

안정적 보행을 위한 이족 로봇의 환경 인식 시스템 연구

송희준, 이선구, 강태구, 김동원, 박귀태
고려대학교 지능시스템 연구실

A Study on the Environment Recognition System of Biped Robot for Stable Walking

Heejun Song, Seongu Lee, Taegu Kang, Dongwon Kim, GwiTae Park
Intelligent System Research Lab., Korea University, Seoul, Korea

Abstract - This paper discusses the method of vision based sensor fusion system for biped robot walking. Most researches on biped walking robot have mostly focused on walking 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, systems for environment recognition and tele-operation have been developed for task assignment and execution of biped robot as well as for human robot interaction (HRI) system. For carrying out certain tasks, an object tracking system using modified optical flow algorithm and obstacle recognition system using enhanced template matching and hierarchical support vector machine algorithm by wireless vision camera are implemented with sensor fusion system using other sensors installed in a biped walking robot. Also systems for robot manipulating and communication with user have been developed for robot.

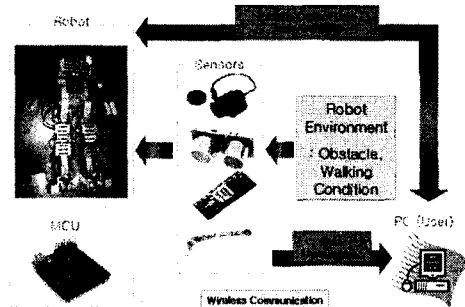
1. 서 론

이 논문은 이족 보행 로봇의 응용을 위한 주변 환경의 인식 시스템의 개발에 대해 다룬다. 현재까지의 이족 로봇 분야에서의 연구 결과는 주로 보행 그 자체에 치중된 것이 많고, 이족 로봇을 어떻게 이용할 것인가에 대한 연구는 적다고 할 수 있다. 초창기의 이족 보행 로봇에 대한 연구는 이족 보행에 있어서의 액추에이터의 동작을 위한 동역학 기반의 보행 궤적 생성에 중점을 두고 있고, [1][2] 이 시기의 연구결과들은 팔과 기타 관절의 동작은 고려하지 않고 다리만을 이용하여 인간과 같은 보행을 구현하는 것을 목적으로 하였다. 근래의 연구들은 한걸음 나아가 몸 전체의 관절을 움직이면서 전체적인 균형을 제어하는 'whole-body control'에 대한 연구가 주종을 이루고 있다. [3] 현재까지의 연구 결과를 놓고 볼 때, 평지에 있어서는 이족 로봇의 보행에 대한 기술은 충분히 개발되었다고 판단할 수 있으나, 이는 어디까지나 평지에 국한된 것이며 다른 환경들, 예를 들어 굴곡이 심한 평지, 계단, 경사면 등에서의 보행에 대한 연구는 많이 되어 있지 않거나 반복 실험에 의한 경험적인 보행 궤적 생성만이 이루어져 있을 뿐이다. 그러므로 다양한 주변 환경에서의 로봇 이용에 대한 기반 기술에 대한 연구는 아직 충분히 이루어지지 않았다고 볼 수 있으며 실용화를 위해서는 이에 대한 연구가 폭넓게 이루어져야 한다.

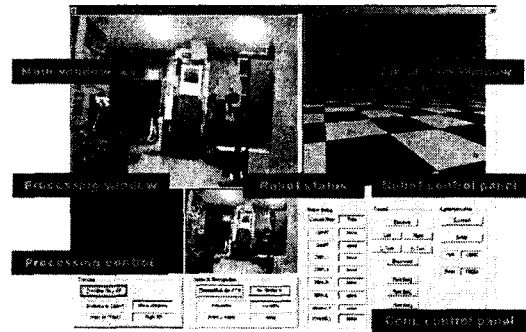
본 논문에서는 다양한 환경에서의 로봇 보행 및 기타 응용을 위해 기본 기술 및 센서 등을 이용한 환경 인식에 대하여 연구하였다. 2장에서는 제작된 이족 로봇에 대하여 소개하였으며, 3장과 4장에서는 센서 융합 시스템의 추측이 되는 물체 추적 알고리즘과 장애물 인식 알고리즘에 대하여 설명하였다.

