

## 철도 자동 진로 설정

이 낙 영\*  
박 성 전\*  
이 근 석\*  
전 덕 현\*  
이 광 형\*\*

### 요 약

본 논문에서는 대우엔지니어링 철도사업부가 연구하였던 A공장 내의 철도시스템의 제어시스템 설계 및 구현에 관한 사례를 중심으로, 철도시스템의 특성 및 자동제어시스템의 특성을 정리하고 시스템 설계방법을 논의 하고자 한다.

철도상의 최소경로 진로설정 문제는 철로의 특성상 특수한 제약이 있기 때문에 다른 일반적인 최소경로 선택방법에 따라서 기관차의 진로를 결정 할 수 없다. 따라서 본 연구팀이 연구대상으로 하였으며 구현한 철도제어시스템에서는 각 출발지와 목적지별로 가능한 경로를 나열한 table들을 작성하였으며, 이 table들을 이용하여 최소경로를 선택하였다.

### 1. 서 론

철도시스템은 일반적으로 장거리운송 수단으로써 이용되고 있다. 그러나 철도시스템이 공장내의 운송 수단으로 이용되는 경우에는 운송하여야 할 화물이 특수한 화물이어서, 일반 화물 트럭으로 운반에 어려움이 있는 경우이다. 본 논문에서는 본 연구팀이 연구하였던 공장A내의 철도시스템의 제어시스템 설계 및 구현에 관한 사례를 중심으로, 철로 시스템의 특성 및 자동제어 시스템의 특성등을 정리하고 시스템설계 방법을 논의 하고자 한다.

다른 교통수단에서도 마찬가지이지만 특히 철도시스템은 안전을 강조하여야 한다. 철도 사고가 발생하면 사고 그 자체에서 오는 손실은 물론, 보수작업 동안 철로를 사용하지 못함에서 오는 손실이 매우 크기 때문이다.

철로상의 최소경로 진로설정 문제는 철로의

\*대우엔지니어링 철도사업부

\*\*한국과학기술대 전자전산학부

특성상 특수한 제약이 있다. 즉 기관차와 철로의 특성에 의하여 기관차는 좌우 방향의 전환을 할 수 없으며 오로지 전후의 방향만 가능하다. 이러한 제약조건하에서 좌우 방향의 전환을 위하여 철로상에 전철기를 이용하며, 또한 전철기 사용의 안전을 위하여 전환 안전구간을 설정하고 있다. 따라서 다른 일반적인 최소경로선택 방법에 따라서 기관차의 진로를 결정할 수 없다.

따라서 본 연구팀이 연구대상으로 하였으며 구현한 철도제어시스템에서는 각 출발지와 목적지(move) 별로 가능한 경로(journey, route)를 나열한 table들을 작성하였으며, 이 table들을 이용하여 최소경로를 선택하였다.

이 table에는 빠른 경로순으로 우선 순위가 주어져 있어서, 빠른 경로가 우선적으로 선정되도록 하였다. 최소경로이지만 이미 다른 기관차가 이용하고 있으면 다른경로가 선택된다. 이와같이 최소경로 선정시 가능한 경로를 우선순위에 따라 결정하여 놓고, 이 중에서 최소경로를 찾는 방법은 큰 데이터 화일이 필요하며 검색하는데 시간이 소요되는 등 단점이 있다. 그러나 이 시스템은 본 연구팀이 처음 구현하는 철도제어시스템이며 이 사업의 중요성을 고려하여 이와같은 안전한 방법을 택하였으며, 철도제어시스템을 위한 최소경로 알고리즘의 적용을 보류하였다. 한편 이 시스템의 유지보수 하는 과정에서 최소경로 알고리즘을 적용할 계획이다.

본 연구팀이 구현한 제어시스템은 VAX II /750(VMS) 컴퓨터에서 FORTRAN 77로 프로그래밍하였으며, 이 시스템은 400개의 sub-routines으로 구성되어 있고 약 10만개의 FORTRAN문장으로 되어 있다.

