

자율 주행을 위한 비전 시스템을 이용한 DGPS 데이터 보정에 관한 연구

문 성 룡, 박 장 훈, 정 준 익, 장 홍 석, 노 도 환
전북대학교 전기공학과
전화 : 063-270-2398 / 핸드폰 : 011-679-2100

A study on the DGPS Data compensation using vision system for
Autonomous land vehicle .

Seong-Ryong Mun, Jang Hun Park, Jun Ik Jeong, Hong Suk Jang, Do Hwan Rho
Dept. of Measurement & Control, Chonbuk University
E-mail : srmun-0412@hanmail.net

Abstract

This Paper of use vision system, there is no DGPS's information, DGPS data value receives real time exactly without being influenced in surroundings environment because using vision system that is used in self-regulation traveling by car system. Therefore, conversion and DGPS of received in camera coordinate changing coordinate error correct and wish to grasp correctly position of vehicles.

I. 서론

과학 기술의 발전으로 인간의 생활은 항상 윤택한 반면에 많은 문제점들을 가지고 있다. 그 많은 문제점 가운데 하나는 차량으로 인한 재해일 것이다. 차량의 기하급수적인 증가로 인한 교통체증의 증가와 교통의 원활화, 운전의 쾌적화, 안정성 향상을 위하여 차량 및 여러 분야에 GPS를 이용하고 있다. GPS 오차에는 인공위성의 시간, 위치 오차와 전리층 수신기 잡음 오차가 있다. 이를 해결하려는 연구로 여러 가지 방법들을 결합하여 GPS를 이용하고 있다. GPS 오차 보정 방법에는 GPS와 DR을 이용한 항법시스템과 GPS와 INS를 이용한 항법 시스템이 있다. DR은 이동체의 출발위치, 이동거리, 이동방향의 세가지 데이터를 이용하여

새로운 위치를 계산하는 항법시스템이고, INS는 외부의 도움 없이 관성센서의 출력을 적분하여 사용하는 항법시스템이다.

DR은 방향 센서의 정렬 오차, 순수 센서 오차, 바퀴의 미끄러짐으로 발생하는 엔코더 오차를 가지고 있으며 INS는 적분과정으로 인해 오차가 시간이 지남에 따라 누적되는 단점이 있다. 그러므로, GPS수신 데이터만을 이용하여 차량의 이동을 추정하고 GPS데이터를 비교하여 오차를 보정해야 한다.

본 논문은 DGPS의 정보가 없을 경우에 자율 주행 시스템에서 사용되는 Vision System을 이용하여 여러 주행 환경들의 파라미터들을 추정하고 자율 주행 차량이 속도와 시간 그리고 주위 환경에 영향을 받지 않고 DGPS 데이터 값을 실시간 정확하게 수신할 수 있는 방법을 제안한다.

II. DGPS의 구성 및 좌표 변환

2.1 DGPS의 기본 구성

GPS는 범세계 위치 측정 시스템(GPS)는 인공위성을 이용한 지구위치 결정체계로 정확한 위치를 알고 있는 위성에서 발사한 전파를 수신하여 관측점까지 소요시간을 관측함으로써 관측점의 위치를 구하는 체계이다. 그림 1은 DGPS의 구성도이다.

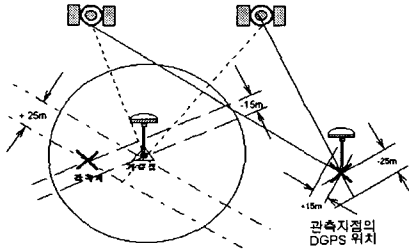


그림 3 DGPS의 구성

2.2 DGPS 좌표변환

DGPS는 WGS84 좌표를 기반으로 때문에 전자지도에 적용시키기 위해서는 Bessel좌표로 변환해야한다. 이는 DGPS와 카메라로 정확한 위치를 파악하기위함이다.

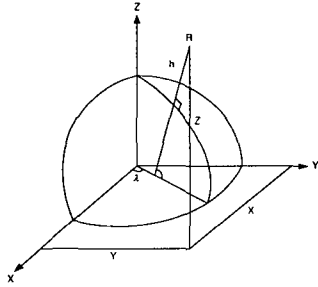


그림 2. Bessel과 WGS84 좌표 관계

그림 2는 좌표 변환의 계략도를 나타낸 것이고, WGS84 좌표를 R(X,Y,Z)로 나타내고 Bessel좌표를 R(phi, lambda, h)로 나타낸다.

