

논문 2004-41SP-6-21

무한원점과 단일 비전 시스템을 이용한 자율주행을 위한 실시간 GPS 위치 데이터 보정

(Real time GPS position data correction using the vanishing point and
a monocular vision system for autonomous land navigation)

정 준 익*, 노 도 환**

(Junik Jeong and DoHwan Rho)

요 약

본 논문에서는 무한원점의 특성과 단일 비전 시스템을 이용하여 자율 주행을 위한 GPS 위치 데이터 보정법을 제안한다. 실제 도로를 약 60 km의 거리를 주행하며 제안한 방법에 적용한 주행실험 결과를 제시하였다. 제안하는 방법은 직선도로의 환경에서 GPS 위치 오차를 최소 약 63% 이상 감소시켰고, 거리로는 0.5m 이내로 추정되었다. 그러나 곡선도로와 직선이 아닌 산악도로 등의 도로환경에서 정확도를 판별하기 어려운 관계로 직선도로에서의 오차만을 제시하였다.

Abstract

In this paper, we proposed the GPS position data correction method for autonomous land navigation using vanishing point property and a monocular vision system. Simulations are carried out over driving distances of approximately 60 km on the basis of realistic road data. On a straight road, the proposed method reduces GPS position error by at least 63% within 0.5 m. However, the average accuracy of the method is not presented, because it is difficult to estimate it on other than a straight road in variable conditions.

Keywords: GPS position correction, vanishing point, ALV, coordinates conversion

I. 서 론

오늘날 차량의 증가로 인한 교통의 혼잡과 사고에 대한 문제가 심각하게 사회적으로 대두되고 있다. 이러한 문제를 줄이고자 하는 연구의 일환으로 비전 시스템을 이용한 차량항법시스템과 GPS(Global Positioning System)와 GIS (Geographic Information System)를 이

용하여 출발지와 목적지의 설정만으로 안전하고 편리하게 이동할 수 있는 자율주행차량에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이러한 시스템은 주행방향 결정, 장애물 검출 등 여러 분야로 구분할 수 있으며, 다른 분야와 함께 중요한 문제는 현재 차량의 위치를 파악하는 것이다.

GPS는 어느 곳에서나 시간 제약 없이 인공위성에서 발신하는 정보를 수신하여 정지 또는 이동하는 물체의 위치를 측정할 수 있도록 구성되어 있는 전천후 위치측정 시스템이다. 하지만 위성 신호를 이용하여 위치를 결정하기 위해서는 4개 이상의 위성으로부터 신호를 수신하여야 하고, 각 신호의 정보를 충분히 수신하기 위하여 일정 주기시간 동안 신호를 고정하고 있어야 한다. 위성의 신호는 높은 주파수(1.575GHz)로 전송되는데 이 주파수는 신호경로에 위치한 고체를 통과하거나

* 정희원, 전북대학교 전기공학과

(Dept. of Electrical Engineering, Graduate School, Chonbuk National University)

** 정희원, 전북대학교 전자정보공학부

(Div. of Electronics and Information Engineering, Chonbuk National University)

※ 이 논문은 2004년도 과학재단과 전북대학교 메카트로닉스 연구센터 연구비에 의하여 연구되었음.

접수일자: 2004년7월23일, 수정완료일: 2004년10월8일

주위를 휘어지기에는 너무 높기 때문에 고정된 각 4개의 위성신호를 획득하고 지속하는데 저해된다. 이러한 이유로 GPS 신호는 건물 내부에서는 수신할 수 없다. 또한, 높은 빌딩, 터널, 과밀한 수목 혹은 산이 있는 환경 등의 외부 지역에서도 위성 신호가 차단되는 경우가 발생한다. 이러한 환경에서 위성 수신기는 위성신호가 미치지 못하는 구간에서 신호 단절로 인하여 제대로 위치를 파악할 수가 없게 된다. 이러한 이유로 일반적인 GPS 수신기 하나를 이용하는 주행 시스템은 지속적인 위치를 정할 수 없다.

이러한 단점들을 보완하기 위해서 현재는 GPS와 INS(Inertial Navigation System)의 결합^{[1][2][3]}, 혹은 GPS와 DR(Dead-Reckoning)의 결합^[4] 등의 데이터 퓨전 방법이 활발히 연구 중이다. 하지만 DR은 방향 센서의 정렬 오차 및 순수 센서오차로 인해 항체의 정확한 방향뿐만 아니라 바퀴의 미끄러짐으로 발생하는 엔코더 오차 때문에 정확한 위치를 제공하지 못하기 때문에 이를 개선하는 연구가 진행 중이다. INS는 외부의 도움 없이 관성센서의 출력을 적분하여 사용하는 항법시스템으로 매우 정확한 항법 정보를 얻을 수 있으나 시간이 경과함에 따라 오차가 누적되는 단점이 있다. 또한, 이러한 복합 시스템은 복잡성과 경제적인 문제점이 있다.

