

움직임 보정을 이용한 이족로봇의 동체 추출

강태구, 박귀태
고려대학교 전자전기공학과

Moving Object Detection for Biped Walking Robot by Using Motion Compensation

Tae-Koo Kang, Gwi-Tae Park
Korea University, Department of Electrical Engineering

Abstract - 본 논문은 이족 로봇에서의 효과적으로 동체를 탐지하는 방법에 대하여 논한다. 이족 로봇의 움직임은 모바일 로봇의 움직임과는 달리 중형의 움직임이 동시에 나타나게 된다. 따라서 로봇의 비전이 움직이는 상황에서 움직이는 물체를 탐지해야 한다. 따라서 본 논문에서는 로봇의 움직임을 분석하여 로봇의 움직임을 보정하여 보다 높은 성능의 동체 탐지 성능을 높였다. 제안된 방법을 실제의 로봇으로부터의 영상을 통하여 실험한 결과 우수한 탐지 성능을 얻을 수 있었다.

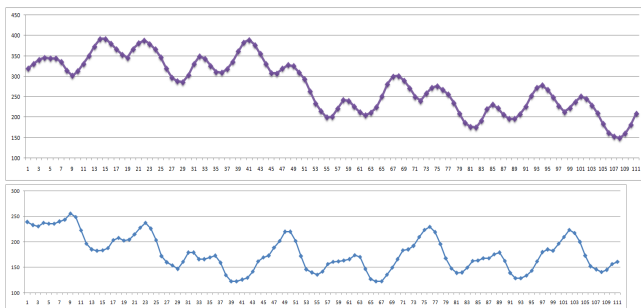
1. 서 론

요즈음 로봇에 대한 관심이 증가되고 연구 또한 활발히 진행되고 있다. 이러한 로봇에 필수적으로 필요한 기능이 지능화이며, 이러한 지능화 로봇의 눈이자 머리 역할을 하는 것이 비전이라 할 수 있다. 특히 비전을 이용한 환경 인식 분야가 활발히 진행되고 있다. 본 논문에서는 이러한 여러 가지 환경 인식 기술 중 특히 동체를 탐지하는 기술에 대하여 논하고자 한다. 로봇분야에서 많이 쓰이는 동체인식 기술로 대표적으로 광류를 이용한 Foggia[1], Okada[2], Zhou[3], Talukder[4] 등이 있다. 이를 구체적으로 살펴보면, Foggia[1]는 광류와 스테레오 비전(Stereo vision)을 이용하여 장애물과 동체를 탐지하였고, Okada[2]는 T-Flow (Temporally evaluated optical flow)를 이용하여 빠른 속력의 물체를 탐지하였다. 또한 Zhou[3]는 광류를 기존의 동체 방법인 프레임차(Temporal differencing)방법과 배경차(Background subtraction)방법을 혼합하여 움직이는 물체를 탐지하였고, Talukder[4]는 스테레오 비전과 광류를 이용하여 자동차에서 움직이는 물체를 탐지 하였다. 그러나 기존의 연구되어진 방법들은 주로 모바일 로봇이나 자동차와 같은 곳에 주로 사용되었다[5][6]. 따라서, 이러한 방법들은 이족로봇과 같이 비전이 움직이는 환경에서는 움직이는 물체를 탐지하는 성능이 현저히 떨어지는 문제점이 있다. 따라서 본 논문에서는 로봇의 움직임을 보정하여 이족 로봇 플랫폼과 같이 비전 움직이는 환경에서도 보다 효율적으로 동체를 탐지하는 방법을 제안하였다. 제안한 방법을 제작된 이족 로봇에 테스트한 결과 우수한 성능을 보임을 알 수 있었다. 본 논문은 2장에서는 로봇의 움직임에 대한 보정 방법에 대하여 설명하고 이를 이용하여 동체를 탐지하는 방법에 대하여 논한다. 3장에서는 제안된 방법에 대한 실험을, 마지막으로 4장은 결론으로 구성되었다.

