

GPS/DR기반의 차상열차위치검지방안 연구

The study on scheme for train position detection based on GPS/DR

신경호* 정의진** 이준호**
Shin, Kyung Ho Joung, Eui Jin Lee, Jun Ho

ABSTRACT

For a thorough train control, the precise train position detection is necessarily required. The widely used current way for train position detection is the one of using track circuits. The track circuit has a simple structure, and has a high level of reliability. However trains can be detected only on track circuits, which have to be installed on all ground sections, and much amount of cost for its installation and maintenance is needed. In addition, for the track circuit, only discontinuous position detection is possible because of the features of the closed circuit loop configuration. As the recent advances in telecommunication technologies and high-tech vehicle-based control equipments, for the train position detection, the method to detect positions directly from on trains is being studied. Vehicle-based position detection method is to estimate train positions, speed, timing data continuously, and to use them as the control information. In this paper, the features of GPS navigation and DR navigation are analyzed, and the navigation filters are designed by constructing vehicle-based train position detection method by combining GPS navigation and DR navigation for their complementary cooperation, and by using kalman filter. The position estimation performance of the proposed method is also confirmed by simulations.

1. 서론

정밀한 열차제어를 위해서는 열차위치의 정확한 검지가 반드시 필요하다. 현재 일반적으로 널리 사용되고 있는 열차검지방법은 궤도회로를 이용하는 방법이다. 궤도회로는 100년 이상 사용해온 장치로서 구성이 단순하며, 오랜 기간 동안의 사용으로 인하여 신뢰성이 확보되는 장점이 있다. 하지만 열차는 궤도회로 위에서만 검지가 가능하므로 모든 지상구간에 궤도회로를 설치해야하며 설치 및 유지보수에 많은 비용이 소모된다. 또한 궤도회로는 폐전로(closed circuit loop) 구성의 특성 때문에 불연속적인 위치 검지만이 가능하다[1]. 최근 통신기술의 발달과 차상제어장치의 첨단화에 따라 열차의 위치검지는 열차에서 직접 검지하는 방법들이 연구되고 있다. 차상중심의 위치검지방식은 열차의 위치, 속도, 시각정보를 연속적으로 측정하여 열차의 제어정보로 사용하는 방식이다. 이러한 차상중심의 위치검지방식은 무선기반 열차제어 및 자기부상열차제어와 같이 궤도회로의 사용을 최소화 하는 최근 열차제어시스템의 개발 동향이다. 현재 연구 중인 차상중심의 위치검지는 유럽의 열차제어시스템인 ERTMS/ETCS Level 3의 한 분야로서 실용화를 위한 연구가 진행되고 있다[2].

* 정희원, 한국철도기술연구원 열차제어연구팀, 주임연구원
E-mail : khshin@krri.re.kr
TEL : (031)460-5488 FAX : (031)460-5449
** 한국철도기술연구원

GPS(Global Positioning System)는 전 지구적 위성측위시스템으로 차량 및 우주항공분야의 항법 시스템으로 널리 사용되고 있다. GPS는 4개 이상의 위성신호를 수신해야만 사용자 위치의 계산이 가능하다. GPS의 위치오차는 위성신호의 지연오차와 위성의 기하학적 배치에 관계되어 있으며 운영시간에 관계없이 일정한 오차범위 내에 존재하는 특징을 가지므로 시간에 독립적이라 할 수 있다. 하지만 가시 GPS위성의 수가 줄어들면 항법을 수행할 수 없는 단점을 있다. DR(Dead Reckoning)항법은 이미 위치를 알고 있는 한 지점에서 진행 방향의 속도 및 자세각 정보를 사용하여 사용자의 위치를 계산하는 항법이다. 속도측정을 위해 주로 타코메타, 도플러센서 등을 사용하며 자세각 측정을 위해서는 자이로스코프를 사용한다. 하지만 속도 및 자세각 정보를 갱신하는 주기 동안 속도 및 자세각의 변화율은 일정하다고 가정하기 때문에 오차가 발생하며 속도를 시간에 대해 적분하여 위치를 계산하기 때문에 운행시간에 비례하여 위치오차가 증가하는 단점이 있다.