현재까지의 GPS와 비전 시스템을 결합한 연구에서는 GPS 위치를 수신하고, 동시에 주변환경을 촬영하여 이를 후에 사람이 정합하는 후처리 방법을 사용하여 위치 파악을 위한 연구가 진행되었다. 그러나, 실제 도로를 주행하며 실시간 위치 산출을 필요로 하는 자율주행 차량의 경우에는 이러한 방법의 적용이 불가능하다.

GPS를 활용한 자율주행차량은 항상 현 위치를 파악하여야 하나, 산악지형이나 도심에서의 높은 빌딩, 터널 등의 환경에 의해서 혹은, 어떤 원인에 의한 GPS 데이터를 수신할 수 없는 수신 단절의 경우가 존재하는 지역에 대해 위치를 예측하거나 보정할 수 있는 방법이 요구된다.

본 논문에서는 기존의 연구된 방법을 결합 병행하지 않고, 자율주행차량에 주요하게 사용되는 비전 시스템을 이용하여 주행시 GPS 데이터 수신단절 지역에서도 실시간으로 차량의 위치를 보정할 수 있는 방법을 제안한다.

제안하는 방법은 크게 세가지 단계로 나눌 수 있는데, 첫째, 현재 GPS에서 이용되는 WGS-84(World Geodetic System)좌표를 우리나라 전자지도에서 사용되는 Bessel좌표로 변환 후, TM(Transverse Mercator)

투영에 의한 좌표로 변환(이후 TM좌표로 표기함)하고, 둘째, 비전 시스템에서 도로의 좌우차선을 이용하여 무한원점을 추정하고, 이를 이용하여 차량의 이동벡터를 산출하여, 셋째, 산출된 벡터를 TM 좌표로 변환하여 GPS 좌표와 비전 시스템의 좌표계를 정합시켜서 GPS 위치를 보정한 후 WGS-84좌표계로 변환한다.

그러나 첫째의 좌표변환의 경우는 기존의 논문^{[5][6][7]}에서 잘 설명되어있으므로 이러한 일반적인 좌표변환의 경우는 생략하고, II장에서 간단히 개념만을 설명하였다. III장에서는 비전 시스템에 의한 GPS 위치 데이터 보정 방법을 설명하였고, IV장에서는 실제 도로 주행중 GPS 수신 불안정 지역이나 수신 단절 지역에서 제안한 방법의 실시간 보정 실험 결과를 제시하였다.

II. 좌표변환

GPS위성에서는 WGS-84 타원체를 기준으로 하는 경위도 좌표계를 세계적으로 통일된 좌표로 쓰고 있다. 현재 우리나라에서 채택하고 있는 Bessel 타원체는 GPS에서 사용되고 있는 WGS-84 타원체와는 서로 다른 제원을 가지고 있으며, 표 1은 각각의 제원을 나타내고 있다. 동일한 지점이라 하더라도 기준 타원체에 따라서 좌표값이 다르기 때문에 우리나라에 맞게 사용하기 위해서 Bessel 기준에 맞는 좌표변환이 이루어져야 한다.

GPS의 WGS-84경위도 좌표계를 우리나라에서 사용하는 전자지도 좌표계에 맞는 Bessel 좌표계로 변환하기 위해서는 그림 1과 같은 좌표변환 과정을 거친다. GPS에서 얻어진 경도, 위도, 표고 값을 WGS-84 타원체 지구 중심좌표계로 변환한다. 변환된 좌표계에 매개변수를 이용하여 Bessel 타원체 지구중심 좌표계로 변환하고, 이를 경위도 좌표계로 변환한다. 여기에서는 제안하는 비전 시스템 좌표계와의 정합을 위하여 TM투영법에 의한 Bessel 타원체 직교 좌표계로 변환하여 이용한다.

이 과정에 대한 역변환, 즉 Bessel 타원체 직교좌표계에서 GPS 경위도 좌표계로의 변환은 그 반대의 과정을 거친다. 좌표변환과정은 크게 경위도좌표계에서 지

표 1. 타원체의 제원
Table 1. Specifications of ellipse.

