# 데이터 사전처리에 의한 GPS 성능 개선 알고리즘

# Algorithm for Improving GPS Performance by Data Pre-processing

이 재 훈, 전 창 완*, 홍 원 철, 김 현 수
(Jae-Hoon Rhee, Chang-Wan Jeon, Won-Chul Hong, and Hyun-Soo Kim)

**Abstract :** A GPS receiver provides much information such as calculated position, speed, heading, status of satellites, current time errors, etc. It is well-known that GPS signals from GPS receiver mounted on moving vehicle are often distorted, contaminated by various noises, and blocked by tunnel or tall buildings. The phenomenon often obstructs correct navigation especially when a vehicle keeps stopping or is moving in low speed. Therefore it is needed to pre-process the signals to adapt it to various applications. In this paper, an algorithm to pre-process the signals is proposed. For this, GPS data obtaining from uNAV GPS receiver are analyzed and classified based on dynamic characteristic. Then, the proposed algorithm is applied to the data and some test results are shown to verify the usefulness of the algorithm.

**Keywords :** GPS, algorithm, navigation system

## I. 서론

GPS는 지구 주위를 2cycle/day의 주기로 고속 이동하고 있는 위성으로부터 신호를 받으므로 지구상의 GPS수신기와 안테나를 탑재한 항체가 정지 또는 저속 이동 시에는 정지한 것인지, 저속 이동 중인지를 판단하기 어려울 정도로 진행각도와 속도, 그리고 위치정보가 매우 심하게 요동을 한다[1-3]. 특히 항법 시스템에서의 진행 각도는 경로 안내 시스템을 위해서라도 매우 중요한데 이런 경우처럼 잘못된 진행각 정보가 사용되어지면 매우 큰 오차가 발생하게 된다. 그러나, 현재의 GPS수신기는 이동체가 정지 혹은 저속 이동일 경우 이동체의 진행각도, 속도정보와 위치정보가 불안하여 항법시스템에 혼란을 초래하게된다. 이에 대한 기술적 해결책으로는 가속도계, 자이로스코프 등의 보조센서를 이용한 DR (Dead Reckoning)항법과 수치지도를 이용한 맵 매칭 기법의 활용 등을 들 수 있겠다[4,5]. 그러나 DR항법의 경우 차량 고정용으로서 PNS(Personal Navigation System)에는 적합하지 않고 또 오차가 누적 될 뿐만 아니라 고 비용이라는 단점이 있고, 맵 매칭 항법의 경우는 지도 오차가 반영되어 오차가 커지고 지도 의존성이 있다는 단점이 있다. 따라서 보조센서에 의존하는 기존의 항법알고리즘의 정확도를 향상시키고, 나아가 보조센서에 의한 비용을 절감하면서 원하는 고 정확도를 확보하는 것이 필요하다.

본 논문에서는 상기의 문제점을 비용이 적게드는 소프트웨어적으로 해결하고자 GPS수신기로부터 출력되는 정보를 가공하는 알고리즘을 제안하였다. 본 논문에서 제안된 알고리즘은 GPS정보를 가공하기에 앞서 그 정보의 유용성 판별과 에러 분석을 통해 정보의 유용성을 다단계로 분류하여 그에 따라 정보 가공의 정도를 달리하며 GPS가 갖고 있는 원천적인 오차요인을 획기적으로 개선할 수 있으며 어떠한 GPS수신기에도 적용될 수 있는 범용성도 갖추고 있다.

* 책임저자(Corresponding Author)
논문접수 : 2006. 4. 27., 채택확정 : 2006. 6. 10.
이재훈 : 위너웍스(jaffrhee@winnerworks.com)
전창완 : 순천향대학교 정보기술공학부(jeoncw@sch.ac.kr)
홍원철 : ㈜네비웨어(bruce@naviware.com)
김현수 : 부천대학교 정보통신공학과(drhskim@korea.com)

## II. 일반적인 GPS 데이터의 특성 분석

본 장에서는 uNAV GPS수신기를 통하여 수신된 신호를 분석한다. 이와 같은 작업은 1) 본 논문의 작성 동기를 좀 더 명확히 하는데 도움이 되며 2) 본 논문에서 제안한 알고리즘의 우수성을 증명하기 위한 비교자료를 미리 분석한다는데 의미가 있다.

GPS 수신기는 일반적으로 위성이 주는 신호를 이용하거나 수신기가 가지고 있는 알고리즘에 의해 계산된 데이터를 제공한다. 그 데이터의 내용은 사용자의 위치(경도/위도), 속도, 진행각도, 수신되고 있는 위성의 상태, 현재 시각, 오차가 될 수 있다. 이러한 데이터들은 어떤 일정한 포맷을 통해 제공되지만, 그 형식은 GPS 수신기 메이커마다 다르다. 또 그 형식이 GPS의 성능을 나타낼 수도 있다. 그러므로 시판되고 있는 uNAV 수신기를 통하여 수신한 데이터를 분석함으로써 통상적인 GPS 수신기의 데이터와 그 특성을 분석한다.

### 1. 위치정보의 특징

GPS 수신기 데이터 중 가장 중요한 데이터는 위치 데이터

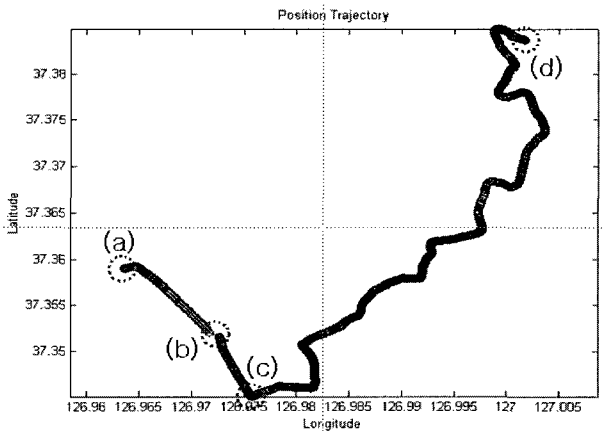



그림 1. 도로 주행 시 궤적의 특징.
Fig. 1. Feature of the trajectory while navigating.

