

열차제어를 위한 열차검지 기능에 대한 연구

백종현, 김용규
한국철도기술연구원

The Study of Function and Requirement Specification for Next Generation Train Detection

Baek, Jonghyen, Kim, Youngkyu
Korea Railroad Research Institute

Abstract - The aim of this paper is to provide a guide to those methods of train detection which are available, or are likely to become available, to the designer of train control or other relevant systems. In broad terms, train detection may be defined as the process of generating information which describes the location and movement of trains. Train detection information is difficult to define in isolation. Consider, for example, the train detection information required in a modern train control system. This may vary considerably : in a future high performance train control system, it might be necessary to know the precise position, direction of movement, speed, and possibly even the acceleration or braking, of all trains in the control area : in a less demanding application, it might be sufficient to know only the location of trains in terms of the occupation of sections of track.

1. 서 론

열차검지란 열차의 위치와 동작을 설명하는 정보를 일반화하는 과정으로 정의할 수 있다. 현재 전 세계적으로 열차제어를 위해 사용되고 있는 열차검지 정보들은 각각의 방식 및 열차제어시스템의 목표성능에 따라 일부는 같기도 하지만 상당한 다양성을 가지고 있기 때문에 어떠한 정형화된 형태로 표현하는 것이 어렵다.

지상 신호방식에서 차상 신호방식으로 전환되고 있는 현재의 철도시스템에 있어서 열차제어시스템의 중요성은 점차로 증대되고 있으며 특히 향후에 사용이 예상되는 고성능의 열차제어시스템에서는 제어 영역 내에 있는 모든 열차의 정확한 위치, 동작 방향, 속도 그리고 가속도 및 감속도 등에 대한 정확한 열차검지 정보가 요구될 것이다. 이와는 대조적으로 열차운행 빈도가 적고 한산한 선로 등과 같이 정확한 열차검지 정보에 대한 중요성이 상대적으로 작게 요구되는 철도 노선에서는 궤도 구간 점유에 관한 열차 위치를 아는 것만으로도 충분할 수 있다. 따라서 열차제어시스템에서 필요로 하는 열차검지 정보는 해당 철도시스템의 전반적인 환경을 고려하여야 한다.

2. 본 론

본 논문에서 설명하고 있는 열차검지 기능이란 열차의 위치와 동작에 대한 정보를 생성하는 수단보다는 이러한 정보를 생성하는 능력을 말한다. 이러한 열차검지를 위한 필수 기능들에 대해 8가지로 그 기능을 분류하여 아래와 같이 설명하고 있다. 열차검지 기능에 대한 국제적 표준이 아직까지 없기 때문에 이러한 기능의 범위를 구분하고 그 기능들의 가치에 대해 판단할 수 있도록 어느 정도의 지침이 필요하며, 본 논문에서는 이에 대해 언급

하고자 한다.

1) occupancy(점유) 검지

- 기능 : 궤도의 어느 한 구역이 열차에 의해 점유되었는지를 알려줌.
- 출력정보 : occupied와 non-occupied의 두 상태
- 적용 : 일반적인 연동동작에 의해 궤도의 특정된 구역을 사용할 수 있도록 허가하기 전에 그 구역이 "clear"하다는 것을 입증함.
- 안전성 측면 : 잘못된 "clear"는 위험한 고장임.

2) presence(존재) 검지

- 기능 : 열차의 전두부가 궤도상의 특정 위치를 지나갔는지를 알려줌.
- 출력정보 : "present"와 "absent"의 두 상태.
- 적용 : 분기기 또는 교차로에 접근할 때 경고 시스템을 동작시키거나 제어함.
- 안전성 측면 : 통상 발생하여야 하는 "present" 표시가 없다면 심각한 고장임.

