한국지능시스템학회 논문지 2010, Vol. 20, No. 1, pp. 60-65

스테레오 비전 기반 이동 로봇의 실시간 지도 작성 기법

Real-Time Mapping of Mobile Robot on Stereo Vision

한철훈 · 심귀보*

Cheol-Hun Han and Kwee-Bo Sim*

중앙대학교 전자전기공학부

요 약

본 논문은 모바일 로봇에 장착된 스테레오 카메라의 영상에서 주변 환경에 대한 지도를 작성하기 위해 특징 검출 및 매칭 그리고 2D 지도 작성의 결과를 기술한다. 영상의 특징을 추출하는 방법은 실시간으로 프로세싱하기 위해서 빠른 연산이 가능한 에지 검출과 차 영상을 이용한 특징을 스테레오 매칭 기법을 통해 상관계수를 구할 수 있다. 이동 로봇의 위치를 추정하기 위해 ZigBee를 이용한 비컨과 로봇에 장착된 엔코더를 칼만 필터를 통해 추정한다. 또한 방위를 측정할 수 있는 자이로 센서를 병합하여 모바일 로봇이 이동하면서 지도를 작성할 수 있게 한다. 이는 이동 로봇의 SLAM 기술과 더불어 지능형 로봇이 인간 생활에서 효과적으로 적용될 수 있는 기반이 될 것이다.

Abstract

This paper describes the results of 2D mapping, feature detection and matching to create the surrounding environment in the mounted stereo camera on Mobile robot. Extract method of image's feature in real-time processing for quick operation uses the edge detection and Sum of Absolute Difference(SAD), stereo matching technique can be obtained through the correlation coefficient. To estimate the location of a mobile robot using ZigBee beacon and encoders mounted on the robot is estimated by Kalman filter. In addition, the merged gyro scope to measure compass is possible to generate map during mobile robot is moving. The Simultaneous Localization and Mapping (SLAM) of mobile robot technology with an intelligent robot can be applied efficiently in human life would be based.

Key Words : 스테레오 비전, 지도 작성, 이미지 매칭, Sum of Absolute Difference(SAD), 위치 인식, Simultaneous Localization and Mapping (SLAM)

1. 서 론

현대 소비 시장은 다양화, 개인화되어 다품종 소량 생산의 요구가 급격히 커지고 있으며 IT 기술의 발전과 맞물려 새로운 서비스에 대한 소비 욕구가 창출되고 있다. 지능형 로봇 산업은 이러한 생산성 저하 문제를 해결하고 다품종 소량 생산, 소비자 친화적인 경제 발전의 동력이 될 것으로 예상된다. 지능형 로봇은 산업 및 인간 생활공간에 배치되어 인터넷, 유무선통신망 등에 기반을 두고 다양한 서비스를 창출할 수 있을 것으로 기대되고 있는데, 이의 구체적인 실현은 인간과 로봇이 공존할 수 있는 지능형 로봇 공간의 구현을 통하여 나타날 것이다. 지능형 로봇 공간은 자율적이고 유연한 지능형 이동성과 로봇 조작 능력의 향상을 위한 지능형 공간이며 사무, 공장, 가정 자동화를 가능하게 해줄 새로운 연구 개발 프레임워크라 할 수 있다.

로봇의 위치를 인식하기 위한 측정 방법에는 먼저 위치 추적을 계산하고 실행하는 모듈에 따라서 클라이언트 기반 방법(client-based design)과 기준 노드 기반 방법으로 나누어진다.[1] 클라이언트 기반 방법은 기준 노드들에서 발신한 신호를 태그와 같은 전파 수신 클라이언트에서 수신하여 클라이언트 자신의 위치를 계산하는 방법이다. GPS가 대표적인 클라이언트 기반 위치 추적 시스템이라 할 수 있다. 무선 랜(WLAN)을 통한 핑거프린팅 방법은 액세스 포인트(AP)에서 클라이언트로 전파를 송신하여 위치를 결정하는 것으로 이 방법도 클라이언트 기반 위치 인식 시스템이라 할 수 있다. 기준 노드 기반 위치 인식 시스템은 태그에서 발신한 신호를 기준 노드에서 수신하여 태그의 위치를 계산한다. 이 방식은 클라이언트로부터 수신된 신호의 강도(strength)나 신호의 방향, 신호의 전파 시간차 등을 이용하여 클라이언트의 위치를 결정한다. 거리 기반 위치 추정 방식은 거리를 측정하여 삼각법(triangulation)에 의하여 위치를 측정한다. 실내 환경에서 적용하기 위한 RFID, laser, sonar, radar, infrared 등 다양한 통신 방식이 이용되어 왔지만 최근의 추세는 Wi-Fi 기반, UWB, ZigBee 등 세 가지 통신 방식을 이용하는 방법들이 빠르게 발전되고 있다.[2][3]

