

## 이족로봇 플랫폼을 위한 동체탐지

### Moving object detection for biped walking robot platform

강태구, 황상현, 김동원, 박귀태

(Taekoo Kang, Sanghyun Hwang, Dongwon Kim, Guitae Park)

**Abstract** - This paper discusses the method of moving object detection for biped robot walking. Most researches on vision based object detection have mostly focused on fixed camera based algorithm itself. However, developing vision systems for biped walking robot is an important and urgent issue since biped walking robots are ultimately developed not only for researches but to be utilized in real life. In the research, method for moving object detection has been developed for task assignment and execution of biped robot as well as for human robot interaction (HRI) system. But these methods are not suitable to biped walking robot. So, we suggest the advanced method which is suitable to biped walking robot platform. For carrying out certain tasks, an object detecting system using modified optical flow algorithm by wireless vision camera is implemented in a biped walking robot.

**Key Words** :Biped walking robot, Optical flow, Object detection, Fuzzy C-Means

#### 1. 서 론

기존의 인력 집약적 시스템에서 점차 지능화 시스템으로 변해감에 따라 로봇에 대한 관심이 증가되고 있고 연구 또한 활발히 진행되고 있다. 이러한 로봇에 눈이나 머리 역할을 하는 가장 중요한 센서가 비전이라 할 수 있다. 따라서 비전을 이용한 여러 가지 동체 탐지 기술들이 개발되어지고 있다. 이들 기술 중 광류(Optical flow)를 이용하는 방법들이 많이 소개되고 있다. 이러한 광류를 사용한 방법으로는 대표적으로 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 고정된 카메라를 이용하여 움직이는 물체를 탐지하고 추적하였다. 이러한 방법들은 이족로봇과 같이 카메라가 움직이는 환경에서는 배경 또한 움직이기 때문에 움직이는 물체를 탐지하는 성능이 현저히 떨어지는 문제점이 있다. 따라서 본 논문에서는 이족

로봇 플랫폼과 같이 카메라가 움직이는 환경에서도 간단하면서도 강인하게 동체를 탐지하는 방법을 제안하였다. 제안한 방법을 제작된 이족 로봇에 테스트한 결과 우수한 성능을 보임을 알 수 있었다. 2장에서는 실험을 위해 제작된 이족 로봇에 대하여 소개하고, 3장과 4장에서는 제안하는 동체 탐지 알고리즘에 대하여 소개한다. 마지막으로 5장은 제안한 방법을 실제 로봇에 적용하여 실험한 결과를 소개하도록 하겠다.

#### 2. 이족로봇 플랫폼

본 연구를 위해 총 20자유도를 가지는 이족 로봇을 제작하여 실험에 이용하였다. 제작된 로봇의 신장은 40cm이며, 상체에 카메라를 탑재하였을 경우 약 44cm가 된다. 로봇의 동작을 위한 서보 모터 및 센서들의 제어를 위해 TMS320LF2407 DSP 프로세서가 이용되었고, HSR-5995TG 서보 모터 20개의 서보 모터 관절로 구성되어 있다. 로봇의 가슴부분과 양쪽 발 전방으로 적외선 센서를 장착하였다. 이를 통해 전방의 장애물을 탐색하고 거리를 알아낼 수 있다. 로봇의 머리 부분에는 무선 전송이 가능한 RF 방식의 무선 CCD 카메라를 장착하여 실시간 영상 처리에 이용하였다. 그리고 무선 영상 처리와 사용자 정보 제공, 그리고 로봇 조작을 위해 BlueTooth 모듈을 장착하여 RS-232 방식을 이용해 통신할 수 있다. 그림 1은 제안된 물체탐지 방법을 실험하기 위하여 제작된 이족로봇과 그 설계도면을 나타낸다.

저자 소개

- \* 강태구 : 高麗大學 電子電氣工學科 博士課程
- \*\* 황상현 : 高麗大學 電子電氣工學科 碩士課程
- \*\*\* 김동원 : 高麗大學 電子電氣工學科 博士課程
- \*\*\*\* 박귀태 : 高麗大學 電子電氣工學科 正教授 · 工博

