 가깝게 그리는 것이 기본이며 약도에는 신호기, 선로전환기, 조작압구등의 기호가 그려지고 연동표에는 열차가 운행되는 진로조건들이 기록한다.

연동도표는 관습적으로 신호기술자의 경험을 바탕으로 작성되었으나 이 경험적 기술은 정확하게 체계화되지 않아 같은 선로배선에 대하여 항상 같은 연동표를 작성하지 못하는 문제가 있었다. 다시 말하면 지금까지의 연동도표 작성기준은 개별적인 규칙만 있고 전체적으로 통일된 원리가 명확하지 않은 단점이 있어 고속, 고밀도 운전에서 가장 중요한 안전성의 확보와 신뢰성의 향상 및 양질의 서비스 제공을 위한 연동장치의 전자화에 적합하지 않았다.

따라서, 본 논문에서는 지금까지 전해지는 연동에 관한 사고방식을 기초로 자동화된 전자연동장치에 적합하고 보다 안전하고 효율적인 진로구성 방법을 위한 통일된 연동 알고리즘의 설계방법을 제공하고 배선약도로부터 설계된 알고리즘을 이용하여 연동도표를 생성하고 이를 기존의 연동도표와 비교하여 높은 안전성과 능률성을 확인하였다.

### 2. 연동도표와 진로

한 신호기에서 다음 신호기까지의 분기기를 포함한 구간을 진로라 하고, 진로의 시작점과 도착점을 발점 및 착점이라고 한다. 진로를 설정한다고 하는 것은

- ① 진로상에 다른 차량이 존재하지 않는 것을 확인하고
- ② 경합하는 다른 진로의 설정을 금지하며

\* 철도청 신호제어과

\*\* 특허청 심사관

\*\*\* 철도전문대학 전기신호과 교수

\*\*\*\* 광운대학교 석사과정

③ 진로상의 분기기를 진로 방향으로 전환, 쇠정하고 신호기에 진행을 현시하는 것이다.

반대로

④ 경합진로가 이미 설정되어 있는가?

⑤ 진로상에 다른 차량이 존재하는가?

⑥ 진로상에 분기기를 올바른 방향으로 전환할 수 있는가?를 확인하여 진로를 설정한다.

연동장치의 기능이 안전확보만이라면 비교적 단순하지만 실제로 능률향상이라는 측면에도 부응하여야 하므로 안전과 능률을 합리적으로 조합하기 위해 여러 가지 연구가 이루어지고 있다. 연동표생성의 기본지식을 정리하고 연동도표의 표준화를 위해서 연동에 관한 사항을 검토하였다.

### 2.1 진로의 형태와 경합

먼저 역구내 분기부의 진로방향을 살펴보면 그림2.1과 같으며 "A진로"와 "C진로"는 동시 진로의 구성이 가능하고 "B진로"와 "C" 또는 "B진로"는 동시에 진로를 구성할 수 없는 형태이다.

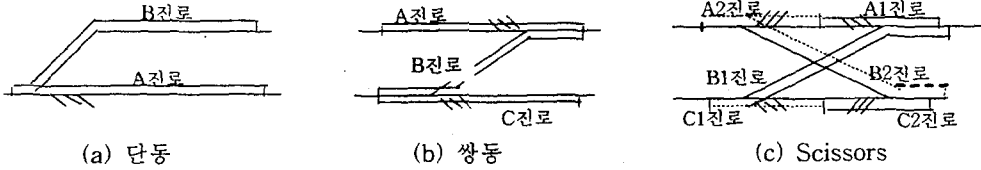


그림2.1. 분기부 진로의 방향

이들 분기부의 진로방향을 중심으로 경합에 대해 검토해 보면 역구내의 경합진로는 그림 2.2에 나타난 4개의 형태중 하나로 분류된다. (a)는 2개의 진로가 크로싱을 통해 교차하고 있는 경우로 교차부분에는 분기기가 없는 평면교차(平面交叉)를 형성하고 있다

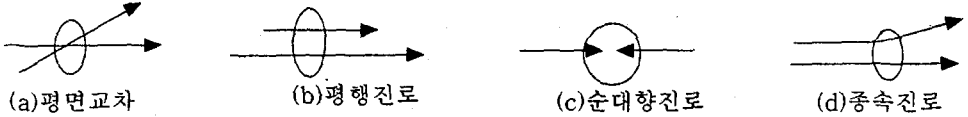


그림2.2. 경합진로의 형태

(b)는 2개의 진로가 같은 방향으로 분기기의 진로를 공유하는 경우이다. 예를 들어 같은 지점에 입환표지와 출발신호기가 설치되어 착점을 공유할 경우로 열차의 운전형태가 달라 별도의 진로를 구성한다. (c)의 2개 진로는 분기기는 공유하고 있지 않으나 착점이 동일지점에 설치되어 순대향(純對向)이 되는 경우이다. (d)는 2개의 진로가 공유하는 분기기의 개통방향이 1개 이상 일치하지 않는 경우로 대부분의 진로가 여기에 해당된다. 즉, 공유하는 분기기가 서로 다른 2개의 진로방향을 갖고 있는 경우이다.