본 논문에서는 GPS항법과 DR항법의 특징을 분석하고 각 항법장치의 단점을 보완하도록 GPS항법과 DR항법을 결합하여 차상기반 열차위치검지방식을 구성하고 칼만필터를 사용하여 항법필터를 설계한다. 또한 모의시험을 수행하여 제안한 방식의 위치 추정성능을 확인한다.

2. DR 항법과 GPS 항법

2.1 DR(Dead Reckoning)

DR항법은 이미 위치를 알고 있는 한 지점에서 진행 방향 속도 및 자세각을 이용하여 이동체의 새로운 위치를 계산하는 항법이다. 그림 1과 같이 ENU(East North Up) 좌표계로 정의한 차량의 속도 $u(k)$ 는 식(1)과 같다.

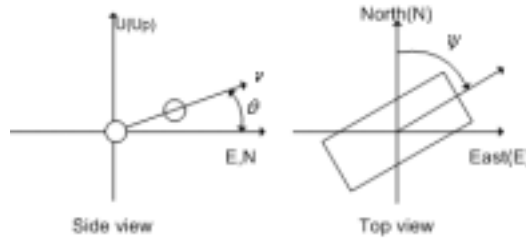


그림 1 DR 좌표계 정의

$$u(k) = \begin{bmatrix} v_E(k) \\ v_N(k) \\ v_U(k) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} s(k) \cos \theta(k) \sin \psi(k) \\ s(k) \cos \theta(k) \cos \psi(k) \\ s(k) \sin \theta(k) \end{bmatrix} \quad \text{식(1)}$$

여기서 $v_E(k)$, $v_N(k)$, $v_U(k)$ 는 각각 동쪽, 북쪽, 수직방향의 속도이고 $s(k)$ 는 차량 진행방향으로의 속력이며, $\theta(k)$ 는 차량의 등판각, $\psi(k)$ 는 자세각이다. 차량이 수평으로만 움직인다고 가정하면 식(1)은 식(2)와 같이 표현할 수 있다.

$$u(k) = \begin{bmatrix} v_E(k) \\ v_N(k) \\ v_U(k) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} s(k) \sin \psi(k) \\ s(k) \cos \psi(k) \\ 0 \end{bmatrix} \quad \text{식(2)}$$

차량의 초기 위치에 대한 오차가 없다고 가정하고 위의 속도를 적분하여 차량의 위치를 계산할 수 있다. 측정 주기 동안 차량의 속도가 변하지 않는다고 가정하면, DR항법을 사용하여 계산한 차량의 위치는 다음과 같이 표현된다.

$$P_{DR}(k) = P_{DR}(k-1) + v(k)\Delta t \quad \text{식(3)}$$

여기서 $P_{DR}(k)$ 는 차량의 위치, $P_{DR}(k-1)$ 은 차량의 이전 위치이다.

DR항법을 위해서는 속도측정용 센서와 자세각 측정용 센서가 필요하다. 대표적인 속도측정용 센서로 타코메타, 도플러센서, 가속도계 등이 있다. 타코메타는 현재 열차의 속도를 측정하기 위하여 사용되는 대표적인 센서이다. 타코메타는 자기 또는 광학센서를 사용하여 차륜의 회전수를 측정하는 센서로서 차륜경과 단위시간동안의 회전수를 세어 속도를 측정한다. 하지만 차륜 마모에 따라 차륜경이 감소하기 때문에 이동거리가 증가함에 따라 속도오차가 증가하는 단점이 있다. 또한 차륜의 공전 및 활주 현상으로 인한 속도오차의 발생이 가능하다. 도플러 센서는 파장이 반사되어 돌아올 때에 이동속도에 따라 주파수가 변하여 되돌아오는 도플러 효과를 이용한 속도측정 센서이다. 도플러센서는 비접촉 센서이기 때문에 차량의 구동방식에 관계없이 속도의 측정이 가능한 장점이 있지만 저속도에서는 속도를 검출하지 못하는 단점이 있다[1]. 가속도계는 병진운동에 대한 가속도를 측정하는 관성센서이다. 가속도계를 사용하여 측정된 가속도를 적분하여 속도의 측정이 가능하다. 가속도계는 비접촉 센서로서 차량의 구동방식에 관계없이 속도의 측정이 가능하지만 가속도에 포함된 오차요소 또한 속도 계산 시에 적분되므로 이동시간에 따라 속도오차가 증가하는 단점이 있다[4]. 대표적인 자세각 측정용 센서로는 자이로스코프가 있다. 자이로스코프는 회전 각가속도를 측정하는 관성센서로서 군용 및 항공우주용 항법제어장치 또는 로봇의 제어를 위해 사용된다.