타 원 체	장 축 [m]	1 / 편평률
Bessel	6,377,397.155	299.1528128
WGS-84	6,378,137.000	298.257223563

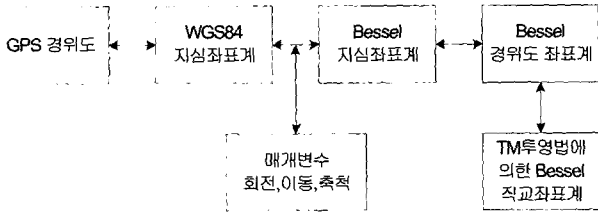


그림 1. 좌표변환 과정
Fig. 1. Coordinates conversion flow.

심직교좌표계로의 변환과 WGS-84 지심직교좌표계와 Bessel 지심직교좌표계와의 변환, Bessel 경위도 좌표계와 TM투영법에 의한 직교좌표계로의 변환의 3가지로 구분된다.

III. 비전 시스템에 의한 GPS 위치 데이터 보정

비전 시스템을 이용한 GPS 위치 데이터의 보정은 다음과 같은 순서에 의해 이루어진다. 먼저 카메라에 의해 투영된 영상으로부터 도로의 좌우차선을 검출하여 차선의 직선식을 유도하고, 직선식들로부터 무한원점을 추정하여 차량의 주행방향을 결정한다. 또한 영상처리 시간과 차량의 속도를 이용하여 차량의 이동거리를 산출한다. 본 논문에서는 차량의 주행방향과 이동거리를 나타내는 벡터를 차량 이동벡터라 표기한다. 다음으로 현 위치에서 GPS 위치데이터를 수신한 후 다음 위치에서 GPS 위치 데이터를 수신하는 시간동안 차량의 이동을 차량 이동벡터로 예측하여, GPS 데이터의 수신 단절시 이 벡터를 이용하여 위치 데이터를 보정한다.

1. 시스템 좌표계 구성

그림 2는 핀홀 카메라 모델에 기초하여 도로의 좌우차선이 영상면에 투영되는 관계를 나타낸 그림이다. 차량이 이동하는 도로의 중심 방향을 Y축으로 하는 오른손 좌표계를 GPS 수신기 좌표계로 하고, H 높이만큼의 위치에 카메라 좌표계를 설정한다. 카메라 좌표계의 광축 Z_c 의 방향은 수신기 좌표계의 Y_R 축과 평행하고, X_c 축은 수신기 좌표계의 X_R 축과 평행한 왼손좌표계를 카메라 좌표계로 구성한다. 영상좌표계는 카메라좌표계의 원점으로부터 f 거리에 위치하고, x_i, y_i 축이 X_c, Y_c 축과 평행한 2차원 평면좌표계로 구성한다.

그림 3은 차량에 위치한 GPS 수신기와 카메라를 좌표계 $P_R(X_R, Y_R), P_C(X_C, Y_C, Z_C)$ 로 표현한 것이다. 또한, 카메라에서의 영상좌표계를 $P_i(x_i, y_i)$ 라 하고, 공간좌표계는 TM좌표계 $P_T(X_T, Y_T)$ 로 설정하였다.

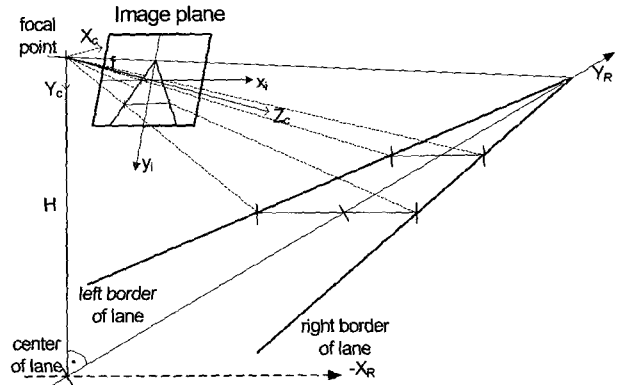


그림 2. 도로 좌우차선의 영상 투영
Fig. 2. Perspective mapping of a lane into a video image based on the pinhole model.

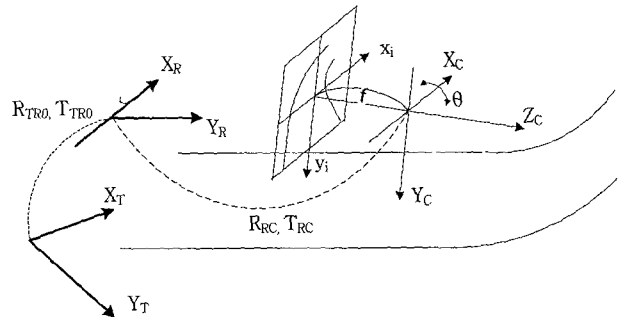


그림 3. 시스템 좌표계
Fig. 3. System coordinates.

