

CBTC 무선기반열차제어 시스템에서 RFID를 이용한 실시간 열차 현재위치 구현에 관한 연구.

Research for Getting of Real time current position used by RFID in CBTC(Communication Based Train Control)

강구안*, 김대일*[†], 김장열*, 김윤수*

Ku-An Kang*, Dae-II Kim*[†], Jang-Yeol Kim*, Yoon-Soo Kim*

Abstract BGLRT(Busan-Gimhae Light Rail Train) based railroad in Korea is applied first time used by CBTC method which is driverless train. The most important in driverless trains is how go get the real time current position for running trains. These methods which are getting the current position are using for two methods. The first is using for RFID Tag to get the current position that is get the fixed position at each Tag. The RFID reader read the tag and then gets the current position from Database in VOBC at each trains. Second method is using Tachometer to gets the relative position between tag and tag which relative distance is counting the Tachometer's rolling.

This thesis is supposed to: how to define running train's direction used by tag ID in database. And how to get the relative position between tag and tag that only used by speed and time. And others are how to increment/decrement the relative distance between tag and tag form fixed position about running trains.

Keywords: CBTC(Communication Based Train Control), RFID(Radio Frequency Identification)

부산김해경전철은 한국에서 처음으로 계통된 CBTC(Communication Based Train Control) 기반 궤도 방식의 무인경전철이다. CBTC 방식의 무인경전철이 운영되기 위해서는 열차의 현재위치 계산은 필수적이다. 현재 위치를 실시간으로 계산이 되어야 열차의 속도, 안정된 위치에서의 비상정지, PMA에 열차의 진입 허가 금지 등의 제어가 가능하기 때문이다. 현재 무선열차제어에서 현재위치를 계산하는 방식은 두 가지 방법이 있다. 첫 번째는 열차의 절대 위치를 계산하기 위하여 트랜스폰드(RFID Tag)를 사용하여 열차의 절대 위치를 데이터베이스에서 불러오고 또한 미세거리 차이를 보정하는 기능을 한다. Tag와 Tag사이의 상대 거리는 타코미터라는 장비를 두 개 사용하여 바퀴회전 수로 거리값을 비교하여 산출한다.

본 논문에서는 RFID 리더와 Tag만을 사용하여 이동하는 열차의 진행방향을 결정하는 방법, 결정된 방향으로 산출된 절대위치에서 Tag와 Tag 사이의 상대위치를 속도와 시간을 사용하여 상대 위치를 계산하는 방법, 상대위치에서 차량의 역전기와 마스콘의 모드를 활동하여 상대위치의 거리를 가감하는 방법, 절대 위치를 저장한 데이터베이스의 개략적인 구조를 제안하고자 한다.

주요어 : CBTC(Communication Base Train Control), VOBC(Vehicle On Board Controller), WCU(Wayside Control Unit), RFID(Radio Frequency Identification)

1. 서론

기존 철도에서 사용하는 고정폐색시스템은 약 200m 전후마다 한 개의 폐색구간이 있다. 폐색구간 내에는 1대의 차량 외에는 진입할 수 없으며, 폐색구간 내에 차량이 있다는 것 외에 어느 지점에 차량이 있다는 것은 알 수 없었던 것이 지금까지 사용하여 왔던 고정폐색시스템이다. 1개의 폐색구간에 캐비닛이 보통 4개에서 6개정도 필요하여 하드웨어장치와 그 복잡함이란 이루 말할 수도 없고 회로는 고장진단을 하거나 보수를 하는데 많은 노력과 인력을 필요로 하였다[1].

무선전파형 CBTC는 기존 고정폐쇄식의 결점을 보완하는데 주력하여 개발하였다. 무선전파형 CBTC 시스템은 컴퓨터를 기반으로 개발한 경량전철의 위치추적기술과 이미 그 안전성이 검증되어 사용 중인 ATC (Automatic Train Control) 신호와 ATO (Automatic Train Operation) 무인운전 기능을 접목하여 차량제어와 정위치정차를 하면서 위치를 추적하는 기술을 개발하였다. CBTC 기반 열차제어 시스템에서는 열차의 이동위치를 정확하게 알면, 폐색구간을 소프트웨어로 대체하여 상당부분을 생략할 수 있다는 것에 착안하여 개발한 것이다. 따라서 기능이 심플하여 1~2개의 캐비닛으로 대체되었고 열차에 동시에 출발명령, 속도제어명령, 앞차와의 거리, 정지명령, 정지예고명령까지를 동시에 실행이 가능하게 되었다[1].

본 논문에서는 다루고자 하는 시스템은 한국에서 최초로 도입된 궤도방식의 CBTC(Communication Based Train Control)를 기반으로 하는 무인경전철(Driverless)인 무선열차제어시스템이다. 무선열차제어 방식에서 열차의 현재 위치를 정확하고 빠르게 산출하는 것이 아주 중요한 기술 중 하나이다. 부산김해경전철에서 열차의 현재 위치를 계산하기 위해서 두 가지 방식을 사용한다.