2.2 GPS(Global Positioning System)

GPS는 미국 DoD(Department of Defense)소유의 전 지구적 위성측위 시스템이다[3]. GPS는 사용자의 위치와 속도, 정확한 시각 정보를 제공하는 전파항법장치이다. GPS를 이용하여 사용자의 위치를 결정하기 위해서는 위성의 위치와 위성파 수신기간의 거리를 알아야 한다. 이를 위하여 위성은 자신의 위치와 거리를 측정할 수 있는 신호를 사용자에게 전달하고 수신기에서는 이 신호를 이용하여 위치를 구하게 된다. 위성파 수신기간의 거리는 전파의 전달시간을 측정하여 구해지며 이를 위하여 위성과 수신기간의 시각이 정확히 동기 되어야 한다. 그러나 수신기에 사용되는 시계는 위성에 사용되는 원자시계에 비하여 부정확한 저가의 수동진동자를 사용하므로 수신기 시계오차에 해당하는 바이어스가 포함된다. 따라서 수신기에서 측정된 거리를 의사거리(pseudo-range)라고 부르며, 수신기 시계오차는 계산해야 할 미지수가 된다. 따라서 4개 이상의 위성에 대한 의사거리를 이용하여 삼각측량법의 원리를 사용하면 사용자의 위치와 시각의 측정이 가능하다. GPS를 이용하여 사용자의 위치를 추정하기 위한 알고리즘으로는 최소사승법(Least Square), 칼만필터(Kalman Filter)등이 있다[3][5]. 2000년 4월 이후 고의적인 오차요인인 S/A가 제거됨에 따라 SPS(Standard Positioning Service)의 경우 위치 정확도는 약 10m (CEP)이다. GPS는 위성을 사용하는 항법시스템으로 위성의 가시성이 보장되는 환경에서는 운행시간, 운행거리에 따른 오차 누적이 없는 절대적인 위치의 결정이 가능하다. 하지만 GPS 위성의 가시성이 좋지 못한 환경에서는 위치의 결정이 불가능 하다.

GPS에 포함된 오차는 크게 두 가지로 나누어 볼 수 있다. 하나는 가시위성의 기하학적 배치에 기인한 오차 요소이고 다른 하나는 의사거리에 포함된 오차 요소이다. GPS의 3차원 위치 측정치에 포함된 오차는 의사거리에 포함된 오차와 위성의 배치에 의한 오차의 곱으로 나타난다. 의사거리의 측정오차는 위성으로부터의 거리신호의 전달 지연에 기인한 오차로서 UERE(User Equivalent Range Error)로 정의하며 식(4)와 같이 위성신호의 지연시간으로 표현할 수 있다.

$$\delta t_D = \delta t_{atm} + \delta t_{noise} + \delta t_{mp} \quad \text{식(4)}$$

여기서 δt_{atm} , δt_{noise} , δt_{mp} 는 각각 대기에 기인한 오차, 수신기 잡음 및 해상도 오차, 다중경로 오차로 표현할 수 있다. 이때 지연시간 δt_D 가 의사거리에 포함됨에 따라 GPS의 항법해에 오차가 발생하게 된다. 다중경로 오차는 위성을 출발한 전파가 반사와 회절을 통하여 여러 가지 경로로 수신기에 도달하는 현상으로 수신기의 환경에 따라 매우 다르게 나타나므로 오차를 보정하기가 어렵다. GPS신호가 여러 가