일반적으로 로봇의 SLAM에 사용되는 센서로는 Sonar, Laser 그리고 스테레오 카메라를 이용한다. 지능형 로봇에 사용되는 필수적인 여러 센서들 중 시각센서는 로봇 지각의

접수일자 : 2009년 11월 19일
완료일자 : 2010년 1월 15일
* 교신 저자
감사의 글 : 이 논문은 2009년도 중소기업청 산학연공동기술개발 과제의 연구비 지원으로 수행되었습니다. 연구비 지원에 감사드립니다.

중추적인 역할을 담당한다. 로봇 시장의 확대와 함께 이러한 시각 센서를 기반으로 인간과 로봇과의 자연스러운 상호작용에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며 최근에 학교와 연구소를 중심으로 대상 체의 삼차원 거리 영상 정보를 함께 얻을 수 있는 스테레오 비전 처리 기술 개발이 활발히 진행되고 있다.[4] 따라서 본 논문에서는 스테레오 카메라를 이용하여 실시간으로 거리 정보를 얻기 위해 빠른 연산이 가능한 좌우 영상에 SAD 방법의 차 영상과 에지정보를 이용하여 스테레오 매칭을 수행한다. 또한 본 논문에서는 로봇의 위치를 인식하기 위해 로봇의 기본이 되는 센서로 바퀴 엔코더를 사용한다. 하지만 엔코더의 경우 Kidnapped-robot problem이 발생할 수 있다. 따라서 우리는 ZigBee의 신호의 세기를 관측 데이터로 사용하는 칼만 필터를 적용하여 위치 인식의 성능을 향상 시켰다. 또한 주변 환경에 대한 지도를 작성하기 위해 영상에서 깊이 정보를 얻을 수 있는 스테레오 카메라를 로봇에 장착하여 실시간으로 지도를 작성할 수 있도록 구현하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 이동로봇의 위치 추정을 위한 방법을 알아보고 실험을 위해 구현한 ZigBee 통신 모듈을 소개한다. 3장에서는 스테레오 카메라를 이용한 지도 작성 방법에 대해 기술하며 4장에서 본 논문에 핵심 내용인 로봇을 이용한 SLAM기술에 대해 설명한다. 그리고 5장에서는 제안한 방법의 실험과 결과를 보이고 마지막으로 6장에서 결론을 맺는다.

2. 이동 로봇의 위치 추정

2.1 바퀴 엔코더와 자이로스코프

이동로봇의 주행 거리를 측정하는 기본 센서는 바퀴 엔코더라고 할 수 있다. 또한 자이로스코프는 로봇 진행 방향을 제공하고 Odometry적인 해석과 판단을 향상시킨다. 하지만 엔코더는 바닥과 바퀴간의 미끄러짐, 바퀴의 정렬상태 등의 여러 이유로 비교적 부정확하며, 로봇이 주행함에 따라 오도메트릭 오차(odometric error)가 누적되기 때문에 엔코더 정보만으로는 이동로봇의 정확한 위치를 알 수 없다. 결국 엔코더만으로 SLAM을 수행하는데 있어 오차가 증가하기 때문에 엔코더로 인한 위치오차를 보정하기 위해서 RF통신 방식의 ZigBee의 보조가 필요하며 Encoder와 ZigBee를 이용한 위치 추정의 보정을 위하여 칼만 필터를 사용하였다.

2.2 Beacon을 이용한 위치 추정

본 논문에서 RF 통신 방식의 비컨(Beacon)을 사용하기 위해 라디오펄스사의 ZigBee MG2455 스택을 사용하였다. ZigBee를 이용한 측위망은 기준 노드에서 나오는 전파의 세기와 태그에서 관측된 전파의 강도를 이용하여 삼각법에 의하여 위치를 결정한다. ZigBee 측위망의 주된 목적은 사람이나 사물의 위치를 결정하는 것으로 로봇의 위치는 실시간으로 알려질 수 있다고 가정한다. 사실 로봇의 위치는 StarLITE라 불리는 방법을 이용하여 쉽게 결정할 수 있다.[5] 편의상 로봇에 장착된 태그를 이동형 기준 태그라 칭하고 고정된 태그를 Beacon이라 한다. 이동형 기준 태그는 각각의 Beacon에서 수신된 전파의 강도를 측정하여 삼각측량법으로 위치를 결정한다.