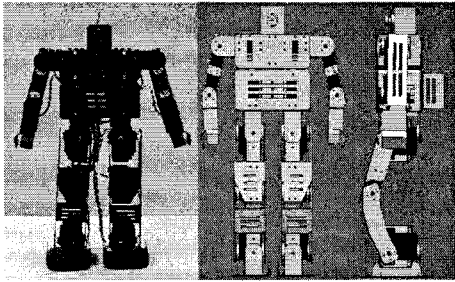


그림 1. 제작된 실험용 이족로봇

### 3. 광류(Optical flow)를 이용한 모션벡터 추출

본 장에서는 광류를 이용한 모션벡터 추출에 대한 방법을 소개한다. 기존의 연구방법들은 주로 고정 카메라에서만 적용이 가능하거나, 이동할 물체의 정보를 미리 알고 있거나 사용자에게 의해 지정되어야 한다는 단점을 안고 있다. 더군다나 이족 로봇의 경우 이동간의 외란(Disturbance)의 영향으로 카메라로부터 얻어지는 영상이 계속 이동하게 되며 이로 인해 탐지가 매우 힘들어지는 단점이 있다. 본 연구에서는 이러한 단점을 해결하여 미지의 물체의 이동까지 포착함과 동시에 이족 로봇의 움직이는 카메라에서 사용이 가능하게 하고자 광류(Optical Flow)방법을 이용하였다.

광류 알고리즘은 영상에서의 빛의 이동을 검출하여 영상 내의 객체의 이동경향을 분석하는 방법이며, 이를 통해서 그림 2와 같이 영상 내 선택된 점들의 순간적인 이동 방향과 속도를 추출해 낼 수가 있다.

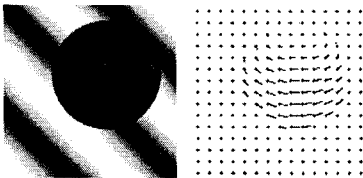


그림 2. Optical Flow Field

하지만 기존의 광류 방법으로는 이족 로봇이 이동할 때 배경을 포함한 전체 영상이 움직이기 때문에 이동 성분이 전 영상범위에서 검출된다는 단점이 있다. 본 연구에서는 이를 극복하기 위하여 영상 내에서 얻어진 이동 성분들의 속도와 방향에 대한 확률적인 모델링 과정을 거쳐 확률 분포에서 가장 높은 빈도를 가지는 성분의 움직임을 제거하였다. 객체와 이동 물체가 동시에 움직인다고 가정하면 배경에 속하는 점들의 경우 같은 이동 성분을 가지기 때문에 위와 같은 방법으로 제거할 수가 있다. 구체적인 제거 방법은 다음 장에서 소개하기로 한다.

또한 광류의 연산량과 연산속도를 증가하기 위해서 여러 가지 광류 추출 방법 중에서 블록 기반의 광류 추출방법[5]을 사용하였다. 그림 3은 블록 기반 추출 방법에 따라서 추출된 광류 벡터들을 보여준다. 생성된 블록들은 각각 16x16의 크기를 갖도록 하여 한 이미지에 각각 300개의 광류 벡터를 생성하였다.

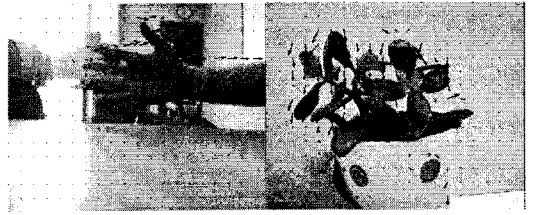


그림 3. 추출된 블록 기반 광류 벡터

### 4. 클러스터링(Clustering)을 이용한 동체 탐지

본 장에서는 3장에서 추출된 광류 벡터들로부터 동체를 추출하는 방법을 소개한다. 동체를 추출하기 위해서 추출된 벡터들을 클러스터링(Clustering)하여 클러스터링된 각각의 클래스 중 가장 높은 빈도를 가지는 클래스를 제거함으로써 움직이는 동체 부분만을 추출하게 된다.

보통 클러스터링 기법 중 가장 많이 사용되는 방법은 K-means방법이나 이는 그림 4와 같이 경계선으로 명확하게 분류가 가능한 경우에 활용 효과가 높다. 그러나 실제 데이터에서는 대부분의 경우 데이터의 경계가 명확하지 않기 때문에, K-means는 실제 데이터 상호간의 그룹화에 부적절하며 실제로 클러스터링하는 경우 주어진 데이터 분포의 손실이 발생한다. 따라서 본 논문에서는 여러 패턴이 특정 클러스터에 속하는 소속 정도를 나타냄으로써 보다 정확하게 클러스터링이 이루어지는 FCM(Fuzzy C-Means)방법을 이용하였다.

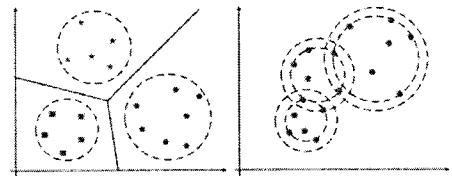


그림 4. K-means 와 FCM에 의한 클러스터링

또한 각 클래스의 중심에서 각 데이터까지의 거리를 계산하는 방법은 크게 그림 5와 같이 3가지로 볼 수 있다.

