

# 도시철도 시스템에서의 운행 시격 분석

## An analysis on the headway of urban rail transit

방 응\*      김형훈\*      엄정규\*\*      조용기\*\*\*  
Bang, Yung Kim, Hyung Hoon Um, Jung Kyou Cho, Yong Gi

### ABSTRACT

A signal system is critical point of transport capacity and train operation in urban rail transit. Today the moving block system by radio is taking place of the fixed block system by track circuit for efficiency and short headway in underground railway and right rail transit. In this study, assuming specification of a train, track and control system, the minimum headway on the moving block system and the fixed block system is researched for the maximum transport capacity.

### 1. 서론

도시철도에서 신호시스템은 열차의 운행에 기본이 되며 수송 능력 등의 결정에 중요한 요소로 작용한다. 현재 도시철도 신호시스템은 궤도회로를 이용한 고정 폐색에서 무선통신을 기반으로 한 이동 폐색으로 발전 되는 단계로 지하철 및 경전철 등에 이동 폐색의 적용이 예상되고 있다. 본 연구에서는 경전철에서의 차량 성능과 궤도 특성, 제어 시스템의 특성을 가정하고 이에 기반 하여 이동 및 고정 폐색 시스템 적용 시 본선, 구내, 회차 지점에서의 운행 시격을 분석하고 운행 시격을 최소화 하여 수송 능력을 높일 수 있는 방법을 고찰해 보고자 한다.

### 2. 운행 시격에 대한 분석

#### 2.1 철도 표준 사양에 따른 가정

현재 한국철도기술연구원을 통해 2005년 고시된 고무차륜형식 경량전철 차량 표준사양은 다음과 같다.

구분	내용	비고
최대 구매	58 %	구내 본선 구매 8% (국유철도건설규칙)
최고 운행 속도	60 km/h 이상	
가속도	3.5 km/h/s 이상	
상용 감속도	3.5 km/h/s 이상	
비상 감속도	4.5 km/h/s 이상	
최소 운행 시격	120sec 이내	
정차시간	20sec 이상	
공주시간	3sec	운전자가 위험을 인지하고 제동장치가 작동할 때까지 걸리는 시간
차체 길이	9,140mm	1량 기준

표 1 고무차륜형식 경량전철 차량 표준사양에 따른 차량 사양

\* LS산전 철도시스템기술팀, 비회원

\*\* LS산전 중앙연구소 it solution 연구팀 주임연구원, 회원

\*\*\* LS산전 중앙연구소 it solution 연구팀 책임연구원, 회원

30km/h로 구내 진입 시 표 1의 내용에 따른 차량 정차까지의 속도 그래프는 다음과 같다.

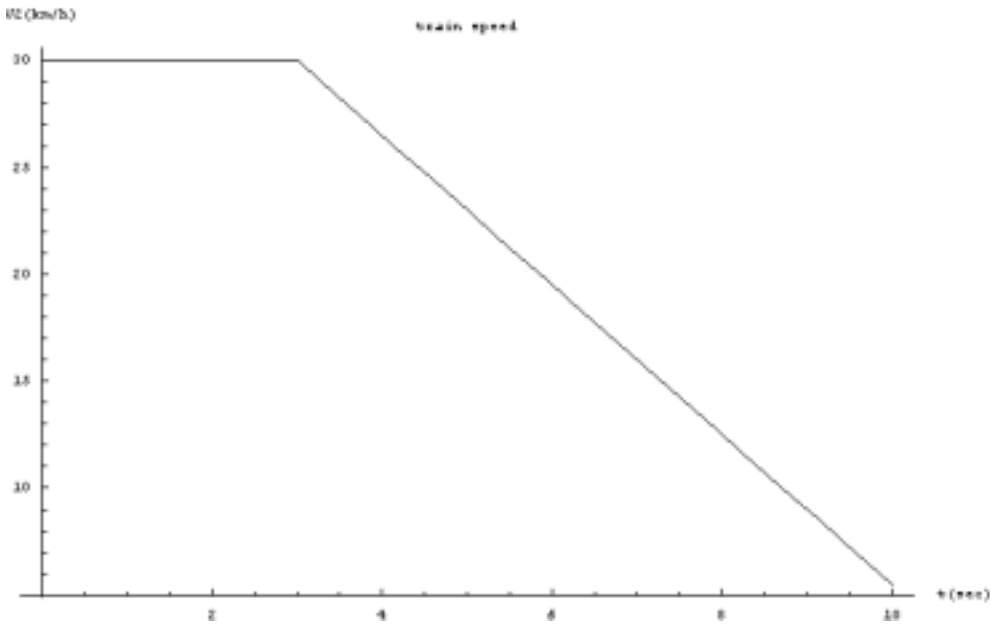


그림 1 차량 정차시 속도 그래프



그림 2 차량의 최소 안전 거리

그림 2에서 보듯이 구배를 고려하지 않았을 경우의 차량의 최소 안전 거리는 공주거리와 제동거리의 합 (그림 1을 적분한 값)에 여유거리와 열차길이를 더한 값이 된다. 즉,

$$L_s = \frac{V_i^2}{7.2 \times \beta} + \frac{V_i}{3.6} \cdot t + \text{여유거리} + \text{열차길이}$$

- $V_i$  열차의 구내 진입속도(km/h)
- $\beta$  감속도(km/h/s)
- $t$  공주시간(sec)

이 된다.