일반적으로 전파 신호 강도의 거리에 따른 강도 변화에 대한 모델은 다음 식과 같다.

$$S_r = \frac{A}{r^a} S_0 \tag{1}$$

식 1에서 A는 비례상수이고 a는 강도의 감쇠를 나타내는 지수, Sr, So는 각각 송신된 신호 및 수신된 신호의 강도를 나타낸다. 일반적으로 이들 상수 A와 a는 환경과 시간에 따라 변화하기 때문에 정확한 값을 찾기는 힘들고, 설령 초기에 정확한 값을 측정하였다 하더라도 시간이 지남에 따라 오차를 가지게 된다. 다음의 그림 1은 본 연구에서 실험에 사용한 라디오펄스사의 RF 모듈이다.

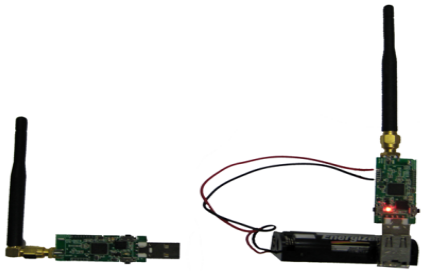

그림 1. 실험에 사용한 ZigBee 모듈
Fig. 1. ZigBee module used experiment

움직이는 클라이언트의 관측 성분에 따른 위치 결정 방법의 대표적인 것으로 수신된 신호의 강도를 이용하는 RSSI를 들을 수 있다. 이 방법은 사물이나 태그 등에 부착된 발신기(transmitter)에서 나온 전파의 강도를 이용하여 전파 강도의 약해진 정도에 따라 센서에서 발신기까지의 거리를 측정한다. 측정된 거리를 이용하여 삼각측량 기법을 통해 현재의 위치를 추정할 수 있다. 즉 이 방법은 다음의 거리와 신호 강도의 관계를 이용한다.

$$I \propto \frac{k}{r^a} \tag{2}$$

위 식은 거리 r과 신호 강도 I의 관계가 비례상수 k와 지수 상수 a의 함수임을 알 수 있다.

다음의 표 1은 실험을 통한 위치인식의 오차를 보여준다. Beacon만을 이용한 위치인식의 경우 평균 오차 거리가 1m 이상으로 위치인식을 위해 보정이 필요함을 알 수 있다.

표 1. x축과 y축에서 위치 오차 및 거리 오차
Table 1. Position and Distance error on x, y-axis

	X(m)	Y(m)	Distance(m)
Average	0.85	0.92	1.04
Variation	0.56	0.38	0.78
Standard Deviation	1.24	1.14	1.21

2.3 칼만 필터

로봇이 자신의 환경에서 위치를 측정하기 위해 사용되는 엔코더와 RF 통신방식의 Beacon은 부정확하고 다양한 장애를 포함하고 있다. 따라서 본 논문에서 위치 보정을 위해서 Kalman Filter(KF)를 사용한다. 칼만 필터는 프로세스의 상태를 추적하기 위해 오차를 최소화하는 방법으로 효율적인 계산 수단을 제공하는 수학 방정식의 집합이다. 칼만 필터는 신호와 잡음의 분리도가 우수하여 순간적인 위치의

점프현상을 방지할 수 있으며 정확한 위치, 속도 및 시간을 안정적으로 검출하는데 사용된다[6]. 칼만 필터 알고리즘은 예측을 위한 시간 갱신 방정식과 측정 갱신 방정식으로 구성되며 표 2와 표 3과 같이 'Time Update' 과정은 시간에 앞서 미리 현재 상태를 예측하는 단계로, 순방향으로 현재 상태 추정결과를 전달한다. 'Measurement Update' 과정은 해당 시간에 실제 측정에 의해 전달된 추정 상태 값들을 조정한다. 칼만 필터를 거쳐 위치보정을 한 후 모바일 로봇의 현재 위치를 Map과 정합시켜 지도상에 로봇의 위치를 인식할 수 있다. 식 3의 이동 모델과 식 4의 관측모델을 갖는 칼만 필터 알고리듬은 기본적으로 다음과 같이 표현된다.

$$\hat{x}_k = A\hat{x}_{k-1} + Bu_k + w_{k-1} \tag{3}$$

$$Z_k = Hx_k + v_k \tag{4}$$

표 2. 칼만 필터 예측 단계
Table 2. Predict step of Kalman Filter

Time Update (Predict)
1. 선형 추정 방정식 $\hat{x}_k = A\hat{x}_{k-1} + Bu_k$ 2. Prior 추적 에러 공분산 방정식 $P_k = AP_{k-1}A^T + Q$