Bessel좌표를 WGS-84좌표로 변환하고 WGS-84좌표를 Bessel좌표로 변환하는 것이 상호 같으며 수식으로 표현하면 다음과 같다.

Bessel좌표를 WGS-84좌표로 변환은

$$\begin{aligned}
 X &= (N + h) \cdot \cos \varphi \cos \lambda \\
 Y &= (N + h) \cdot \cos \varphi \sin \lambda \\
 Z &= \left(\frac{b^2}{a^2} N + h \right) \cdot \sin \varphi
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

$$N = \frac{a^2}{\sqrt{a^2 \cos^2 \varphi + b^2 \sin^2 \varphi}}
 \tag{2}$$

(1)식과 (2)식으로 나타내며

여기서

- a : 장반경
- b : 단반경
- N : 횡곡률 반경

WGS-84좌표를 Bessel좌표로 변환은

$$\begin{aligned}
 \varphi &= \arctan \frac{Z + e'^2 b \sin^3 \theta}{p - e'^2 a \cos^3 \theta} \\
 \lambda &= \arctan \frac{Y}{X} \\
 h &= \frac{p}{\cos \varphi} - N \\
 &= \arctan \frac{Za}{pb} \\
 e'^2 &= \frac{a^2 - b^2}{a^2}, \quad e'^2 = \frac{a^2 - b^2}{b^2}
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

나타내며, 여기서

- phi: P점을 통과하는 타원체의 법선과 적도면이 이루는 각
- lambda: 그리니치를 통과하는 자오선 타원체와 P점을 통과하는 자오선타원체 사이의 각
- h: P점의 법선을 따라 측정된 타원체로부터의 거리

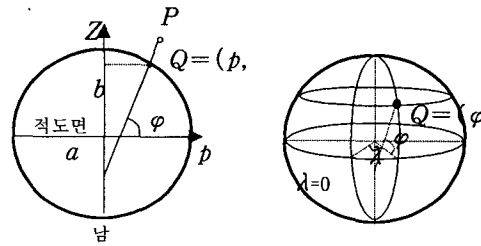


그림 3. 자오선 타원과 타원체의 회전

그림 3으로부터 타원의 방정식에 의해 지구의 측지 좌표를 나타내는 파라미터들은 많이 있지만 현재 WGS-84를 많이 사용하고 있다.

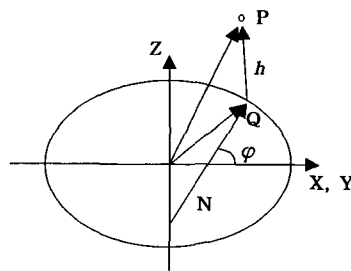


그림 4. 측지 좌표와 직교 좌표의 변환

그림 4에 의해서 측지 좌표는 직교 좌표로 변환이 가능하며 또한 그역도 가능하다. 직교 좌표계의 X,Y,Z와 측지 좌표계에서 phi, lambda, h의 관계식은

$$\begin{aligned} X &= N \cos \varphi \cos \lambda \\ Y &= N \cos \varphi \sin \lambda \\ Z &= (1-f)^2 N \sin \varphi \end{aligned} \quad (4)$$

$$N = \frac{a}{\sqrt{1-f(2-f)\sin^2\varphi}} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} X &= (N+h) \cos \varphi \cos \lambda \\ Y &= (N+h) \cos \varphi \sin \lambda \\ Z &= ((1-f)^2 N + h) \sin \varphi \end{aligned} \quad (6)$$

2.3 CCD 카메라의 좌표 변환

좌표를 변환하기 위해서는 항상 기준을 GPS로 잡아야 하며 좌표계는 오른손 좌표계를 사용하였다.

GPS좌표(X_g, Y_g, Z_g)와 카메라의 좌표는

(x_w, y_w, z_w)이다. 좌표의 최종적인 식은

$$\begin{bmatrix} X_g \\ Y_g \\ Z_g \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_w - T_{gx} \\ y_w - T_{gy} \\ z_w - T_{gz} \end{bmatrix} \quad (7)$$

이된다.