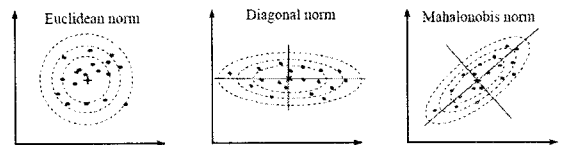


그림 5. 데이터 간의 거리 측정 방법

위의 그림에서와 보노바와 같이 유클리디안 거리(Euclidean Distance)는 데이터까지의 거리가 구형으로 나타나고 나머지는 타원형태의 거리 모양을 나타낸다. 또한 마할라노비스 거리(Mahalanobis Distance)는 타원의 축이 임의로 변할 수 있어 데이터의 분포에 대한 정보를 포함 할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 데이터의 분포를 고려 할 수 있는

마할라노비스 거리 측정방법을 FCM에 적용하였다. 그림 6은 유클리디안 거리와 마할라노비스 거리방법에 의한 FCM 클러스터링 차이를 보여준다.

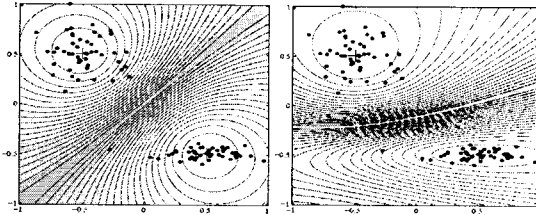


그림 6. 유클리디안과 마할라노비스 방법에 의한 분류

## 5. 실험 결과

위의 3장과 4장에서 제안한 방법을 2장에서 소개한 이족 로봇 플랫폼에 적용하여 실험을 하였다. 아래 그림들은 실험 결과를 보여준다.

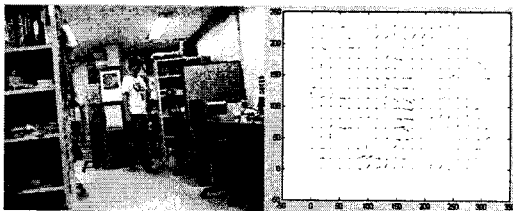


그림 7. 실험영상과 추출된 광류 벡터

그림 7은 입력 영상과 그 영상으로부터 추출된 광류 벡터를 나타낸다. 그림 8은 추출된 벡터들을 그 벡터의 크기와 벡터의 각을 기준으로 FCM을 이용하여 클러스터링을 수행한 결과를 나타낸 것이다. 그림의 세로축은 벡터의 각(라디안)을 나타내고 가로축은 벡터의 크기를 나타낸다.

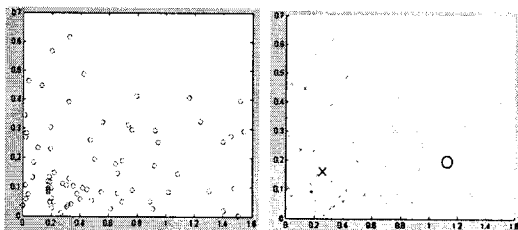


그림 8. FCM을 이용한 벡터 클러스터링

그림 9는 그림 8에서와 같이 클러스터링이 된 클래스들 중에서 가장 높은 빈도의 데이터 수를 갖는 클래스를 배경으로 간주, 해당 벡터들을 제거하여 동체 부분의 벡터를 추출한 결과를 나타내었다. 또한 그림 9와 같이 미세 영역을 제거함으로써 정확한 동체의 영역을 얻을 수 있었다.

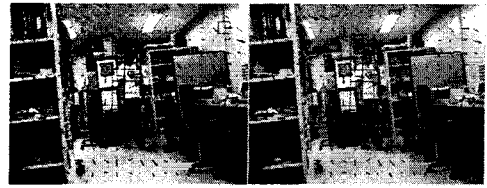


그림 9. 추출된 동체 탐지 영역

## 6. 결 론

본 논문에서는 광류방법에 의하여 광류 벡터를 추출하여 FCM 방법으로 동체를 탐지하는 방법을 제안하였다. 본 방법은 기존의 모바일이나 자동차에 고정적으로 설치된 카메라에 의한 탐지 방법이 아닌 이족로봇처럼 움직이는 카메라에 강한 탐지 성능을 보였다. 또한 이족로봇 뿐만 아니라 다족로봇 등에도 적용이 가능하다. 앞으로 조명이나 그림자 등의 노이즈에 보다 강한 광류 벡터 추출에 대한 연구가 계속되어야 할 것이다.

### 감사의 글

본 연구는 한국과학재단 특정기초 연구(R01-2005-000-11044-0) 지원으로 수행된 연구로서, 관계 부처에 감사드립니다.

### 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. Kunitatsu, "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.