## 2.2 고정 폐색 시스템에서의 운행 시격

고정 폐색 시스템의 경우 최소 운행 시격을 구하면,

$$H_s = 3.6 \times \frac{L_s + \text{폐색거리}}{V_m} + T_s + T_a$$

가 된다.

- $L_s$  열차간격(m)
- $V_m$   $V_i$ 에서 정차하기까지의 평균속도(km/h)
- $H_s$  최소 운행 시격
- $T_s$  정차시간(sec)
- $T_a$  발차 후 열차의 후두부가 다음 폐색구간을 통과할 때까지의 시간

고정 폐색 시스템의 경우 다음과 같이 가정한다.

1)  $T_a$ 는 열차의 후두부가 다음 폐색구간을 통과할 때까지의 시간이므로

$$T_a = \sqrt{2 \times \frac{3.5}{3.6} \times (36.56n + 36.56)}$$

로 볼 수 있다.

- 2)  $V_m$ 은 정차까지의 평균 속도이므로  $V_m = \frac{V_2}{2}$ 로 가정
- 3) 여유거리는 차량 1량(9.14m)으로 가정
- 4) 열차길이는 36.56m(4량 1편성)으로 가정
- 5) 폐색거리는 차량길이의 정수배(36.56n)로 가정
- 6) 감속도는 최소 상용 감속도를 사용(3.5 km/h/s)

위의 경우 폐색거리 및  $V_i$ 에 따른 최소 운행 시격은 그림 3과 같다.