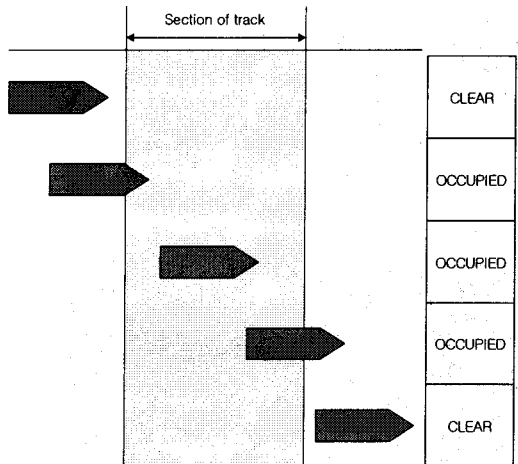


그림 1. 점유 검지의 다이어그램

3) clearance(통과) 검지

- 기능 : 열차 전체가 궤도상의 특정 위치를 지나갔는지를 알려줌.
- 출력정보 : 특정 위치에서 열차의 뒷부분이 검지되는 "train passed"와 "train not yet passed"의 두 상태
- 적용 : 열차가 분기기를 지나갔을 때 분기기에 대한 제어를 풀어줌. 다음 열차가 진입하도록 허락하기 전에 열차가 선로의 구역을 출발했는지를 판별함. 열차가 교차로를 다 지나갔을 때 도로 사용자가 도로를 사용할 수 있도록 교차로 시설을 복구함.

- 안전성 측면 : 잘못된 "train passed" 표시는 위험한 고장임.

4) location measurement - front

- 기능 : 열차 전두부의 위치를 알려줌.
- 출력내용 : 이미 알고있는 특정 위치로부터 정해진 방향으로 측정된 거리에 따라 열차 전두부의 연속적인 특정위치(예를 들면 X에서부터 "위" 방향으로 430 미터).
- 대표적인 적용 : ATP(자동열차보호)시스템과 열차 전두부에서 가능한 제동거리를 결정하는 이동폐색시스템에서 사용됨.
- 안전성 측면 : 열차가 실제로 운행한 만큼 열차 전두부가 운행하지 않았다고 표시되는 출력내용은 일반적으로 위험한 고장임.

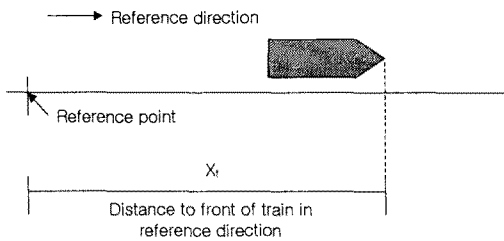


그림 2. 열차 전두부의 위치 측정

5) location measurement - rear

- 기능 : 열차 후두부의 위치를 알려줌.
- 출력내용 : 이미 알고있는 특정위치로부터 정해진 방향으로 측정된 거리에 따라 열차 후두부의 연속적인 특정위치.(예를 들면 X에서부터 "아래" 방향으로 250 미터)
- 적용 : ATP 시스템과 열차의 후두부에서 속도제한을 결정하거나 후속열차의 이동권한을 결정하는 이동폐색시스템에서 사용됨.
- 안전성 측면 : 열차가 실제로 운행한 만큼 열차 후두부가 운행하지 않았다고 표시하는 출력내용은 일반적으로 위험한 고장임.

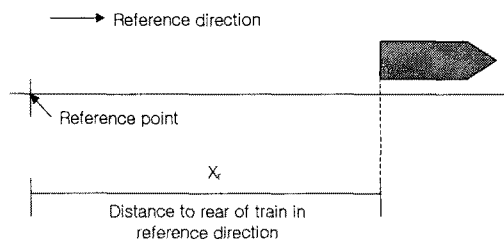


그림 3. 열차 후두부의 위치 측정

6) speed measurement(속도측정)

- 기능 : 열차가 움직이는 속도를 표시함.
- 출력내용 : 연속적인 또는 정량화된 열차속도. 출력내용은 시스템에 따라 일시적으로 중단되거나 어떤 특정 위치에서만 사용할 수도 있다.
- 적용 : 교차로 건널목 시스템의 작동시간을 조정하는데 사용되거나 ATP 시스템과 필요한 제동거리를 결정하는 이동폐색시스템에서 사용됨.
- 안전성 측면 : 일반적으로 실제 값보다 더 낮은 값을 표시하는 출력내용은 잠재적으로 위험하다. 물론 열차가 제동거리를 공유하는 형태의 이동폐색시스템에서 발생할 수 있는 출력내용이 실제 값보다 더 높은 값을 표시하는 것 또한 위험하다.