표 3. 칼만 필터 수정 단계
Table 3. Correct step of Kalman Filter

Measurement Update (Correct)
1. Kalman gain 생성 방정식 $K_k = P_kH^T(HP_kH^T + R)^{-1}$ 2. 갱신된 추정값 생성 방정식 $\hat{x}_k = \hat{x}_k + K_k(z_k - H\hat{x}_k)$ 3. Posteriori 추적 에러 공분산 방정식 $P_k = (I - K_kH)P_k$

3. 스테레오 비전 기반 거리지도 작성

3.1 스테레오 비전

본 논문에서 이미지에 대한 거리 정보를 구하기 위해 우리는 스테레오 카메라를 사용하였다. 전처리부에서는 좌우 영상의 독립적인 밝기 조절, 사각형화 등의 기능을 통해 카메라의 왜곡을 최소화함으로써 스테레오 정합의 성능을 향상 시킬 수 있다. 스테레오 영상의 geometry에서 한 쪽 영상의 한 점은 다른 영상에서 라인으로 대응되는데, 이 대응될 수 있는 라인을 epipolar line 이라 한다. 이러한 epipolar 제한 조건을 이용하여 찾고자 하는 대응점을 영상 전체에서 찾는 것이 아니라 epipolar line으로 범위를 한정 시킬 수 있다. 두 개의 카메라로부터의 특정 영역에 대한 특징을 추출하고 만약 그 특징들이 두 이미지에서 나타난다면, 그 둘 사이의 불일치(Disparity)가 그들의 근접성을 계산하는데 사용될 수 있고, 그 정보를 통해 depth 정보를 얻을 수 있다. 스테레오 정합 부는 전처리부에서 처리된 좌우의 영상 입력으로부터 Disparity를 계산하여 이를 밝기 정보로서 나타내어 주는 부분이다.

그림 2. 스테레오 카메라(BumbleBee2)
Fig. 2. Stereo camera(BumbleBee2)

위의 그림 2는 우리가 실험에 사용한 Point Grey Reasearch사의 스테레오 카메라이다. 이미지의 크기는 최대한의 빠른 연산을 위해 320×240의 영상을 사용하였다.

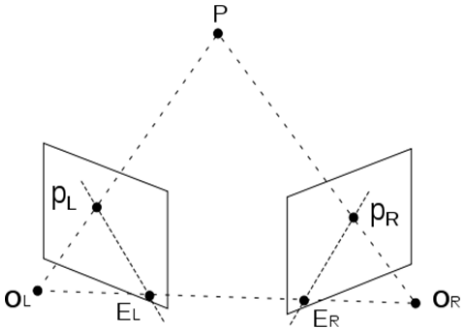

그림 3. Epipolar 라인의 예
Fig. 3. Example of epipolar geometry

위의 그림 3은 스테레오 비전을 이용한 깊이 정보를 얻는 예시를 보여준다. 그림처럼 epipolar plane은 점 X, O_L 그리고 O_R을 기준으로 한다. 두 개의 카메라의 광학적인 점인 O_L과 O_R 그리고 관측된 임의의 점 P. 각각의 이미지에 투영된 점 P는 이미지의 평면상에서 $\overline{P_LE_L}$과 $\overline{P_RE_R}$로 나타내고 이때 점 E_L과 E_R을 epipolar로 표현할 수 있다. 이것은 하나의 이미지에서 각 지점은 다른 이미지에서 해당 지점을 수평으로 하는 선을 따라가 찾을 수 있다는 것을 의미한다고 할 수 있다. 만약 카메라가 이런 방법을 통해 위치를 찾을 수 없다면 카메라의 이미지 좌표를 변환하여 일반화 시킬 필요가 있는데 이것을 Image Rectification이라고 한다[7].

3.2 이미지 정합

스테레오 이미지의 정합(Matching)은 그 자체로 매우 복잡한 문제로써 여러 논문에서 다루고 있는 주제이다. 이동로봇의 주행의 실시간 제어를 위해 주변 환경 지도를 만들 경우 한 번에 완벽한 매칭을 통하여 정확한 맵을 작성할 필요는 없다. 오히려 간단해서 속도가 빠르고 가까운 곳을 비교적 정확한 Matching 알고리즘이 더욱더 유용하다.