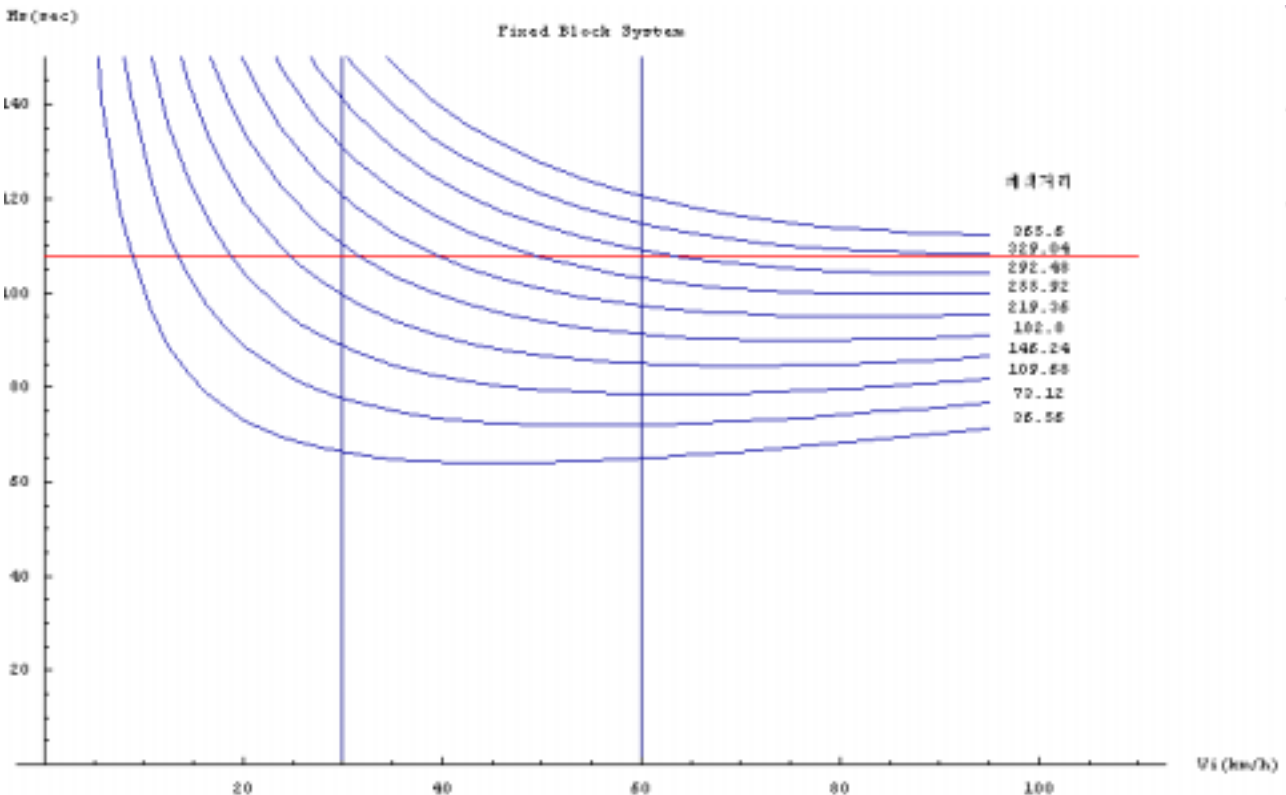


그림 3 고정 폐색 시스템에서의 최소 운행 시격

그림 3에서 붉은 선은 고무차륜형식 경량전철 차량 표준사양에 명기된 최소 운행 시격 120sec에서 10% 오차를 고려한 값이다.

### 2.3 이동 폐색 시스템에서의 운행 시격

이동 폐색 시스템의 경우 최소 운행 시격을 구하면,

$$H_s = 3.6 \times \frac{L_s}{V_m} + T_s$$

- $L_s$  열차간격(m)
- $V_m$   $V_i$ 에서 정차하기까지의 평균속도(km/h)
- $H_s$  최소 운행 시격
- $T_s$  정차시간(sec)

이동 폐색 시스템의 경우 다음과 같이 가정한다.

- 1)  $V_m$ 은 정차까지의 평균 속도이므로  $V_m = \frac{V_i}{2}$ 로 가정
- 2) 여유거리는 차량 1량(9.14m)으로 가정
- 3) 열차길이는 36.56m(4량 1편성)으로 가정
- 4) 감속도는 최소 상용 감속도를 사용(3.5 km/h/s)

위의 경우  $V_i$ 에 따른 최소 운행 시격은 그림 4와 같다.

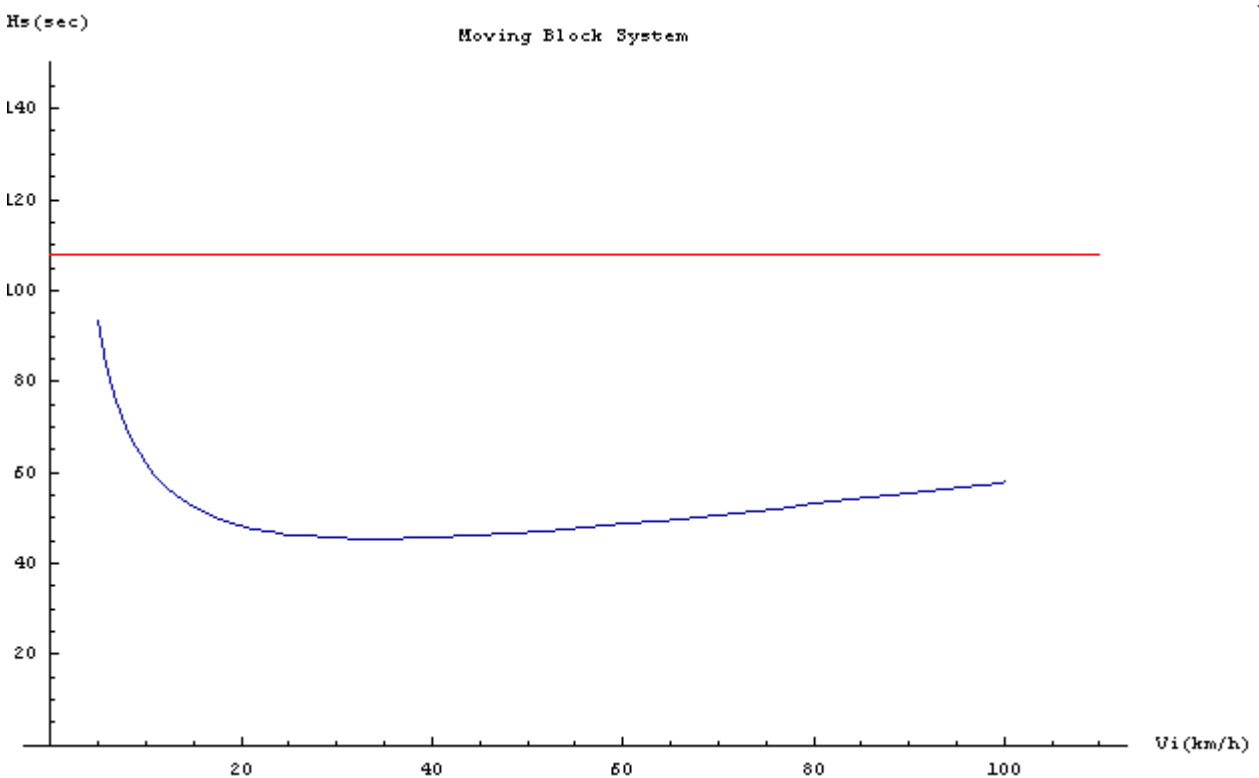


그림 4 이동 폐색 시스템에서의 최소 운행 시격

그림 4에서 붉은 선은 고무차륜형식 경량전철 차량 표준사양에 명기된 최소 운행 시격 120sec에서 10% 오차를 고려한 값이다.

