

열차속도에 따른 GPS형 열차접근경보기의 경보안정성 분석

A study on alarm stability using GPS type portable-alarm-system by train speed.

권기진* 온정근** 심재복* 최영하*
Ki Jin Kwon Jung-Ghun Ohn Jae-bock Shim Choi, Yung ha

ABSTRACT

GPS type portable-alarm-system is composed of satellite receiving equipment, signal transmission equipment, etc. Time errors occur because of the processing methods of the satellite receiving equipment and signal generator, the positional error of GPS itself, etc. With the recent rise of train speed, it becomes very important to secure the stability of portable-alarm-system from time errors. The present study estimated errors caused by the structure of portable-alarm-system, GPS errors, etc., and verified them. In addition, it examined the effects of such errors on portable-alarm-system according to train speed.

1. 서론

GPS형 열차접근경보기는 위성수신장치와 신호송신장치 등으로 구성되어 있다. 위성수신장치와 신호발생장치의 처리방식과 GPS자체의 위치 오차 등으로 시간오차에 대한 오차가 발생한다. 최근 열차의 속도가 향상됨에 따라 시간오차에 대한 열차접근경보기의 안정성을 확보하는 것이 중요한 요소가 된다. 이에 본고에서는 열차접근경보기의 구조 및 GPS 오차 등으로 인한 오차를 예상하고 실험을 통하여 이를 확인한다. 또한 이러한 오차가 열차속도에 의하여 열차접근경보에 미치는 영향을 확인한다.

* 한국철도기술연구원 연구원, 미희원
** 한국철도기술연구원 선임연구원, 정희원

2. GPS를 이용한 시간오차 측정

열차집근경보장치의 송신기 및 수신기는 위성으로부터 자신의 위치를 계산하고 이 정보를 무선 전파를 이용하여 근접해 있는 송/수신기 상호간 위치를 검지하는 기능을 가지고 있다. 열차가 약 2km지점으로 진입하면 작업원이 휴대한 수신기는 진동과 동시에 경보음을 울려 열차의 접근을 알리고, 열차의 거리가 근접해 질수록 경보음의 주기를 빠르게 하여 작업원과 열차의 충돌사고를 미연에 방지하는 시스템이다. 만약 열차나 작업원이 위성으로부터 자신의 위치정보를 받지 못하는 상황이 발생되면 자동으로 RF (Radio Frequency)보드로 변환되어 수신기 진파레벨(RSSI)의 정보를 이용하여 열차의 위치를 파악할 수 있다. 이러한 기능을 가진 열차집근경보장치가 고속환경(현재 KTX구간 : 고양기지 ↔ 동대구KTX역)에서 어느 정도의 오차로 동작하는가를 알아보기 위해 실제 현차시험을 실시하였다. 송신기를 열차에 선두차에 장착하고 수신기를 선로 주변에 랜덤하게 분포시키 기록을 분석하여야 하지만 현재의 KTX구간은 열차운행 중 작업원의 접근이 불가능하므로 그림 1.과 같이 후부차에 송신기를 장착하고 선두차에 수신기를 장착하여 고속환경을 왕복함으로써 이를 대체하였다.

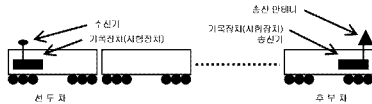


그림 1. 현차시험 장비설치 방법

송신기와 수신기를 고정함으로 항상 거리를 일정하게 된다. 이렇게 절대거리를 정의하고 열차를 운행하면 GPS 데이터를 이용하여 송신기와 수신기의 계산거리를 계산하고 이를 절대거리와 비교하여 오차를 측정하게 된다.

3. GPS를 이용한 시간오차 계산

송신기는 GPS 위성 데이터를 이용해서 자신의 위치를 계산하고 이를 수신기에 RF를 이용하여 전달한다. 수신기 또한 GPS 위성 데이터를 이용해서 자신의 위치를 계산하고 송신기로부터 받은 송신기 위치정보를 자신의 위치정보와 비교하여 거리를 계산한다. 그림 1.과 같이 장착하여 열차를 운행하면 열차의 속도에 따라 1초 동안 발생하는 오차거리는 달라질 것이다. 식(3.1)은 현재 운행 속도를 기준으로 1초 동안의 열차 이동 거리를 계산하는 식이다. 식(3.1)을 이용하여 절대거리와 비교하면 열차가 운행하면서 발생하는 시간오차를 계산할 수 있다. 식(3.2)은 현재 운행 속도를 감안하여 시간오차를 구한 식이다.