차량이 이동하는 도로의 중심 방향을 Z축으로 하고 θ ($5-10^\circ$)만큼 기울어진 오른손 좌표계를 카메라좌표계로 하고, 수신기 좌표계 P_R 과 카메라 좌표계와의 회전행렬을 R_{RC} , 이동행렬을 T_{RC} 라 하고, P_T 좌표계와 P_R 좌표계와의 초기 회전행렬을 R_{TR0} , 이동행렬을 T_{TR0} 로 구성한다. 여기에서는 편의상 수신기 좌표계와 카메라 좌표계와의 각축을 평행하게 설정하고 이동성분만을 고려하였고, 행렬을 벡터로 표현하였으며, 수신기의 위치를 차량의 위치로 설정하였다.

2. 차량 이동벡터

그림 4는 차량이 비전 시스템에서 처리시간 $t_n[s]$ 초후의 차량이 이동하는 벡터 G_n 와 차량의 속도 $V_n[m/s]$ 를 나타낸 그림이다. 차량 이동벡터의 크기, 즉, 이동하는 거리[m]는 다음과 같이 나타낸다.

$$|G_n| = V_n t_n \tag{1}$$

차량의 이동 방향을 추정하기 위해서는 최소 두개 이상의 GPS 위치를 이용하여 수신기 좌표계 P_R 과 공간좌표계 P_T 와의 초기관계 R_{TR0}, T_{TR0} 를 설정하여야 한다.

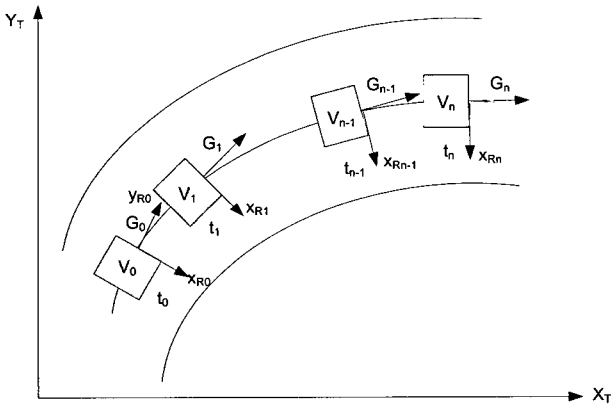


그림 4. 시간에 따른 차량이동
Fig. 4. Vehicle moving with timed intervals.

즉, 차량 이동벡터를 지속적으로 추정하기 위해서는 초기행렬을 필요로 한다. 정확한 초기행렬에 기인하여 시간에 따라 차량이 이동하는 벡터를 누적하여 계산하므로 정확한 초기값 산출이 중요하다.

차량이 처음 직선이동 하였다고 하였을 때, GPS 수신기의 수신 간격 시간 t_{Ri} 에 따른 좌표를 전장에서 설명한 좌표변환한 후의 좌표를 $P_{Tm}(X_{Tm}, Y_{Tm}, Z_{Tm})$ 이라 하였을 때, 수신된 두개 이상 N 개의 P_T 좌표를 이용하여 현재 차량이 주행할 초기 방향 벡터 C 는 식 (2)와 같다. 단, $i = 1, \dots, N$

$$C(x_d^i, y_d^i) = (X_{T(i+1)} - X_{Ti}, Y_{T(i+1)} - Y_{Ti}) \quad (2)$$

여기에서 (x_d, y_d) 는 각각 x, y 방향 성분이다.

구해진 벡터들을 이용하여 정확한 이동방향을 추정하기 위해 식(3)의 오차값 E 가 최소가 되는 벡터 $C(x_{d0}, y_{d0})$ 를 추정한다.

$$E = \sum_{i=1}^{N-1} (C(x_d^i, y_d^i) - C(x_d^{i+1}, y_d^{i+1}))^2 \quad (3)$$

추정된 벡터 C 를 이용하여 P_T 좌표계와 P_R 좌표계와의 초기 회전관계 R_{TRO} 를 산출한다. P_T 와 P_R 은 x 축에 대해 다음 식(4)와 같은 회전각을 갖는다. 여기에서, 음의 값은 반시계방향 회전이고, 양의 값은 시계방향 회전이다.

$$\cos\gamma = x_{d0} / \sqrt{x_{d0}^2 + y_{d0}^2} \quad (4)$$

수신된 두개 이상의 P_T 좌표를 이용하여 현재 차량이 주행할 방향 벡터를 추정하고, 추정된 벡터를 y 축으로 하는 좌표계를 GPS 수신기 좌표계 P_{R0} 로 구현한다. 즉, P_T 와 P_R 을 회전 행렬로 표현하면 다음과 같은 관계가 성립한다.