본 논문에서는 현재 프레임을 일정한 크기의 블록으로 나누고 시간축상 기준이 되는 프레임(reference frame)에서 각 블록의 부정합(disparity)을 구하기 위한 방법으로 보편적인 블록매칭 알고리즘을 사용한다. 우리는 부정합을 왼쪽의 영상과 오른쪽의 영상에서 동일한 좌표의 특징의 차이로서 구하였다. 그림 4의 두 입력 이미지의 A좌표와 B좌표에서 부정합을 위한 특징 A는 식 5와 같이 정의 할 수 있고 B는 식 6과 같이 정의할 수 있다. 따라서 D(A) > D(B)가

성립한다면 A지점이 B지점보다 더 가까이 있음을 알 수 있다. 이와 같은 방법으로 이미지 부정합을 수식으로 표현하면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$D(A) = x(A_L) - x(A_R) \tag{5}$$

$$D(B) = x(B_L) - x(B_R) \tag{6}$$

$$\min_{d=d_{\min}}^{d_{\max}} \sum_{i=-m/2}^{m/2} \sum_{i=-m/2}^{m/2} |I_R[x+i][y+j] - I_L[x+i+d][y+j]| \tag{7}$$

여기서 $d_{\min}, d_{\max}$는 부정합의 최대 최소값이며 m은 마스크 사이즈이다.

다음의 그림 4는 스테레오 카메라의 두 이미지를 입력받아 차 영상과 에지 정보를 이용하여 이미지의 불일치(disparity)를 구하고 거리 정보를 구한 결과이다. 스테레오 정합 결과 영상에서는 가까운 물체를 밝게 하고, 멀어질수록 어둡게 표시하여 대상의 거리정보를 표현하였다.

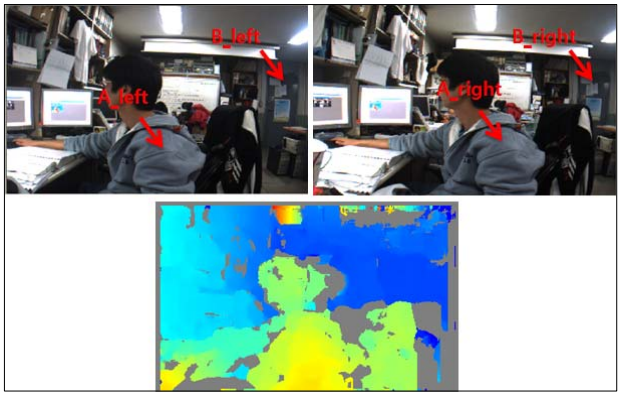

그림 4. 이미지 정합을 통해 얻어진 거리 정보
Fig. 4. Distance data though image matching

4. 동시 위치 측정과 지도 작성

4.1 로봇 이동과 영상의 좌표 변환

스테레오 카메라를 통해 얻어진 거리 정보는 이미지의 크기만큼 전 방향에 대한 직교좌표계의 형태로 표현 된다. 하지만 우리는 삼차원의 지도를 작성하지 않고 이차원의 지도를 작성하기 위해 이를 로봇이 이동하는데 필요한 영역으로 제한시켰으며 지도를 생성하는데 필요한 원통 좌표계로 변환하여 표현하였다. 원통좌표계(cylindrical coordinate system)는 3차원 공간을 나타내기 위해 평면 극좌표계에 평면에서부터의 높이 z을 더해 (r, θ, z)로 이루어지는 좌표계이지만 그림 5와 같이 우리는 z을 생략하여 구성하였다. 또한 실제의 world frame에서의 거리를 지도를 작성하는데 필요한 스케일을 변환하여야 한다. 따라서 우리는 실제의 거리와 생성할 지도의 축척 비를 1:30으로 설정하여 지도를 작성하였다. 다음의 식 8과 식 9는 스테레오 카메라로부터 획득된 거리 좌표를 원통좌표계로 변환하는 수식을 나타내었다.

$$r = depth \tag{8}$$

$$\theta = \tan^{-1}\frac{y}{x} \tag{9}$$

여기서 r은 0보다 크거나 같고 카메라의 화각에 의한 θ의 값은 $0 \le \theta \le \frac{5}{9}\pi$ 이다.