## 2. 공장내의 철도시스템

우리가 연구대상으로 하였던 A공장내의 자

재및 제품의 운송시스템으로는 철도와 화물자동차가 있다. 자동차를 이용한 운송시스템은 소규모자재의 운반이나 철로가 가설되지 않은 구역 사이의 운반에 이용한다. 그러나 대부분의 주요 자재나 제품은 철도를 이용하여 운반하고 있다. 따라서 이 공장의 중요한 운송시스템인 철도의 효율적인 가설및 제어는 생산공정 속도와 직결되어 있기 때문에, 공장전체의 생산성과 밀접한 관계가 있으며 공장건설의 중요한 사업이다.

철도시스템의 건설은 크게 두가지 분야로 나눌 수 있다. 첫째 철로의 건설과 둘째 철도의 제어시스템 건설이 그것이다. 이중에 본 연구팀이 직접 참여하여 작업한 부분이 철도제어시스템이며, 따라서 이를 중심으로 본 논문을 기술하도록 한다.

이 공장의 철도제어시스템은 2단계로 건설되었다. 1단계 공사는 1985년 9월 부터 1987년 8월까지 2년동안 18명의 인력이 동원되었으며, 2단계 공사는 87년 9월부터 88년 10월까지 1년 2개월동안 14명이 투입되었다. 1단계공사는 영국의 G. E. C의 기술협력하에 시작하였다. 그러나 시작 1년후 중간 결과가 기대한 만큼의 성과를 보이지 않자 G.E.C팀이 철수하였고, 그후 본 연구팀에서 전담하게 되었다.

1단계 공사에서 철로는 약 20km이며, 2단계에서는 1단계에서 건설된 철로에 약 7km를 추가로 연장하였다. 그러면 철도 시스템을 이해하기 위하여 다음과 같은 용어를 설명하며 이 공장의 철도시스템 개요를 알아 보자.

- 신호등 : 기관차의 진행여부를 알리는 장치로서 빨강과 초록 2가지색의 표시가 있다. 이 공장에는 1단계에 70개의 신호기, 2단계에 14개를 설치하였다.
- 차량 번호검지기(sensor) : 철로 위를 지나가는 기관차의 번호를 자동으로 검지하기 위한 장치로서 1단계에 76개 2단계에 15개를 설치했다.

- 차량 종류 : 일반화차와 특수차량으로 나눌 수 있으며 특수차량은 특수 자재를 운반하며 2량의 화차로 편성되었다.

특수차량은 1단계에 24대, 2단계 20대가 투입되었다. 일반적으로 14량의 화차를 1대의 기관차가 끌게 된다. 이는 일반 철도청의 화물기차와 같은 종류로서 공장내부의 운송뿐 아니라, 외부와의 자재제품운송을 하며 일반 철도청 차량도 이용된다.

- 선로 : 선로는 연속된 철로로서 그림 1에서는 두개의 선로 A, B가 있다.
- 구간(track) : 철로의 구간을 표시하는 단위로써 구간과 구간사이에는 신호등으로 구분되어 있다. 그림 1에서는 7개의 구간이 있다. 구간은 논리적인 선로길을 나타내는 단위로서 실제 구간의 길이는 차이가 있을 수 있다.

그러나 본 논문에서 다루는 비교적 좁은 지역의 철로(예, 한 공장 내부의 선로)에서는 모든 구간의 길이가 동일하다고 가정한다.

- berth : 철로위에 기관차의 유무를 확인하기 위한 검지기(sensor)에 의해 구분되는 철로의 단위로서, route는 하나이상의 berth로 이루어져 있다. 철로의 고장, 잠금(locking), 풀음(clear)등은 berth단위로 컴퓨터에 입력된다.

- 잠금(locking)장치 : 기관차가 안전하게 진행하기 위해서 기관차에 할당된 진로를 확보하는 장치이다.