### 2.2 연동도표 작성법

연동의 기본은 진로를 설정할 때에 그것과 경합하는 진로를 설정 할 수 없도록 쇠정하는 것이다. 예를 들어, 진로(s)를 설정하기 위해 분기기를 반위로 전환하고 쇠정하여야 하는 경우 이 분기기가 진로(p)에 의해 이미 정위로 쇠정되어 있으면 신호기를 조작하여도 진로(s)를 설정할 수 없다. 즉, 연동도표의 "진로(p) 쇠정란"에 진로(p)가 포함하고 있는 모든 "분기기와 전환방향" 및 진로(p)와 경합하는 "신호기"가 기재되어야 한다.

쇠정방법에는 직접쇠정법과 간접쇠정법이 있으며 직접쇠정법은 신호기를 쇠정하는 방법이고 간접쇠정법이라는 것은 진로상의 분기기를 쇠정하여 간접적으로 신호기를 쇠정하는 방법이다. 직접쇠정법을 사용하여 쇠정하면 분기기를 쇠정하고 있는 신호기를 정지신호로 확보하지 않는 한 경합진로를 설정할 수 없으며, 간접쇠정법으로 쇠정하면 대응하는 분기기만 해정되면 진로설정이 가능하므로 운행능률이 높은 장점이 있다.

따라서, 진로 쇠정은 가능한 한 간접쇠정법에 의한 것이 바람직하며, 그림 2.2의 경합진로에서는 (a), (b), (c)는 직접쇠정법에 의하고 (d)는 간접쇠정법에 의해 쇠정하는 것을 원칙으로 한다. 그러나 후술하는 것처럼 (a)는 간접쇠정법을 적용하여 쇠정하는 경우가 많이 사용되고 있다.

### 2.3 경합진로의 췌정방법

경합 진로는 자기 진로상에 있는 궤도회로 또는 착점압구를 공유하는 진로를 찾았으므로 얻을 수 있으며, 진로의 췌정은 공유 분기기의 유, 무에 따라 경합진로를 2개의 카테고리르 분류하고 직접 췌정법과 간접췌정법으로 구분하여 췌정하며, 직접췌정법으로 췌정해야 되는 진로 가운데에서도 진로 외의 분기기를 사용하여 간접췌정법으로 췌정할 수 있으면 간접췌정법을 사용한다.

#### (1) 공유분기기가 없는 진로의 췌정

대향진로와 평면교차진로가 이 경우에 속하는 것으로 직접췌정법으로 췌정하는 것이 원칙이다. 그림 2.3 (a)에서 만약 진로(s)에 분기기 w2를 반위로 췌정하면 진로(s)로 인하여 진로(3)이 연쇄되어 독립된 진로(s)와 진로(3)를 동시에 사용할 수 없으므로 진로(s)에는 분기기 w2를 정위로 췌정한다.

그림 2.3의 (b)와 같은 배선형태에서는 직접췌정법이 아니고 간접췌정법으로 췌정할 수가 있다. 진로(s)를 췌정할 때에 진로(3)의 진로상 분기기 w1을 정위로 전환하여 췌정하면 진로(3)은 w1에 의해 간접적으로 췌정할 수 있다.

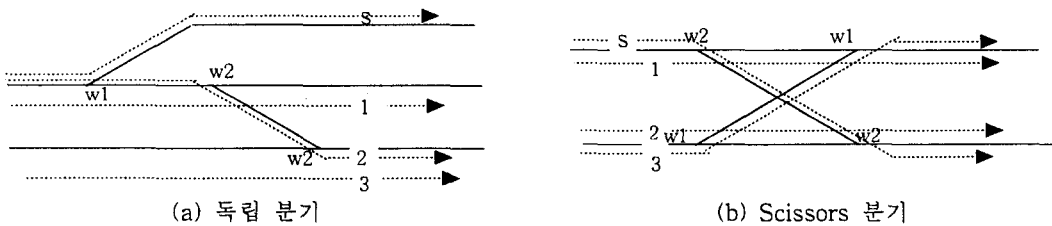


그림 2.3. 간접췌정법에 의한 평면교차의 췌정

#### (2) 공유분기기가 있는 경우

공유하는 분기기중에 진로에 의해 방향이 달라지는 것이 있으면 간접췌정법으로 췌정하고 그 외에는 직접췌정법으로 췌정한다.

