

철도환경에서 GPS 적용시 문제점과 대책

조봉관, 류상환, 정락교
한국철도기술연구원

Solution for introducing the GPS in railway environments

B. K. Cho, S. H. Ryu, R. G. Jeong
Korea Railroad Research Institute

Abstract - Recently, for positioning a train and synchronizing between equipments in railway environment, the utilization of GPS(Global Positioning System) is increasing. But, the defects of GPS are pointed out.

The risk of dependence on only GPS is not neglectable. Therefore, we prepare the implementation of the future railway system through the research on the safety and reliability of applying GPS to railway system.

1. 서 론

최근 위치검지(측위)나 장치간의 동기를 맞추기 위해, 철도분야에서도 GPS를 활용하는 사례가 늘고 있으나 GPS측위의 취약성이 지적되고 있다.

GPS 측위만을 의존함으로써 인한 위험성을 부정할 수 없으며, GPS 측위를 철도시스템에 활용하는 경우의 문제점과 대응책에 관해서 안전성·신뢰성에 관한 연구를 통하여 미래의 철도시스템 구축을 준비하고자 한다. 본고에서는 철도환경에서 GPS 적용시의 문제점과 대책(안)에 대해 검토한 내용으로 GPS에 대한 간섭원 및 GPS측위의 취약성, GPS측위 기반 시스템의 리스크 평가, GPS측위의 안전성 향상 대책, GPS측위를 활용한 시스템 구축지침에 대해 언급하고자 한다.

2. 본 론

2.1 GPS측위에 대한 간섭원 및 GPS측위의 취약성

GPS위성으로부터 송신된 전파(마이크로파)가 사용자의 GPS안테나에 도달하기까지 여러 가지 현상의 영향이 있을 수 있다.

2.1.1 GPS 사용자에 공통되는 현상

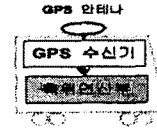
다음의 2가지 문제에 대해서 근본적인 대책은 없고, 용도에 따라서 백업시스템 구축이 필요하다.

- (1) GPS 이상중세
 - 이용 가능한 위성의 감소로 측위정도나 운용에 영향을 미침.
 - 이상신호의 송신에 의해 GPS사용자에게 예상외의 영향이 미칠 경우가 있기 때문에, 측위신호의 용장성을 이용하는 RAIM (receiver autonomous integrity monitoring) 기능이나 보강시스템에 의해 사용자국에서의 고장위성을 끊을 필요가 있다.
- (2) GPS신호가 GPS안테나에 도달하기까지 발생할 수 있는 영향
 - 다양한 수단에 의한 방해의 가능성
 - 태양활동, 휴대전화, 라디오·텔레비전 방송 등의 자연현상이나 시스템에 의한 영향

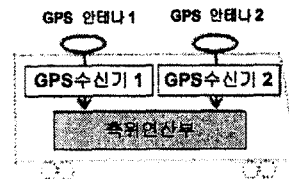
2.1.2 철도환경에서 이용하는 경우에 예상되는 현상

- (1) 트롤리선에 의한 GPS신호차폐의 영향
 - C/N₀ (신호의 캐리어대 잡음비)가 약간 저하하는 안테나도 있지만, 영향은 작다.
- (2) 주행중 연선구조물이나 설비 등에 의한 GPS신호차단의 영향
 - 선로주변에 근접해서 존재하는 구조물, 설비에 의해 GPS신호가 차단된다. 측위를 저하는 위성을 재포착하는 시간의 영향이 크다. 때문에, 열차에서 사용하는 수신기는 검색시간 단축에 대한 보완이 필요하다.
 - 신호 차단시에 GPS메시지가 2비트이상 틀리는 현상이 다발함. 궤도정보의 오차를 놓치면 측위결과에 중대한 영향이 미칠 위험성이 있기 때문에 시스템적 메시지 검사방법이 필요하다.

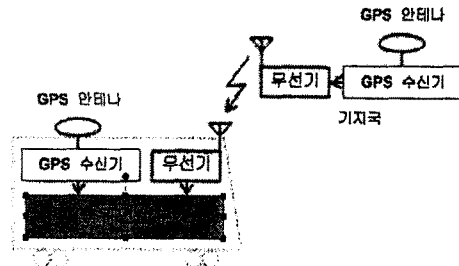
- (3) GPS 메시지 검사 방법(안)
 - (a) GPS 메시지를 2회 수신해서 조합
 - 현재는 대체로 2시간마다 변경되지 않기 때문에 30초마다 반복해서 전송되는 특징을 이용
 - 항공기용 항법장치에서 규격화된 방식



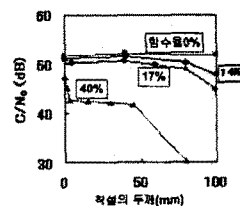
- (b) 1계와 2계의 GPS 메시지를 조합
 - 수신계를 이중화하고 2개의 GPS 안테나를 이격해서 설치하여 동일 차폐물에 의한 동일한 영향이 없는 것을 이용