공간상의 점을 카메라 좌표로 이동시키기 위해서는

$$\begin{bmatrix} x_i \\ y_i \\ z_i \end{bmatrix} = \frac{f}{z_g} \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_w - T_x \\ y_w - T_y \\ z_w - T_z \end{bmatrix} \quad (8)$$

이 식에 의해 변환된다.

공간상의 좌표와 영상내의 좌표를 평행하게 위치시키면

$$\begin{aligned} X_g &= f \cdot \left(\frac{r_{11}x_i + r_{12}y_i + r_{13}z_i}{Z_p} \right) \\ Y_g &= f \cdot \left(\frac{r_{21}x_i + r_{22}y_i + r_{23}z_i}{Z_p} \right) \\ Z_g &= f \cdot \left(\frac{r_{31}x_i + r_{32}y_i + r_{33}z_i}{Z_p} \right) \end{aligned} \quad (9)$$

이된다.

공간 좌표에서 카메라좌표로의 병진 성분은

$$\begin{aligned} T_x &= f \cdot X_g \cdot \frac{L_w}{L_i} \\ T_y &= f \cdot Y_g \cdot \frac{L_w}{L_i} \\ T_z &= f \cdot \frac{L_w}{L_i} \end{aligned} \quad (10)$$

과 같이 되고,

여기서 L_w 은 영상의 도로 폭을 나타낸다.

L_i 은 공간상의 도로 폭을 나타낸다.

3.2 무한 원점을 이용한 주행방향추정

자동차의 진행방향을 결정하는 자세각을 추정하기

위하여 무한원점의 원리를 이용한다. 무한원점을 추정하기 위하여 공간상의 두직선을 필요로 한다.

차선 검색에서 추정된 영상면상의 직선들을 이용하여 무한 원점을 추정한다. 그에 따른 관계식은

$$y = mx + b \quad (11)$$

$$m = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}, \quad b = \frac{\sum y_i - m \sum x_i}{n}$$

- (12)로 표현된다.

주행하는 평탄도로에서는 좌·우차선에 의한 평행한 직선을 얻을 수 있다. 평행한 좌·우차선을 카메라의 영상면상에 투영시키면 투영된 차선의 연장선은 어느 한 점에서 교차하는 무한 원점을 얻을 수 있어 자세각을 추정할 수 있다. 영상면상에서 무한원점을 (v_x, v_y)라 하면 3차원 공간상의 차선 방향 벡터는 (v_x, v_y)로 구할 수 있다. 자동차의 진행방향을 결정하는 자세각 Ψ 는 영상 처리시간 T의 간격을 가지는 영상시스템으로부터 연속적으로 입력되는 영상면상의 무한 원점들의 내적관계로

$$\Psi_n = \cos^{-1} \frac{v_{xn}v_{xn-1} + v_{yn}v_{yn-1}}{\sqrt{v_{xn}^2 + v_{yn}^2} \sqrt{v_{xn-1}^2 + v_{yn-1}^2}} \quad (13)$$

나타낼 수 있다.

3.4 주행방향에 의한 위치 검출

측정된 기준점에서 높이 성분에 해당하는 Z_g 성분은 일정하다고 보고 자세각 Ψ 를 이용하여 초기값에서 다음 위치를 측정할 수 있다.

$$\begin{aligned} A &= (X_{g1}, Y_{g1}) = (O_x + OA \cos \Psi_1, O_y + OA \sin \Psi_1) \\ B &= (X_{g2}, Y_{g2}) = (X_{g1} + AB \cos \Psi_2, Y_{g1} + AB \sin \Psi_2) \end{aligned}$$

- (14) 여기서 A,B는 자동차의 주행 궤적이다.

III. 알고리즘

주행시 수신되지 않을 때 카메라에 의해 GPS 데이터를 보완하는 알고리즘에 대해 설명한다.

그림 5는 알고리즘의 순서도를 나타낸 것이다.

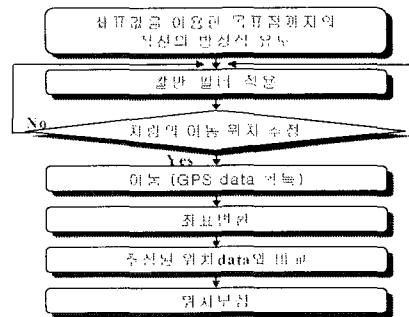


그림 5 오차 보정 알고리즘

차량의 상태를 예측하고, 그 예측 값을 이용해서 최적의 추정값을 구해낸다. 좌표값을 이용한 목표점까지의 직선의 방정식을 유도하고 칼만 필터를 적용하여 차량의 이동 위치를 추정하게 된다. 차량이 이동 함으로서 GPS데이터 값을 얻게되고 그 값을 좌표 변환하여 추정된 위치 데이터와 비교하게 되고 위치를 보정하게 된다.