### 2.4 과주방호구간의 분기기 췌정

진로는 신호기에서 신호기까지의 구간에 대응하므로 열차는 다른 신호기의 앞에서 정지하여야 하며, 이를 위해 구내운전속도를 25km/h로 제한하고 있다. 그러나 이런 방법은 운전의 능률을 크게 떨어뜨린다. 예를 들면 도착열차가 낮은 속도로 진입하면 장내진로를 긴 시간 점유하기 때문에 이것과 경합된 진로는 사용할 수 없다. 이런 문제는 과주방호구간내 진로의 경합 유, 무에 따라 도착열차의 진입속도를 조절하는 방법으로 해결한다. 즉, 장내진로가 먼저 췌정되면 간접췌정법으로 경합진로를 췌정하지만 경합진로가 먼저 췌정된 경우에는 장내신호를 경계신호로 현시하여 진입열차의 속도를 25km/h로 제한하는 방법으로 이런 췌정방법을 편췌정이라 한다.

## 3. 연동도표 작성 알고리즘

전자연동장치용 연동도표 작성 알고리즘을 제시하기 위해서 지금까지 신호기술자에 의해서 전해지는 연동에 관한 사고방식을 분석하여 새로운 열차진로설정 방법과 그 알고리즘의 논리적 사고방식을 검토하여 보면 다음과 같다. 여기서 새로운 연동알고리즘을 쉽게 기술하고 이해하기 위해 다음과 같은 변수를 사용하기로 한다.

- T : 역구내의 모든 궤도회로들의 집합
- W : 역구내의 모든 분기기들의 집합
- R : 역구내의 모든 진로들의 집합
- Ps : 진로 s와 경합하는 진로들의 집합
- Qs : 진로 s와 경합하지 않는 진로들의 집합
- Ts : 진로 s상에 있는 궤도회로들의 집합
- Ws : 진로 s상에 있는 분기기들의 집합
- Is : 진로 s와 경합하는 진로 중에서 간접췌정방법에 의해 췌정되는 진로들의 집합
- Ds : 진로 s와 경합하는 진로 중에서 직접췌정방법에 의해 췌정되는 진로들의 집합
- Cs : 진로 s의 과주방호구간에 있는 진로들의 집합

- $\alpha$  : 분기기  $w$ 에서 그 것이 존재하는 궤도회로로의 사상(Mapping)
- $\beta$  : 분기기  $w$ 에서 그 것의 쌍둥이들의 집합으로의 사상(Mapping)
- $\gamma$  : 신호를 가지고 있으면 진로  $s$ 에서  $P_s$ 로의 사상(Mapping),  
신호가 없으면 진로  $s$ 에서  $I_s$ 로의 사상(Mapping).

### 3.1 진로설정 방법

진로  $s$ 를 따라 운행하는 열차가 탈선, 충돌 등의 염려 없이 안전하게 운행하기 위해서는 진로  $s$ 가 포함하고 있는 모든 "분기기와 개통방향" 및 "경합하는 신호"를 쇄정하여야 한다. 쇄정하는 휴리스틱 규칙은 2절에서 언급한 것을 기초로 검토하면 다음과 같이 경합진로와 과주방호구간 진로로 구분하여 정의할 수 있다.

#### [HR 1] 경합진로의 쇄정

$p \in P_s$ 인 모든 진로  $p$ 는 진로  $s$ 에 의해 다음과 같이 쇄정된다.

$w \in W_p$ 이고  $w \in W_s$ 인 어떤 분기기의 방향이 진로  $s$ 와  $p$ 에서 서로 다르면 진로  $p$ 는 분기기  $w$ 에 의해서 간접쇄정법으로 쇄정하고, 그렇지 않으면 진로  $s$ 에 의해서 직접쇄정법으로 쇄정한다.

#### [HR 2] 과주방호구간 진로의 쇄정

$q \in Q_s$ 인 어떤 진로  $q$ 가 진로  $s$ 의 과주방호구간에 있고 진로  $q$ 가 설정되어 있지 않으면 진로  $q$ 는 진로  $s$ 에 의해서 쇄정한다.