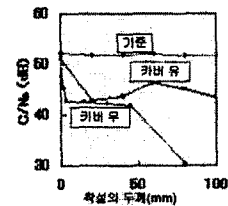
- (c) 기지국으로부터 전송된 GPS 메시지와 조합
 - 양호한 수신환경의 기지국에서 수신, 복조된 GPS 메시지를 차상으로 무선전송



- (4) 가선·판토그래프계로부터 전파잡음의 영향
 - 타이밍, 강도와 측위정도에 명확한 상관은 없다.
- (5) 착방설이 GPS안테나의 측위에 미치는 영향
 - 수분이 포함된 눈에 GPS안테나가 매몰된 경우는 수신상황에 영향을 미치며, 차량 지붕에서는 매물을 막기 위한 차량한계의 범위에서 높은 위치에 설치되는 것이 바람직함.
 - 레들과 착설사이의 공간을 둠으로써 수신신호의 개선을 볼 수 있으며(그림 1a) 착설되기 어려우며 상부에 물이 남기 어려운 형상의 커버 취부가 유효하다.(그림 1b)



<그림 1(a)> 함유율이 C/N₀에 미치는 영향



<그림 2(b)> 커버의 유부가 C/N₀에 미치는 영향

- (6) GPS안테나를 새가 얹기 어려운 형상으로 하는 등의 검토도 중요하다.

2.2 GPS측위를 기반으로 하는 시스템에서의 리스크 평가

(1) 항공

의도적인 간섭이 주요한 리스크로 고려되어진다. 비행중의 어떠한 국면에서 GPS신호의 열화 또는 손실에 기인하는 여러 가지 레벨의 중단이 발생할 우려가 있다. 인구가 많은 지역의 상공을 비행중에 돌연 기능하지 않을 경우, 장기이며 광범위하게 걸쳐진 기능정지, 방해나 허위신호에 의한 위치오차가, 운영의 안전과 연속성의 쌍방에 중대한 영향을 미친다. 때문에, 위협성을 인식하는 것과 대체수단의 적절한 훈련과 실행이 필요하다.

(2) 선박

내륙의 수로 등에서 의도적이지 않은 간섭의 영향을 받을 기회가 많으며, 또한, 선상의 레이더 및 증가하고 있는 새로운 통신시스템의 간섭을 받기 쉽다. 때문에, 악천후, 기계고장, 또는 조선기능이 제한되는 것과 같은 위험한 상황에서 GPS와 DGPS의 중단이 발생하면 네비게이션 및 시각동기로서 이용하고 있는 통신시스템이 중단되고, 충돌이나 좌초할 우려가 있다. 이를 회피하기 위해 GPS를 적절하게 사용함과 동시에 중단시에는 신속하게 백업시스템으로 교체하는 것이 중요하다.

2.3 GPS측위의 안전성을 향상시키는 대책

2.3.1 열차에서 GPS측위의 신뢰성 향상 방법

GPS측위를 그대로 이용하는 것은 측위정도나 신뢰성이 불충분한 용도에서는 GPS측위를 보강해서 시스템의 요건을 만족시킬 필요가 있다. SBAS(satellite-based augmentation system) 등의 인프라와 아래에 표시한 사용자측의 대책 이외에 이중 위성에 의한 체크, 연신기준국의 상시접속, 복수안테나의 위치관계에 근거한 체크, 이기종·이중의 수신기 출력 비교, 수신기 출력의 연속 모니터링 등을 조합한 것을 고려할 수 있다.

(1) 맵매칭

2차원의 노선정보를 사용하여 측위결과에 가장 가까운 선로상의 위치를 구하고 그 위치를 재선위치로 함으로써 측위정도나 신뢰성을 개선할 수 있다.

(2) 3차원 선로맵을 이용하는 측위계산

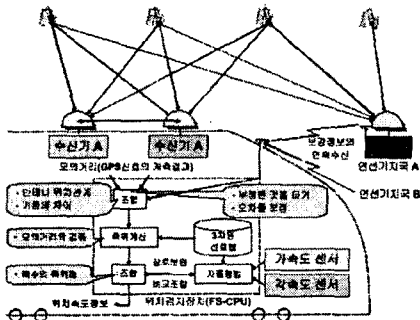
하나의 선로상의 어딘가에 재선하고 있다는 것을 전제로 하여 3차원의 정밀한 선로맵을 위성정보와 동등의 측위를 위한 정보로서 이용한다면 최저라도 2기의 위성만 관측된다면 측위계산이 가능하기 때문에 측위정도나 신뢰성을 개선할 수 있다.

(3) 선로맵을 이용한 자율항법

관성센서와 선로맵을 조합하여 GPS측위를 신뢰할 수 있는 상황에서는 GPS측위결과에 위치를 조합하고, 그 이후에는 가속도의 적분에 의해 주행거리의 추정이나 가속도, 각속도의 변화에 근거하여 선형의 변곡점을 검출하면서 선로맵을 추적한다. 또한, 분기방향의 판단도 가능하다.

