순차영상에서 투영변환과 KLT추적을 이용한 이동 카메라의 위치 및 방향 산출

장 효 종[†] · 차 정 희[††] · 김 계 영[†††]

요 약

이동차량 혹은 이동로봇의 자율 주행에 있어서 주변 환경의 인식을 통하여 산출되는 자기위치확인은 가장 핵심적인 요소이다. 일반적으로 GPS나 INS를 통합하여 이동차량 혹은 이동로봇에 장착된 카메라의 위치와 방향을 얻을 수 있지만, 이 경우 정확한 자기위치인식을 위해서는 충분한 지상 기준점을 이용해야만 한다. 본 연구에서는 기존의 호모그래피 방법이 2차원 특징점의 상관관계를 이용하는 것과는 다르게 GPS와 INS 입력값을 이용하여 이전 시점 영상과 중첩된 3차원 모델로부터 얻어진 3차원 좌표를 투영 변환함으로써 예측한 위치와 현재 시점 영상으로부터 KLT 추적방법을 사용하여 산출된 대응 특징점의 위치 사이의 관계로부터 카메라의 위치와 방향을 산출하는 방법을 제안한다. 제안하는 방법의 성능을 평가하기 위해 무선으로 운행되는 간이실험장치 내에 CCD카메라, GPS, INS 등을 장착하였으며, 영상은 15Hz의 프레임율로 획득한 비디오시퀀스를 사용하여 실시간으로 카메라 위치와 방향을 산출하는 실험을 수행하였다.

키워드 : 자기위치인식, 투영변환, KLT 추적, 위성항법장치, 관성항법장치, 실시간 보정

A Moving Camera Localization using Perspective Transform and Klt Tracking in Sequence Images

Hyo-Jong Jang[†] · Jeong-Hee Cha[††] · Gye-Young Kim[†††]

ABSTRACT

In autonomous navigation of a mobile vehicle or a mobile robot, localization calculated from recognizing its environment is most important factor. Generally, we can determine position and pose of a camera equipped mobile vehicle or mobile robot using INS and GPS but, in this case, we must use enough known ground landmark for accurate localization. In contrast with homography method to calculate position and pose of a camera by only using the relation of two dimensional feature point between two frames, in this paper, we propose a method to calculate the position and the pose of a camera using relation between the location to predict through perspective transform of 3D feature points obtained by overlaying 3D model with a previous frame using GPS and INS input and the location of corresponding feature point calculated using KLT tracking method in current frame. For the purpose of the performance evaluation, we use wireless-controlled vehicle mounted CCD camera, GPS and INS, and performed the test to calculate the location and the rotation angle of the camera with the video sequence stream obtained at 15Hz frame rate.

Key Words : Localization, Perspective Transform, KLT Tracking, GPS, INS, Real time Calibration

1. 서 론

자율이동차량(Autonomous Mobile vehicle)이 사용자에 의해 주어지는 각종 작업들을 수행하기 위해서는 현재 차량 자신이 어디에 있는지, 그리고 주위의 환경은 어떻게 이루어져 있는지 알아야한다. SLAM(Simultaneous Localization and Mapping)은 현재 로봇이 있는 환경 지도(map)를 기반으로 특징을 구축하고 이 지도를 사용하여 동시에 로봇의 위치 추정 값을 얻는 과정이라고 할 수 있다. 자율 로봇, 차량 혹은 사용자의 현재 위치정보는 로봇이 처한 상황, 혹은 사용자가 하고자 하는 작업을 인식할 수 있는 가장 중요한 실마리를 제공하는 정보로, 현재까지 위치를 알아내는 많은 방법들에 대한 연구가 진행되어 왔는데, 크게 맵 기반 위치인식(map-based positioning)방법과 비전기반 위치인식(vision-based positioning)방법으로 나누어진다.

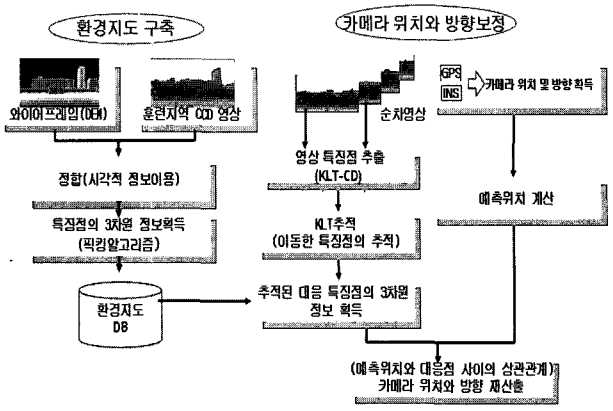
맵 매칭이라고 알려진 맵 기반 위치인식은 센서를 사용하

※ 본 연구는 서울시 산학연 협력사업(10581cooperateOrg93112)의 지원으로 수행되었음.
† 정 회 원 : SFA DSP설비연구소 선임연구원
†† 준 회 원 : 숭실대학교 정보미디어기술연구소 전문연구원
††† 종신회원 : 숭실대학교 컴퓨터학부 부교수
논문접수 : 2006년 9월 14일, 심사완료 : 2007년 2월 28일

여 주변 환경 지도를 생성하는 기술로, 생성된 주변지도(local map)가 이미 메모리에 저장된 전체지도(global map)와 비교 되어, 정합이 되면 실제위치와 각도를 계산할 수 있게 된다.[1][2] 맵 기반 위치인식의 주된 장점은 환경을 재구성하는 것 없이 위치정보를 확인하기 위해 본래 구성된 환경 구조물을 사용하고, 외부 환경의 갱신된 지도를 생성한다는 점이다. 단점은 최적 탐색을 위해서는 특수한 필수조건이 있어야 한다는 것이다. 즉, 정합 단계에서 쉽게 구분되는 특징들이 있어야 한다는 것이고 충분한 정확성 획득을 위해 많은 데이터처리가 요구되므로 빠르게 처리 할 수 있는 시스템 사용이 필수적이다[3].