## 2.4 회차 구간에서의 운행 시격

그림 5는 회차 시의 상황을 나타내고 있다.

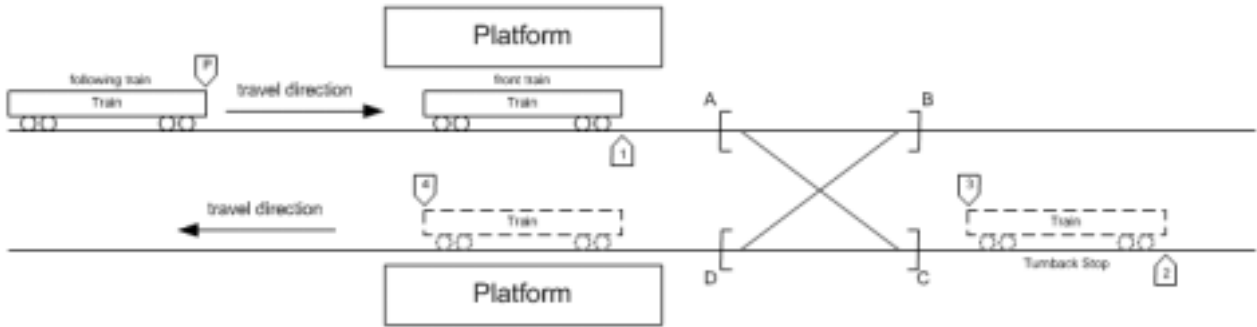


그림 5 회차 시 차량 이동 상황

다음 열차가 간섭 없이 도착 플랫폼으로 들어가기 위해서는, 앞 열차는 다음의 과정을 거쳐야 한다.

- 1) 쌍동전철기는 이미 정위 방향으로 채정이 잡혀있다.
- 2) 위치 P에서 위치 1로 열차가 이동
- 3) 플랫폼에 정차

정차시간 동안 쌍동전철기는 대피선 위치로 전환된다.

- 4) 위치 1에서 위치 2로 열차가 이동
- 5) 회차 정지구간에서 정차

정차시간 동안 선로전환기는 정위 방향으로 전환된다.

- 6) 열차는 위치 3에서 위치 4로 이동하기 시작한다.

다음 열차는 다른 열차의 간섭 없이 위치 P에서 위치 1로 이동하기 시작한다.

위에서 보듯이 플랫폼 정차시간은 20초로 정해져 있으므로 회차 시 최소 운행 시격은 차량 이동 시간에 가장 큰 영향을 받는다. 회차 정지구간 정차 시간을 10초로 가정하면,

총 회차 시간 = (열차 이동 시간 + 20 + 열차 이동 시간 + 10) (sec)은 108 초를 만족해야 하므로 열차 이동 시간은 39초를 넘어서는 안 되며 이 경우 최대 이동 속도를 30km/h로 가정할 때 이동 거리는 약 260m를 넘지 않아야 한다.

## 3. 결론

위에서 볼 수 있듯이 구내 진입 속도를 30~60(km/h)로 봤을 경우 최소 운행 시격 120초를 만족하려면 고정 폐색 시스템의 경우 한 폐색 구간의 길이가 약 150m를 넘지 않아야 하며, 이동 폐색 시스템의 경우에는 진입 속도에 상관없이 120초의 기준을 충분히 만족 시킬 수 있다. 또한 회차 구간에서는 플랫폼에서부터 회차 정지구간까지 이동 거리가 약 260m를 넘지 않아야 이 기준을 만족 시킬 수 있다. 또한 이동 폐색 시스템이 고정 폐색 시스템에 비해 최소 운행 시격을 50초 정도 단축시킬 수 있음을 알 수 있으며 회차 구간에서는 최소 운행 시격이 폐색 시스템과 상관없이 차량의 이동 거리에 좌우된다는 것도 확인 하였다. 또한 이를 통해 향후 도시철도 신호 시스템의 선택에 적용이 가능할 것이다.

## 참고 문헌

- 1) 한국철도기술연구원, "고무차륜형식 경량전철 차량 표준사양 개정(안)"
- 2) 정락교, 백종현, 조홍식, 정상기, "경량전철 시험선 시격에 관한 해석적 고찰"
- 3) 김정욱, 박기수, 박기원, 김민규, "무선통신을 이용한 경량전철 신호제어시스템"