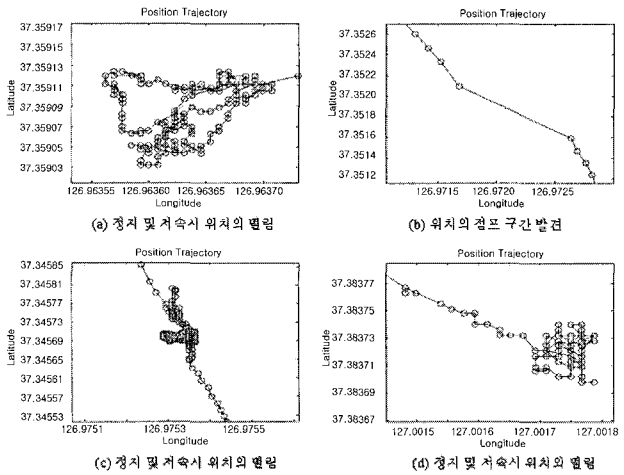



그림 2. 그림 1의 각 구간 확대 모습.
Fig. 2. Magnified figures of four areas in fig. 1.

이다. GPS 수신기에서 출력되는 위치정보란 현재 시간의 경도와 위도라 할 수 있다. 하지만 이 위치 정보는 많은 오차를 포함하고 있기 때문에 그 정보를 그대로 사용하는 것은 무리가 있다. 위치 정보에 오차가 발생하는 이유는 여러 가지가 있겠지만 우선 도심지의 환경을 들 수 있겠다. 다음 그림 1은 도심지의 도로 주행 시에 GPS의 위치 데이터 특성을 보여준다.

(a)부분은 궤적의 시작 부분이고 (d)부분은 궤적의 종료 지점이다. 일단 위의 점선으로 된 네 부분은 이상궤적이 의심가는 부분이다. 따라서 이 부분들을 좀더 세밀히 관찰해야 할 필요가 있다. 다음의 그림 2는 이상궤적의 의심이 가는 부분 (a), (b), (c), (d)를 확대한 그림이다.

그림에서 보듯이 우선 (a), (c), (d)의 경우는 항체가 저속 또는 정지운행을 함으로 위치 정보가 심하게 흔들리는 것을 확인할 수 있다. 하지만 (b)의 경우는 다른 특성을 보이고 있다. 어떤 위치의 떨림이 아니란 점핑(jumping) 현상이 나타나는 것이다. 그 이유는 주행환경이 숲이 우거진 지역이었기 때문에 순간적으로 수신을 제대로 받지 못한 것이다. 이와 같이 정지 또는 저속 운행시에 수신데이터가 많이 불안정함을 알 수 있고, 수신환경이 좋지 않은 경우는 점핑현상이 나타나는 것을 볼 수 있다. 그러므로 개발된 알고리즘에서는 이와 같은 부분을 고려하여 데이터를 가공하도록 하였다.

## 2. GDOP와 수신위성 수와의 관계

GDOP는 의사거리 측정오차가 위치측정오차로 증폭되는 정도를 나타내며 사용자가 바라보는 위성의 기하학적인 배치에 의하여 그 값이 결정된다. GDOP는 사용자가 바라보는 위성으로의 시선각의 끝점들이 이루는 체적과 대략 반비례하며 GDOP값이 작은 경우는 위성이 공간에 넓게 분포될 때이다. 위성이 한곳에 몰려서 나타나는 경우 GDOP값이 발산한다(GDOP Chimney)[6,7]. GDOP는 수신기의 채널 수가 적은 경우 위성을 선택하는 기준으로 사용된다.

GDOP의 이론적 최소치는 (1)과 같이 나타내며, 가시위성의 개수가 4개인 경우 $\sqrt{2.5}$ 가 되며 가시위성의 개수가 증가할수록 그 값이 감소함을 알 수 있다[1].

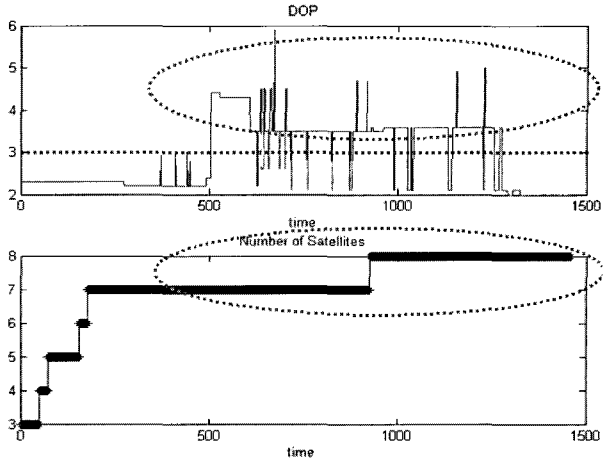



그림 3. 도로 주행 시 DOP와 위성 개수와의 관계.
Fig. 3. DOP vs. number of satellites while navigating.