첫 번째는 열차의 절대 위치를 계산하고 거리 차를 보정하기 위하여 각 선로에 설치된 RFID Tag를 열차에 설치된 트랜스폰더(RFID Reader)가 읽어 VOBC(차상통신장치)내 컴퓨터에 저장되어 있는 데이터베이스에서 데이터를 읽어 절대위치를 계산할 수 있다. 이는 약 50m 간격으로 설치하여 지속적인 절대 값을 보정하게 되어 있다. 이 산출된 값으로 열차의 위치를 제어하고 열차 PMA 접근을 허용 금지 대기 등의 허가를 WCU에게 값을 전달하는 것이다.

두 번째는 RFID Tag와 Tag사이의 상대 거리를 계산할 필요성이 있다. 이는 현재 점유한 PMA의 상태를 WCU에게 전달하여 후속열차의 진입을 제어하기 위해서이다. Tag와 Tag 사이의 상대 거리는 타코미터라는 장비를 열차에 설치하여 바퀴회전 수를 계산하여 열차의 현재 위치를 산출하고 또한 열차의 이동 방향을 결정하고 제어 한다[4].

따라서 본 논문에서는 차량의 속도만으로 RFID Tag 와 Tag사이의 상대 위치를 계산하는 방법, 현재 열차가 이동하고 있는 방향 결정 방법, 차량이 전진 이동하는 것과 퇴행하는 방법을 결정하여 거리의 가감방법 등을 제안 한다. 본 논문의 제안 장점은 현재 타코미터가 수행하는 기능 즉 속도, 진행 방향결정 등의 많은 기능을 단순화 시킬 수 있는 장점이 있다

† 교신저자: 부산김해경전철운영주식회사 기술운영팀장(reo2040@bngmetro.co.kr)

* 부산김해경전철운영주식회사

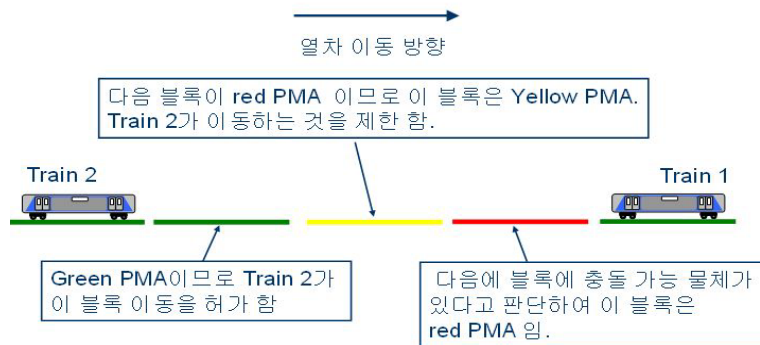
2. 본 론

2.1 무선기반 열차 제어 시스템에서의 위치 산출 방식

2.1.1 지상 열차 위치 검지

ATP 서브 시스템의 일부로써 열차는 지속적으로 지상설비와 통신을 통하여 열차 자신의 상태, 즉 이동 방향, 위치, 운전모드, 등에 대하여 보고한다. 열차의 위치는 선로 변을 따라 이동하면서 무선 통신을 통해 보고된다. WCU는 블록 점유 확인을 통해 열차 위치를 검지하고 해당 블록을 점유 블록으로 지정한다. 열차는 시스템적으로 한 블록을 빠져나감과 동시에 한 블록 진입을 확인한다[2].

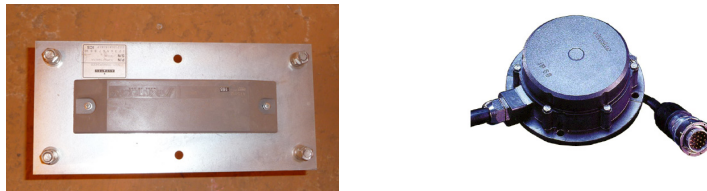
열차의 폐쇄구간 진입 허가 금지 등의 제어는 PMA가 한다. 황색과 적색 PMA 명령은 안전 열차 이격을 보장하기 위해 사용된다. WCU는 녹색 PMA와 적색 PMA 앞 사이에 황색 PMA를 유지 시킨다. 적색 PMA는 열차의 이동을 금지 시키고 이상 시 비상정지 한다. WCU는 각 열차 적색 PMA를 유지한다[1].



[그림2-1] PMA상태에 따른 열차이동[1]

2.1.2 트랜스폰더 태그 및 타코미터

트랜스폰더 태그는 VOBC 데이터베이스내에 코딩 된 관련 위치와 일치하는 장소에 설치된다. 트랜스폰더간의 정확한 위치 정보는 두 개의 독립된 타코미터의 입력을 통해 결정된다.