지 경로에 의해 수신기로 들어오기 때문에 시간차에 의한 거리 옅셋 발생한다. 오차모델을 쉽게 예측할 수 없기 때문에 수신기의 주위환경과 안테나를 고려하여 다중경로 오차를 다소 보상할 수 있다. 대기에 기인한 오차들은 수평오차보다 수직오차에 큰 영향을 미친다. GPS 위성들의 배치특성에 의해 수평위치 오차 성분들은 상쇄되는 반면 수직오차는 상쇄되지 않기 때문이다. 대기에 기인한 오차는 2가지로 나누어 볼 수 있으며 전리층 지연 오차와 대류권 지연 오차가 있다. 전리층은 지구상의 70km와 1000km사이에 존재하는 산란층으로 태양으로부터 입사된 자외선이 대기의 가스 분자의 한 부분을 이온화하여 자유전자를 방출시키면 이러한 자유전자는 GPS 위성신호를 전송하는 전파를 지연시키게 된다. 따라서 자유전자의 밀도에 따라 지연시간도 달라지며 전파의 전달지연은 TEC(Total Electron Content)에 비례한다. 일반적으로 사용되는 전리층 지연오차모델로는 지구전역에 대한 예측모델인 Kloubuchar모델이 있다. 전리층 지연오차는 L1, L2 이중주파수 수신기의 사용으로 보정할 수 있다. 대류권은 지구 대기의 가장 낮은 부분으로 15GHz이상의 주파수에 대해서는 비 산란층이다. 건조성분(dry constituents)과 습한 성분(wet constituents)으로 구성되며 그에 대한 지연오차도 건조 지연오차와 습성 지연오차로 나누어진다. 건조 지연오차는 예측이 가능한 반면 습성 지연오차는 예측하기 어렵다. 대류권 지연 오차는 대류권 굴절률의 함수로 정의가 가능하지만 굴절률은 사용자가 위치한 지역의 온도, 압력, 상대 습도에 영향을 받는다. 따라서 대류권 오차모델은 이러한 지역적인 상대성 때문에 다른 오차요인들보다 모델링하기가 어렵다. 위성의 기하학적인 배치에 의한 오차는 DOP(Dilution Of Precision)로 정의된다. DOP는 위치오차와 수신기 시계 오차에 따라 GDOP, PDOP, VDOP, HDOP로 나뉜다. DOP는 위성들이 이루는 다면체의 체적과 반비례하기 때문에 위성이 공간에 넓게 배치될 때 DOP의 값은 작아지며 GPS 위치해의 신뢰도는 증가한다.

3. 차상기반 열차위치검지를 위한 구성방법

3.1 DR용 센서 모델

차상기반 열차위치검지방식의 구현을 위하여 GPS항법과 자이로스코프, 타코메타를 사용하는 DR항법을 결합하여 차량의 위치를 결정한다. DR항법을 구현하기 위하여 속력과 자세각에 대한 모델링이 필요하며 타코메타로부터의 속력 $s(k)$ 는 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$s(k) \approx \frac{Sf_M(k) \cdot N(k)}{\Delta t} \quad \text{식(5)}$$

여기서 $N(k)$ 는 Δt 동안의 타코메타 출력 펄스 개수이며, $Sf_M(k)$ 는 타코메타의 환산계수이다. 자이로스코프로부터의 자세각 $\phi(k)$ 은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\phi(k) \approx \phi(k-1) + \frac{\Delta t}{M} \cdot \left[\sum_{i=1}^M w(k + \frac{i}{M}) \right] \quad \text{식(6)}$$

여기서 M 은 Δt 동안의 샘플링횟수, $w(k)$ 는 각속도로 정의할 수 있다.

3.2 차상기반 열차위치검지장치의 구성

DR항법과 GPS항법의 단점을 보완하여 차상기반 열차위치검지장치의 구성을 위하여 그림 2와 같이 DR항법과 GPS항법장치를 통합하여 구성한다. 그림 2와 같은 구성방식은 GPS항법이 불가능한 경우에는 DR항법으로 열차위치의 결정이 가능하도록 하고, GPS항법이 가능한 경우에는 GPS항법의 결과를 이용하여 DR항법용 센서의 오차를 보정 가능하도록 하는 구성이다. GPS항법과 DR항법을 결합 하기 위해서는 좌표계의 통일이 필요하다. GPS항법의 좌표계는 지구중심지구고정(ECEF) 좌표계를 사용하고 DR항