그림 4의 (a)에서 진로  $p$ 가 진로  $s$ 에 의해서 직접쇄정법으로 쇄정한 경우 진로  $p$ 를 운행하는 어떤 열차가 정지위치에서 정지하지 못하면 진로  $s$ 상의 열차와 충돌한다. 그렇지만 진로  $p$ 가 분기기  $w$ 에 의해서 간접쇄정법으로 쇄정되었다면 진로  $p$ 를 운행하는 열차는 분기기  $w$ 에서 탈선할 것이다. 그림 4의 (b)에서 진로  $p_1$ 과  $p_2$ 가 각각 분기기  $w_1$ 과  $w_2$ 에 의해서 간접쇄정법으로 쇄정되면 안전성이 떨어지지 않는다.

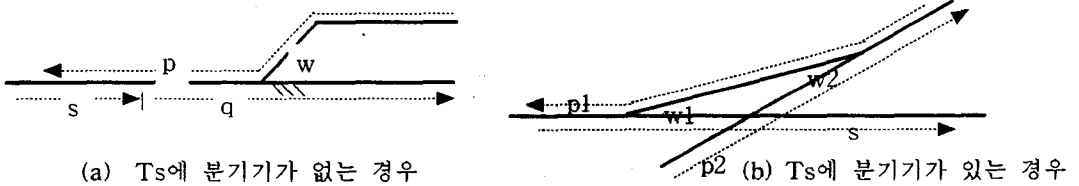


그림 3.1  $W_s$ 와  $W_p$ 의 분기기에 의한 간접쇄정법

### 3.2 알고리즘

연동도표를 자동으로 생성하기 위한 알고리즘에는 휴리스틱 규칙 [HR 1]에 의해서 실현되는 쇄정 알고리즘과 [HR 2]에 의해서 실현되는 과주방호 알고리즘으로 구분된다.

#### 3.2.1 쇄정 알고리즘(Lock Algorithm)

$s \in Q_s$ 가 성립하므로 어떤 분기기에 의해서 간접쇄정된 진로들의 집합  $I_s$ 가 정해져 있으면 진로  $s$ 에 의해 직접쇄정된 진로들의 집합  $D_s$ 는  $D_s = P_s - I_s$ 로 나타낼 수 있고 휴리스틱 규칙[HR 1]은 다음과 같이 변경할 수 있다.

- ①  $q \in Q_s$ 인 모든 진로와  $w \in W_q$ 인 모든 분기기에 대해 진로  $q$ 에 대한 분기기  $w$ 와 개통방향을 찾아 쇄정한다.
- ②  $p \in P_s$ 인 모든 진로와  $q \in Q_s$ 인 모든 진로에 대해 진로  $q$ 를 설정하고 진로  $p$ 를 쇄정하는 어떤 분기기  $w \in P_s$ 와 개통방향을 찾아 쇄정한다.

①에서 진로  $q$ 가 진로  $s$ 이면  $w \in W_q$ 에 대한 사상  $\alpha(w)$ 가  $T_s$ 에 속하므로 진로  $s$ 에 의해서 모든 분기기들은 쇄정된다. 그렇지만 진로  $q$ 가 진로  $s$ 가 아니면  $w \in W_q$ 는  $T_q \cap T_s = \emptyset$ 이므로 진로  $s$ 에 의해서 분기기가 쇄정되지 않는다. 따라서 ①에 의해서  $Q_s$ 로부터 진로  $s$ 를 제외한 모든 진로들을 삭제할 수 있다. 그러나  $w \in W_q$ 인 어떤 분기기에 대해서  $w^* \in \beta(w)$ 가 존재하면  $\alpha(w^*) \in T_s$ 가 되고  $\beta(w)$ 의

모든 분기기가 같은 방향이어야 함으로  $\alpha(w^*) \in Ts$ 는  $\alpha(w) \in Ts$ 가 된다. 즉, 휴리스틱 규칙 ①은  $q' \in \{s, q : q \in Qs, \exists w \in Wq, w^* \in \beta(w), \alpha(w^*) \in Ts\}$ 인 모든 진로와  $w' \in \{w : \alpha(w) \in Ts \text{ or } \exists w^* \in \beta(w), \alpha(w^*) \in Ts\}$ 인 모든 분기기에 대해 진로  $q'$ 의 분기기  $w'$ 의 개통방향을 찾는다

다음에, 모든  $w \in W$ 에 대해서 ②의 상태를 조사하기 위해서 진로들의 집합  $R$ 의 부분집합을 다음과 같이 구성하면 각 부분집합은 공집합일 수도 있으므로 모두  $16(2^4)$ 가지의 조합이 있을 수 있다.