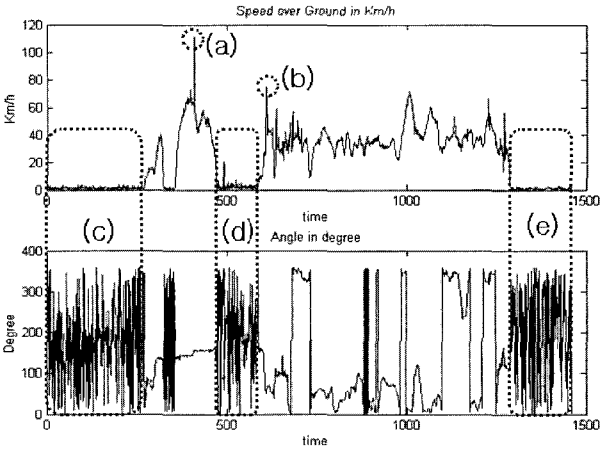



그림 4. 도로 주행 시 속도와 진행각도와의 관계.
Fig. 4. Velocity vs. heading angle while navigating.

$$GDOP|_{\min} = \sqrt{\frac{10}{Number\ \ of\ \ Satellites}} \tag{1}$$

위에서 언급한 내용을 바탕으로 실제 GPS 수신기로부터 취득할 수 있는 DOP 또는 위성 개수 등의 데이터를 조사해 볼 필요가 있다. 그림 3은 차량에 의해 도로 주행 시의 DOP와 위성개수와의 관계를 실측한 그림이다.

그림 3에서 위의 그림은 DOP 데이터이고 아래 그림은 위성개수를 나타내고 있다. 그림에서 보는 바와 같이 본 연구에 사용된 수신기에서 위치 측정에 사용된 GPS 위성의 개수가 증가하고 있음에도 불구하고 DOP가 3이상으로 증가하고 있다. 이러한 사항들은 GPS 수신기의 성능이나 아니면 GPS 수신기내에서 사용되고 있는 DOP 계산 알고리즘을 의심해 볼 필요가 있다. 또 만약 보정이 가능하다면 보정 해야 할 것이다. 본 논문에서 제안된 알고리즘 개발시 DOP관련 특성도 고려하였다.

## 3. 속도와 자세각의 관계

다음의 그림 4는 도로 주행 시 속도와 각도의 관계를 나타낸다. 위의 그림은 속도를 나타내고 아래의 그림은 진행 각

정보를 나타낸다. 그림에서 속도에서 피크값(peak value)의 돌출을 확인할 수 있다. 특히 도로 주행시의 저속 구간이나 도보 시에 각도 데이터가 심하게 흔들림을 볼 수 있다. 이러한 데이터들은 보정 되어야 할 것이다.

(a), (b)는 위에서 말한 바와 같이 속도의 돌발적인 피크 값이다. 그리고 속도가 10km/h 미만의 저속구간 (c), (d), (e)에서 진행각(heading angle)이 심하게 요동함을 보인다. 진행각(heading angle)에 대한 오차만을 보정 한다해도 위치를 결정하는데 많은 도움이 될 것이다.

## 4. 항체의 동특성 분석

차량 항법에서는 특히, 진행각(heading angle)과 속도 변화의 추이를 알아내어 시스템의 동적 특성의 경향을 아는 것은 오차를 보정함에 있어 대단히 중요하다. 왜냐하면 시스템의 동특성의 경향을 보면 정상 주행인지 이상 주행인지를 알 수 있기 때문이다. 다음의 그림 5는 각도 변화율 대 속도에 대한 그림이다.

속도와 방향은 밀접한 관계가 있고 위치 결정에 지대한 역할을 하므로 이 그림은 매우 중요하다. 통상적으로 직선 주행을 할 경우는 가운데에서 수직 운동만을 보이고, 완만한 좌회전 또는 우회전 운동을 할 경우 즉, 항체가 회전하는 순간에는 속도가 낮아지므로 저속으로 가면서 가로방향으로 벗어나는 운동을 보인다. 회전이 완료되어 정상 주행으로 갈 때는 다시 가속이 되므로 다시 중심 축 쪽으로 완만히 돌아오는 운동 특성을 보이게 된다.

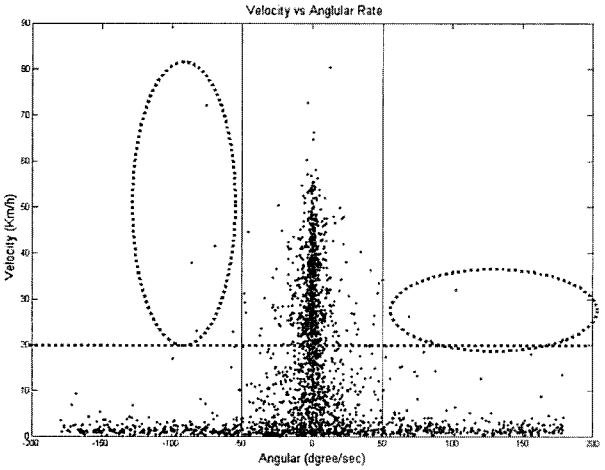



그림 5. 속도 대 각도 변화율에 의한 동특성 경향.
Fig. 5. Dynamic characteristic(velocity vs. angular rate).

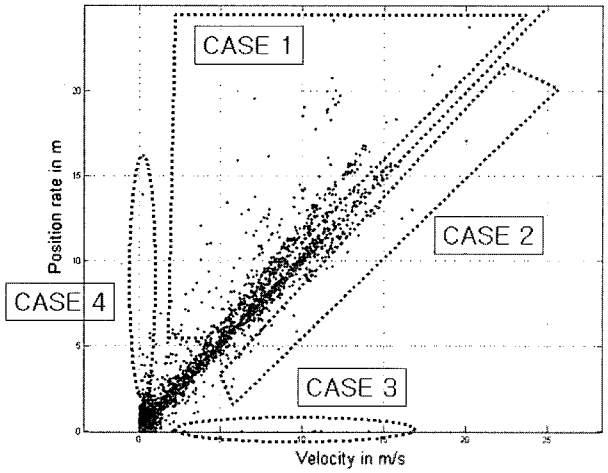



그림 6. 위치 변화율 대 속도에 대한 동특성.
Fig. 6. Dynamic characteristic(velocity vs. position rate).