법의 좌표계는 ENU좌표계를 사용하기 때문에 GPS항법의 ECEF 좌표계 ENU 좌표계로 변환하여 좌표계를 통일할 필요가 있다. 항법 및 DR센서 오차의 최적추정을 위하여 DR로부터 결정된 위치 P_{DR} 과 GPS 수신기로부터 결정된 위치 P_{GPS} 의 차를 측정치로 하고, 3차원 위치오차, 자세각오차, 타코메타 환산계수오차를 상태변수로 하는 칼만필터를 오차추정자로 사용하였다. 칼만필터로부터 갱신된 자세각오차와 타코메타 환산계수오차는 DR항법부에 되먹임되며 DR로부터 결정된 위치 P_{DR} 에 칼만필터로부터 갱신된 위치오차 δP 를 보정하여 최적의 위치 추정치 P_{EST} 를 결정한다.

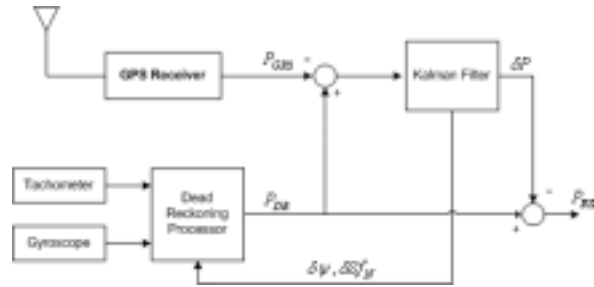


그림 2 GPS/DR기반 차상열차위치검지장치 구성도

3.3 센서필터

센서통합필터로서 5차 칼만필터를 사용한다. 상태변수 $\delta x(k)$ 는 $[\delta P_E(k) \delta P_N(k) \delta P_U(k) \delta \psi(k) \delta Sf_N(k)]$ 로 정의하며 각각 ENU좌표계로 표현되는 3차원 위치 오차, 자세각 오차, 타코메타 환산계수 오차이다. 시스템모델은 식(7), 측정치 모델은 식 (8)과 같고, 칼만필터의 갱신주기는 Δt 이다.

$$\delta x(k+1) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & s(k)\cos\psi(k)\Delta t & \frac{s(k)\sin\psi(k)\Delta t}{Sf_N} \\ 0 & 1 & 0 & -s(k)\sin\psi(k)\Delta t & \frac{s(k)\cos\psi(k)\Delta t}{Sf_N} \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \delta P_E(k) \\ \delta P_N(k) \\ \delta P_U(k) \\ \delta \psi(k) \\ \delta Sf_N(k) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} w_{PE}(k) \\ w_{PN}(k) \\ w_{PU}(k) \\ w_{\psi}(k) \\ w_{Sf_N}(k) \end{bmatrix} \quad \text{식(7)}$$

$$= \Phi(k) \delta x(k) + u(k)$$

식(7)에서 공정잡음 $u(k)$ 와 (8)에서 측정잡음 $v(k)$ 는 백색잡음으로 가정하며, 공정잡음에 대한 공분산은 $Q(k)$, 측정잡음에 대한 공분산 $R(k)$ 로 한다.

$$\delta z = \begin{bmatrix} P_{E,DR}(k) - P_{E,GPS}(k) \\ P_{N,DR}(k) - P_{N,GPS}(k) \\ P_{U,DR}(k) - P_{U,GPS}(k) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \delta P_E(k) \\ \delta P_N(k) \\ \delta P_U(k) \\ \delta \psi(k) \\ \delta Sf_N(k) \end{bmatrix} + v(k) \quad \text{식(8)}$$

$$= H \delta x(k) + v(k)$$

4. 모의시험 및 성능확인

제안한 차상기반의 열차위치검지장치의 성능확인을 위하여 본 논문에서는 직선 궤적과 8자 궤적을 사용하여 모의시험을 수행하였다. 각 궤적의 초기위치는 위도 37°, 경도 127°, 고도 100m의 지점으로 정의하였으며 직선궤적은 북쪽방향으로 2010초간 2g의 가속하여 19.62m/s의 속도로 등속도 평면 운동하는 궤적이며 8자 궤적은 1414초간 19.62m/s의 속도로 등속도 평면 운동하는 궤적으로 각각의 궤적은

그림 3과 같다.