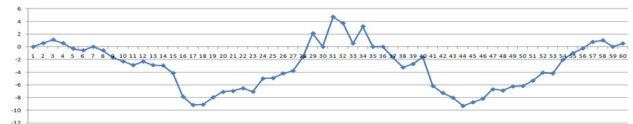
2. 본 론

2.1 로봇 비전을 통한 로봇의 움직임 분석

로봇 비전을 통하여 얻어진 영상을 분석하기 위하여 Fast normalized cross correlation 방법을 이용하여 영상의 움직임을 추적하였다. 본 논문에서는 영상의 변이와 회전에 대하여 분석을 하였다. 그림 1은 X,Y축에 대한 변이를, 그림 2는 회전에 대한 변이를 각각 나타낸다.



〈그림 1〉 X,Y축에 대한 변이

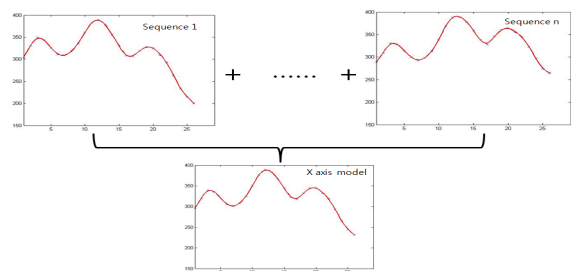


〈그림 2〉 회전에 대한 변이

그림 1과 2를 통하여 알 수 있듯이, 움직임이 주기적으로 나타나고 있으며 일정한 패턴으로 움직임을 알 수 있다. 따라서 이러한 움직임에 대한 주기적인 모델을 만들 수 있음도 확인할 수 있다.

2.2 움직임에 대한 모델 생성

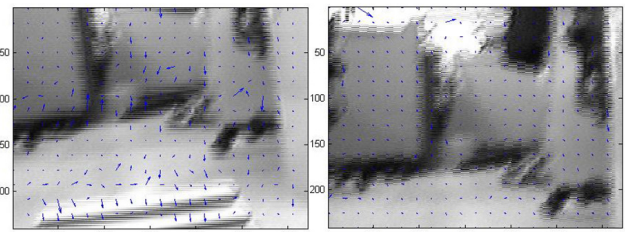
앞 절에서 언급한 바와 같이 측정을 통한 움직임 분석을 통하여 변이와 회전에 대한 모델은 생성할 수 있다. 모델은 한 주기에 대한 움직임에 대하여 모델을 생성하게 된다. 모델은 우선 여러 주기에 대하여 각 주기마다의 움직임을 피크점을 기준으로 정렬한다. 정렬된 데이터에 대하여 각 프레임에서의 변이 및 회전각에 대한 평균값을 각각 구하게 된다. 이렇게 구해진 데이터를 통하여 한 주기 동안의 변이와 회전에 대한 모델을 생성하게 된다. 그림 3은 X축 변이에 대하여 모델을 생성한 것이다. Y축 변이와 회전에 대한 모델은 이와 동일한 방법으로 생성된다.



〈그림 3〉 비전 움직임에 대한 모델 생성

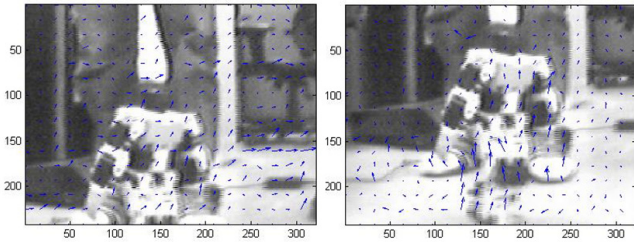
2.3 움직임 보정을 통한 동체 탐지

본 절에서는 모델을 이용하여 동체를 탐지하는 방법에 대해 소개한다. 동체 탐지는 광류(Optical flow)방법을 사용하였으며 2.2절에서 생성된 모델을 광류에 적용하면 그림 4와 같은 결과를 얻을 수 있다.