그림 1의 구간 1에서 구간 5로 진행하기 위해서는 구간 1, 2, 5에 있는 잠금장치를 이용하여 다른 기관차가 구간 1-2-5에 들어오지 못하도록 한다. 기관차가 지나간후에는 잠금장치를 풀어(clear) 다른 기관차가 이용하도록 한다.

- 전철기 : 기관차는 특성상 좌우 방향의 방향 전환을 할 수 없어 선로간 이동을 할 수 없다. 예를 들어 그림 1의 선로 A위에 있는 기관차가 좌우 회전을 하여 선로 B위로 이동할 수 없다. 따라서 전철기는 철로의 특성을 이용하여 기관차의 선로간의 이동을 가능하게 하여 주는 장치이다.

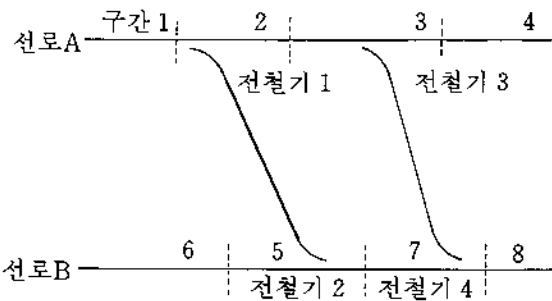
그림 1에서 선로 A의 구간 1에 있는 기관차가 선로 B의 구간 5까지 이동하기 위해서도 구간 2의 전철기 1를 이용한다.

- 전환점(turning point) : 기관차가 전철기를 이용하여 전후 방향 전환을 할때, 기관차가 전진 방향을 바꾸는 지점이다.
- 전환안전구간 : 전철기를 이용하여 기관차의 방향을 전환하고자 할 때 안전을 위하여 전철기와 전환점사이에 설정된 구간이다. 예를 들어서 그림 1의 구간 3에서 구간 5까지 진행하기 위해서는 전철기를 이용하여야 하며, 이때 구간 3-2-5의 경로를 따를 수 있으나 여유 구간 하나를 설정해 기관차의 전환점을 구간 1에 둔다.

따라서 구간 3-2-1-2-5의 경로를 택하면 안전하게 방향 전환을 할 수 있다.

그림 1에서 전철기 1의 전환 안전구간은 구간 1이며, 전철기 2의 안전구간은 구간 7이다. 따라서 전철기 1, 2를 이용하여 방향 전환을 할때 반드시 구간 1, 7을 각각 통과하여야 한다.

- 진로 설정 : 주어진 철로 상의 출발점에서 목



[그림 1]

적지 까지의 최단거리의 진행 경로를 결정하는 것으로, 진로는 구간으로 표시된다.

예를 들어서

출발지 : 구간 1

목적지 : 구간 4일째

경로(진로)는 1-2-3-4로 주어진다.

물자를 운송하기 위한 철도 시스템의 운송작업 지시는 상위 시스템인 생산 공정 관리 컴퓨터로부터 나온다. 이것을 조업정보 입력이라 하며, 이것을 바탕으로 하여 기관차의 위치, 철도사정등을 고려하여 운송 조업계획을 수립하게 된다.

조업계획으로부터 배차계획을 수립하는데 이 배차계획으로부터 정해진 기관차가, 출발지로부터 목적지에 이르는 경로를 철도 제어시스템이 결정하여야 한다.

### 3. 문제의 접근

조업 계획에서 작업내용이 결정되는데, 이 작업내용을 다음과 같은 작업단위로 나눌 수 있다.