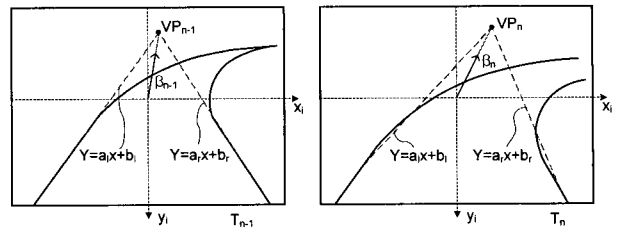


그림 5. 처리시간 (a) T_{n-1} (b) T_n 후 영상에서의 무한원점 이동
Fig. 5. Video images of vanishing point after pass processing time (a) T_{n-1} (b) T_n .

$$P_T = \begin{bmatrix} \cos\gamma & \sin\gamma \\ -\sin\gamma & \cos\gamma \end{bmatrix} P_{R0} + T_{TRO} \quad (5)$$

여기서, T_{TRO} 는 마지막 GPS 수신 좌표이다.

3. 무한원점을 이용한 차량 이동벡터 추정

차량의 추후 이동 방향을 무한원점의 성질^[8]을 이용하여 추정한다. 영상면 상에서 무한원점을 구할 수 있으면, 3차원 공간상의 직선에 대한 방향 벡터를 구할 수 있는 성질과, 법선 벡터를 이용하여 직선이 포함되는 3차원면 즉, 도로면의 평면의 방정식을 추정할 수 있는 성질이 있다.

곡선도로에서도 제안하는 방법의 처리시간동안 영상을 통해 얻어지는 차량의 앞 도로의 차선은 직선이라는 가정과 차선을 따라 주행한다는 가정하에 그림 5와 같이 일정영역의 경계점들로 무한원점을 추정하고 차량이 주행할 방향을 산출한다.

그림 5는 영상면에서 좌우차선을 이용하여 무한원점 추정을 나타낸 그림이다. n 번째 처리시간을 T_n 이라 하고, 이때의 무한원점의 단위방향벡터를

$$\beta_n = a_v i + b_w j \quad (6)$$

라 하자. 여기서, i, j 는 영상 좌표계에서의 각 x, y 축 방향이다.

그림 5(a)와 같이 $n-1$ 처리시간에 차량은 y_i 축에 대해 벡터 β_{n-1} 의 방향으로 조향하여 주행한다. T 처리시간 후 주행한 차량은 그림 5(b)와 같이 벡터 β_n 의 방향으로 조향하여 주행한다.

차량은 식(6)과 같이 추정된 이동방향과 식(1)에 의한 이동벡터의 크기만큼 차량은 알고리즘 처리시간동안 이동한다. 차량 이동벡터는 다음과 같이 표현된다.

$$G_n = |G_n| \cdot \beta_n \quad (7)$$

처리시간에 대한 차량 이동벡터를 이용하여 수신기의 좌표계로 변환하면 다음 식(8)과 같고, 이를 공간좌표계 PT로 표현하면 식(9)와 같다.

$$P_{Rn+1} = P_{Rn} + G_n + T_{RC} \tag{8}$$

$$P_{Tn+1} = P_{Rn+1} + P_{R0} \tag{9}$$

차량 주행시 카메라를 이용하여 주행방향을 추정하고 PT좌표계로 변환하여 처리시간 후 위치하게 될 차량의 GPS 위치 데이터를 보정한다.

IV. 실험 및 고찰

제안하는 방법은 차량 출발시 GPS 수신 위치를 이용하여 수신기 좌표계와 TM좌표계와의 초기관계를 설정하고, 이동중 무한원점을 이용하여 GPS 수신기 좌표계를 재설정하여 초기관계와 합함으로써 TM좌표계에서 차량의 위치를 파악하는 방법이다.

GPS 수신기는 NOVATEL Millennium GPS RT20S, 640x480 [pixel] 해상도의 CCD 카메라와 프레임 그래버로는 MATROX사의 Meteor-II을 이용한 흑백영상을 사용하였고, GPS 수신 간격은 0.2초로 설정하였으며, 중부원점을 사용하였다. 알고리즘 평균 처리 시간은 63[ms]로 1회 GPS 수신 간격동안 약 4회 처리한다. 또한, 주행중 차량의 정확한 속도 입력을 위해서는 차량의 속도계를 이용해야 하지만 설치의 어려움으로 수시로 변수로서 입력하였다.

차량의 주행 방향은 참고문헌의 주행방향 추정법^[9]을 이용하여 추정한다.