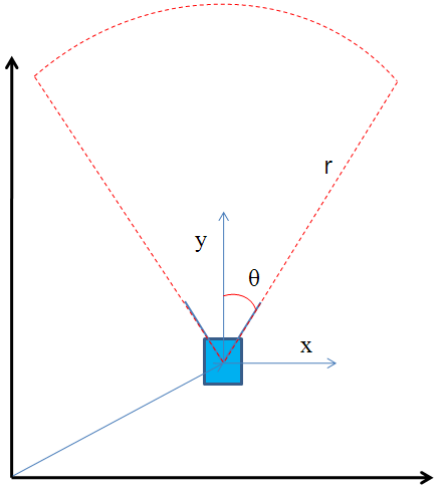

그림 5. 지도 생성 이미지의 좌표계
Fig. 5. Coordinate of mapping image

4.2 스테레오 카메라를 이용한 SLAM

수평 거리 지도는 지표면은 2D의 수평 평면이고 주위 환경은 정적이라는 가정을 전제로 한다. 스테레오 카메라의 깊이 정보를 기반으로 만들어 진다. 그림 6과 같이 이동 로봇에 탑재된 스테레오 카메라는 전 방향 panning 하면서 1도 단위로 하여 전 방향의 지표면과 수평한 평면의 스테레오 깊이 정보를 수집한다[8]. 수집된 깊이 정보들은 극좌표계로 표시된 node 좌표계에 대해 통합하여, 로봇을 둘러싼 주변 환경의 로봇으로부터의 전 방향 거리 정보를 얻는다.

픽셀 라인의 깊이 정보만 사용하여 수평 교차점들을 추출한다. 따라서 로봇이 이동할 경우 교차점의 깊이 정보만 변할 뿐 기하학적인 형상은 변하지 않으므로 지도 정보와 센싱 정보간의 Scan Matching에 적용될 수 있다.

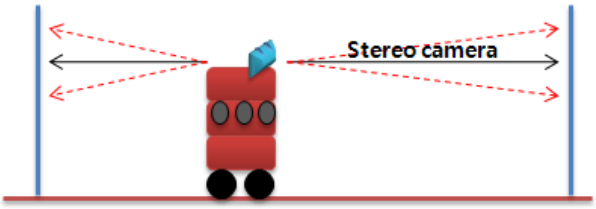

그림 6. 이동 로봇의 수평 거리 정보 범위
Fig. 6. Range of horizontal distance data

위의 그림 6과 같이 로봇이 이동하면서 주변 환경을 작성할 때 로봇의 크기와 높이를 고려하여 카메라로부터 거리 정보를 구할 영역을 제한할 필요가 있다. 다음의 그림 7의 아래 그림은 카메라에서 입력된 이미지에서 로봇이 이동할 때 필요한 영역만은 선택적으로 제한한 영역을 표시하고 있다. 그리고 영역에 해당되는 픽셀 정보로부터 거리 정보를

구한 데이터를 그림 7의 그림에 나타내고 있다.

5. 실험 및 결과

본 절에서는 제안된 방법에 의해 이동 로봇의 실제 위치 인식과 주변 환경을 작성하는 실험을 하였다. 실험을 위하여 우리는 한울로보틱스사의 Hanuri-RS 로봇을 사용하였다. 본 로봇은 3개의 구동 바퀴를 가진 동기식 구동 방식으로 바퀴들이 구동과 조향을 동시에 이루어지도록 구성되어 있다. 그리고 바퀴 엔코더와 주 센서로 Point Grey Research사의 스테레오 카메라를 장착하였다. 스테레오 카메라를 이용한 거리 측정 방법은 Point Grey Research사에서 제공하는 TRICLOPS 라이브러리를 사용하였다[9]. 또한 위치 측정을 위한 ZigBee 모듈 중 Beacon 4개와 기준 코디네이터 1개로 구성하였으며 Radiopulse사의 MG2455 칩셋을 사용하였다. 또한 본 실험에 사용된 PC 사양은 표 4와 같다.