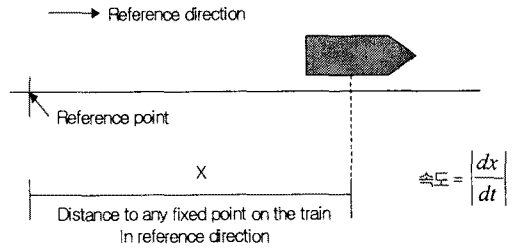
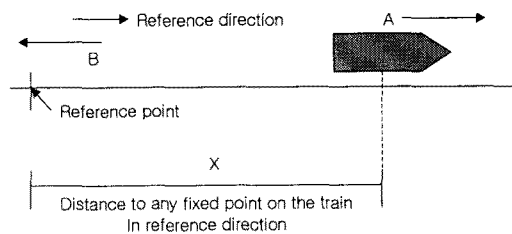


그림 4. 속도 검지

7) direction(방향) 검지

- 기능 : 열차가 운행되는 방향을 표시함.
- 출력내용 : 다음과 같은 세 가지 상태
 - "A" : A방향에서 움직이고 있거나 마지막으로 움직인 열차(정확한 정의는 운영기관에 의해 결정)
 - "B" : B방향에서 움직이고 있거나 마지막으로 움직인 열차(정확한 정의는 운영기관에 의해 결정)
 - "정의되지 않음" : 열차가 마지막으로 움직인 후 방향정보 소실
- 적용 : ATP 시스템이나 제어데이터가 실제 운행방향에 대해 올바른지 판별하는 이동폐색시스템에서 사용됨.
- 안전성 측면 : 일반적으로 열차가 실제 운행되는 방향과 반대방향으로 운행된다고 표시하는 출력은 위험한 고장임.



Direction "B" if $\frac{dx}{dt} \leq 0$

Direction "A" if $\frac{dx}{dt} \geq 0$

그림 5. 방향 검지

8) orientation(방위) 검지

- 기능 : 열차의 방위가 선로에 대한 참고방향으로 정렬되었는지 또는 그 반대인지를 알려줌.
- 출력내용 : 다음과 같은 세 가지 상태
 - "1" : 열차의 방향이 선로에 대한 참고방향과 같은 방향임.
 - "0" : 열차의 방향이 선로에 대한 참고방향과 반대 방향임.
 - "정의되지 않음" : 방위 정보 없음.
- 적용 : 열차 동작 전에 열차운행의 계획된 방향으로 이동권한이 적용될 수 있도록 하기 위하여 ATP 시스템이나 ATO 시스템에서 사용됨.
- 안전성 측면 : 일반적으로 열차가 실제 정렬된 방향과 반대방향으로 정렬되었다고 표시하는 출력은 위험한 고장임.

FUNCTION OF DETECTION METHODS										
Detection Functions		Occupancy detection	Presence detection	Clearance detection	Location measurement -front-	Location measurement -rear-	Speed measurement	Direction detection	Orientation detection	
Methods		A	B	C	D	E	F	G	H	
1. Track circuit		Y	Y	Y	N	N	N	P	N	
2. Rail circuit		N	N	D	N	N	N	N	N	
3. Very high frequency track circuit		N	Y	N	N	N	P	P	N	
4. Wheel detectors		N	Y	N	N	N	P	P	N	
5. Axle counters		P	Y	P	N	N	P	Y	N	
6. Inductive loop		N	Y	N	N	N	P	P	N	
7. Beam detection		N	Y	N	N	N	P	P	N	
8. Source detection		N	D	D	N	N	P	P	N	
9. Track based reflectometry (e.g. radar)		N	Y	N	N	N	Y	Y	N	
10. Pantograph contact		N	D	D	N	N	P	P	N	
11. Radio position finding front		N	Y	N	Y	N	Y	Y	N	
12. Radio position finding front-rear		Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	
13. Inertial navigator front		N	D	N	D	N	Y	Y	N	
14. Inertial navigator front		D	D	D	D	D	Y	Y	D	
Track Equipment		Train Equipment								
15.	Rx	Tx front	N	Y	N	N	N	P	P	N
16.		Tx front-rear	Y	Y	Y	N	N	P	P	N
17.	Rx	Rx front	N	Y	N	D	N	P	P	N
18.		Rx front-rear	Y	Y	Y	D	D	P	P	N
19.	C A B L E	Rx front	N	Y	N	P	N	P	P	D
20.		Rx front-rear	Y	Y	Y	P	P	P	P	D/P
21.		Tx front	N	Y	N	P	N	P	P	N
22.		Tx front-rear	Y	Y	Y	P	P	P	P	P
23. Coded track circuit	Rx	Y	Y	Y	N	N	N	P	Y	