그림 6은 전주에서 익산을 거쳐 전주로 돌아오는 약 60 km의 도로를 주행하며 GPS 수신기에 의해 얻어진

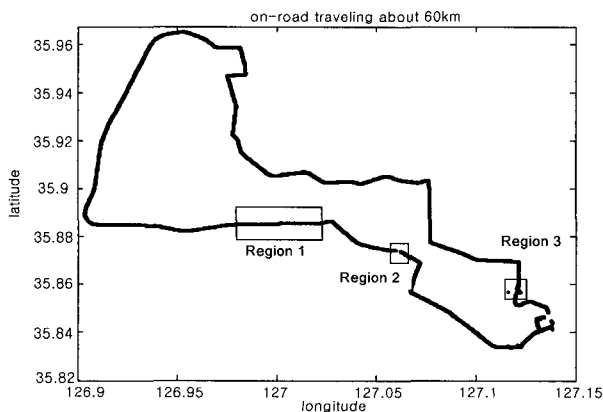


그림 6. 원시 GPS 수신 위치 데이터
Fig. 6. Raw data from GPS receiver.

원시 위치 데이터를 나타낸 그림이다.

주행은 직선 및 곡선, 시내, 터널, 산 등을 통과하였으며 산발적인 경우와 지속적인 GPS 신호 단절의 경우가 항상 존재하였다. 영역 1은 약 3.5 km의 직선도로를 나타낸다. 영역 2는 지하터널이고, 영역 3은 과밀한 수목 지역을 통과하는 도로의 경우를 나타낸 것이다. 그림에서 ‘+’ 기호는 GPS 수신기에 의한 위치이고, 회색 점은 제안한 방법에 의해 보정된 위치를 나타낸다.

그림 7은 약 3.5km의 직선도로를 80km/h로 주행하였을 때, GPS 수신 데이터와 보정된 데이터를 나타낸 것이다. 직선도로를 주행하였을 때, GPS 수신기에 의한 위치 데이터가 수시로 변동함을 알 수 있다.

그림 8은 그림 7의 직선도로를 선형 보간하여 직선방정식으로 변환하였을 때, 수신된 GPS 위치 데이터와 보정된 데이터와의 경도에 따른 거리 오차를 나타낸 것이다.

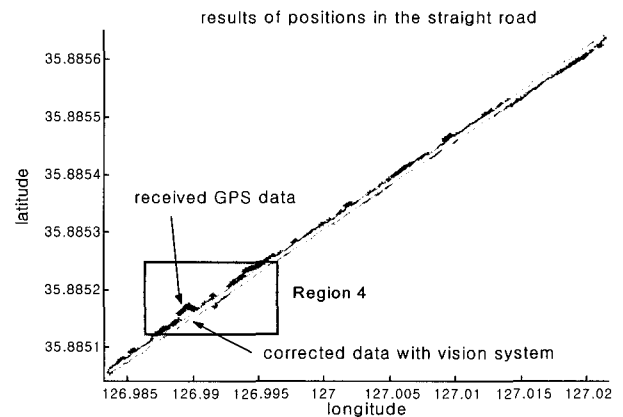


그림 7. 영역 1의 약 3.5km 직선도로 확대
Fig. 7. Enlarged view of region 1 when the vehicle runs a straight road(about 3.5km).

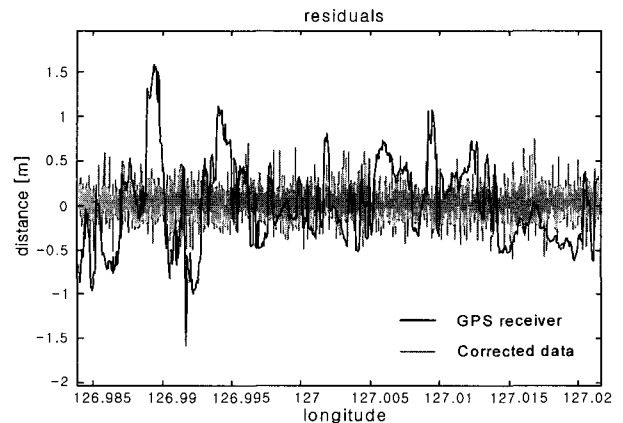


그림 8. 영역 1의 GPS 수신기와 보정된 위치의 거리 결과
Fig. 8. Results of residuals in region 1 where the vehicle runs a straight road.