비전 기반 위치인식방법이 맵 기반 위치인식방법과 다른 점은 초음파나 추측항법, 관성센서를 사용하는 대신 광학센서를 이용한다는 것이다. 이 방법은 환경적 특징을 미리 알고 있다는 가정 하에서 이루어지는 방법이다. 따라서 관측되어진 장면은 표현되기 쉽고 추후에 비교하기 쉬운 특징들로 단순화되어야 하는데, 비전 센서를 통해 환경에 대한 많은 정보가 제공되지만 인식에 필요한 시각적인 특징들의 추출은 쉽지 않은 작업이다. 이 방법은 관측된 장면 그 자체를 데이터베이스에 저장, 비교하는 정적인 분석(static analysis)과 연속적인 장면의 차이에 의한 차등적인 분석(differential analysis) 두 가지 방법이 있다[4][5]. 비전기반 위치인식의 장점은 위치 인식이 거리나 각도와 같은 지리적인 특징을 필요로 하지 않고 수동적인 관측만을 이용해서도 가능하다는 것이다. 단점으로는 위에서 언급했듯이 인식하고자 하는 위치에서의 장면이나 특징을 시스템이 미리 알고 있어야 한다는 것이다. 이는 환경이 변화했을 경우엔 시스템에 저장되어 있는 데이터베이스를 다시 구축해야 하는 문제가 있다. 환경 표현방법은 점이나 선 같은 매우 간단한 특징점의 형태로 주어지기도 하고 좀 더 복잡한 패턴, 3차원 환경이나 모델과 같은 형태로 주어지기도 한다[6][7]. 이러한 비전기반 기술들은 측정 장치들이 가진 오차 보정을 위해 추측항법이나 관성센서, 초음파나 레이저기반 센서들과 센서 퓨전을 통해 연결되어지면 훨씬 정확한 위치인식이 가능하다[8].

본 논문에서는 전차에 장착되어 있는 CCD카메라의 입력영상에 가상의 목표물을 전시하여 현실감 있는 모의훈련이 가능하도록 훈련 모델을 개발함에 있어서, 입력영상 내의 정확한 위치에 가상의 목표물이 전시되도록 카메라의 위치 및 방향을 보정하는 새로운 방법을 제안한다. 카메라의 위치 및 방향은 GPS(Global Positioning System:위성항법장치)와 INS(Inertial Navigation System:관성항법장치)를 통하여 측정되지만, 센서가 가지고 있는 오차로 인하여 정확한 카메라의 위치 및 방향을 보정하기 위해서는 충분한 지상기준점을 사용해야한다. 본 논문에서는 지상기준점 없이 GPS와 INS의 수치를 입력값으로 사용하여 투영변환을 통해 예측된 위치와 KLT(Kanade-Lucas-Tomasi) 추적을 통해 계산된 초기 특징점의 위치 사이의 관계로부터 카메라의 위치와 방향을 보정하는 방법을 제안한다. (그림 1)은 제안하는 시스템의 개요도이다.



(그림 1) 전체 시스템 개요도

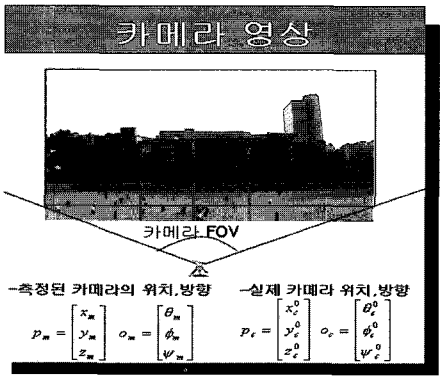
본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2절에서는 코너점의 3차원 정보를 획득하는 과정과 특징점 추출, 투영변환에 대해서 서술하고 제 3절에서는 KLT 추적에 대하여 서술한다. 4절에서는 2절과 3절의 결과로부터 카메라 위치와 방향을 보정하는 방법을 서술한다. 마지막으로 5절에서는 실험 결과에 대해서 그리고 6절에서는 결론 및 향후 연구에 대하여 서술한다.

2. 환경 지도 작성

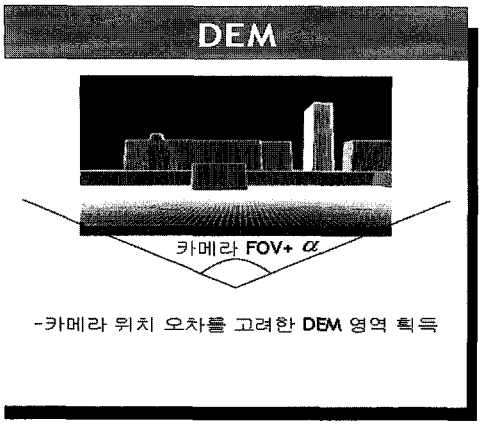
2.1 3차원 정보 획득

이 절에서는 본 논문에서 제안하고 있는 투영변환의 입력으로 사용될 특징점의 3차원 정보 획득 과정에 대하여 기술한다.