- route : 신호기 단위로 나누어진 철로의 진로로서, 이 route는 여러개의 구간(track)이 모여서 이루어진다.
- journey : 1개 이상의 이용가능한 route의 연결로서 일반적으로 전철기 단위로 나누어져 있다.
- path : move를 수행하기 위한 가능한 진로로서 1개 이상의 journey로 이루어진다. 즉 1개 이상의 journey를 통하여 move가 수행될 수 있으며 이 수행가능한 path는 여러개 있을 수 있다.
- move:조업계획에서 주어진 출발지와 목적지를 연결하는 기관차 이동진로를 말하며, 1개 이상의 journey로서 이루어져 있다.

예를 들어서 그림 1을 보자. move가 구간 6-1로 주어졌다면, 이 move를 위한 path는 2개가 있을 수 있다. 즉 6-5-7-5-2-1(path 1)과 6-5-7-8-7-3-2-1(path 2)이다. path 1은 두개의 journey 6-5-7, 7-5-2-1로 구성되었으며, path 2는 journey 6-5-7-8과 8-7-3-2-1로 되어 있다.

조업내용, 즉 기관차, 출발지, 목적지가 결정되면, 우리가 만들고자 하는 제어 시스템은 정해진 기관차가 통과하여야 할 진로를 결정하며, 그 결정 및 운행과정은 다음과 같은 단계로 구분할 수 있다.

- 진로 검색 : 주어진 출발지와 목적지를 잇는 최단 경로를 결정하는 단계이다. 앞에서 설명한 move가 주어지면 우선 순위에 따라서 이 move를 구성하는 path와 journey를 결정하며 journey가 결정되면 route를 결정하여 최단경로를 결정한다. move수행을 위한 짧은 path가 우선 순위가 높아져 우선적으로 선택되도록 한다.
- 진로 임시할당 : 제어시스템이 검색하여 선정한 진로를 임시로 할당해 놓는 과정.
- 현장확인 : 임시할당된 진로를 실제로 이용가능한가(철로와 기관차 포함) 확인하는 과정이다.  
이 과정은 불필요하다고 생각할 수 있지만, 예상하지 않은 기관차의 작업장 이탈, 기관차의 고장, 철로의 고장으로 인한 철도 사고를 예방하기 위하여, 철도시스템이 안정 상태가 되기까지는 필요한 과정이다.
- 진로의 locking : 현장확인이 끝난후 실제로 진로를 이용하기 위하여 실제로 철로의 잠금(locking)장치들을 잠그는 과정.
- 기관차 운행 : 정상운행
- 진로 unlocking : 기관차가 locking된 철로를 지나면, 지나간 철로를 clear하여 다른 기관차가 이용할 수 있도록 하는 과정, 이때 unlocking은 route단위로 이루어진다.

앞에서 살펴 본 진로의 검색은 다음과 같은 2가지 방법으로 가능하다.

- 진로설정(route setting) : 주어진 move의 출발지와 도착지를 잇는 진로를 한꺼번에 확정하는 방법. route단위로 진로를 확정한다.
- 부분진로설정(partial route setting) : 원하는 move의 출발지와 도착지를 잇는 진로를 확정짓지 못할때(선정된 진로가 다른 move에 의하여 할당되었을 때), 부분적으로 진로를 결정하는 방법. 이때 진로의 확보가능한 시작 부분(출발지로 부터)을 먼저 확정하고, 끝부분(도착지에 가까운 route)은 기관차가 이동가능한곳 까지 전진한 후 그후에 결정한다.

그림 1 을 다시 보자. 구간 6-1의 move가 주어졌다하면, 여기에서 2개의 path 6-5-7-5-2-1과 6-5-7-8-7-3-2-1이 있다. 검색과정에서 2개의 path를 각각 선정하여 현장확인 결과 구간 1에 기관차가 있어서 어느 path도 확정(route setting)되지 못한다 하자.

그러면 이때 partial route setting을 한다. 즉 path 1 이 우선적으로 선택된다고 할 때 첫번째 journey 6-5-7만 먼저 setting(locking)하여 기관차를 7까지 이동시킨후, 다시 구간 7에서 구간 1까지 7-5-2-1를 setting한다. 따라서 이와같이 주어진 move를 수행하기 위하여 선택된 path를 한꺼번에 setting할 수 없을 때 partial setting하여 철로의 이용율을 높인다.