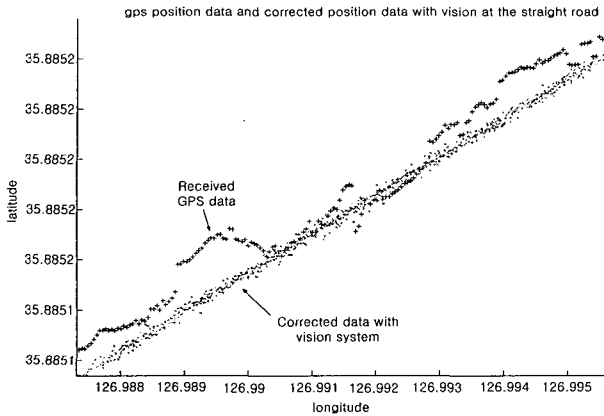


그림 9. 그림 6의 영역4 확대
 Fig. 9. Enlarged view of region 4 of figure 6.

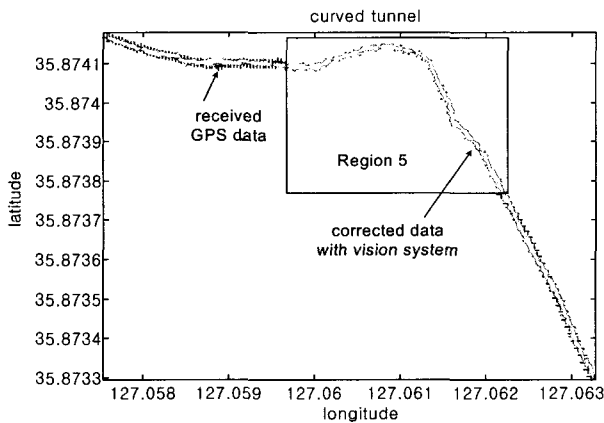


그림 10. 영역 2의 곡선 터널 주행시 확대
 Fig. 10. Enlarged view of region 2 where the vehicle runs a curved tunnel.

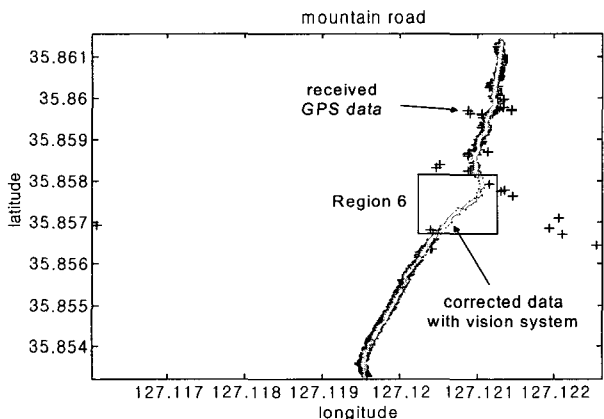


그림 11. 영역 3의 산 도로 주행시 확대
 Fig. 11. Enlarged view of region 3 where the vehicle runs a mountain.

이 경우 거리 최대값은 수신기의 경우와 보간되었을 때의 경우 GPS 경위도 좌표계에서 크기가 각각 0.00013913와 0.00008949로 나타난다. 이와 같이 제안하는 방법은 직선의 경우 GPS의 위치오차를 최소 약 63% 이상 감소시킬 수 있다. 이를 거리로 환산하면 약 0.5m 이내

로 위치를 보정한다.

그림 9는 영역 4를 확대한 그림이다. 그림에서와 같이 GPS 수신기에 의한 위치데이터는 분산되고 불연속적인 수신상태를 나타낸다. 이러한 현상은 차량이 주행하는 동안 자주 나타난다. 이러한 경우에도 제안하는 비전 시스템을 이용한 보정방법은 GPS 위치 데이터를 정확하게 보정함을 알 수 있었다.

그림 10과 11은 각각 GPS 신호를 수신하지 못하는 영역 2의 터널과 영역 3의 과밀한 수목 지역의 도로를 주행할 때, GPS 수신기에 의한 위치 데이터와 보정된 위치 데이터를 확대하여 나타낸 그림이다. 그림 10의 '+' 표시가 없는 영역 5는 곡선 지하터널로 70km/h로 주행하였을 때, GPS 신호단절로 인한 위치 수신 불가의 경우이다. 곡선 지하터널의 경우에도 위치를 보정함을 알 수 있었다.

그림 11은 과밀한 수목 지역의 도로를 주행할 때 GPS 위치 왜곡과 수신 단절 상태가 동시에 나타난다. GPS 수신기에 의한 위치데이터가 부정확하게 수신되는 경우는 산림에 의한 GPS 신호의 페이드 현상때문이며, '+' 표시가 없는 영역 6은 산림에 의한 수신단절로 인하여 위치를 수신할 수 없는 경우이다. 이러한 상황에서도 제안한 방법은 그림에서와 같이 GPS 위치를 보정할 수 있었다.