2. 이족 로봇 시스템

본 연구를 위해 총 20자유도를 가지는 이족 로봇이 제작되어 시스템 구성과 실험에 이용되었다. 제작된 로봇의 신장은 46cm이며, 상체에 카메라를 탑재하였을 경우 약 50cm가 된다. 로봇의 동작을 위한 서보 모터 및 센서들의 제어를 위해 TMS320LF2407 DSP 프로세서가 이용되었고, HSR-8498HB 및 HSR-5995TG 서보 모터 각각 14개와 6개의 총 20개 서보 모터로 관절이 구성되어 있다. 로봇의 실시간 안정도 판별을 위해 로봇의 허리 부위에 myGyro150EB 자이로 센서 2개(x축, y축)를 장착하였고 양쪽 발바닥에는 FSR 센서를 부착하여 순간적으로 로봇의 기울어진 정도와 발바닥에 걸리는 압력을 알아낼 수가 있다. 로봇의 양쪽 발 전방으로 적외선 센서와 초음파 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 1에서 시스템 전체 개념도를 보였고, 그림 2는 보행 시뮬레이터와 로봇 컨트롤 패널, 로봇 상태 패널과 영상 처리 윈도우가 포함된 User Interface 프로그램을 나타낸다.



<그림 1> 로봇 시스템의 전체 구성도



<그림 2> Host PC에서의 HRI User Interface

3. Modified Optical Flow를 이용한 이족 로봇에서의 실시간 이동 물체 추적

본 연구를 위해 총 20자유도를 가지는 이족 로봇이 제작되어 시스템 구성과 실험에 이용되었다. 제작된 본 장에서는 실시간 이동 물체 추적 시스템에 대하여 소개한다. 영상에서 움직이는 물체를 검출하는 것은 영상 처리 분야에서는 오래된 주제이며 이를 위하여 많은 알고리즘이 개발되어 왔다. 현재까지 시도된 연구들은 주로 Background Subtraction 방법을 이용하여 시간차이를 가지는 영상간의 차를 이용하여 이동 물체를 검출하는 방법이 있으며, 최근에는 Color Histogram을 이용하여 이동 물체의 특성을 설정하여 이를 추적하는 방법이 이동 로봇 등에 많이 사용되고 있다. [4][5][6] 하지만 Background Subtraction 방법은 고정 카메라에서만 적용이 가능하고, Color Histogram을 이용한 방법은 이동할 물체의 정보를 미리 알고 있거나 사용자에 의해 지정되어야 한다는 단점을 안고 있다. 더군다나 이족 로봇의 경우 이동간의 Disturbance의 영향으로 카메라로부터 얻어지는 영상이 계속 이동하게 되며 이로 인해 detection이 매우 힘들어지는 단점이 있다. 본 연구에서는 이러한 단점을 해결하여 미지의 물체의 이동까지 포착함과 동시에 이족 로봇의 움직이는 카메라에서 사용이 가능하게 하고자 Optical Flow 알고리즘을 개선하여 이용하였다. Optical Flow 알고리즘은 영상에서의 빛의 이동을 검출하여 영상 내의 객체의 이동경향을 분석하는 방법이며, 이를 통해서 그림 3과 같이 영상 내 선택된 점들의 순간적인 이동 방향과 속도를 추출해 낼 수가 있다. [7]



<그림 3> Optical Flow Field

하지만 기존의 Optical Flow 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 객체 분포에서 가장 높은 빈도를 가지는 성분의 움직임 성분들을 제거하였다. 객체와 이동 물체가 동시에 움직인다고 가정하면 배경에 속하는 점들의 경우 같은 이동 성분을 가지기 때문에 위와 같은 방법으로 제거할 수가 있었다. 그림 4와 그림 5는 각각 고정된 카메라와 이동하는 카메라에서의 이동 물체 추적을 보이고 있으며 좌측 창에는 현재 시점에서의 Optical Flow Field를 나타내었다. 그림에서 보이는 바와 같이 이동 카메라에서는 배경 성분들이 같은 방향으로 움직이는 것을 확인할 수 있으며 제안된 방법으로 배경이 움직일 때에도 제안된 알고리즘이 효과적으로 동작하는 것을 알 수 있다.