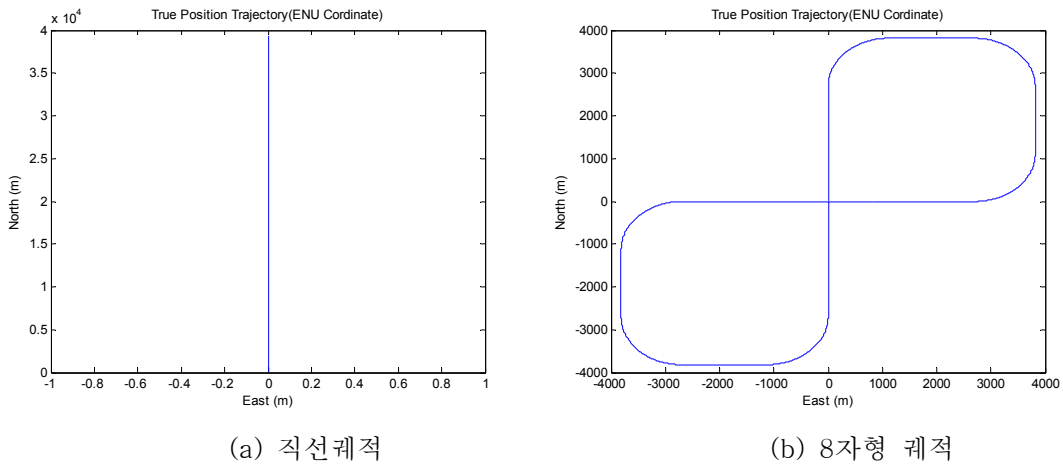


그림 3 시뮬레이션 궤적

DR항법부의 실행주기는 10Hz로 하고 GPS항법부와 칼만필터부의 실행주기는 1Hz로 하여 DR항법부의 위치오차, 타코메타의 환산계수오차, 자이로스코프의 방향각 오차를 1초마다 보정하도록 구성하였다. DR항법부에서 사용하는 타코메타의 오차는 백색잡음과 이동거리에 비례하는 차륜 마모율을 고려하여 모델링하였으며 자이로스코프의 오차는 랜덤바이어스와 백색잡음을 가지도록 하였다. GPS항법부의 오차요소로서는 열잡음오차, 전리층지연오차, 대류권지연오차를 고려하였다. 전리층지연오차는 궤적의 위치를 초기값으로 하는 Kloubuchar모델을 사용하였으며, 대류권지연오차는 온도 15°C, 습도 50%, 기압 1013mbar을 초기값으로 하는 굴절률함수를 사용하여 모델링하였고 열잡음오차는 백색잡음으로 가정하였다. 마지막으로 GPS항법 알고리즘으로는 최소자승법(Least Square)을 사용하였다.

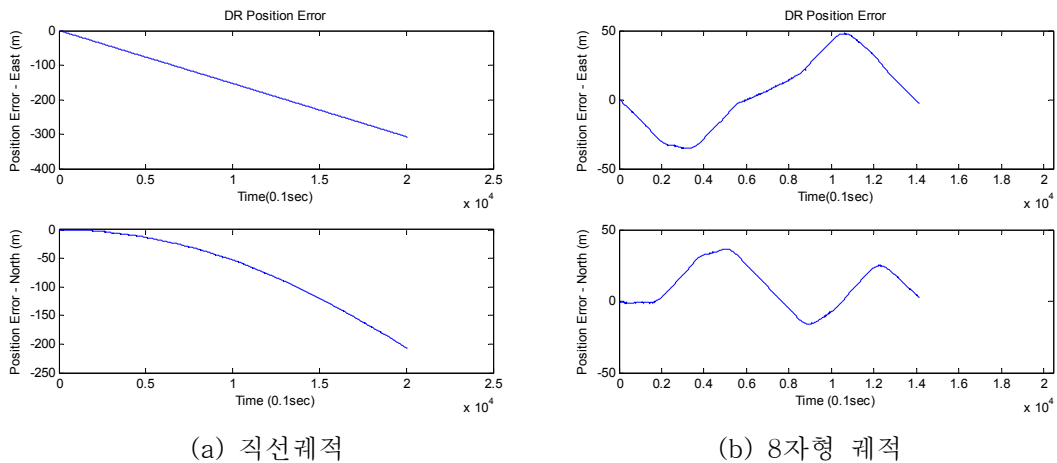
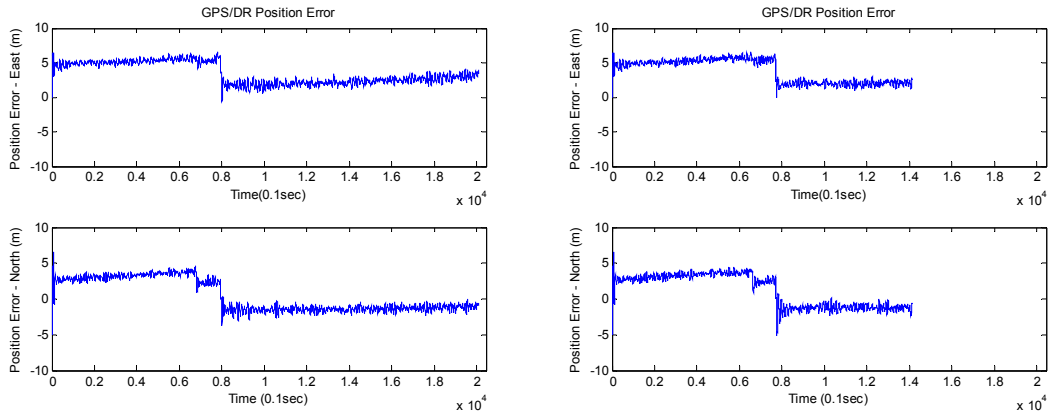