Y=Yes, N=No, not easily possible, P=easily possible, D=Yes, when satisfying "Dependent on"
Tx=Transmitter, Rx=Receiver

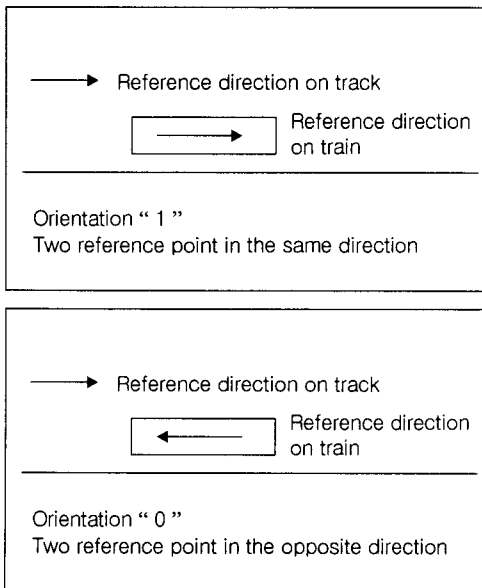


그림 6. 방위 검지

3. 결 론

앞에서 설명한 8개의 열차검지 기능의 측정의 연속성 및 정확도는 어떤 방식의 열차검지 방식을 사용하느냐에 의존한다는 것에 유의할 필요가 있다.

예를 들어, 어떠한 방식에서의 열차 속도와 위치 측정

은 적합하게 연속적으로 자주 갱신되겠지만 다른 방식에서의 속도와 위치 측정 정보가 연속적으로 갱신되지 않는 현상이 발생할 수 있다. 이러한 상황은 측정의 정확도에서도 적용될 수 있다.

이러한 기능별로 측정의 연속성 및 정확도의 중요성은 각각의 적용대상별 시스템 설계자가 평가하여야 하며 위 표에서 열차검지를 위해 현재까지 사용되고 있거나 사용될 수 있는 23가지 방법들을 보여주고 있다.

위의 표에서 보여주고 있는 23가지 열차검지 방식들은 열차 전두부의 위치에 대해서는 직접적으로 결정하지만 열차 후두부의 위치에 대한 직접적인 정보는 가지고 있지 않다. 따라서 후두부의 위치는 열차가 완전하다는 가정 하에 열차의 길이와 방위에 대해 주어진 정보로 추론할 수 있다. 또한 열차의 우연한 분리를 어떻게 판별할 것인지를 결정하는 것이 요구된다. 즉, 열차 완전성에 대한 검지가 부가적으로 필요하다.

끝으로 본 논문에서 제시하고 있는 사항들은 적합한 열차검지 방식을 선정하기 위한 하나의 지침을 제공할 뿐이다. 실제로 어떠한 철도시스템에 이러한 열차 검지 방식들 중 어떤 열차검지 방식이 가장 적합한 지에 대한 선택은 그 방식들이 적용되는 전체 철도시스템에 의해 좌우되기 때문에 전체 철도시스템의 설계자가 적합한 방식을 선택하여야 한다.

[참 고 문 헌]

- [1] ERII A 174 Train Detection
- [2] Jong-Hyen Baek, "THE STUDY OF FUNCTION AND REQUIREMENT SPECIFICATION FOR NEXT GENERATION TRAIN DETECTION", ICMIT 2003, pp 821---825