$$d_s = \frac{v_c}{3600} \times 10^3 \quad (3.1)$$

$$t_e = \frac{d_n - d_m}{d_c} \quad (3.2)$$

여기서, t_e : 휴대형 열차접근경보기 시간오차
 d_c : 열차진행 속도에 대한 1초 동안의 이동거리
 d_n : 열차의 길이 (송신기와 수신기의 거리)
 d_m : GPS정보를 이용한 계산 거리
 v_c : GPS정보를 이용한 계산 속도

위의 식(3.1)과 식(3.2)을 이용하여 현자시험에서 측정한 데이터를 분석하면 그림 2와 그림 3과 같은 시간오차가 나온다. 그림 4와 그림 5는 하행선과 상행선에서의 속도계산 값을 보여준다.

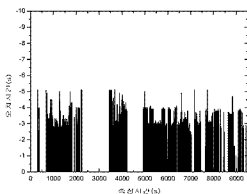


그림 2. 하행선 시간오차 측정값

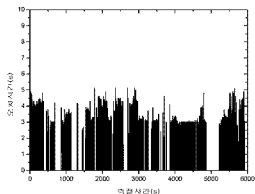


그림 3. 상행선 시간오차 측정값

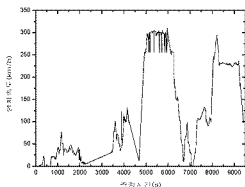


그림 4. 하행선 열차속도 측정값

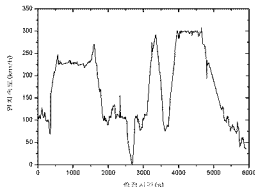


그림 5. 상행선 열차속도 측정값

그림 2와 그림 3에서 보듯이 대부분의 시간 오차가 2~3초이고, 최고 5~6초까지 발생한다. 또한 300km/h구간보다 일반 구간에서 특히 터널 진입 전/후나 위성 수신이 잘되지 않은 곳에서 시간 오차가 더 커지고 오히려 300km/h구간이 더 안정적인 시간 오차가 나올음을 알 수 있다.

4. GPS를 이용한 시간오차의 원인 분석

앞 권에서 알아보았듯이 현재의 역차점근정보장치에서는 2~3초의 시간오차가 발생됨을 알아보았다. 그럼 이러한 시간 오차가 왜 발생되며 5초~6초의 시간오차는 어떻게 발생하는지에 대하여 알아보겠다.

4.1 2~3초 오차

그림 6.과 그림 7.은 송신기의 데이터 전송 과정과 수신기의 데이터 처리 과정을 보여준다.

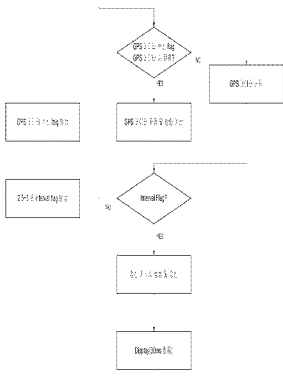


그림 6. 송신기 데이터 전송 과정

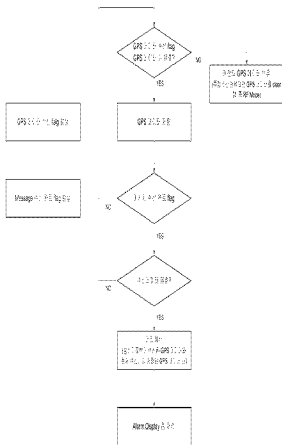


그림 7. 수신기 데이터 처리 과정

송신기에서 interval flag가 2.5~3초마다 발생하고 display시간이 30ms, GPS 데이터를 저장하는데 약 20ms정도 소요된다. 대부분 송신기에서 데이터 전송에 걸리는 시간으로 인하여 시간오차가 발생되는 것이다.

4.2 5~6초 오차

시간오차가 일반적으로 2~3초가 아닌 5~6초가 발생하는 원인은 표 1.에서 순번 3과 4의 수신 데이터의 GPS 데이터는 순번 2의 수신 GPS 데이터와 동일하다. 순번 4, 5과 6번의 송신 GPS 데이터는 순번 3의 송신 GPS 데이터와 동일하고 순번 3, 4와 6의 거리(distance)가 오차범위를 벗어남을 알 수 있다.