〈그림 4〉 생성된 모델을 이용한 광류 벡터 보정

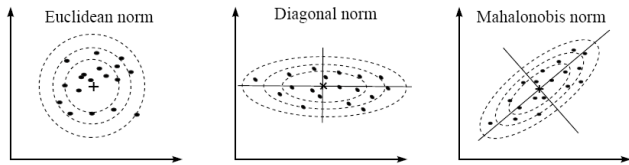
그림에서 왼쪽은 모델을 사용하지 않고 광류를 적용한 결과이고 오른쪽은 모델을 사용하여 광류 적용한 결과이다. 보는 바와 같이 모델을 적용함으로써 배경의 움직임이 상당히 보정되는 효과를 나타내고 있다. 위와 같은 보정을 이용하면 흔들림이 많은 경우나 비전의 움직임 속도보다 동체의 움직임이 속도가 적을 때, 탐지가 되지 않는 경우에 대하여 탐지 성능을 높여 전체적으로 동체의 탐지 성능 향상을 가져올 수 있다. 그림 4는 보정 방법을 이용하여 실제로 동체에 적용한 결과를 보여준다.



〈그림 5〉 모델을 이용한 동체 벡터 추출

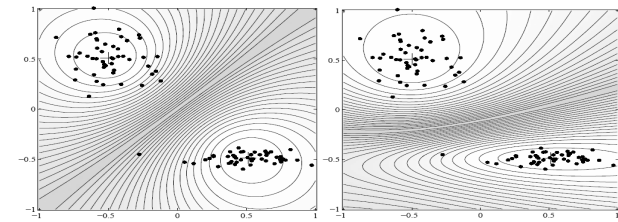
그림 4에서 왼쪽은 보정 모델을 적용을 안 한 경우이고, 오른쪽은 보정 모델을 적용한 경우이다. 그림에서 보듯 이 영상 속의 로봇이 비전의 움직임 속도보다 적으므로 왼쪽 그림에서는 로봇의 움직임에 대한 벡터와 배경의 움직임에 대한 벡터와 구별이 되지 않는다. 반면에 오른쪽 그림은 보정 모델에 의하여 배경에 의한 벡터가 보정되어 로봇의 움직임에 대한 벡터가 뚜렷이 구별 된다.

위에서 구하여진 광류들로부터 동체를 구별하기 위해서 광류 벡터들을 크기와 방향으로 분리하여 나타낸다. 동체의 벡터들은 상대적으로 배경의 벡터들보다 크기와 방향에 대하여 뚜렷이 구별되기 때문에 광류 벡터들을 클러스터링 방법을 이용하여 동체와 배경으로 구별 할 수 있다. 클러스터링 방법으로는 데이터의 경계가 명확하지 않은 경우에 대하여 보다 정확하게 분류를 할 수 있는 방법인 FCM(Fuzzy C-Means)을 이용하여 수행하였다. 또한, FCM방법에서 중요한 요소 중 하나인 중심에서 데이터까지의 거리 측정방법이다. 이러한 거리측정 방법은 크게 Euclidean, Diagonal, Mahalanobis의 3가지로 나눌 수 있다. 그림 6은 3가지 거리 측정 방법을 보여주고 있다.



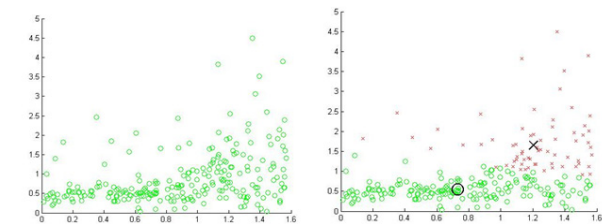
〈그림 6〉 거리 측정 방법

그림 6에서와 보는 바와 같이 Euclidean 거리는 중심에서 데이터까지의 거리가 구형으로 나타나고, Diagonal 거리는 타원형태의 거리 모양을 나타낸다. 반면 Mahalanobis 거리는 모양이 타원 형태인 것은 Diagonal 거리와 비슷하지만 타원의 축이 임의로 변할 수 있어 데이터 분포를 고려하여 거리가 결정된다. 따라서 본 논문에서는 보다 정확한 분류를 위하여 FCM의 거리 측정방법으로 Mahalanobis 거리 측정방법을 사용하였다. 그림 7은 Mahalanobis과 Mahalanobis 거리 측정방법을 사용하여 FCM을 적용하였을 때의 결과를 보여준다.