본 논문에서는 항체의 동특성을 알고리즘에 반영하기 위하여 속도와 각도 변화율에 적당한 임계값을 설정하고, 그 임계값을 벗어나는 데이터는 오류로 판단하여 오차를 보정하는데 사용하였다. 속도에 있어서는 20km/h, 각도 변화율에 있어서 좌우 50도로 그 임계값을 설정하였다. 그림 5에서 보듯이 20km/h 이상의 속도에서 좌우 50도를 벗어나는 데이터(점선으로 표시된 부분)를 오류 데이터로 인식하여 이런 데이터를 보정하도록 하였다.

다음의 그림 6은 위치 변화율 대 속도와의 관계를 나타낸다. 이 그림에서는 동특성의 경향을 네 가지로 분류할 수 있다. 우선, 경향을 설명하기에 앞서 그림의 단위를 설명하면, 세로축은 위치 변화율이고 가로축은 속도이다. 위치 변화율이란 현재 위치와 이전 위치의 차이 즉, 거리 차를 말한다. 좀 더 자세히 말하자면 1초 동안 항체가 20m의 속도로 이동했다면 항체의 위치도 20m를 이동해야 한다는 의미이다.

그림에 나타나 있듯이 CASE 1은 위치의 변화율이 속도 보다 큰 경우를 나타낸다. CASE 2는 CASE 1과는 반대의 경우이다. CASE 1과 CASE 2를 비교하여 보았을 때 데이터의 분포가 CASE 1쪽에 더 많이 분포되어 있다. CASE 3은 속도 정보 자체의 신뢰성(reliability)을 의심해봐야 한다. 왜냐하면 속도의 변화가 있음에도 위치 변화율이 없기 때문이다.

CASE 4의 경우는 CASE 3과는 반대로 위치 정보의 신뢰성(reliability)을 의심해봐야 한다. 이 그림에서 아주 이상적인 케이스는 가로와 세로의 같은 스케일에 대해서 기울기가 거의 1에 가까운 대각선 방향으로 나와야 한다.

## III. 알고리즘 구성 및 구현

이상의 분석 결과를 바탕으로 본 논문에서는 GPS데이터를 보정하는 알고리즘을 개발하였다.

본 논문에서 제안된 알고리즘은 그림 7과 같이 데이터동기검사부, 데이터레벨결정부, 동적특성판별부, 회전모드검사부, 위치이동결정부, 진행각결정부, 도로편향오차계산부, 최적위치계산부로 이루어진다.

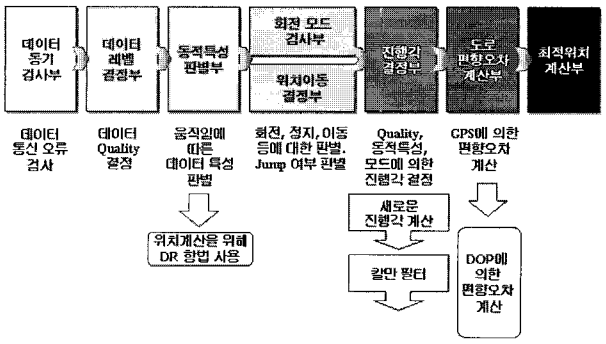



그림 7. 제안된 알고리즘의 구성도.
Fig. 7. Block diagram of the proposed algorithm.

데이터동기검사부에서는 GPS 수신기로부터 문자형 또는 바이너리형 프로토콜 데이터를 받아서 이 프로토콜의 헤더를 분석하여 이미 갖고 있는 프로토콜 데이터와의 비교한다. 이 비교 결과를 바탕으로 자동으로 프로토콜의 종류를 인식하고 이 데이터에 들어 있는 사용자의 현재 시간, 경위도 좌표, 고도, 속도, 진행각(heading angle), DOP, 수신되는 GPS 위성 수, 그리고 수신되고 있는 GPS 위성 각각의 번호와 앙각, 방위각, SNR(Signal to Noise Ratio)등의 위성 상태 정보를 해석한다. 그 후에 이전 시간에 해석한 시간, 위치, 속도, 방향 정보 및 데이터 마지막의 체크 섬 데이터를 이용하여 데이터의 정상 수신 여부와 동기 여부를 검사하여 데이터가 깨졌거나 시간이 지난 데이터일 경우는 데이터를 사용하지 못하도록 한다.

데이터레벨결정부에서는 데이터 동기 검사부를 통과한 데이터를 현재 속도가 최소이동속도 설정값보다 작은 경우와 큰 경우로 구분한다. 또한 데이터들을 저속과 고속의 구분을 위해 설정한 임계 속도보다 큰 경우와 작은 경우로 구분한다. 이와 같이 하여 단계별 임계값을 설정한 뒤 현재 측정치가 어느 단계에 해당하는지 판별하여 각각의 레벨을 부여한다. 이를 바탕으로 현재 수신중인 GPS 위성의 앙각, 방위각, SNR, 상태정보와 사용자 위치정보를 이용하여 자동으로 수신시의 고장 여부와 위성 데이터에 대한 무결성 시험을 수행하여 오차가 많이 발생하는 위성을 찾아내고 이중에서 잘못된 위성은 제거하고 나머지 위성에 대해서는 위치 오차 기여도에 대한 가중치를 부여하여 위치 계산에 사용될 위성 배열을 조정한다.