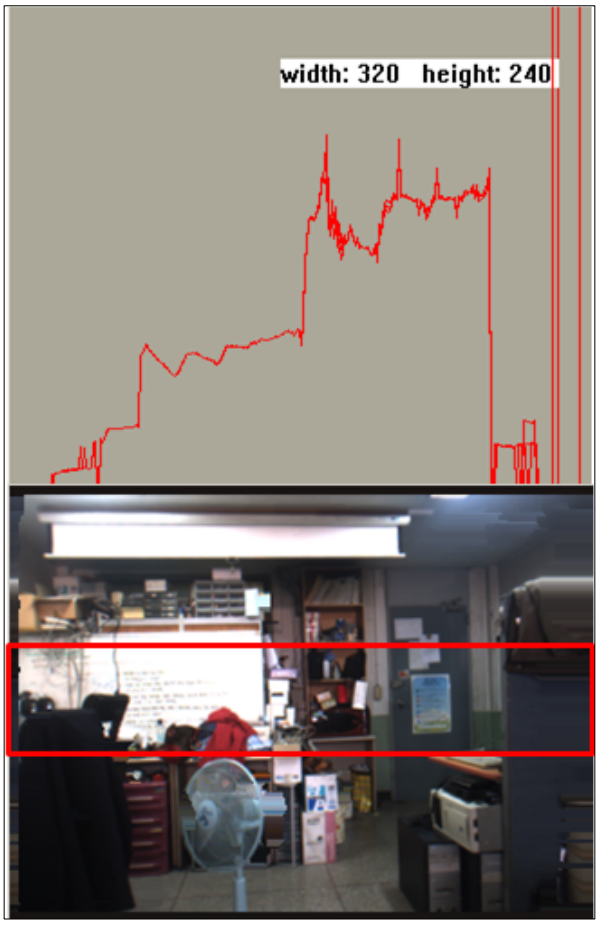

그림 7. 스테레오 정합을 이용한 거리 정보
Fig. 7. Distance data using stereo matching

표 4. 실험에 사용한 PC의 사양
Table 4. Specification of PC used in experiment

장치	사양
CPU	Intel® Core(TM)2 Duo
RAM	2GB RAN
VGA	Nvidia Geforce 9600 GT
CAMERA	PointGrey BumbleBee2

그림 8과 그림 9는 로봇이 이동할 때의 X좌표와 Y좌표에서 각각의 센서 입력과 그에 대한 칼만 필터의 보정의 결과를 보여주고 있다. 그림에서 볼 수 있듯이 ZigBee와 엔코더에 대한 에러를 이전 상태를 고려한 칼만 필터를 적용함으로서 80%이상의 정확도로 추정할 수 있음을 알 수 있다.

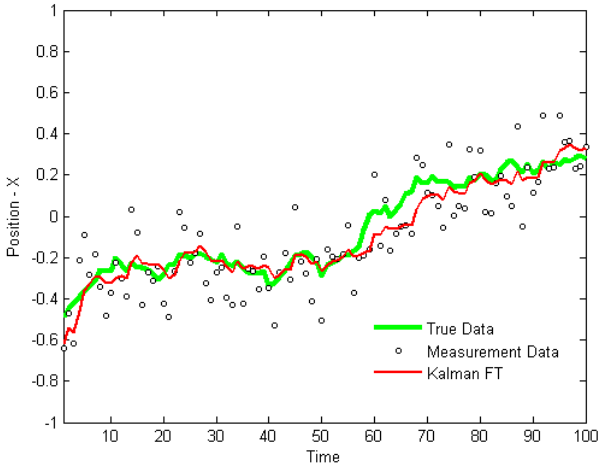

그림 8. 칼만 필터의 위치 보정(x축)
Fig. 8. Estimation of coordinate(x-axis)

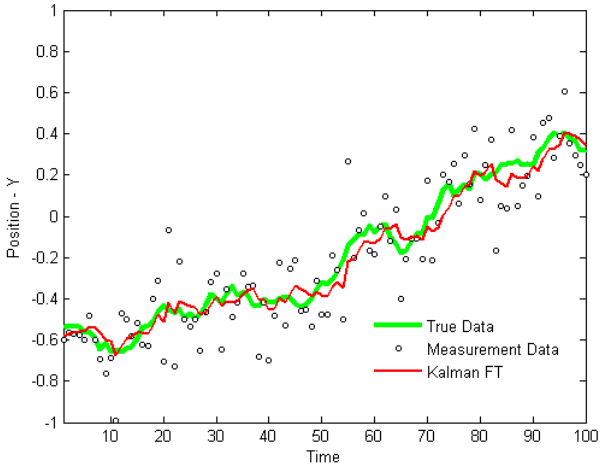

그림 9. 칼만 필터의 위치 보정(y축)
Fig. 9. Estimation of coordinate(y-axis)