GPS와 INS로부터 획득된 카메라의 초기 위치와 방향은 오차를 포함하고 있다. 따라서 (그림 2)와 같은 카메라 시야각(Field Of View) 안에 위치한 영상의 2차원 특징점이 3차원 공간의 어느 위치에 있는지를 알아내기 위해서 초기 위치와 방향값을 기준으로 센서오차를 고려한 3차원 DEM (Digital Elevation Map) 영역을 (그림 3)과 같이 획득한다. 사용된 DEM은 실험지역을 300M×300M로 제한하여 1M 간격마다 위치 및 고도정보를 가진 3차원 지형정보이다.



(그림 2) 실험장치의 CCD카메라 영상



(그림 3) 오차를 고려해 획득된 DEM 모델

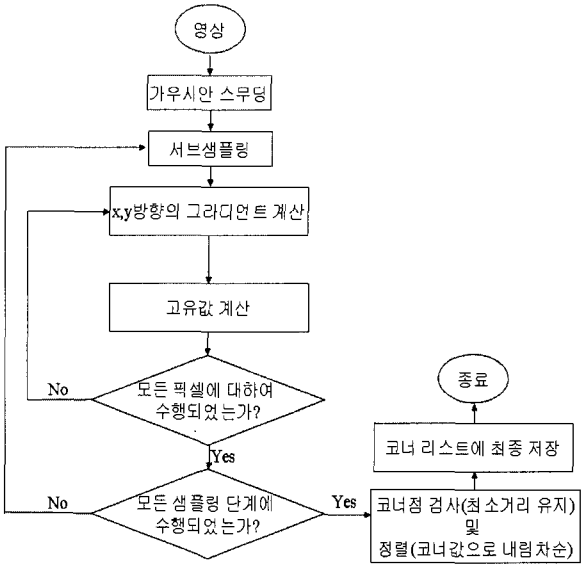
위에서 획득된 DEM을 센서영상위에 오버레이시켰을 때 정합여부를 확인할 수 있도록 DEM 데이터를 읽어 이를 (그림 4)와 같이 사각형의 정점으로 이루어진 메쉬(mesh)구조의 와이어프레임(wireframe)으로 생성(a)하고, 이것을 센서영상에 오버레이하여 영상의 상. 하. 좌. 우로 이동하여 정합을 시도(b)(c), 오차범위를 줄인다.

이처럼 시각적인 정보를 이용하여 센서영상과 와이어프레임 사이의 오차를 보정한 후에는 센서영상의 각 특징점의 3차원 위치를 얻어 이를 저장하기 위해서 3차원 그래픽스 기법 중에 잘 알려진 픽킹(picking) 기법을 사용한다.

2.2 특징점의 추출

특징점의 추적과 정합을 위해서 가장 중요한 요소는 두드러지면서도 환경변화에 강건한 특징점의 추출이다. 본 논문에서는 Tomasi , Kanade[9]의 코너 추출 방법과 Harris[10]의 코너 응답 함수를 기반으로 하여 특징점을 추출하였으며 추출 과정은 (그림 5)와 같다.

먼저 영상에 대하여 가우시안 스무딩을 수행함으로써 잡음을 제거한 후 영상을 서브샘플링하여 특징점 추출시 속도를 향상시켜 순차영상의 실시간 처리가 가능하도록 한다. 각 샘플링 레벨에서는 13화소×13화소의 크기를 갖는 윈도우 내에서 x,y 방향의 미분행렬을 계산하고 각 행렬의 고유값을 계산한다. 이를 수식으로 나타내면 다음과 같다.



(그림 5) 코너점 추출

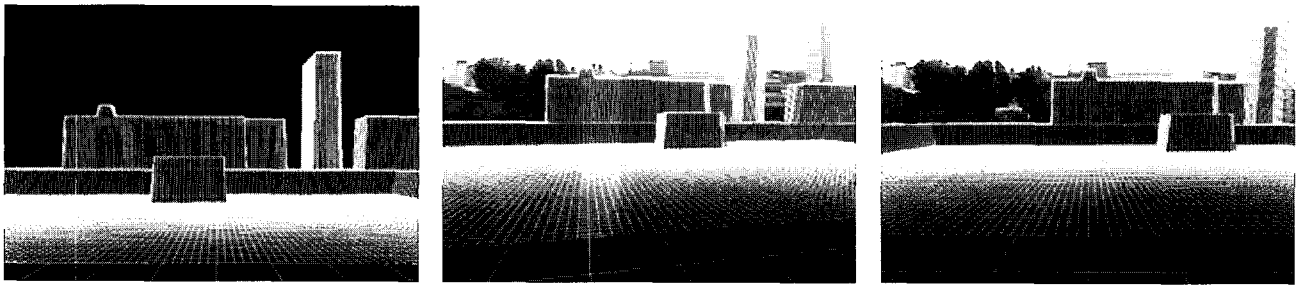
$$g = \begin{bmatrix} g_x \\ g_y \end{bmatrix} = \nabla I \qquad \text{식(1)}$$

위 식(1)은 영상의 미분을 나타내며 이로부터 식(2)와 같은 2×2 매트릭스를 구할 수 있다.