동적 특성 판별부에서는 데이터 레벨 결정부에서 전달된 새로운 위성 배열 정보와 데이터 레벨 정보, 그리고 입력된 GPS의 속도와 진행 각도, 현재 시간부터 일정한 이전 시간 동안의 위치좌표에 대한 통계적 움직임의 추세들에 관한 정보를 이용하여 시간에 대한 이동체의 이동방향, 이동속도, 이동 크기 등의 동적 특성을 판별한다. 그 후 미리 확보된 동적 특성에 대한 패턴 정보로부터 사용자의 움직임에 대한 패턴을 결정한다. 또한 이전 시간에 입력된 위치 좌표와 현재 입력된 GPS의 속도와 진행 각도를 이용하여 추측항법(dead reckoning)을 통하여 새로운 현재 위치좌표를 계산한다. 본 논문에서는 비용절감을 위해 하드웨어적인 센서를 이용하지 않고 정확한 측위를 구하기 위해 다음과 같은 기존의 추측항법(dead reckoning)에서 사용되는 알고리즘을 이용하여 센서를 이용한 것과 같은 효과를 냈다. 사용된 추측항법식은 다음과 같다.

$$x_k = x_{k-1} + r_k \cdot \sin\theta_k \tag{2}$$

$$y_k = y_{k-1} + r_k \cdot \cos\theta_k \tag{3}$$

$$\theta_k = \theta_{k-1} + \Delta\theta_k \tag{4}$$

$$r_k = v_{k-1} \cdot (t_{k-1} - t_k) \tag{5}$$

여기서, $x_k$ , $y_k$ 는 시간 $[k-1,k]$에서 2차원 평면 좌표이고, $r_k$ 는 시간 $[k-1,k]$에서의 이동거리, $\theta_k$ 는 $[k-1,k]$에서의 항체의 자세각, 그리고 $v_k$ 는 매 순간의 속도이다.

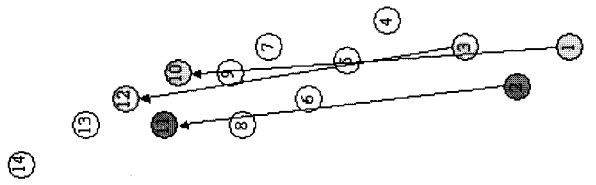


그림 8. 새로운 진행각 계산 원리.
Fig. 8. New heading angle calculation principle.

상기식에 의해 구해진 좌표가 GPS수신기가 계산한 위치 좌표에 대해 허용범위 이내로 일치하는지 여부를 판단하여 위치 변화 및 속도 변화가 앞의 동적 특성과 일치하는 데이터만 선별함으로써 다중경로(multi-path) 등에 의한 오류를 제거한다.

GPS수신기로부터 나오는 정보 중 항체가 정지 또는 저속으로 이동할 때의 진행각(heading angle) 정보가 가장 오차가 많고 또 다루기도 힘들다. 따라서 저속 또는 정지시의 각도 정보는 새로이 계산될 필요가 있다.

우선, 새롭게 계산된 진행각 정보를 얻기 위해서는 10개 이상의 진행각 정보가 필요하다. 10개 이상의 진행각 정보가 얻어지면, 사용하고자 하는 첫 번째 사용자 위치와 열 번째 위치의 진행각을 계산한다. 그 다음은 두 번째 위치와 열 한 번째 위치의 진행각을 계산하고 또 세 번째 위치와 열 두 번째... 이런 식으로 열 번의 열 번의 기간을 두고 그 진행각을 계산한 각도를 사용하여 위치오차를 보정해 나간다. 다음의 그림 8은 새로운 진행각 계산의 원리이다.

이 방법을 사용하는 이유는 GPS 수신기로부터 나오는 속도 또는 각도(heading angle)에 관한 정보는 수신기에서 매 순간 위성으로부터 위성정보(almanac)나 궤도 정보(ephemeris)를 받아 계산하는 정보이므로 특히 저속구간에서 각도에 대한 신뢰도가 떨어지기 때문이다.

따라서 이러한 각도의 신뢰도를 회복하기 위하여 10초 후의 정보를 이용하는 것이다. 이렇게 되면 초기값을 설정하는데 시간은 어느 정도 걸리지만 사용자의 방향의 추이를 안다거나 시스템의 동적인 특성에 대한 신뢰도를 많이 높일 수 있으므로 저속 구간에서 비교적 정확한 각도를 유추해 낼 수 있다.

동적 특성 판별부에서 나온 정보는 회전 모드 검사부와 위치 이동 결정부로 들어간다. 먼저 회전 모드 검사부에서는 동적 특성 판별부에서 비정상적인 오류가 제거된 속도와 진행 각도에 대한 이전의 일정 시간 동안의 변화를 감지하여 앞서 판단된 사용자의 동적 특성에 준하는 움직임 내에서 대상체의 회전 방향을 정의 한다. 한편, 위치 이동 결정부로 입력된 정보는 동적 특성 판별부가 전달한 위치에 대한 이상 변위 정보와 현재 사용자의 위치좌표가 이전 시간의 위치 좌표에 대해서 사용자의 동적 특성에 준하는 거리 범위 이내에 있는 경우와 그렇지 않은 경우를 판단한다. 이상 변위가 없는 상태에서 동적 특성 범위에 있을 경우는 정상 판별을 하여 통과시키고 이상 변위가 없는 상태에서 동적 특성에 위배되는 거리 범위를 나타낼 경우는 새로이 유입되는 위치 정보를 신뢰하여 위치 이동을 실시한다.

진행각결정부에서는 회전 모드 검사부와 위치 이동 결정

부에서 넘어 온 정보를 바탕으로 사용자의 실제 진행 각도를 결정한다. 위의 과정으로부터 전달되는 판별 정보를 기초로 하여 편향오차계산부에서는 현재 수신중인 GPS 위성의 앙각과 방위각, SNR 등의 위성정보와 DOP를 연계하여 절대적 편향오차의 특성과 그 크기를 도출하여 편향오차 검출 결과에 대한 검증과정을 수행한 뒤 검증된 결과에 대해서 현재의 위치에 대한 보정 데이터를 계산한다. 이 곳에서 속도 오차에 대한 보정과 바이어스(bias) 성분과 드리프트(drift) 성분에 의한 오차를 보정해 주는데 이를 위해 다음과 같이 진행각과 속도에 대해서 칼만필터를 설계하였다[8].