NPw : Ps의 부분집합이고  $p \in NPw$ 인 모든 분기기  $w$ 는 정위이다.

RPw : Ps의 부분집합이고  $p \in RPw$ 인 모든 분기기  $w$ 는 반위이다.

NQw : Qs의 부분집합이고  $q \in NQw$ 인 모든 분기기  $w$ 는 정위이다.

RQw : Qs의 부분집합이고  $q \in RQw$ 인 모든 분기기는  $w$ 는 반위이다.

또, 부분집합  $NPw = \emptyset$ 이고  $RPw = \emptyset$ 의 경우는 설정해야 하는 진로가 없는 경우이고,  $NQw \neq \emptyset$ 이고  $RQw \neq \emptyset$ 이면 설정되어지는 분기기가 없는 경우이다. 표 1은 이 경우를 제외한 9가지 경우를 조사하여 나타낸 것이다. 이와 같은 부분집합은 휴리스틱 규칙 ②를 만족하는지를 신속하게 결정할 수 있으며 설정란의 ○는 방향에 대응하는  $w$ 가 Ps의 진로들을 설정할 수 있는 것을 의미하며, ×는 설정할 수 없는 것을 의미한다. 또, -는 설정할 진로가 없음을 의미한다.

표1. 진로별 설정의 적용

Ps와 Qs 진로들의 조합	설정		비고
	정위	반위	
$NQw = \emptyset, RQw = \emptyset, NPw \neq \emptyset, RPw = \emptyset$	-	○	
$NQw = \emptyset, RQw = \emptyset, NPw = \emptyset, RPw \neq \emptyset$	○	-	
$NQw = \emptyset, RQw = \emptyset, NPw \neq \emptyset, RPw \neq \emptyset$	○	○	
$NQw \neq \emptyset, RQw = \emptyset, NPw \neq \emptyset, RPw = \emptyset$	-	×	
$NQw \neq \emptyset, RQw = \emptyset, NPw = \emptyset, RPw \neq \emptyset$	○	×	
$NQw \neq \emptyset, RQw = \emptyset, NPw \neq \emptyset, RPw \neq \emptyset$	○	×	
$NQw = \emptyset, RQw \neq \emptyset, NPw \neq \emptyset, RPw = \emptyset$	×	○	
$NQw = \emptyset, RQw \neq \emptyset, NPw = \emptyset, RPw \neq \emptyset$	×	-	
$NQw = \emptyset, RQw \neq \emptyset, NPw \neq \emptyset, RPw \neq \emptyset$	×	○	

표1로부터 다음과 같은 결과를 얻을 수 있다.

①  $RQw = \emptyset$ 이고  $RPw \neq \emptyset$ 이라면, 분기기  $w$ 는  $RPw$ 의 모든 진로를 정위에서 설정할 수 있다.

②  $NQw = \emptyset$ 이고  $NPw \neq \emptyset$ 이라면, 분기기  $w$ 는  $RQw$ 의 모든 진로를 반위에서 설정할 수 있다.

위 2가지 결과를 만족하는  $w$ 의 집합을  $\omega$ 라 하면, Tree 탐색 알고리즘을 사용하여 Ps의 최대진로수를 설정할 수 있는 각  $w \in \omega$ 의 방향을 찾을 수 있다.

### 3.2.2 과주방호 알고리즘

신호기는 진로의 집입측에 설치되어 진입열차의 속도를 지시한다. 진입속도는 신호형식과 진로의 통합여부에 따라 바뀐다. 하나의 진로  $s$ 와 그 진로를 제어하는 신호  $G$  및 진로  $s$ 의 과주방호 구간에 있는 진로들의 집합을  $Cs$ 라고 하면, 진로  $s$ 가 어떤 진로  $c \in Cs$ 를 설정한다면 진로의 길이가 길어지게 되고 진입신호  $G$ 는 보다 높은 진입속도를 지시한다. 진입신호  $G$ 의 제어 규칙은 다음과 같이 정의할 수 있다.

[HR 3]  $Cs = \emptyset$  인 경우

①  $G$ 는 열차를 저속도로 진로  $s$ 로 진입하도록 한다.