$$gg^T = \begin{bmatrix} \frac{\delta(I)}{\delta x} \\ \frac{\delta(I)}{\delta y} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{\delta(I)}{\delta x} & \frac{\delta(I)}{\delta y} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} g_x^2 & g_x g_y \\ g_x g_y & g_y^2 \end{bmatrix} \qquad \text{식(2)}$$

위와 같이 구성된 매트릭스를 사용하여 윈도우 영역 W에 대하여 다음과 같은 누적행렬 Z를 구한다.

$$Z = \iint_W \begin{bmatrix} g_x^2 & g_x g_y \\ g_z g_y & g_y^2 \end{bmatrix} \omega dv \qquad \text{식(3)}$$



(a)와이어프레임(wireframe) (b)방향이 잘못된 경우 (c)바른 방향으로 이동한 경우

(그림 4) 영상+와이어프레임(DEM)을 이용한 오차 보정

위 식(3)에서 Z는 영역 W의 텍스쳐 정보를 포함하고 있으며, υ=(x,y), ω는 윈도우에 대한 가중치를 나타낸다. 식(3)으로부터 두 개의 고유값(eigenvalue)인 λ_1, λ_2을 얻을 수 있으며, 적절한 코너점을 선택하기 위하여 다음과 같은 해리스의 코너 응답함수를 사용한다.

$$R = \lambda_1\lambda_2 - k(\lambda_1 + \lambda_2)^2 \qquad \text{식(4)}$$

실험에서 k는 많이 알려진 바와 같이 0.04를 사용하였고 코너점을 결정하기 위한 R값의 기준은 1을 사용하였다.[10]

2.3. 투영변환(Perspective Transform)을 이용한 특징점의 예측

CCD 카메라를 통해 획득되는 영상으로부터 특징점을 추출하고 이를 정합하여 카메라의 3차원 위치를 정확히 재산출하기 위해서는 영상좌표계와 실세계좌표계간의 관계를 정확히 규정해야한다. 본 논문에서는 Haralick의 핀-홀 모델에 기초한 투영변환 모델을 통해 이를 해결하였다. 따라서, 3차원 공간상의 한 점에 대하여 (X,Y,Z)좌표계에서의 위치와 (X′,Y′,Z′)좌표계에서의 위치 간의 관계는 다음 식에 의하여 정의될 수 있다.[11]

$$\begin{bmatrix} X' \\ Y' \\ Z' \end{bmatrix} = R \cdot \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} cos(\theta) & sin(\theta) & 0 \\ -cos(\phi)sin(\theta) & cos(\phi)sin(\theta) & sin(\phi) \\ sin(\phi)sin(\theta) & -sin(\phi)cos(\theta) & cos(\phi) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} \qquad \text{식(5)}$$

이제, 상하각 및 좌우각이 0인 (X′,Y′,Z′)좌표계와 영상 좌표계(x,z) 간의 변환관계를 고려하게 된다. 핀-홀 모델의 기초한 원근 변환에 의하여 다음과 같은 식을 유도할 수 있다.

$$x = f\frac{X'}{Y'} = f\frac{Xcos(\theta) + Ysin(\theta)}{-Xcos(\phi)sin(\theta) + Ycos(\phi)cos(\theta) + Zsin(\phi)}$$
$$z = f\frac{Z'}{Y'} = f\frac{Xsin(\phi)sin(\theta) - Ysin(\phi)cos(\theta) + Zcos(\phi)}{-Xcos(\phi)sin(\theta) + Ycos(\phi)cos(\theta) + Zsin(\phi)} \qquad \text{식(6)}$$

위의 식은 경사각을 고려하지 않은 (X,Y,Z)좌표계와 (x,z) 좌표계의 변환관계를 보여준다. 이제 영상 좌표계(x,z)와 실세계 좌표계(X,Y,Z) 간의 경사각 Ψ을 고려하면, (X,Y,Z)공간상에 위치한 한 점(X,Y,Z)은 영상 좌표계에 다음 식과 같이 투영된다.

$$\begin{bmatrix} x' \\ z' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} cos(\psi) & sin(\psi) \\ -sin(\psi) & cos(\psi) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ z \end{bmatrix} \qquad \text{식(7)}$$

3. KLT 추적을 이용한 특징점의 추적

CCD영상으로부터 특징점을 추출한 후에 GPS와 INS로부터 입력된 카메라 위치와 방향의 변화량을 적용하여 위에서 설명한 투영변환을 거치면 이동 후의 특징점의 위치를 예측할 수 있다. GPS와 INS가 오차가 없다면 예측된 위치와 원영상에서 이동되어있는 특징점의 위치는 동일해야만 한다. 하지만 GPS와 INS의 정보는 오차가 존재하고 카메라의 위치와 방향이 실시간으로 변화하므로 시간이 지날수록 오차는 누적되어 실제 값과는 큰 차이를 가지게 된다. 따라서, 본 논문에서는 GPS와 INS의 입력값을 통해 예측된 특징점의 위치와 영상에서 실제로 변화하는 특징점의 위치를 추적하여 두 점들 간의 상관관계를 통해 GPS와 INS의 오차를 보정하고자 한다.