• 진행각 필터

진행각 필터에서는 바이어스(bias)와 드리프트(drift)가 추정되었다. 그 이유는 방향 데이터의 특성상 이전의 데이터와 현재의 데이터가 비슷한 양의 오차를 계속 나타내는 경우 이를 필터에서 바이어스(bias)로 간주하고 보정량을 계산하여 보정하는 것을 뜻하고, 드리프트(drift)는 시간에 따라 각도의 양이 한쪽으로 흐르는 경우, 드리프트 성분이 있다고 보고 이를 또한 보정해야 한다. 원래는 자이로 센서에서 나타나는 현상인데 GPS 정보로부터 추출한 방향각 변화량(angular velocity)도 비슷한 특성을 나타낼 것으로 예상되어 그대로 적용하였다.

(6)과 (7)은 시스템 및 측정(measurement)모델을 위한 식이다.

$$\begin{bmatrix} \delta\theta_{k+1} \\ \delta B_{k+1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \delta\theta_k \\ \delta B_k \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \omega_1 \\ \omega_2 \end{bmatrix} \quad \begin{cases} \omega_k \sim N(0, Q_k) \\ x_0 \sim N(\hat{x}_0, P_0) \end{cases} \tag{6}$$

$$z_k = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \delta\theta_k \\ \delta B_k \end{bmatrix} + \nu_k \qquad \nu_k \sim N(0, R_k) \tag{7}$$

여기서,

$$E[\omega_k \omega_i^T] = \begin{cases} Q_k, & i = k \\ 0, & i \neq k \end{cases}$$

$$E[\nu_k \nu_i^T] = \begin{cases} R_k, & i = k \\ 0, & i \neq k \end{cases}$$

$$E[\omega_{k-1} \nu_i^T] = C_k$$

이고, $\delta\theta$ 는 진행각의 바이어스(bias), $\delta B$ 는 진행각의 드리프트(drift) 이고, $\omega_1$, $\omega_2$ 와 $\upsilon_k$ 는 백색잡음 (white noise)이다.

본 논문에서는 진행각에 대한 바이어스(bias) 오차의 표준편차를 1.5°, 그리고 드리프트(drift)의 표준편차를 0.01° 로 보았다. 따라서 그 분산은 각각 2.25° 와 0.0001° 가 된다. 그러므로 모델오차의 공분산은 다음과 같다.

$$Q_k = E[\omega_1 \omega_2] \begin{bmatrix} \omega_1^T \\ \omega_2^T \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} E(\omega_1 \omega_1^T) & E(\omega_1 \omega_2^T) \\ E(\omega_2 \omega_1^T) & E(\omega_2 \omega_2^T) \end{bmatrix} \tag{8}$$

$$= \begin{bmatrix} Q_1 & 0 \\ 0 & Q_2 \end{bmatrix}$$

여기서, $Q_1$ 은 2.25이고, $Q_2$ 는 0.0001이다. 또한 (6)의 관측(measurement) 모델로부터 측정 잡음(measurement noise)을 얻을 수 있다.

$$R_k = E[\nu_1][\nu_1^T]$$

$$= E(\nu_1 \nu_1^T) \tag{9}$$

$$= R_{a0}$$

여기서, $R_{a0}$ 는 $5^2$ 이다. 즉 측정 오차(measurement error)를 5도로 보았다.

• 속도 필터

속도 필터는 상태 추정 변수로 이전 속도에 대한 현재 속도의 증분이 추정된다. 따라서 시스템 모델과 측정(measurement) 모델은 다음의 (10), (11)과 같다.

$$\delta\dot{x}_{k+1} = \delta\dot{x}_k + \omega_k \quad \begin{cases} \omega_k \sim N(0, Q_k) \\ x_0 \sim N(\hat{x}_0, P_0) \end{cases} \tag{10}$$

$$z_k = \delta\dot{x}_k + \nu_k \qquad \nu_k \sim N(0, R_k) \tag{11}$$

여기서,

$$E[\omega_k \omega_k^T] = Q_k$$

$$E[\nu_k \nu_k^T] = R_k$$

이고, $\delta x$ 는 속도의 증분, $\omega_k$ 와 $\upsilon_k$ 는 백색잡음 (white noise)이다.

마지막으로 최적위치계산부에서는 이전 단계들에서 최종적으로 결정된 데이터 레벨, 사용자의 동적 특성, 위치이동 여부, 보정된 진행각, 편향된 위치오차 보정 정보를 바탕으로 실제와 가까운 최적의 사용자 위치를 새로이 계산한다.

## IV. 알고리즘 성능 분석 및 결과

개발된 알고리즘을 2장에서 분석한 GPS수신 데이터에 적용하여 다음과 같은 결과를 얻었다. 그림 9은 도로 주행 시 필터를 통과한 속도와 자세각의 개선된 모습이다. 그림에서 위의 그림은 필터를 통과한 속도이고 아래 그림은 필터를 통과한 자세각의 모습이다.

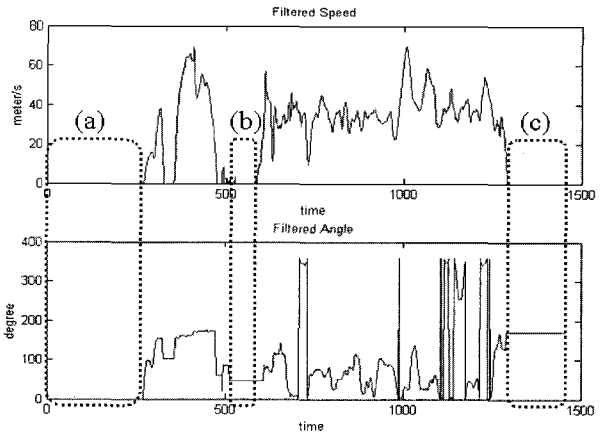



그림 9. 도로 주행 시 필터를 통과한 속도와 자세각.
Fig. 9. Filtered velocity and heading angle while navigating.