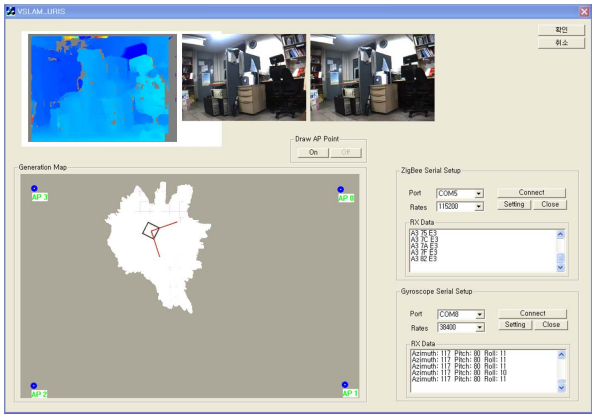

그림 10. 스테레오 카메라를 이용한 로봇 SLAM
Fig. 10. Robot SLAM using stereo camera

그림 10은 본 논문에서 제안한 전체적인 시스템을 보여주는 인터페이스이다. 4개의 ZigBee Beacon에서 실시간으로 RSSI값을 전송 받고 로봇에 장착된 코디네이터는 반복적으로 각각의 Beacon ID를 식별하고 RSSI값과 매칭 시켜 메인 프로세서에게 전송한다. 또한 자이로스코프에서 입력받은 로봇의 방위를 실시간으로 표현하고 스테레오 카메라에서 얻은 거리 정보를 작성하도록 하였다.

6. 결 론

본 연구에서는 실내 환경에서의 로봇 SLAM을 위하여 위치 추정을 위한 인도어 GPS로 RF모듈과 Encoder를 사용하였고 주변 환경의 거리를 측정하여 지도를 작성하기 위하여 스테레오 카메라를 적용하였다. 실험 결과에서 볼 수 있듯이 제안한 위치 추정 방법이 비교적 정확함을 검증 할 수 있었으며 스테레오 카메라를 이용한 전 방향 수평 거리 정보를 표현함으로서 로봇이 이동하는데 필요한 지도를 효과적으로 작성 할 수 있었다.

지능형 로봇 개발에는 여러 종류의 인지 기술이 필요하며 그 중에서도 시각 처리 관련 기술은 변화하는 주위 환경에 융통성 있게 대처할 수 있는 정보를 제공해주는 지각의 중추적인 역할을 담당하기 때문에 스테레오 카메라를 거리 정보를 획득하는 것은 물론 모션을 검출하고 사물을 인식할 수 있는 알고리듬을 추가한다면 실내에서 더욱 많은 용도로 지능형 로봇이 적용될 것이다.

참 고 문 헌

[1] G. Sun, J. Chen, and W. Guo, "Single Processing Techniques in Network-aided Positioning," *IEEE Signal Proc. Magazine,* Vol.22, No.4, 2005, pp.24-40
[2] Moustafa Amin Abdel Azim Yousief Abdel Rehim, *HORUS: A WLAN-based indoor location determination system, Dissertation*, University of Maryland, 2004.
[3] Y.H. Lin, I.C. Jan, P.C. In Ko, Y.Y. Chen, J.M. Wong, and G.J. Jan, "A Wireless PDA-based Physiological Monitoring System for Patient Transport," *IEEE Trans. Inf. Tech. In Biomedicine*, Vol.8, No.4, 2004, pp.439-447.
[4] 조재일, 최승민, 장지호, 황대환, "*지능형 로봇 스테레오 비전 처리 기술*", 전자통신동향분석, 2007, 4.
[5] 이재영, 채희성, 유원필, "이동로봇을 위한 IR 랜드마크 기반의 실시간 실내 측위 시스템," *Journal of Control, Automation and Systems Engineering*, Vol.12, No.9, 2006, pp.868-875.
[6] Richard Hartley and Andrew Zisserman. *Multiple View Geometry in computer vision.* Cambridge University Press. ISBN 0-521-54051-8, 2004.
[7] Dieter Koller, Joseph Weber, and Jitendra Malik, "Robust Multiple Car Tracking with Occlusion Reasoning," *Proceedings of the Third European conference on Computer Vision*, Vol. 1, pp.189-199, Stockholm, Sweden, 1994.
[8] Sung-Kee Park, Munsang Kim and Chong-won Lee, "Mobile Robot Navigation Based on Direct Depth and Color-based Environment Modeling," *IEEE International Conference on Robotics and Automation*, pp.4253-4258, 2004.
[9] http://www.ptgrey.com/

저 자 소 개

한철훈(Cheol-Hun Han)
2008년 : 중앙대학교 전자전기공학부 공학사
2008년～현재 : 중앙대학교 대학원 전자전기공학부 석사과정

관심분야 : Computer vision system, Emotion Recognition, Intelligent Robot 등

심귀보(Kwee-Bo Sim)
1990년 : The University of Tokyo 전자공학과 공학박사
1991년～현재 : 중앙대학교 전자전기공학부 교수

[제19권 6호 (2009년 12월호) 참조]

E-mail : kbsim@cau.ac.kr
Homepage URL : http://alife.cau.ac.kr