표 1. 열차접근정보기 송신/수신 데이터 기록 자료

자료 순번	송신 데이터 기록 자료	수신 데이터 기록 자료
1	82 : 20040802 11:17:43 Train No:2623148 TrainNo:2623136 Hour : Min :3 Sec :3 Date :2 Wen :3 Year :4 GPS state:6 Lat deg :37 Lat min :1 Lat dec :349 Lat loc :38 Gsd deg :127 Gsd min :0 Gsd dec :329 Gsd loc :48 Speed :47 RSS :1 MSN :11 Operator :1 Alarm :0 Distance :36 Run :92 Duro :38 DuroL :0	73 : 20040802 11:12:46:80 Train No:2623148 TrainNo:2623136 Hour :2 Min :33 Sec :38 Date :2 Wen :3 Year :4 GPS state:6 Lat deg :37 Lat min :1 Lat dec :349 Lat loc :38 Gsd deg :127 Gsd min :0 Gsd dec :329 Gsd loc :48 Speed :47 RSS :14 MSN :111 Operator :2 Alarm :0 Distance :45 Run :94 Duro :36 DuroL :0
2	83 : 20040802 11:17:38 Train No:2623148 TrainNo:2623136 Hour :2 Min :33 Sec :38 Date :2 Wen :3 Year :4 GPS state:6 Lat deg :37 Lat min :1 Lat dec :349 Lat loc :38 Gsd deg :127 Gsd min :0 Gsd dec :329 Gsd loc :48 Speed :47 RSS :1 MSN :112 Operator :1 Alarm :0 Distance :36 Run :92 Duro :38 DuroL :0	74 : 20040802 11:12:30 Train No:2623148 TrainNo:2623136 Hour :2 Min :33 Sec :48 Date :2 Wen :3 Year :4 GPS state:6 Lat deg :37 Lat min :1 Lat dec :349 Lat loc :38 Gsd deg :127 Gsd min :0 Gsd dec :329 Gsd loc :48 Speed :47 RSS :14 MSN :112 Operator :2 Alarm :0 Distance :62 Run :94 Duro :36 DuroL :0
3	84 : 20040802 11:17:22 Train No:2623148 TrainNo:2623136 Hour :2 Min :33 Sec :44 Date :2 Wen :3 Year :4 GPS state:6 Lat deg :37 Lat min :1 Lat dec :349 Lat loc :38 Gsd deg :127 Gsd min :0 Gsd dec :329 Gsd loc :48 Speed :47 RSS :1 MSN :113 Operator :1 Alarm :0 Distance :36 Run :92 Duro :38 DuroL :0	75 : 20040802 11:12:23 Train No:2623148 TrainNo:2623136 Hour :2 Min :33 Sec :48 Date :2 Wen :3 Year :4 GPS state:6 Lat deg :37 Lat min :1 Lat dec :349 Lat loc :38 Gsd deg :127 Gsd min :0 Gsd dec :329 Gsd loc :48 Speed :47 RSS :14 MSN :113 Operator :2 Alarm :0 Distance :39 Run :94 Duro :36 DuroL :0
4	85 : 20040802 11:17:24 Train No:2623148 TrainNo:2623136 Hour :2 Min :33 Sec :44 Date :2 Wen :3 Year :4 GPS state:6 Lat deg :37 Lat min :1 Lat dec :349 Lat loc :38 Gsd deg :127 Gsd min :0 Gsd dec :329 Gsd loc :48 Speed :47 RSS :1 MSN :115 Operator :1 Alarm :0 Distance :36 Run :92 Duro :38 DuroL :0	76 : 20040802 11:12:25 Train No:2623148 TrainNo:2623136 Hour :2 Min :33 Sec :48 Date :2 Wen :3 Year :4 GPS state:6 Lat deg :37 Lat min :1 Lat dec :349 Lat loc :38 Gsd deg :127 Gsd min :0 Gsd dec :329 Gsd loc :48 Speed :47 RSS :14 MSN :114 Operator :2 Alarm :0 Distance :32 Run :94 Duro :36 DuroL :0
5	86 : 20040802 11:17:27 Train No:2623148 TrainNo:2623136 Hour :2 Min :33 Sec :47 Date :2 Wen :3 Year :4 GPS state:6 Lat deg :37 Lat min :1 Lat dec :349 Lat loc :38 Gsd deg :127 Gsd min :0 Gsd dec :329 Gsd loc :48 Speed :47 RSS :1 MSN :115 Operator :1 Alarm :0 Distance :36 Run :92 Duro :38 DuroL :0	77 : 20040802 11:12:28 Train No:2623148 TrainNo:2623136 Hour :2 Min :33 Sec :48 Date :2 Wen :3 Year :4 GPS state:6 Lat deg :37 Lat min :1 Lat dec :349 Lat loc :38 Gsd deg :127 Gsd min :0 Gsd dec :329 Gsd loc :48 Speed :47 RSS :14 MSN :115 Operator :2 Alarm :0 Distance :62 Run :94 Duro :36 DuroL :0
6	87 : 20040802 11:17:28 Train No:2623148 TrainNo:2623136 Hour :2 Min :33 Sec :48 Date :2 Wen :3 Year :4 GPS state:6 Lat deg :37 Lat min :1 Lat dec :349 Lat loc :38 Gsd deg :127 Gsd min :0 Gsd dec :329 Gsd loc :48 Speed :47 RSS :1 MSN :116 Operator :1 Alarm :0 Distance :36 Run :92 Duro :38 DuroL :0	78 : 20040802 11:12:30 Train No:2623148 TrainNo:2623136 Hour :2 Min :33 Sec :38 Date :2 Wen :3 Year :4 GPS state:6 Lat deg :37 Lat min :1 Lat dec :349 Lat loc :38 Gsd deg :127 Gsd min :0 Gsd dec :329 Gsd loc :48 Speed :47 RSS :13 MSN :116 Operator :1 Alarm :0 Distance :96 Run :94 Duro :36 DuroL :0