IV. 실험 및 결과

4.1 실험의 조건 및 구성

전북대학교 교내 직선도로에서 시속 20Km/h로 100m의 거리에서 실험 하였고, 시스템의 구성은 기준국과 이동국을 설치하여 실험 하였다. 표 1은 기준국의 사양을 나타낸 것이고 표 2는 이동국 사양을 나타내고 있다.

제품	품명
PWRPAK-II-3151R	12channel L1 C/A code, upgradeable to dual frequency models
PWR	6V battery
GPS-501	Antenna
GPS-A032	Choke ring
GPS-C031	Reference Antenna cable

표 1. 기준국 사양

제품	품명
PROPAK-II-RT20S	12channel L1 C/A code, upgradeable to dual frequency models
PWR	6V battery
GPS-531	Kinematiac Antenna
GPS-C006	Antenna

표 2. 이동국 사양

위 시스템은 NOVATEL사의 Millennium GPS Card로서 소프트웨어를 이용하여 DGPS 정보를 얻기 위한 하드웨어 구성품목을 표로 나타내었다.

4.2 실험 결과

그림 6은 알고리즘 적용 전의 GPS데이터에 의한 차량의 이동을 나타낸 그림이고 그림 7은 알고리즘 적용 후의 GPS데이터에 의한 차량의 이동을 나타낸 그림이다. 그림 6에서와 같이 주행시 수신된 데이터는 많은 오차와 불수신된 부분이 존재한다. 그림6-(b)는 제안하는 알고리즘에 적용하였을때의 보정된 GPS 데이터 값을 나타낸 것이다.

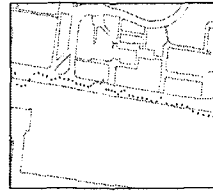


그림6-(a) GPS데이터 알고리즘 적용 전

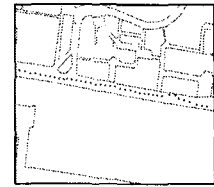


그림6-(b)GPS데이터 알고리즘 적용 후

오차와 불수신 영역이 사라졌음을 볼수 있다.

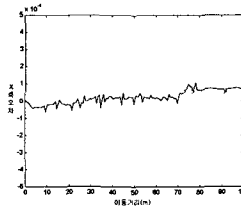


그림 7 보정후 차량의 X축 오차

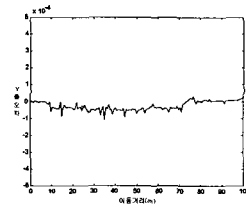


그림 8 보정후 차량의 Y축 오차

그림 8은 차량이 곡선이나 직선에서의 DGPS와 비전 시스템의 x축 오차 보정을 나타낸 것이고 그림 9는 차량이 곡선이나 직선에서의 DGPS와 비전 시스템의 y축의 오차 보정을 나타낸 것이다.

V. 결론

본 논문에서는 비전 시스템의 좌표를 DGPS 데이터로 변환하는 좌표 변환을 설명 하였다. 이를 이용하여 자율 주행시 카메라 좌표를 통한 주행 방향을 추정하여 GPS의 데이터 보완할 수 있는 알고리즘을 제안 하였다. 직선상에서나 곡선부에서 카메라 좌표를 GPS 좌표로 변환 하였다. 비전 시스템과 DGPS의 오차에 대한 보정이 완전하게 이루어지도록 하는 연구가 추가 되어야 할것으로 본다.

참고문헌(또는 Reference)

- [1] Tom Logsdon, The NAVSTAR Global Positioning System, VAN NOSTRAND REINHOLD
- [2] Ching-Fang Lin, Morden Navigation Guidance and Control Processing, Prentice Hall, pp.217-220,1991.
- [3] Gilbert Strang and Kai Borre, Linear Algebra, Geodesy, And GPS, pp.467~470
- [4] 권혁대, "GPS와 CCD를 이용한 이동체의 위치 검출에 관한 연구", 전북대학교석사학위논문, 2001.