

## 차세대 열차검지를 위한 요구사양 및 기능에 대한 연구

### The Study of Function & Requirement Specification for Next Generation Train Detection

백종현\* 김용규\*\* 이종우\*\*\* 신덕호\*\*\*\* 이영훈\*\*\*\*\*

- \* 한국철도기술연구원 전기신호연구본부(전화:(031)460-5441, 팩스:(031)460-5449, E-mail : jhbaek@krri.re.kr)
- \*\* 한국철도기술연구원 전기신호연구본부(전화:(031)460-5434, 팩스:(031)460-5449, E-mail : ykkim@krri.re.kr)
- \*\*\* 한국철도기술연구원 전기신호연구본부(전화:(031)460-5400, 팩스:(031)460-5449, E-mail : jwlee@krri.re.kr)
- \*\*\*\* 한국철도기술연구원 전기신호연구본부(전화:(031)460-5442, 팩스:(031)460-5449, E-mail : dhshin@krri.re.kr)
- \*\*\*\*\* 한국철도기술연구원 전기신호연구본부(전화:(031)460-5447, 팩스:(031)460-5449, E-mail : yhlee@krri.re.kr)

**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.

**Keywords** : Train Control, Train Detection, Completeness, Requirement, Specification

#### I. 서론

열차검지란 열차의 위치와 동작을 설명하는 정보를 일반화하는 과정으로 정의된다. 현재 사용되고 있는 열차제어시스템에 필요한 열차검지 정보를 고려할 때 이러한 정보들은 상당한 다양성을 가지고 있기 때문에 어떠한 정형화된 형태로 표현하는 것이 어렵다. 향후 사용하게 될 고성능 열차검지시스템에서는 제어 영역 내에 있는 모든 열차의 정확한 위치, 동작 방향, 속도 그리고 가속도 및 감속도 등에 대한 정확한 정보가 요구될 것이다. 또한 정확한 정보에 대한 중요성이 상대적으로 작게 요구되는 적용대상에서는 궤도 구간 점유에 관한 열차 위치를 아는 것만으로도 충분할 수 있다. 따라서, 정확한 열차검지에 대한 정보는 열차검지시스템이 전체 신호시스템의 환경을 고려하여 설명되어야 한다.

- 장치의 설치 및 유지보수 비용 감소
- 시스템 복잡성이 증가됨에 따라 최소한 현재의 열차 제어시스템의 신뢰성을 유지하거나 증가
- 현재 열차제어시스템 보다 제어 분해능 또는 정확도의 개선
- 차세대 열차제어시스템에서 발생할 수 있는 열차검지정보에 대한 새로운 요구사항

이러한 요구조건에 의한 열차검지 방식은 기능적으로 기존의 시스템과 호환되어야 한다. 또한 기술적인 용어 측면에서도 호환되어야 하며 위험 분석에 의해 도출된 어떠한 필수적인 안전 표준도 충족하여야 한다. 특히 열차검지 방식의 선정에 있어 구조적인 방식으로 접근하여야 한다. 열차검지 방식의 구조적인 선정 절차를 돕기 위해 요구사항에서는 다음과 같은 내용에 대해 기술한다.

#### II. 차세대 열차검지를 위한 요구조건

차세대 열차검지 방식을 위한 요구조건 중 일부는 다음과 같으나 이는 중요도에 따른 순서는 아니다.

- 현재의 열차제어시스템보다 증가된 안전성

- "열차검지를 위한 필수 기능"에 대한 정의 : 정의된 각각의 기능들은 열차검지 정보의 특징을 설명한다.
- 다양한 열차검지 방식의 열차검지 기능 제공 능력을 조사한다.

- 다양한 열차검지 방식의 적합성에 대해 시스템적인 구조성과 기술적 호환성 측면에서 검토한다.

### III. 열차검지를 위한 필수 기능

열차검지 기능이란 열차의 위치와 동작에 대한 정보 생성 능력을 말하는 것이지 정보를 생성하는 수단을 설명하는 것이 아니다. 여기에서 열차검지 기능을 정의하는 목적은 다른 열차검지 방식의 기능과 비교할 수 있는 항목을 제공하기 위함이다. 열차검지 기능의 구성에 대한 국제적인 표준 또는 협정이 없기 때문에 본 사양에서는 먼저 이러한 기능의 범위를 구분하고 정의하는 것과 그 기능들의 가치에 대해 판단하는 것이 필요하다고 여겨진다.

#### 1. 열차검지를 위한 필수 기능의 정의 절차

열차검지를 위한 필수 기능을 정의하기 위하여 사용되는 절차는 다음과 같다.

- 목표시스템 선정 : 필요한 기능 요구사항을 생성하기 쉬운 가상 대상
- 목표 시스템의 기능요구사항 구분
- 목표 시스템에서 필요로 하는 열차검지 정보 구분
- "중요"해 보이는 열차검지 기능 선정
- 어떤 특정 대상에 국한되지 않는 기능들에 의하여 열차검지 정보 표시

여기에서 사용되는 목표 시스템은 단순히 열차검지 기능의 정의를 위한 하나의 도구일 뿐이다.