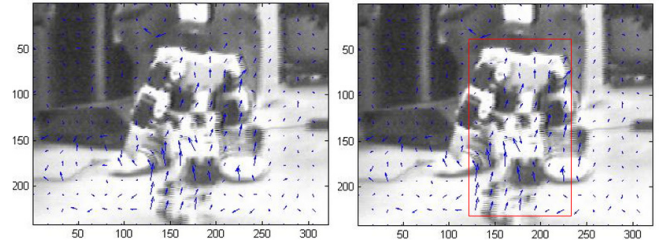
〈그림 7〉 Euclidean과 Mahalanobis 방법을 이용한 데이터 분류

FCM을 적용하여 2개의 클래스로 분류하면 상대적으로 벡터 중심의 크기가 작은 클래스가 배경에 해당하는 클래스로 간주 할 수 있다. 그림 8은 FCM을 이용한 광류 벡터의 분류 결과를 나타낸다.



〈그림 8〉 FCM을 이용한 배경과 동체 벡터 분류

그림 8의 왼쪽 그림은 광류 벡터들을 크기와 방향 성분으로 나누어 표현한 것이고, 오른쪽 그림은 FCM을 적용하여 분류된 결과를 나타낸다. FCM의 결과로부터 배경에 해당하는 클래스를 제거한 뒤, 동체에 해당하는 클래스의 벡터들에 대하여 CCL(Connected Component Labeling)을 이용하여 가장 큰 벡터의 덩어리를 최종적인 동체영역으로 추출하게 된다. 그림 9는 최종적인 추출된 동체영역을 나타낸다.



〈그림 9〉 움직임 모델과 광류를 사용한 동체 탐지 결과

3. 결 론

본 논문은 비전의 움직임을 분석하고 모델화하여 효과적인 광류를 이용한 동체 탐지 시스템을 제안하였다. 또한 광류를 이용하여 비전이 움직이는 환경에서도 동체를 탐지 할 수 있는 특징 벡터를 추출하였고, FCM을 이용하여 효과적으로 배경을 추출하였다. 또한 FCM에서 Mahalanobis 거리를 사용하여 보다 정확한 분류를 할 수 있도록 하였다. 위의 제안한 시스템을 실제 로봇에 적용한 실험을 통하여 제안한 방법이 효과적임을 확인 할 수 있었다. 앞으로 모노 비전 뿐만 아니라 스테레오 비전에서도 적용 될 수 있는 범용적인 모델 생성 방법들이 연구되어야 할 것이다.

감사의 글

본 논문은 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁 시행한 2006년도 첨단융합건설기술개발사업[과제번호:06첨단융합D01]의 지원으로 이루어졌습니다.

[참 고 문 헌]

- [1] P. Foggia, A. Limongiello, M. Vento, "A real-time stereo-vision system for moving object and obstacle detection in AVG and AMR applications", Proceeding of 7th Intl. Workshop on Computer Architecture and Machine Perception, pp. 58-63, July, 2005.
- [2] R. Okada, J. Oaki, D. Yamamoto, N. Kondoh, H. Miyazaki, K. Uesugi, J. Amemiya, K. Shirakawa, A. Kunimatsu, "High-speed object tracking in ordinary surroundings based on temporally evaluated optical flow", Proceedings of IEEE/RSJ Intl. Conference on Intelligent Robots and Systems, Vol. 1, pp. 242-247, 2003.
- [3] D. Zhou, H. Zhang, "Modified GMM background modeling and optical flow for detection of moving objects", Proceedings of IEEE Intl. Conference on Systems, Man, Cybernetics, Vol. 3, pp. 2224-2229, 2005.
- [4] A. Talukder, L. Matthies, "Real-time detection of moving objects from moving vehicles using dense stereo and optical flow", Proceedings of IEEE/RSJ Intl. Conference on Intelligent Robots and Systems, Vol. 4, pp. 3718-3725, 2004.
- [5] A. Talukder, S. Goldberg, L. Matthies, A. Ansar, "Real-time detection of moving objects in a dynamic scene from moving robotic vehicles", Proceedings of IEEE/RSJ intl. conference on intelligent robots and systems, Vol. 2, pp. 1308-1313, 2003.
- [6] T. Low, G. Wyeth, "Obstacle detection using optical flow", Proceedings of Australasian Conference on robotics and automation, 2005.