그림 3 DR항법 위치오차

그림 3은 DR항법만 수행하였을 때의 위치오차이다. 시험궤적이 회전을 하는 경우 위치오차가 정현파의 형상으로 나타나며 속도오차와 자세각 오차의 누적으로 인하여 위치오차가 시간이 경과함에 따라 증가하는 경향을 확인할 수 있다.



(a) 직선궤적 (b) 8자형 궤적
 그림 4 GPS/DR기반 위치검지방식의 위치오차

표1 위치오차 비교

궤적	구성방식	위치오차	평균(m)	표준편차(m)
직선궤적	DR	동쪽방향	-153.5780	89.0661
		북쪽방향	-70.9693	62.8547
	GPS/DR	동쪽방향	3.4433	1.5334
		북쪽방향	0.3857	2.2444
8자궤적	DR	동쪽방향	4.3339	25.3377
		북쪽방향	10.5690	14.9744
	GPS/DR	동쪽방향	3.7688	1.7055
		북쪽방향	1.1233	2.2815

GPS/DR기반 위치검지방식의 위치오차는 그림 4와 같다. 구성방식에 따른 위치오차를 표 1에서 비교하였다. GPS/DR기반 위치검지방식의 위치오차는 시간에 독립적인 GPS의 위치오차특성에 의해 감소됨을 볼 수 있다. 하지만 GPS/DR기반의 위치검지방식은 GPS항법의 위치오차특성을 추종함을 확인할 수 있다. 약 800초 구간에서 위치오차의 특성이 급격히 변하는 특성은 가시 GPS위성수의 변화가 있는 부분이다. GPS항법필터로서 시스템모델과 측정치모델을 모두 고려하는 칼만필터를 사용하면 가시위성수에 따른 위치오차의 급격한 변화를 줄일 수 있다.

5. 결 론

본 논문에서는 GPS항법 및 DR항법의 장단점을 분석하였으며 GPS항법과 DR항법의 단점을 보완하는 구조를 가지는 GPS/DR기반의 차상열차위치검지방식을 제안하였다. DR항법을 위하여 속도센서로 타코

메타를 사용하고 방향각 측정센서로는 자이로스코프를 사용하였다. 항법오차의 추정자로서 3차원 위치 오차, 자세각 오차, 타코메타 환산계수 오차를 상태변수로 하는 5차 칼만필터를 사용하여 최적의 위치오차 및 DR항법용 센서의 오차 추정이 가능하도록 필터를 설계하였다.