[HR 4]  $Cs \neq \emptyset$  인 경우

②  $c \in Cs$ 인 진로  $c$ 가 설정되지 않았다면,  $G$ 는 진로  $s$ 에 의해서 진로  $c$ 를 설정하고 열차를 보다 높은 속도로 진로  $s$ 로 진입하도록 지시한다.

③  $c \in Cs$ 인 모든 진로가 설정되었다면,  $G$ 는 진로  $s$ 로 열차의 진입을 막는다.

④  $c \in Cs$ 인 모든 진로가 설정되었다면,  $G$ 는 진로  $s$ 로 아주 저속도로 열차가 진입하는 것을 허용한다.

여기서 열차운행능률과 역구내의 조건에 따라 ②와 ③을 결합하거나 ②와 ④를 결합하여 적용할 수 있다. 진로 s에 의한 진로 c의 선택은 진로 s가 설정됨과 동시에 이루어지며, 다음과 같은 규칙으로 선택란에 정보를 기재한다.

[HR 5] 만약에 진로 c가 신호를 가지고 있으면, 반위로 그 신호를 기재한다.

[HR 6] 만약에 진로 c가 신호를 가지고 있지 않으면 분기기와 개통 방향을 기재한다.

과주방호 선택은 D<sub>s</sub>로부터 어떤 진로를 삭제할 수 있다. 만약에 c<sub>i</sub> ∈ C<sub>s</sub>에 대해서 γ(c<sub>i</sub>)의 어떤 진로가 설정되어 있다면, c<sub>i</sub>는 선택되어진다. 그리고 진로 s에 의해서 c<sub>i</sub> ∈ C<sub>s</sub>가 선택되어 있다면, γ(c<sub>1</sub>) ∩ ..... ∩ γ(c<sub>n</sub>)의 모든 진로들은 c<sub>i</sub> ∈ C<sub>s</sub>에 의해서 선택되어 질 수 있다. 따라서 D<sub>s</sub> ∩ γ(c<sub>1</sub>) ∩ ..... ∩ γ(c<sub>n</sub>)인 모든 진로들은 D<sub>s</sub>로부터 삭제될 수 있다. 반대로 D<sub>s</sub> ∩ γ(c<sub>1</sub>) ∩ ..... ∩ γ(c<sub>n</sub>)인 어떤 진로가 설정되었을 때, 진로 s를 직접 선택할 필요가 없는 것이다. 그러나 만약에 진입신호 제어조건을 ②와 ④를 결합하여 적용한 경우는 D<sub>s</sub> ∩ γ(c<sub>1</sub>) ∩ ..... ∩ γ(c<sub>n</sub>)의 어떤 진로도 D<sub>s</sub>로부터 삭제할 수 없다. 왜냐 하면 c ∈ C<sub>s</sub>에 대해서 γ(c<sub>i</sub>)의 어떤 진로가 진로 s보다 일찍 설정되었을 때 진로 s에 의해서 c<sub>i</sub>를 선택할 수 없기 때문이며 이 때에는 진로 s를 단독으로 설정한다.

#### 4. 알고리즘의 평가 및 결과

##### 4.1 배선약도 작성 CAD

###### 4.1.1 설계목적

연동도표는 배선약도와 연동표로 구성되며, 배선약도에는 신호기, 분기기, 조작압구등의 기호가 그려지며 연동표에는 열차의 진로조건을 표시한다. 따라서 연동알고리즘의 정확성과 유용성을 확인하기 위해서는 배선약도를 작성하는 CAD가 필요하다.