#### 4. 시스템의 구현

앞에서 정의한 진로의 검색, 확인, locking 등을 포함하는 철도제어시스템을 구현하기 위하여 각 move와 journey를 구성하는 요소들을 나타내기 위하여 데이터베이스를 만들었다. 이 데이터베이스는 주어진move를 수행하기 위한 가능한 경로들을 수록하는 table로 되어 있

으며, 이 경로들은 우선 순위가 주어져 있어 짧은 경로가 우선적으로 선택되도록 한다.

진로의 검색단계에서 이 table들을 찾을때 linear search를 하였다.

- move table : move table에는 move번호, 출발지, 목적지, path, journey등을 수록하고 있다.(표 1 참조)

표 1 move table

move 번호	출발지	도착지	path	journey
move 1			path 1	journey1, journey2 ...
			path 2	journey 1, ...
			:	...
move 2			:	...

- journey table : 표 2와 같이 journey번호, from, to, via, time(평균 소요 시간), route 등을 나타낸다.

표 2 journey table

journey 번호	from	to	via	time	route

- route table : route번호, 도착신호기, 출발 신호기, from berth, to berth, maps (display되는 화면), intermediate berths등을 표현한다.(표 3)

표 3 route table

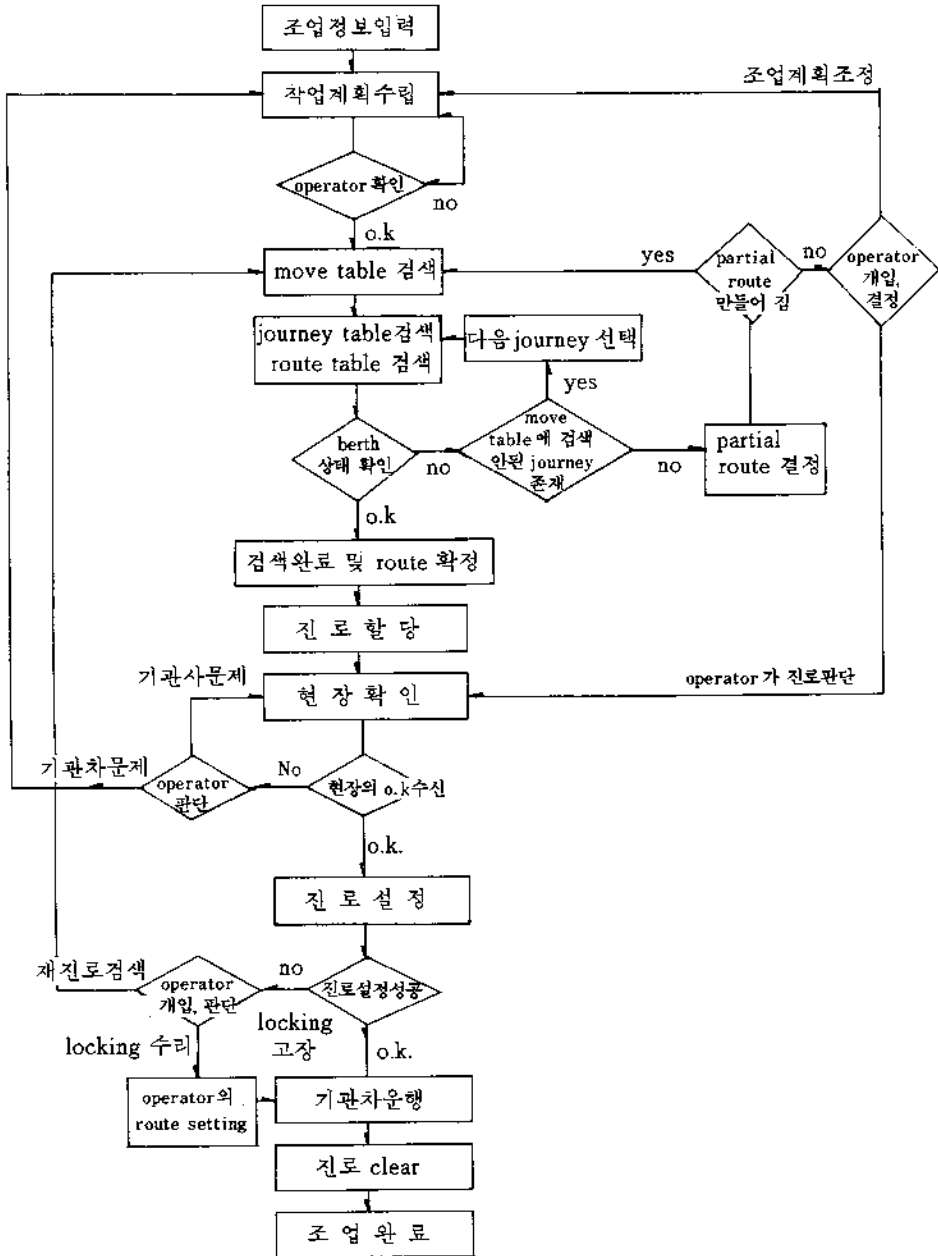
route 번호	도착 신호기	출발 신호기	from berth	to berth	maps	inter-mediate berths