V. 결론

본 논문에서는 무한원점의 성질과 단일 비전 시스템을 이용하여 자율 주행을 위한 GPS 위치 데이터 보정법에 대하여 제안하였다. 제안하는 방법은 DR, INS와 같이 시스템을 병행하지 않고, 자율 주행의 기본 시스템인 비전 시스템에 알고리즘만 추가하여 위치데이터를 보정하는 방법이다.

제안하는 방법은 직선도로에서 최대 거리오차에 기인하여 GPS 위치오차를 최소 63% 이상 감소시킬 수 있고, 이는 거리로 0.5m 이내임을 나타낸다. 그러나, 곡선도로 및 여러 수신단절 환경에서의 제안하는 방법의 정확도를 추정하기 어려워 주행시 평균 정확도를 제시하지는 못하였다.

실험 결과로써 제안하는 방법은 GPS 위치 데이터를 수신할 수 없거나 왜곡되는 지역에서 GPS 위치 데이터를 보정할 수 있어 자율 주행 시스템에 적용 가능함을 알 수 있다. 그러나, 제안하는 방법은 초기 차량 이동벡터가 정확하여야 하며, 차량의 진동에 대한 무한원점의

오류, 정확한 차량의 속도 입력에 대한 문제점이 있다. 초기 차량 이동벡터의 정확도는 GPS 수신기의 분해능에 기인하여 비례적이고, 차량 진동에 대한 무한원점의 오류는 일반적인 평탄한 직선도로에서 보다 곡선도로인 경우에 심하며, 이를 해결하기 위해 카메라에 완충기를 설치하거나 진동을 고려한 영상좌표변환 알고리즘을 이용하는 수동적인 방법보다 진동에 영향을 덜 받는 수신된 GPS 위치와의 상호보정을 통한 능동적인 방법이 자율주행 시스템에 효율적으로 생각된다.

추후 과제로는 이러한 문제점을 보완하기 위하여 수신된 위치 데이터와 보정된 위치데이터를 분석하여 상호 보정할 수 있는 방법의 개발이 필요하고, 보다 정확한 차선 인식 기법을 이용하여 위치 오차를 더욱 최소화 하는데 있다고 생각된다. 또한, 현행 세계측지 좌표계(GRS80)로 전환됨에 따른 좌표변환 관계도 고려해야 할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- [1] A. Keith, Redmill, and Takeshi. Kitajima, "DGPS/INS Integrated Positioning for Control of Automated Vehicle," *IEEE Intelligent Transportation Systems Conference Proceedings*, Oakland (CA), USA, Aug. 25-29, 2001.
- [2] Yun X., Bachmann E.R., McGhee R.B., Whalen R. H., Roberts R.L., Knapp R.G., Healey A.J., and Zyda M. J., "Testing and evaluation of an integrated GPS/INS system for small AUV navigation," *Oceanic Engineering, IEEE Journal of*, Vol. 24, Issue. 3, pp. 394-404, July 1999.
- [3] Donald T. Knight, "Rapid Development of Tightly-Coupled GPS/INS Systems," *IEEE Position Location and Navigation Symposium*, pp.300-305, April 22-26, 1996.
- [4] Qu Shengbo, Ding Keliang, and Li Qingli, "An effective GPS/DR device and algorithm used in vehicle positioning system," *IEEE Intelligent Transportation Systems Proceedings*. Vol. 1, pp. 632-636, 2003.
- [5] 박필호, 박종욱, 강준목, "GPS 실용화를 위한 우리나라 측지계와 WGS 84 의 좌표변환(II)", 한국측지학회지, 11권 1호, 37~45쪽, 1993년 6월
- [6] 권대원, "우리나라 측지계와 WGS84의 좌표변환", 석사학위논문, 성균관대학교, 1995년 10월
- [7] 송석우, "차량의 이동위치 추정점을 이용한 GPS 오차 보정에 관한 연구", 석사학위논문, 전북대학교, 2003년 2월
- [8] Shih-Ping Liou and Ramesh C. Jain, "Road Following Using Vanishing Points," *Computer Vision, Graphics, And Image Processing*, vol. 39, pp. 116-130, 1987.
- [9] 정준익, 최성구, 노도환, "무한원점을 이용한 주행 방향 추정과 장애물 검출", 전자공학회논문지 제34권 S편, 제11호, 126-137쪽, 1997년 11

저 자 소 개

정 준 익(정회원)
제 34권 S편 제 11호 참조

노 도 환(정회원)
제 34권 S편 제 11호 참조