[그림2-2] 트랜스폰더 태그와 타코미터[1]

열차는 선로 변에 설치된 트랜스폰더를 지나게 되고 트랜스폰더 검지기는 태그의 고유한 ID를 수신하게 된다. 동시에 트랜스폰더 검지기는 시리얼 통신방식을 사용하여 VOBC에게 태그 ID를 전송하게 된다. VOBC는 수신된 트랜스폰더 ID가 데이터베이스내에 존재 여부, 트랜스폰더가 인접된 트랜스폰더 이후에 적당한 거리 내 존재 확인된 고유의 트랜스폰더ID와 연관된 위치는 저장된 데이터베이스로부터 확인된다. 이 위치는 열차의 절대적 위치를 위해 이용된다[1][3].

두 개의 타코미터로부터 입력된 거리는 서로간의 데이터에 불 일치가 존재하지 않음을 보증하기 위

하여 비교된다. 만약 현저한 불일치가 발생할 경우 열차는 비상 제동을 체결하여 열차의 위치 불확실상태를 설정한다. 만약 타코미터 거리 입력 간에 불일치가 존재한다면, 열차의 비상 제동이 작동하고 열차의 위치는 불확실 상태로 설정된다. 이러한 장애를 해결하기 위해 열차는 열차위치 초기화 과정을 거치게 된다[2].

2.2 무선기반 열차제어시스템에서의 현재위치 산출 방법 제안

2.2.1 열차의 이동 방향성 결정 방법 제안

이동하는 열차에서 이동방향이 결정되어야 만 거리를 계산할 수 있다. 현재 부산김해경전철에는 열차의 이동방향을 결정하기 위해서 타코미터를 이용하여 전진과 퇴행(후진)을 결정한다. 그러나 본 논문에서는 속도를 이용하여 거리를 계산하는 방법, 절대 좌표로부터 Tag와 Tag사이의 상대거리를 실시간 계산하는 방법을 제안했다. 따라서 타코미터를 사용하지 않고 열차이동 방향을 결정하는 방법부터 제안되어야 한다.

첫 번째는 Tag를 읽어 열차의 방향을 결정하는 방법이다. Tag의 좌표는 열차 내에 VOBC라고 하는 컴퓨터의 데이터베이스에서 관리된다. 따라서 두 개의 Tag를 연속으로 읽어서 열차의 이동 방향을 결정할 수 있다.



[그림2-3] Tag를 연속 읽어 열차의 방향을 결정하는 방법

위의 그림에서 Train 1이 Tag(A)를 읽고 연속해서 Tag(B)를 읽으면 열차는 A지점에서 B지점인 역으로 이동한다고 판단하고 거리를 계산한다. 다음으로 Train 2가 먼저 Tag(B)를 읽고 다음에 Tag(A)를 읽으면 열차의 이동 방향이 지점 B에서 지점 A인 역의 방향으로 이동한다고 판단할 수 있다. 그러나 이 방법으로 열차의 이동 방향을 결정하는 것은 블록 사이의 거리가 약 50m정도 되므로 최대 50m안에서 열차의 상대 위치를 알 수 없다는 치명적인 문제가 발생할 수 있다. 그러나 CBTC에서 고정 폐쇄블럭 방식에서는 한 블록에 열차가 궤도를 점유하면 다른 열차가 이전 블록에 PMA 진입을 금지하므로 가능한 방법이라 할 수도 있다. 이것은 기존의 고정폐쇄식과 같은 원리이다.

두 번째 Tag와 Tag 사이의 상대 위치를 계산하여 열차의 정확한 위치를 판별할 수 있어야 한다. 먼저 연속으로 읽은 Tag로부터 열차의 이동방향을 결정하고 다음으로 마스콘의 방향으로 열차의 진행 방향을 결정하여 상대거리를 가감하는 방법을 제안한다.

2.2.2 역전기와 마스콘을 이용하여 열차의 방향결정 후 상대거리 가감 방법

열차에서 역전기 방향전환에는 세 가지 모드가 있다. Forwarding, Neutral, Reverse 가 있다. Forwarding은 전진모드로 마스콘 P1-P4와 결합하여 열차가 앞으로 전진하는 모드이다. Neutral은

현재 모드에서 타력으로 전.후진을 하는 모드 이다. Reverse는 마스크론 P1-P4와 결합하여 후진을 하는 모드 이다[4][5].