순차영상에서 변화하는 특징점의 위치를 추적하기 위하여 Tomasi와 Kanade가 제안한 뉴튼랩슨(Newton Rapson)방법에 기반한 KLT 특징점 추적방법을 사용한다[9]. 카메라가 움직임에 따라 영상의 명암도 패턴은 복잡한 방향으로 변화한다. 이때, 순차영상에서 시점 t와 t+τ에서의 점(x,y)의 명암값은 다음의 관계로 나타낼 수 있다.

$$I(x, y, t+\tau) = I(x - \Delta x, y - \Delta y, t) \qquad \text{식(8)}$$

여기서, 두 순차영상 사이의 변위 d는 $(\Delta x, \Delta y)$로 나타낼 수 있다. 결국 변위 d를 계산함으로서 t시점의 점의 위치로부터 t+τ시점의 위치를 알아낼 수 있다. 최종적으로 식(8)로부터 KLT 추적 방정식으로 잘 알려져 있는 식(9), 식(10)을 유도할 수 있다.

$$\left(\iint_W gg^T \omega A_r\right) d = \iint_W [A(\upsilon) - B(\upsilon)]\, g\omega dA_r \qquad \text{식(9)}$$

$$Zd = e \qquad \text{식(10)}$$

여기서, Z는 식(2)와 같고, e는 두 윈도우의 w영역 내의 명암값의 차의 합으로 구할 수 있다. 따라서, 이 방정식을 풀면 최종적으로 변위 d를 구할 수 있다.

4. 카메라 위치와 방향 보정

초기 시작 영상으로부터 코너점을 추출하고 추출된 코너점을 실시간으로 입력되는 GPS, INS값을 이용하여 투영변환한 결과는 순차영상에서 KLT 추적 방법을 통해 추적된 결과와 정합시킨다. 본 논문에서 제안하는 방법은 기존의 방법이 이전 시점과 현재 시점의 대응하는 2차원 특징점 간의 관계를 이용하여 카메라 위치 및 방향을 계산하는 것과는 다르게 DEM과 CCD영상과의 중첩을 통하여 얻어진 특징점의 3차원 정보를 이용함으로써 보다 정확한 카메라 위치 및 방향을 산출하고자 한다.

3차원 정보는 이전 시점의 특징점의 2차원 좌표와 함께 투영변환의 입력으로 사용되며, 투영변환을 통해 현재 시점의 특징점의 위치를 예측하는 데 사용된다. 이렇게 예측된

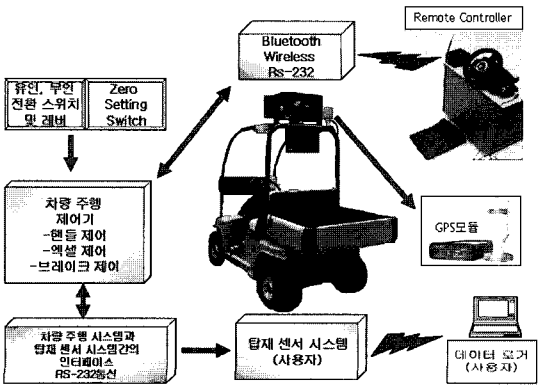
특징점의 위치는 현재 시점의 추적된 대응점의 위치와의 정합을 위해 사용한다. 정합에 사용되는 특징점의 개수는 최소 3개 이상이어야 하는데, 이는 서로 다른 두 좌표계에 표시되는 동일한 점에 대한 측정을 통해 두 좌표계 간의 관계를 계산할 때에, 유일한 하나의 측정값을 가지려면 두 좌표계에서 측정된 3개 이상의 점이 필요하다는 이론에 의한 것이다.[12] 정확도의 향상을 위해서 특징점의 개수를 증가시킬 수 있지만 학습모델의 개수가 증가되면 계산량이 늘어나 실시간 처리가 어려워지므로 실험을 통하여 적절한 개수를 사용하였으며 본 연구에서는 특징점 개수를 10개로 하였다. 투영변환을 통하여 특징점의 위치가 예측되고 순차영상으로부터 특징점이 추적되면 식(11)에 의하여 정합되는 특징점 사이의 변위 차의 총합을 최소로 하는 카메라의 위치와 방향을 재산출 하게 된다.

$$\underset{\Delta x, \Delta y, \Delta z, \Delta\theta, \Delta\phi, \Delta\psi \pm \alpha}{\operatorname{argmin}} \left(\sum_{i=1}^{n} \sqrt{(x_p^i - x_t^i)^2 + (y_p^i - y_t^i)^2} \right) \quad \text{식(11)}$$

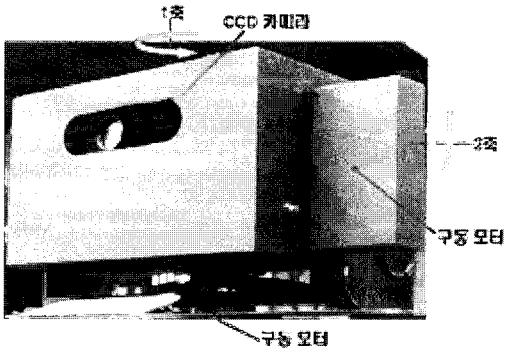
여기서, x_t^i, y_t^i는 추적된 특징점의 위치이고 x_p^i, y_p^j는 예측된 특징점의 위치이다. 따라서 식(15)에 의하여 특징점의 추적된 위치와 예측된 위치 사이의 총합이 최소가 되도록 카메라의 위치(x, y, z)와 방향(θ, ϕ, ψ)을 결정한다.