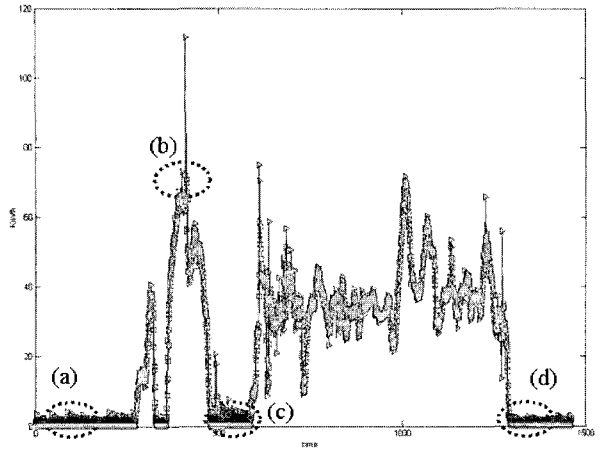



그림 10. 도로 주행시 실측된 GPS 속도와 보정된 속도.
Fig. 10. Uncompensated velocity and compensated velocity.

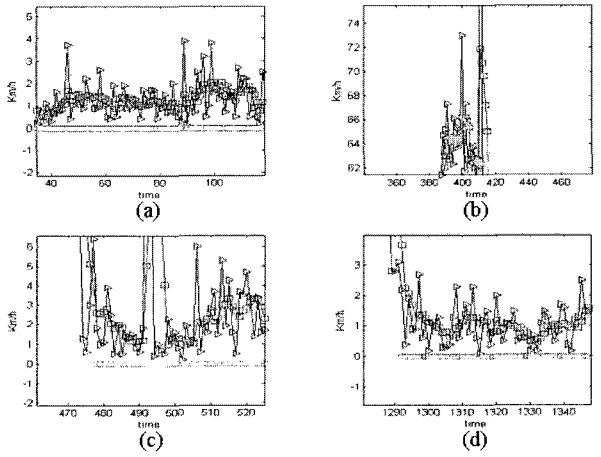



그림 11. 그림 10의 각 구간별 확대된 모습.
Fig. 11. Magnified figures of four areas in fig. 10.

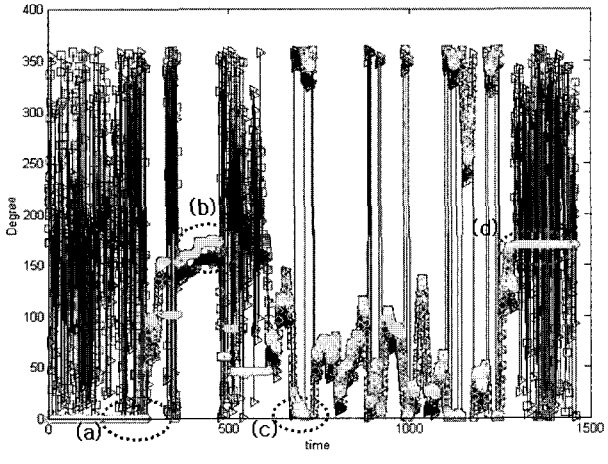



그림 12. 도로 주행 시 자세각의 비교 모습.
Fig. 12. Comparison of heading angle.

그림 4와 비교할 때에 (a)구간에서 저속 운행일 때 각도의 흔들림이 거의 없어졌음을 알 수 있다. (b)와 (c)의 경우에서도 저속구간에서 자세각의 흔들림이 거의 없으나 이 경우는

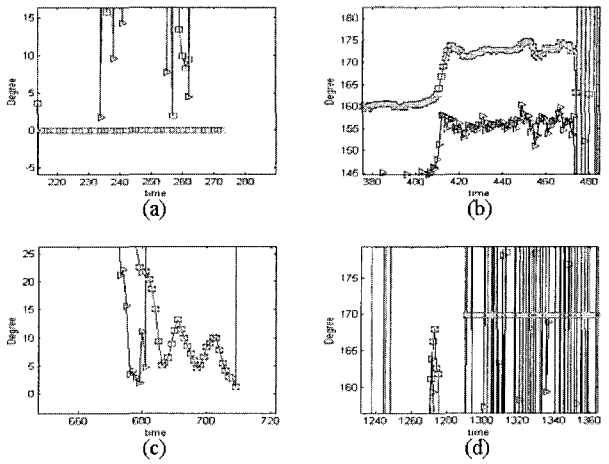



그림 13. 그림 12의 각 구간별 확대 모습.
Fig. 13. Magnified figures of four areas in fig. 12.

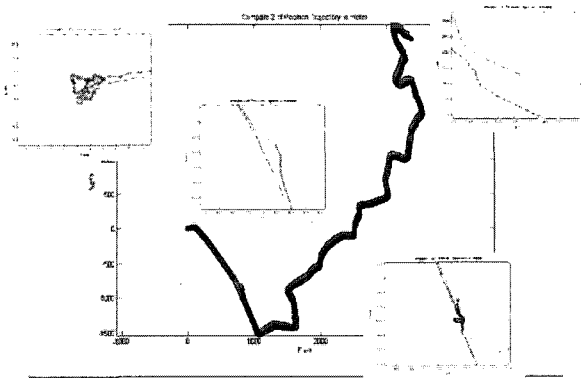


그림 14. 차량 주행 시 궤적의 보정 효과.
Fig. 14. Compensated and uncompensated trajectories.

각도 정보를 잃어버린 경우, 즉 GPS 수신기가 주위 환경에 의해 제대로 수신되지 못한 경우에는 이전 속도정보나 각도 정보를 계속해서 사용하도록 하였다.

그림 10는 필터를 통과하기 전의 보정된 속도와 실측된 GPS 속도와의 비교 그림이다. 그림에서 □데이터가 보정된 데이터이고, ▷데이터가 실측된 GPS 속도 정보이다. 그림에서 보듯이 피크(peak) 값들이 많이 개선되었음을 볼 수 있다. 그림 11은 각 구간을 확대한 그림이다.