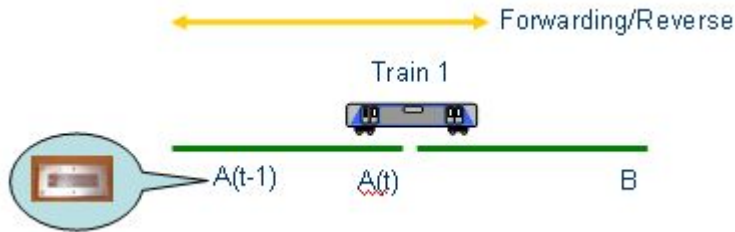


(a) (b)

[그림2-4] 무인경전철에서 역전기(a) 와 마스크론(b)

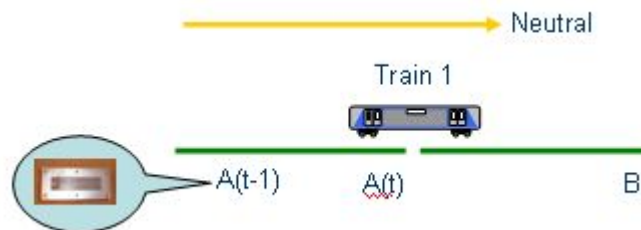
따라서 열차의 전진모드는 Forwarding or Forwarding t-1 + Neutral 두 가지 모드가 열차의 전진방향으로 이동하고 있다고 본다. 그리고 Reverse or Reverse t-1 + Neutral의 두 가지 모드는 열차가 후진으로 이동하고 있다고 본다. 이들 모드전환에 대한정보는 모두 CCU에 기록이 된다. 따라서 이들 정보를 조합하여 열차의 방향을 결정하면 Tag와 Tag사이의 상대 위치를 계산할 수 있다.

2.2.3 실시간 현재위치 산출방법 제안



[그림2-4] 정방향일 때는 현재 방향에 거리를 증가 시킴.

전진모드에서는 열차방향을 정방향으로 보고 현재 Tag의 위치로부터 받은 절대위치에서 거리를 증가시키면 된다. 마스크론 방향이 역행이면 현재의 위치에서 거리를 감소하여 이동하는 열차의 현재 위치를 실시간 계산할 수 있다. 이것이 가능한 것은 열차의 모든 상태는 CCU(Central Control Unit)에서 표시하므로 필요한 정보는 CCU로부터 가지고 올 수 있다.



[그림2-4] 역방향일 때는 현대 현재 방향에 거리를 감소 시킴.

이렇게 열차의 이동 방향이 결정이 되고 상대거리에서 또한 열차의 진행 방향이 결정되면 속도와 이동 거리의 값의 계산에 의해 열차의 현재 절대위치 및 상대 위치를 실시간 산출할 수 있다. 거리=속도*시간으로 계산하면 이동거리가 나온다 이 이동거리에 상대거리를 더하면 현재 위치가 결정되는 방식이다.

$$\text{현재위치} = \text{Tag 값에서 가지고 온 위치(절대위치)} + \text{속도*시간(상대위치)}$$

2.2.4 Tag ID를 저장하는 데이터베이스 구조

VOBC내의 데이터베이스 구조는 다음과 같이 각각의 차량에 정의하고 필요한 정보를 각각의 데이터베이스 테이블에 정의 한다.

ID	거리	역사	...
10	10	가야대	...
100	100	장신대	...
...			
2000	2000	사상역	...

[표2-1] VOBC에 저장된 데이터베이스 구조

Tag ID 10를 읽고 다음에 100을 읽으면 사상방향으로 간다고 판단 한다. 100를 읽고 10을 읽으면 가야대 방향으로 간다고 판단 한다.

3. 결 론

본 논문에서 제안한 열차의 이동방향은 결정은 Tag를 연속으로 읽어 방향을 결정할 수 있다. Tag와 Tag 사이의 상대 거리는 운전모드, 역전기와 마스크의 정보를 CCU로부터 읽어 절대값을 읽은 Tag로부터 진행하는 방향에 거리를 가감하여 상대 위치를 계산 할 수 있다. 이 방법을 적용하면 타코미터에서의 열차이동 방향성정보, 이동거리 계산 등의 기능을 간단하게 구현할 수 있다. 다음 논문에서는 이 방법의 적용 시 안정성, 알고리즘, 진로설정 데이터베이스에 대해서 깊이 연구하고자 한다.

참고문헌

- [1] 부산김해경전철운영(주) 관제실무 교육 매뉴얼(2010.8) pp. 1~167
- [2] 현대로템(주) 열차무선설비 운영자 교육자료(2010.12) pp. 1~139
- [3] 현대로템(주) 열차무선설비 운영자 교육자료[열차무선설비](2010.12) pp 1~100
- [4] 현대로템(주) 부산-김해 경전철 50량 교육교재[상권](2010.12) pp. 2-2-1~2-2-119
- [5] 현대로템(주) 부산-김해 경전철 50량 교육교재[하권](2010.12) pp. 6-6-1~6-6-30