5. 실험 결과

제안하는 방법의 성능을 평가하기 위하여 무선으로 운행하는 간이실험장치내에 GPS와 INS, CCD 카메라를 장착하였으며, CCD 카메라로부터 15Hz의 프레임률로 영상을 획득하여 실시간으로 카메라 위치와 방향을 보정하는 실험을 수행하였다. (그림 6)과 (그림 7)은 블루투스 통신으로 무선 운행이 가능하도록 설계된 간이실험장치와 카메라 구동부를 나타내는 그림이다. 간이실험장치의 상부에는 구동모터를 사용하여 CCD 카메라의 세밀한 각도조절이 가능하도록 하였다. GPS는 오차범위 1m의 성능을 보유하고 있으나 실제 실험에서



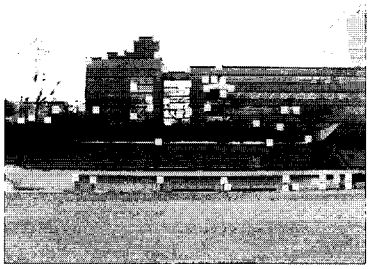
(그림 6) 간이 실험장치 구조



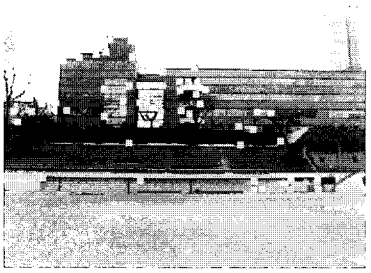
(그림 7) 카메라 구동장치

는 2~3m의 오차 성능을 보여주는 것으로 나타났다. INS는 ±1°의 오차범위를 가지고 있다. CCD 카메라의 구동장치는 수평회전과 상하회전의 두 축으로 움직이며 각도는 0.01도 단위까지 세밀한 조절이 가능하도록 되어있다.

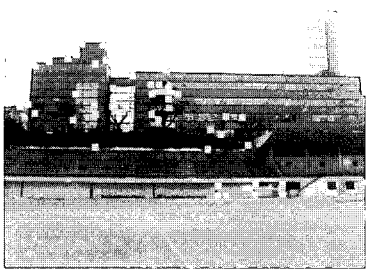
(그림 8)는 실시간으로 입력된 영상 프레임 중에서 1번, 75번 150번 프레임에서의 코너점 추출결과이다. 코너점의 판별은 식(4)에 의해 코너 응답값이 큰 순서로 정렬하여 리스트에 저장하고 카메라 위치와 방향을 보정하는 데에는 추출한 전체 코너점들 중에서 코너 응답값이 높은 강건한 상위 10개의 특징점만을 사용하였다.



(a) Frame No.1



(b) Frame No.75



(c)Frame No.150

(그림 8) 코너점 추출 결과

〈표 1〉 프레임별 코너점 개수 및 유효 코너점 개수와 에러율

FN	TFP	VFP	DFP	ER	FN	TFP	VFP	DFP	ER
1	90	10	0	0	240	50	9	1	0
15	90	10	0	0	255	50	9	1	0
30	85	10	0	0	270	50	9	1	0
45	85	10	0	0	285	45	9	1	0
60	80	10	0	0	300	45	9	1	0
75	75	10	0	0	315	45	9	1	0
90	75	10	0	0	330	45	8	2	0
105	65	10	0	0	345	45	8	2	0
120	60	10	0	0	360	45	8	2	0
135	58	10	0	0	375	45	8	2	0
150	56	9	1	0	390	45	8	2	0
165	56	9	1	0	405	45	8	2	0
180	56	9	1	0	420	45	8	2	0
195	56	9	1	0	435	45	8	2	0
210	52	9	1	0	450	45	8	2	0
225	50	9	1	0					

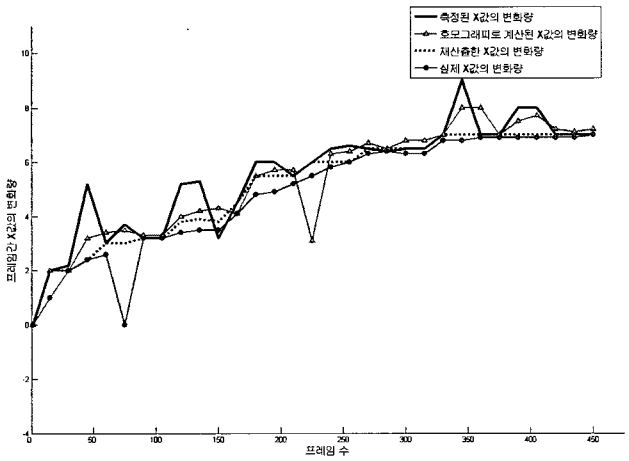
FN : 프레임 넘버, TFP:추출한 전체 코너점 개수, VFP:유효 코너점개수
DFP : 유효 코너점 중 추적을 실패한 코너점의 개수, ER:잘못 추적된 코너점의 개수

<표 1>은 30초 길이의 순차영상으로부터 매초 첫 번째 프레임에서 추출한 코너점 개수와 유효 코너점 개수, 사라진 코너점의 개수와 에러율을 통계적으로 정리한 표이다.