알고리즘 성능을 분석하는 또 하나의 인자로 각도 즉 자세각을 들 수 있다. 다음의 그림 12은 GPS 순수 각도 정보와 보정된 자세각의 모습이다.

여기서 ▷데이터는 순수한 GPS 속도 정보이고, □데이터는 필터 적용전의 속도정보 그리고, ○데이터가 필터 적용후의 개선된 모습이다. 그림에서 보듯이 보정된 각도의 흔들림이 거의 없어졌음을 볼 수 있다. 그림 13는 그림 12의 각 구간별 확대된 모습이다.

위의 그림 14는 전체 궤적이 어떻게 보정 되었는가를 보여준다.

## V. 결론

본 논문에서는 GPS수신기에서 나오는 측위정보를 입력으

로하여 측위데이터를 한번 더 가공하여 더 좋은 측위 성능을 출력할 수 있는 알고리즘을 개발하였다. 현재의 GPS 수신기는 수신기 내부에서 어떠한 방법으로 데이터를 가공하지 않는 한 저속이나 수신이 불량한 환경하에서 측위데이터가 심하게 흔들리거나 점프하는 현상을 나타내는데 본 알고리즘은 이러한 데이터를 한번 더 가공하여 좀 더 실제값에 가까운 데이터를 얻을 수 있도록 하였다. 그 결과 고가의 센서를 사용하지 않고서도 사용자의 위치를 정확히 판단할 수 있음을 알 수 있었다. 실제 수집된 데이터를 이용하여 본 알고리즘의 성능을 정성적으로 입증하였으며 향후 본 논문의 결과에 최근에 연구된 위성의 건강상태를 측정할 수 있는 RAIM 기법을 통합시킨다면 더 좋은 결과를 기대할 수 있다[9-11].

## 참고문헌


[1] B. T. Fang, "The minimum for geometric dilution of precision in global positioning system navigation." *AIAA Journal of Guidance and Control*, vol. 10, no. 1, pp. 116, 1987.

[2] Parkinson, Global Positioning System: Theory and Application, vol. Ⅰ Ⅱ, AIAA, 1996.

[3] J. J. Spilker, Signal Structure and Performance Characteristics. In Global Positioning System vol. Ⅰ, *The Institute of Navigation*, Alexandria, Virginia, 1980.

[4] 김일선, 차량항법을 위한 GPS 위치 결정 기법, 공학박사 학위 논문, 서울대학교 대학원, 1996. 2.

[5] 김욱, 차량항법장치에서의 지도매칭법을 이용한 향상된 위치 결정, 공학석사 학위 논문, 서울대학교 대학원, 1997, 2.

[6] G. Strang and K. Borre, *Linear Algebra*, Geodesy, and GPS, Wellesley-Cambridge Press, 1997.

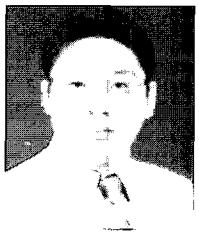
[7] 이재훈, 전창완, 홍원철, 김현수, 개인휴대장치를 위한 GPS데이터 보정 기법 개발, pp. 192-195, 제9차 GNSS Workshop, 2002, 10.

[8] R. G. Brown and P. C. Hwang, *Introduction to Random Signals and Applied Kalman Filtering*, Edition, John Wiley & Sons, Inc. 1992.

[9] C. W. Jeon and H. J. Kim, "An LS-TLS based sequential identification algorithm: Application to an accelerometer," *IEEE Transactions on Aerospace and Electronics*, vol. 37, no. 2, pp. 607-618, 2001.

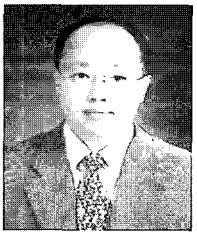
[10] C. W. Jeon, G-I. Jee, and G. Lachapelle, "Development of a sequential algorithm for a GNSS-based multi-sensor vehicle navigation system," *International Journal of Control, Automation, and Systems*, vol. 2, no. 2, pp. 165-170, 2004.

[11] C. W. Jeon and G. Lachapelle, "A new TLS-based sequential algorithm to identify two failed satellites," *International Journal of Control, Automation, and Systems*, vol. 3, no. 2, pp. 166-172, 2005.


**이 재 훈**

2000년 순천향대학교 전기전자공학부(공학사). 2003년 순천향대학교 대학원 전기전자공학과(공학석사). 현재 위너윅스 근무. 관심분야는 GPS 항법 알고리즘, GSM 폰 펌웨어 및 소프트웨어 개발.

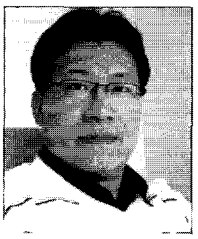




**전 창 완**

1986년 서울대학교 제어계측공학과(공학사). 1988년 서울대학교 제어계측공학과(공학석사). 1996년 서울대학교 제어계측공학과(공학박사). 삼성전자 근무. 현재 순천향대학교 정보기술공학부 교수. 관심분야는 System Identification, GPS 응용, BMS.

**홍 원 철**

1991년 성균관대학교 수학과(이학사). 1994년 아주대학교 컴퓨터공학과(공학석사). 대우고등기술연구원, 삼성전자, ㈜네비콤 근무. 현재 ㈜네비웨어 대표이사. 관심분야는 GPS 항법 알고리즘. 관심분야는 차량항법시스템 개발, 모바일 단말기용 항법시스템 개발. 수치지도, 맵매칭, 경로계산.


**김 현 수**

1994년 건국대학교 전자공학과(공학사). 1996년 건국대학교 전자공학과(공학석사). 2004년 건국대학교 전자정보통신공학과(공학박사). 대우고등기술연구원, 대우통신, ㈜네비웨어 근무. 현재 부천대학교 정보통신과 교수. 관심분야는 위성항법, 추측항법, 차량항법, 무선측위 및 항법시스템.