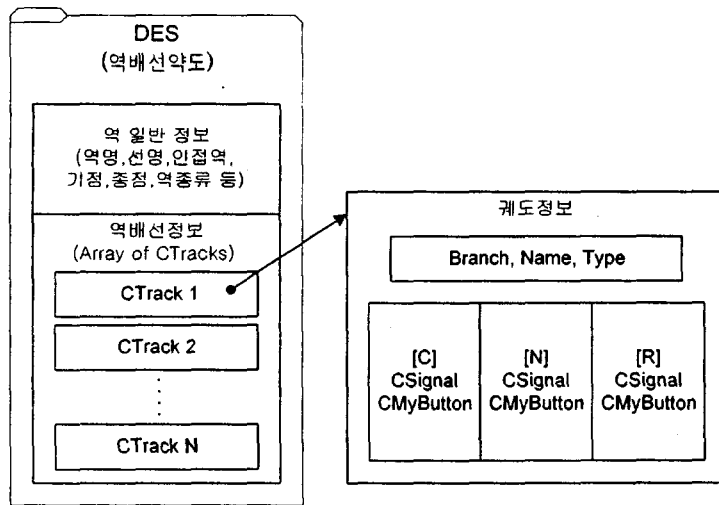


그림4.1 연동도표 데이터베이스

본 연동도표 작성용 CAD는 역구내의 배선을 구성하는 구성요소를 객체로 하여 객체지향의 사고를 적용하고 이들의 삽입이나 삭제, 이동 및 모양 변경 등의 편집과 각 객체의 속성변경을 마우스를 사용하여 직접 눈으로 확인하면서 작업함으로써 작성자의 의도가 바로 반영되도록 하는 것을 목적으로 하고 있다. 또한 작도가 완료됨과 동시에 각 진로를 확인할 수 있도록 하여 작성 및 수정이 용이하도록 하고 작도된 배선도를 기본으로 연동도표 작성 알고리즘에 따라 연동표가 작성되도록 하였다.

###### 4.1.2 데이터의 구조

소프트웨어의 개발은 데이터가 중심이고 프로그램은 데이터에 종속하는 객체지향의 사고방식

을 채택하여 알기 쉬운 사용자 인터페이스를 효과적으로 실현했다. 배선약도를 구성하는 선로, 분기, 신호기, 착점버튼 등을 객체로 구현하고 이것에 의해 생성된 인스턴스를 화면상에 적절히 배치하며 동시에 동적인 자료 구조에 저장하므로써 사용할 수 있는 객체수의 제한을 해결하도록 하였다. 배선약도는 선로객체 및 그 외의 객체로 구성되며 각 객체는 도형객체(Graph object)로부터 파생되어 생성되며 도형객체는 점객체(Blip object)로 구성된다. 그림4.1은 배선약도작성 CAD의 데이터베이스 구조이다.

#### 4.2. 연동표 프로그램의 구성

프로그램은 Microsoft Foundation Class Library(MFC)를 기반으로 하여 Microsoft Developer Studio 4.2에서 작성되었으며 프로그램을 구성하는 각 파일에 대해 요약하면 다음과 같다. 그림4.2는 프로그램의 구성을 나타내는 블록선도이다.

##### (1) DES File

연동도표 작성을 위한 기본 파일로 작성자가 배선 약도를 작도함으로써 생성되는 것으로 궤도회로를 기초로 연관된 신호기, 분기기, 조작압구의 정보를 수용하여 저장한다.

##### (2) ILT File

DES File로부터 배선에 대한정보를 입력받아 트리 탐색방법을 채용하여 진로를 추적하고 3절에서 정의한 "연동도표작성 알고리즘"에 따라 연동표를 자동으로 생성하여 '연동도표'의 테이블 형식으로 데이터 저장 및 표시한다.

##### (3) MOD File

역에서의 열차운행 패턴 등에 따라 필요 없는 진로의 삭제 및 인접역과의 폐색방식에 의한 쇄정등을 용이하게 하기 위해서 사용자가 수정할 수 있도록 하는 것으로 ILT File를 기초로 한다.

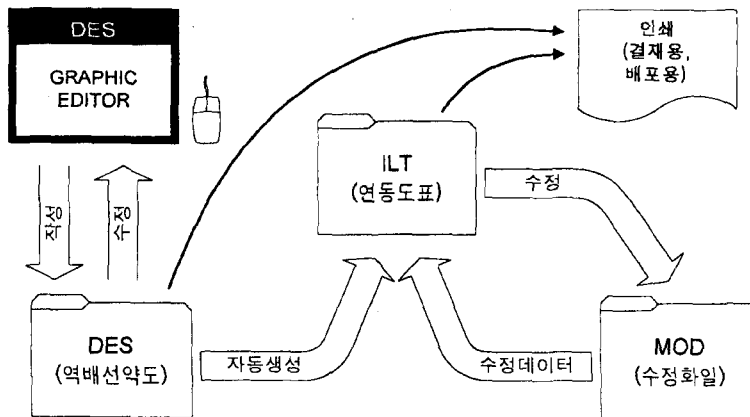


그림4.2 프로그램의 구성

#### 4.3 결 과

연동도표 작성알고리즘을 이용하여 작성한 연동도표는 그림4.3과 같으며, 기존방법에 의해서 작성된 연동도표와 비교하여 보면 다음과 같은 차이점을 발견할 수 있다.