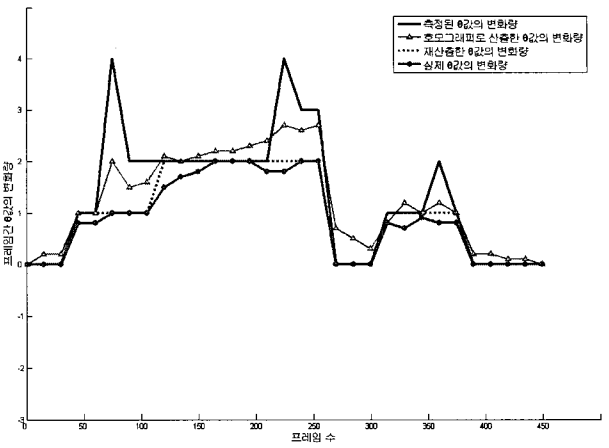
카메라의 위치 및 방향이 변화함에 따라 각 프레임에서 유효코너점이 사라지는 경우가 발생하는데 리스트에서 사라진 수만큼 바로 다음 순위의 코너점을 유효 코너점에 추가하여 카메라 위치 및 방향을 보정하는 데에 사용하였다.

(그림 9)의 각 그래프들은 각 초당 15개 프레임의 측정값과 보정을 통해 재산출된 값이 실제값과 얼만큼 근접해 있는지를 보여주고 있으며, 더불어 기존의 방법인 호모그래피 방법과의 비교를 보여준다[13].

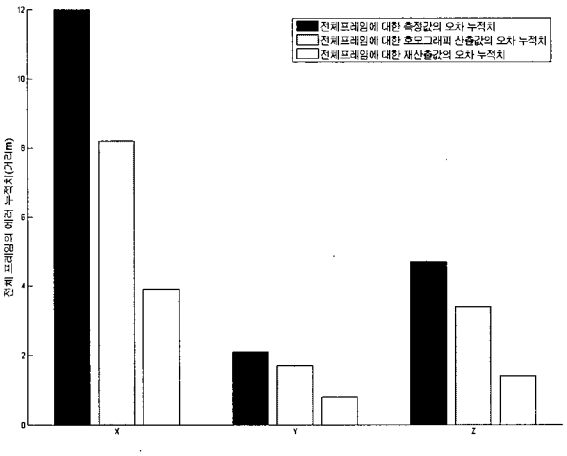
(그림 9)의 (a),(b)는 실시간으로 입력되는 순차영상으로부터 카메라 위치 및 방향을 보정하여 재산출한 결과를 보정 전 측정한 값과 실제값, 그리고 기존 방법인 호모그래피 방법과의 비교를 보여준다. 실험 결과 x위치로의 변화량과 좌우각의 변화량에 있어서 제안한 방법으로 재산출한 값이 실제 값과 가장 유사한 결과를 보여줌을 알 수 있다. (c),(d)



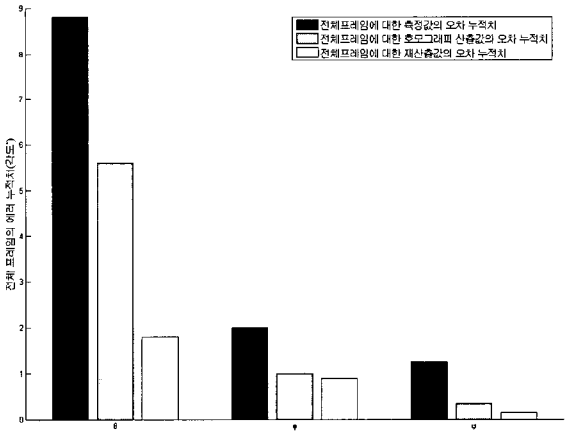
(a) 프레임간 x값의 변화량



(b) 프레임간 Θ값의 변화량 비교



(c) 에러 누적치 비교(거리m)



(d) 에러 누적치 비교(각도°)

(그림 9) 카메라 위치 및 방향 보정 결과

는 측정된 카메라 위치 및 방향값, 보정 후의 재산출한 카메라 위치 및 방향값, 그리고 호모그래피 방법으로 산출된 카메라 위치 및 방향값과 실제값과의 오차 누적치를 나타낸 그래프이다. 그래프에서 보듯이 시간이 지날수록 오차역시 누적되어 최종적으로는 많은 차이를 보이고 있음을 알 수 있는데, 이는 카메라 위치 및 방향의 실시간 보정이 필수적

임을 알 게 해준다. 위치의 경우 1m 이내의 오차를 보이던 것이 누적되어서 일정 시간 이후에는 최고 약 12m의 누적 오차를 보였으며, 방향의 경우 최고 약 9도까지 누적오차가 발생하였다. 이렇게 발생된 누적오차는 제안한 오차 보정방법을 통해 위치의 경우 12m에서 4m까지 감소하였고 방향의 경우 9도에서 1.8도까지 감소하였다. 또한 오차 누적치의 비교에서도 호모그래피 방법보다 작은 오차 누적치를 보여줌으로써 제안하는 방법이 나음을 보여주고 있다.

6. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 무선으로 운행되는 실험 차량에 장착되어 있는 카메라의 위치 및 방향을 알려진 기상기준점 없이 비전기반의 정합방법으로 보정하는 방법을 제안하였다. 이때 기존의 방법과는 다르게 2차원의 특징점 간의 상관관계가 아닌 3차원 정보를 사용하여 보다 정확한 특징점의 정합을 가능케 하였다. 제안하는 방법은 GPS와 INS로부터 입력된 위치 이동과 자세 변화값을 사용하여 투영변환을 수행함으로써 예측한 위치와 실시간 순차영상으로부터 KLT 추적방법을 사용하여 추적된 특징점의 위치 사이의 관계로부터 카메라의 위치와 방향을 보정한다. 그 결과 GPS와 INS 센서가 가지는 오차를 효과적으로 줄일 수 있었고 더불어 실시간 처리도 가능하였다.