GPS/DR기반의 차상열차위치검지장치의 성능을 확인하기 위하여 등속도 평면 운행하는 직선과 8자 궤적을 사용하여 모의시험 하였다. GPS/DR 기반의 차상열차위치검지방식은 DR항법만 사용하는 경우보다 위치오차가 현저히 감소되었음을 확인하였다. 하지만 GPS/DR기반의 구성방법은 GPS의 위치 오차특성을 추종하는 특징을 가지므로 GPS 항법이 불가능한 구간에서 GPS를 대신하여 기준위치를 제공하는 보조 장치가 필요하며, 이에 대한 추가적인 연구가 필요하다.

[참 고 문 헌]

- [1] 김영태, "신호제어시스템", 3rd ed., Tech-media, 2004
- [2] R. J. Hill, "Electric Railway Traction.V. Train Detection, Communications and Supervision", Power Engineering Journal, vol.10, no.2, pp.87-95, 1996.4.
- [3] E. D. Kaplan, "Understanding GPS Principles and Applications", Artech House, 1996
- [4] J. A. Farrell, M. Barth, " The Global Positioning System & Inertial Navigation", McGraw-Hill, 1998
- [5] R. G. Brown, Patrik Y. C. Hwang, "Introduction to Random Signals and Applied Kalman Filtering", 3rd ed. John Wiley & Sons, 1997

GPS/DR기반의 차상열차위치검지방안 연구

The study on scheme for train position detection based on GPS/DR

신경호* 정의진** 이준호**
Shin, Kyung Ho Joung, Eui Jin Lee, Jun Ho

ABSTRACT

For a thorough train control, the precise train position detection is necessarily required. The widely used current way for train position detection is the one of using track circuits. The track circuit has a simple structure, and has a high level of reliability. However trains can be detected only on track circuits, which have to be installed on all ground sections, and much amount of cost for its installation and maintenance is needed. In addition, for the track circuit, only discontinuous position detection is possible because of the features of the closed circuit loop configuration. As the recent advances in telecommunication technologies and high-tech vehicle-based control equipments, for the train position detection, the method to detect positions directly from on trains is being studied. Vehicle-based position detection method is to estimate train positions, speed, timing data continuously, and to use them as the control information. In this paper, the features of GPS navigation and DR navigation are analyzed, and the navigation filters are designed by constructing vehicle-based train position detection method by combining GPS navigation and DR navigation for their complementary cooperation, and by using kalman filter. The position estimation performance of the proposed method is also confirmed by simulations.

(국문요약)

정밀한 열차제어를 위해서는 열차위치의 정확한 검지가 반드시 필요하다. 현재 일반적으로 널리 사용되고 있는 열차검지방법은 궤도회로를 이용하는 방법이다. 궤도회로는 구성이 단순하며, 신뢰성이 확보되는 장점이 있다. 하지만 열차는 궤도회로 위에서만 검지가 가능하므로 모든 지상구간에 궤도회로를 설치해야하며 설치 및 유지보수에 많은 비용이 소모된다. 또한 궤도회로는 폐전로 구성의 특성 때문에 불연속적인 위치검지만이 가능하다. 최근 통신기술의 발달과 차상제어장치의 첨단화에 따라 열차의 위치검지는 열차에서 직접 검지하는 방법들이 연구되고 있다. 차상중심의 위치검지방식은 열차의 위치, 속도, 시각정보를 연속적으로 측정하여 열차의 제어정보로 사용하는 방식이다. 이러한 차상중심의 위치검지방식은 무선기반 열차제어 및 자기부상열차제어와 같이 궤도회로의 사용을 최소화 하는 최근 열차제어시스템의 개발동향이다. 본 논문에서는 GPS항법 및 DR항법의 특징을 분석하고 GPS항법과 DR항법의 단점을 보완하는 구조를 가지는 GPS/DR기반의 차상열차위치검지방식을 제안하였다. 항법오차의 추정자료로서 3차원 위치 오차, 자세각 오차, 타코메타 환산계수 오차를 상태변수로 하는 5차 칼만필터를 사용하여 최적의 위치오차 및 DR항법용 센서의 오차 추정이 가능하도록 필터를 설계하였으며 모의시험을 통해 GPS/DR기반의 차상열차위치검지방식의 위치추정성능을 확인하였다.

* 정회원, 한국철도기술연구원 열차제어연구팀

E-mail : khshin@krri.re.kr

TEL : (031)460-5488 FAX : (031)460-5449

** 한국철도기술연구원