이상과 같은 table을 이용하여 주어진 move를 위한 최단경로를 결정하여 운행후 unlock-

ing하는 철도제어시스템의 개략적인 구성은 그림 2의 흐름도에 나타나 있다.

이 제어시스템에서 운영요원(operator)의 개입이 있다. 이것은 철도시스템안전의 중요성

과 제어시스템의 안정성을 고려한 때문이다. 본 시스템을 수정보완 하면 운영요원의 역할도 줄어들 것이다.



[그림 2] 철도제어시스템 흐름도

## 5. 결론

철도상의 최소경로 진로설정 문제는 철로의 특성상 특수한 제약이 있다. 즉 기관차와 철로의 특성에 의하여 기관차는 좌우 방향의 전환을 할 수 없으며 오로지 전후의 방향만 가능하다. 이러한 제약조건하에서 좌우 방향의 전환을 위하여 철도상에 전철기를 이용하며, 또한 전철기 사용의 안전을 위하여 전환 안전구간을 설정하고 있다. 따라서 다른 일반적인 최소경로 선택방법에 따라서 기관차의 진로를 결정할 수 없다.

따라서 본 연구팀이 연구대상으로 하였으며 구현한 철도제어시스템에서는 각 출발지와 목

적지별로 가능한 경로(journey, route)를 나열한 table들을 작성하였으며, 이 table들을 이용하여 최소경로를 선택하였다. 이 table에는 빠른 경로순으로 우선순위가 주어져 있어서, 빠른 경로가 우선적으로 선정되도록 하였다. 최소경로이지만 이미 다른 기관차가 이용하고 있으면 다른 경로가 선택된다. 이와같이 최소경로선정시 가능한 경로를 우선순위에 따라 결정하여 놓고, 이중에서 최소경로를 찾는 방법은 큰 데이터 화일이 필요하며 검색하는데 시간이 소요되는 등 단점이 있다. 그러나 이 시스템은 본 연구팀이 처음 구현하는 철도제어시스템이며 이 사업의 중요성을 고려하여 이와 같은 방법을 택하였다.

## References

1. 대우엔지니어링 철도사업부, "철도제어시스템 1기 공사 보고서", 1987년
2. Hillier, Lieberman, "Introduction to operations research", Holden-Day, Inc., 1980
3. 이낙영, 박성전, 이근석, 이광형, "철도자동차 기술", 정보과학회지, vol. 7, no. 2, 1989. 4 pp 45-52.