열차가 이동중 터널에 진입하게 되면 GPS 데이터가 동일할 경우가 발생하게 된다. 이때 GPS

수신불능임에도 불구하고 GPS 상태정보는 65를 나타낸다. 이유는 수신기는 이동속도가 느리다고 가정하고, 작업자가 부착하기 때문에 쉽게 GPS 불능에 빠질 수 있어 특정시간만큼 수신이 안 되어도 이전에 수신된 값을 저장하고 이를 이용한다. 또 순번 4번에서 GPS 모듈자체도 수신가능 상태인 65에서 수신 불능 상태인 86으로 바뀔 때 한번정도 65로 표시하고 GPS 값을 이전하고 동일하게 발생시킨다. 이러한 이유로 5~6초의 오차가 발생되는 것이다

6. 결론

휴대형 열차집근경보기에서 사용하는 GPS모드의 시간오차를 측정하고 여기서 속도에 따른 시간오차와의 관계를 살펴보았다. 시험결과 휴대형 열차집근 경보기 자체의 처리속도에 의하여 기본적인 시간오차가 발생하며 터널부분이나 GPS수신이 되지 않은 지역에서 추가적으로 시간오차가 발생함을 알 수 있었다. 속도에 따른 시간오차는 기존 열차 속도보다 300km/h구간에서 안정적인 시간오차를 보여주듯이 GPS정보와 RF의 전파속도에 비하면 아주 미미한 속도이므로 현재의 열차속도는 시간오차에 크게 영향이 없음을 알 수 있었다. 향후 열차집근 경보기의 시간오차와 다양한 오차에 대한 연구가 절실히 필요하다.

참고문헌

1. Cohen C.E. (1992), "Attitude determination using GPS", Stanford University.
2. Kaplan E. D (1996), "Understanding GPS principles and applications," Artech House.
3. 한국철도전기기술협회 (1996), "무선에 의한 열차제어시스템의 동향조사 보고서".
4. 일본신호기보 (2001), "Development of the CBTC system using AATC Technology".
5. 목재균(2003), "열차의 위치 추적을 위한 적용기술 소개", 한국철도기술연구원.
6. 조광관(2003), "무선에 의한 열차위치점자 기술개발 동향", 한국철도기술연구원.
7. 권기진(2004), "휴대용 열차집근경보장치에 적용되는 GPS모드와 RF모드의 거리 및 속도 분석", 한국철도공학회.