##### ① 직접쇄정인 것이 간접쇄정으로

그림4.4와 같은 배선에서 기존의 연동도표는 A진로의 쇄정란에 B진로가 직접쇄정법에 의해서 쇄정되었으나 본 알고리즘에서는 분기기 w에 의해서(B진로에서 분기기 w를 정위쇄정) 간접쇄정한다. 이것에 대한 안정성을 검토해보면 A진로 외방에 정지하여야 하는 열차가 정차를 실기하였을 때 직접 쇄정법은 B진로상의 열차와 충돌하나 간접쇄정법은 분기기 w에서 열차가 탈선함으로 기존방법에 비해서 더 안전하다고 볼 수 있다.





그림4.5와 같은 배선에서도 기존의 연동도표는 C진로의 쇄정란에 B진로가 직접쇄정법에 의해서 쇄정 되었으나 본 알고리즘에서는 분기기  $w_2$ 에 의해서(C진로에서 분기기  $w_2$ 를 정위쇄정)간접쇄정함으로써 진로 B를 운행하는 열차가 분기기  $w_2$ 만 통과하면 진로 C를 현시할 수 있도록 하여 운용능률을 향상 시켰다.

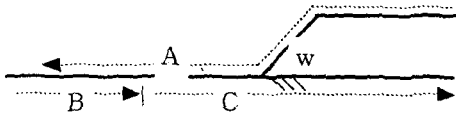


그림4.4 간접 쇄정하는 진로(1)

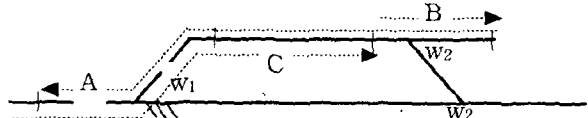


그림4.5 간접 쇄정하는 진로(2)

## ② 순대향 진로의 간접쇄정

그림4.6과 같은 순대향진로의 경우 기존에는 B진로에 의해서 A진로를 직접쇄정하도록 하였으나 본 알고리즘에서는 분기기  $w_2$ 를 사용하여 간접쇄정하도록 하여 안전에는 이상이 없으면서(① 참조) 운용능률을 향상 시켰다.

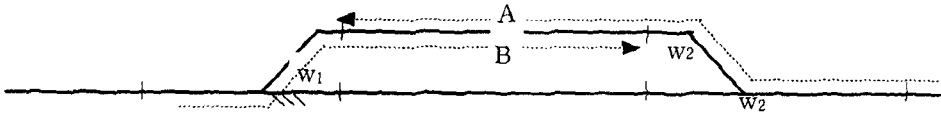


그림4.6 순대향 진로

그 밖의 과주방호구간의 쇄정이나 시사스(Scissors)분기기의 쇄정등은 기존의 연동도표와 동일하였고 본 알고리즘이 기존의 방법보다 안전하고 신뢰성이 높으며 운용능률이 향상된 것임을 확인 할 수 있었다.

## 5. 결 론

연동도표는 신호전문가 이외의 사람들이 이해하기는 어렵다. 그 이유는 연동도표에 대한 지식은 습득하기 쉬우나 연동의 기본사항이 체계적으로 정리되어 있지 않기 때문이다. 본 연구에서는 전자연동장치를 위한 연동도표를 컴퓨터로 작성하기 위해서 연동의 기본인 진로간의 쇄정에 대한 기본개념을 정리, 분석하여 새로운 알고리즘을 제안하였고, 제안된 알고리즘이 보다 안전하고 능률적임을 확인 하였다. 그리고 사용중인 역의 모양을 변경 할 경우 용이하게 연동도표를 수정 할 수 있을 뿐아니라 기존 것보다 용이하게 비교 할 수도 있다. 특히, 전자연동장치등 전자화된 열차제어장치와 시험장치에 연동데이터를 직접 제공하여 기초자료로 활용 할 수 있어 철도신호의 전자화와 유지관리가 용이할 것으로 기대된다.

앞으로의 연구과제는 작성된 연동데이터의 활용방법 및 보다 신뢰성 있고 유용한 연동도표 작성알고리즘의 개발이 필요하다.

## 참고문헌

- [1] H.Yosimura, S.Yoshikoshi(1983) "Railway Signal", JASI, pp.51-154
- [2] 박영수(1996) "결선도와 연동메트릭스를 이용한 연동논리에 관한연구", '96학술발표회 논문집, pp. 26-43
- [3] A.H.Cribbens(1987), "Solid State Interlocking(SSI)", IEEE Proceedings, vol.134, pp.325-332
- [4] 철도청(1996) "신호보안장치 설계시공표준" 철도청 규정집.
- [5] 社團法人 日本鐵道電氣技術協會(1992), "聯動裝置", 勝美印刷株式會社, pp.113-116