(4) 기타 센서의 병용

속도발전기, 밀리파 속도계와의 조합이 유효하다.



<그림 2> GPS측위 신뢰성 향상 방법(안)

2.3.2 철도용 위성측위 시뮬레이터

노선측량데이터 또는 현재에 의한 GPS측위데이터를 이용하고 연구하는 위성궤도해석소프트웨어에 의한 위성배치, 삼차원공간정보에 의한 노선상의 GPS측위의 가용성을 평가한다. 영업선에서는 불가능한 노선상의 정점관측에 상당하는 결과가 계산기로 용이하게 얻어지며, GPS용용시스템의 도입을 지원할 수 있다. 또한, 각 위성의 기본적인 정보가 위성궤도해석소프트웨어로부터 얻어지기 때문에, 기능 증강을 위해서 측위계산레벨의 신뢰성, 안전성의 추정이 가능하다고 고려되어짐.

2.4 GPS측위를 활용한 시스템 구축지침 제한

(1) 운행관리

기존의 운행관리시스템과는 별도로 부족한 기능을 보완한 시스템으로서 구축하는 경우에는 개략위치로 충분하며 GPS측위의 보정·보강의 필요는 없다. 기존의 운행관리시스템의 개선정보취득을 GPS측위에서 바꾸기에는 인접선로를 판별하는 정도와 높은 측위율이 요구되며 성능요건을 만족시키기 위한 보정·보강이 필요하다.

(2) 차량관리

개략위치로 충분하고, GPS측위의 보정·보강이 필요하지 않음.

(3) 차량제어

연속적인 열차주행위치검출과 승차감을 저하시키지 않는 정도의 위치검지정도를 유지하기 위해 차속회전, 관성센서나 선로맵 등으로 보강한다. 위치검지를 잘못된 경우의 안전대책이 차체경사기구에 조합되어 있으면 위치정보에 관한 안전상의 문제는 없다.

(4) 열차제어

터널구간을 포함하여 정밀도 수 m정도의 연속적인 열차주행위치 검출을 위해, 관성센서나 선로맵 등에 의해 보강할 필요가 있다. 단, 잘못된 위치정보에 의한 사고를 피하기 위해 안전성에 관한요건이나 이상시의 대응 등, 안전성에 관한 정리와 기술개발이 필요하다. 기존의 신호보안설비로 안전을 확보하고 GPS측위를 보조적으로 사용하는 경우에는 안전상의 문제는 없다.

(5) 작업방호

측위정도, 신뢰성 모두에 열차제어와 같은 과제가 있다. 작업원의 대피상황을 판정하기 위해서는 선로로부터 이격거리를 수십 cm정도의 정확도로 파악할 필요가 있다. 때문에, 고정도의 측위정보를 얻기 이전에 선로의 진행방향뿐만 아니라 횡단방향에도 고정도의 선로맵이 필요하다. 작업원에 대해서는 기기를 몸에 부착하기 용이한 것도 중요한 요건이 된다.

(6) 검측차, 보수용차의 위치검지

차속회전, GPS측위 및 초기위치설정용의 자동화가 측정데이터의 위치정도향상에 유효하지만 측위정도를 확보하는 용도로는 보정정보가 필요하다.

(7) 여객용 네비게이터

시가지나 도로로부터 역구내를 경유해서 열차내에 연속적인 위치 검지를 가능하게 하는 방식을 개발할 필요가 있다.

(8) 측지

간접측위방식의 2주파수신기를 기본으로 하지만 정도의 요구레벨에 맞게 레이저 측거에 의한 보강을 실시하고 mm오더의 정도를 확보할 필요가 있다.

(9) 시각동기

시스템에 따라 요구정도는 다르지만 지상에 고정된 시스템에 타임의 정도를 높이는 경우, 안테나의 좌표치를 이미 알고 있음으로 수십 ns정도의 정도를 얻는다.

(10) GIS

노선정보를 필요로 하는 광범위한 용도에 적용 가능한 일원화된 데이터베이스 구축이 적절하다. 용도에 따라서는 선로의 형상 정도에 대해 엄격한 요구, 또는 보안제어에서는 검사가능성, 완전성, 무결합성, 신뢰성에 대해 특별한 요구로의 대응이 필요하다.

3. 결 론

본고에서는 철도에서 GPS를 적용하기 위해 GPS 적용시의 문제점과 대책에 대해 검토하였으며, GPS측위를 활용한 시스템구축(안)을 제안하였다. 향후에도 철도시스템이나 소형궤도열차 시스템에서 GPS를 활용한 새로운 기법을 연구하고 지속적인 시험을 통해 신뢰성을 확보하여야 할 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] 조봉관, "화물철도에서 TI 기술 적용 방안", 한국철도학회 추계학술대회, 2004. 10
- [2] 조봉관, "무선에 의한 열차위치검지 기술개발 동향", 해외철도기술동향, 2002. 5
- [3] 일본철도전기기술협회, "무선에 의한 열차제어시스템의 동향보고서", 1996. 7