#### 2. 열차검지를 위해 정의된 필수 기능

##### 1) 기능 A : 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) 기능 B : 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.

##### 3) 기능 C : 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) 기능 D : 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.

##### 5) 기능 E : 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.

##### 6) 기능 F : 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.

- 7) 기능 G : 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 운행 방향에 대해 올바른지 판별하는 이동폐색시스템에서 사용됨.
  - 안전성 측면 : 일반적으로 열차가 실제 운행되는 방향과 반대방향으로 운행된다고 표시하는 출력은 위험한 고장임.

- 8) 기능 H : 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.

#### IV. 열차 완전성 검지

##### 1. 열차 완전성 검지의 요구사항

앞에서 정의된 8개의 열차검지 기능 중 다섯 가지 기능은 다음과 같이 열차의 위치 판별을 궤도에 의해 결정할 수 있다.

- 열차 전두부 및 후두부의 위치에 간접적으로 관련된 occupancy 검지(기능A)
- 열차 전두부 위치와 직접적으로 관련된 presence 검지(기능 B)와 전두부의 위치 측정(기능 D)
- 열차 후두부 위치와 직접적으로 관련된 clearance 검지(기능 C)와 후두부의 위치 측정(기능 E)

이러한 열차 검지 기능들은 열차의 전두부와 후두부에 대한 정보를 다음과 같이 사용하여 열차에 의해 점유된 선로를 결정하는데 사용된다.

- 고정폐색시스템에서는 occupancy 검지를 사용하거나 presence 검지와 clearance 검지의 결합을 동등하게 사용한다.

- 이동폐색시스템에서는 location measurement - front, rear의 결합을 사용한다.

이러한 방식으로 점유된 선로의 길이를 결정하는 것은 만약 열차가 비의도적으로 분리되었다 하더라도 열차 및 승객의 안전을 위해 신호 또는 열차제어시스템에 의한 제어가 가능하도록 하기 위함이다. 이를 위한 요구사항은 열차가 분리된 경우에도 제어되지 않는 열차의 뒷부분은 열차가 다른 방향으로 움직일 수 없도록 정지시키기 위해 제동이 체결된다는 것이다. 이때 제어 가능한 열차의 앞부분도 비슷하게 정지를 위해 제동이 걸리게 할 수도 있지만 필수적인 것은 아니다.

일반적인 기존의 신호 또는 열차제어 시스템은 앞에서 기술된 바와 같은 방식으로 동작한다. 또한 이들은 열차가 분리되었는지에 대한 명확한 정보를 가지고 있지는 않지만 점유되었거나 점유될 선로를 보호함으로써, 열차검지 정보가 알려준 대로 분리의 결과를 처리한다. 그러나 각 열차에는 열차의 분리 발생시 제동이 체결되도록 하기 위하여 열차가 분리되어 있는지를 결정하는 방법들이 필요하다.

앞에서 설명된 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. 위와는 다른 접근법에 기초한 신호 또는 열차제어 시스템에 대한 관심이 점차로 증가하고 있으며, 열차의 우연한 분리를 어떻게 판별할 것인지를 결정하는 것이 필요하다. 즉, 열차 완전성 검지에 대한 요구사항이 필연적으로 요구된다. 따라서 열차 완전성 검지가 열차검지 기능으로 간주되지 않을 수 있음에도 본 논문에서는 이를 포함하는 것이 적합하다고 판단하였다.

##### 2. 열차 완전성 검지의 정의

열차 완전성 검지는 다음과 같이 정의할 수 있다.

- 기능 : 열차가 분리되었는지를 알려줌.
- 출력내용 : "열차 완전함"과 "불완전함"의 두 상태
  - "열차 완전함" : 열차의 모든 부분이 함께 연결되어 있음.
  - "열차 불완전함" : 열차가 둘 또는 그 이상으로 나누어져 있음.
- 적용 : 열차 후두부의 위치에 대한 직접 정보가 없는 신호 또는 열차제어 시스템에서 열차가 우연히 분리된다면 보호절차를 실시하기 위해 이러한 분리 검지가 사용될 수 있음.
- 안전성 측면 : 일반적으로 잘못된 "열차 완전성" 지시는 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

## V. 결론

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 측정은 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.

본 논문에서 제시한 요구사항은 적합한 열차검지 방식을 선정하기 위한 하나의 지침을 제공할 뿐이며, 최적의 열차검지 방식을 선택하는 것은 그 방식들이 사용될 전체 철도시스템에 의해 좌우되기 때문에 전체

철도시스템의 설계자가 적합한 방식을 선택하여야 한다.

## 참고문헌

- [1] ERRI A 174 Train Detection
- [2] 김종기, 백종현외, 기본사업 "Smart-Rail 기술개발" 과제 2002년 연구보고서