실험과정에서는 입력되는 순차영상이 일정범위 이상의 이동이나 회전이 발생하는 경우 제안한 방법을 사용하여 특징점을 추적하지 못하는 경우가 발생하였는데 따라서 향후에는 주변 환경의 변화에 따라 특징점의 탐색범위를 가변적으로 결정하는 알고리즘의 추가 연구가 필요하며 회전에 강건한 특징점 탐색 방법을 연구할 필요가 있다. 또한 사용된 특징점은 조명에 민감하여 연속되는 프레임 사이에서 갑작스럽게 발생하는 조명 변화에 강건하지 못한 단점이 있는데 이를 보완하기 위하여 조명변화에 강건한 색상공간의 사용 등을 고려할 필요가 있다.

참 고 문 헌

[1] F. Stein and G. Medioni, "Map-based localization using the panoramic horizon", In IEEE International Conference on Robotics and Automation, Nice, France, May 1992.

[2] William B. Thompson, Bonnie H. Bernnett, Karen T. Sutherland, "Geometric Reasoning for Map-based Localization", University of Utah Department of Computer Science Technical Report UUCS-96-006, May, 1996.

[3] W.B. Thompson, H.L.Pick Jr, B.H. Bennet, M.R. Heinrichs, S.L. Savitt, and K. Smith, "Map-based localization: The 'drop-off' problem", Proc, DARPA Image Understanding Workshop, 1990.

[4] William B. Thompson, Thomas C. Henderson, "Vision-Based Localization", Proceedings of the ARPA Image Understanding Workshop, April, 1993.

[5] M.D. Ernst and B.E. Flinchbaugh. "Image/map correspondence using curve matching", AAAI Symposium on Robot Navigation, pp.15-18, March 1989.

[6] R.. Talluri and J.K. Aggarwal, "Image/map correspondence for mobile robot self-location using computer graphics", IEEE Trans. Patt. Anal. Mach. Intel., vol. 15, no. 6, pp. 597-601, 1993.

[7] Christos I. Colis, Panos E. Trahanias, A framework for visual landmark identification based on projective and point-permutation invariant vectors,Robotics and Autonomous Systems 35(2001) 37-51.

[8] Cramer, M.Stallmann, D.Haala, "Direct Georeferencing Using GPS/Inertial Exterior Orientations For Photogrammetric Applications", International Archivers of Photogrammetry and Remote Sensing(2000), Vol. XXXI, Part B3, pp.198-205.

[9] Carlo Tomasi and Takeo Kanade, "Detection and Tracking of Point Features", Carnegie Mellon University Technical Report CMU-CS-91-132, April 1991.

[10] Harris, C. and Stephens, M., "A combined corner and edge detector", In Forth Alvey Vision Conference, Menchester, UK, pp. 147-151, 1988.

[11] Robert M. Haralick, "Determination camera parameters from the perspective projection of a rectangle," Pattern Recognition, Vol. 22, No. 3, pp.225-230, 1989.

[12] Berthold K.P.Horn, Closed-form solution of absolute orientation using unit quaternions, Journal of the Optical Society of America, Vol. 4, April 1987, pp.629-642.

[13] Hartley, R., Zisserman, A., "Multiple View Geometry in Computer Vision," Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2000.

장 효 종

e-mail : ozjhj114@ssu.ac.kr

2001년 2월 숭실대학교 컴퓨터학부 (공학사)

2003년 2월 숭실대학교 대학원 컴퓨터학과(공학석사)

2007년 2월 숭실대학교 대학원 컴퓨터학과 (공학박사)

2007년~현재 SFA DSP설비연구소 선임연구원

관심분야 : 영상처리, 머신비젼, 패턴인식, 영상검색 등

차 정 희

e-mail : pelly@vision.ssu.ac.kr

1983년 2월 숭실대학교 전자계산학과 (공학사)

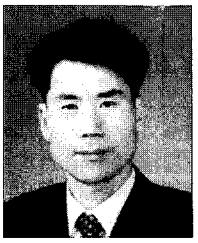
1983~1998 신용보증기금 전산실 근무

2001년 8월 동국대학교 컴퓨터공학과 (공학석사)

2005년 8월 숭실대학교 컴퓨터학과(공학박사)

2006년 6월~현재 숭실대학교 정보미디어기술연구소 전문연구원

관심분야 : 컴퓨터(로봇)비젼, 영상처리, 생체인식, 증강현실, 3D모델링 등



김 계 영

e-mail : gykim11@ssu.ac.kr

1990년 2월 숭실대학교 전자계산학과 (공학사).

1992년 2월 숭실대학교대학원 컴퓨터학과 (공학석사).

1996년 2월 숭실대학교대학원 컴퓨터학과 (공학박사)

1996년 3월~1997년 11월 한국전자통신연구원(Post Doc.).

1997년 12월~2001년 2월 한국전력공사 전력연구원(선임연구원)

2001년 3월~현재 숭실대학교 컴퓨터학부(부교수)

관심분야 : 컴퓨터비전, 형태인식, 생체인식, 증강현실, 영상 및 신호처리 등