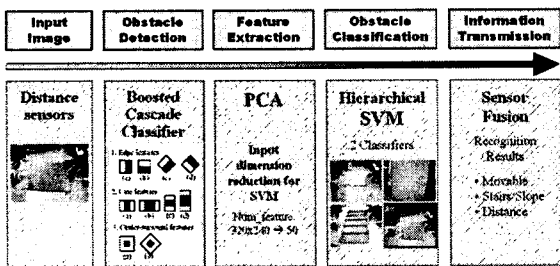
〈그림 4〉 고정된 카메라에서의 이동 물체 추적



〈그림 5〉 카메라가 움직일 때의 이동 물체 추적

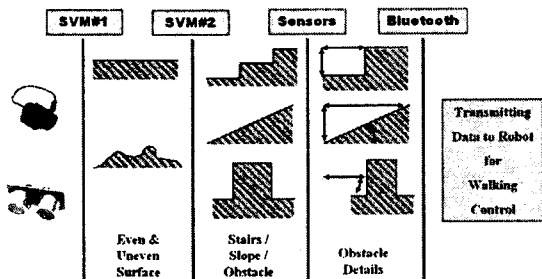
4. Hierarchical SVM을 이용한 장애물 인식

본 연구를 위해 총 20자유도를 가지는 이족 로봇이 제작되어 시스템 구성과 실험에 이용되었다. 제작된본 장에서는 장애물 인식 시스템에 대해 논한다. 이족 로봇의 적용에 있어 항상 평지만을 걷는 것은 아니므로 기계화된 경로 계획법보다는 이동로의 상태에 따라 동적으로 경로를 계획하는 방법이 필요하며, 이에 선행하여 전방 장애물의 상태와 종류를 인식할 수 있는 시스템이 필요하다. 본 실험에서는 다층 구조를 가지는 Hierarchical SVM을 이용하여 장애물의 종류와 장애물의 형태를 알 수 있는 세부 사항을 인식하고 거리를 추정하여 이족 로봇의 동적인 경로 계획을 가능하게 하였다. 시스템 구성은 그림 5에 보였다.



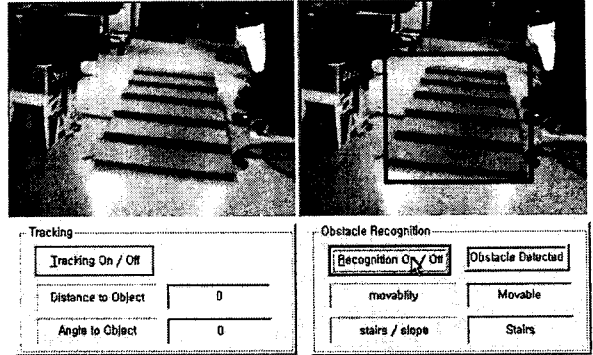
〈그림 5. 장애물 인식 시스템〉

카메라를 통해 받은 영상을 Template Matching 알고리즘인 Boosted Cascade Classifier를 통해 장애물 부분을 선택하여, PCA를 이용하여 선택 영역 내의 특징을 추출하고 SVM 입력의 차원을 축소한다. 본 실험에서는 50개의 특징이 추출되었다. 이를 Binary Classifier인 SVM을 이용하여 장애물의 종류를 알아내게 되는데 이때 여러 종류의 장애물을 판단하기 위해 첫 번째로 평지/장애물 여부, 두 번째로 장애물 종류(계단, 경사면)를 판단하게 된다. 여기서 얻어진 결과와 초음파/적외선 센서를 통해 얻어진 데이터가 로봇으로 전송되어 DSP를 이용하여 실시간으로 보행 계획이 생성되게 된다. 그림 6에 Hierarchical SVM을 더욱 자세히 나타내었다.

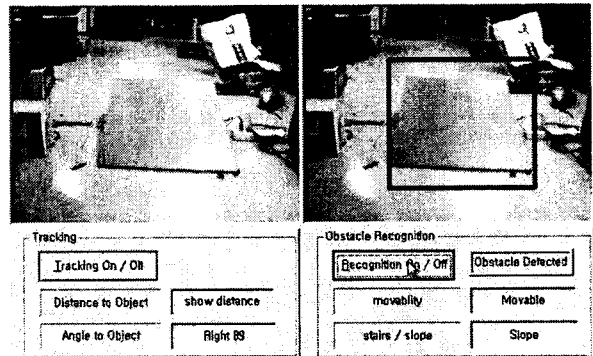


〈그림 6〉 Hierarchical SVM Algorithm

그림 7과 8에서는 각각 전방에 계단이 나타났을 때와 경사면이 있을 경우의 SVM에 의해 인식된 것을 보이고 있다.



〈그림 7〉 계단에서의 SVM 인식화면



〈그림 8〉 경사면에서의 SVM 인식화면

5. 결 론

본 연구에서는 이족 로봇의 활용을 위한 환경 인식 시스템에 대하여 논하였다. 이족 로봇의 실제 응용을 위해서는 다양한 환경을 자동으로 인식하고 이를 바탕으로 동적으로 경로를 계획할 수 있는 능력이 필요하며, 본 논문에서 제안된 방법들은 이에 다양하게 활용될 수 있을 것이다.

감사의 글

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

참고 문헌

- [1] Qiang Huang, Kazuhito Yokoi, Shuuji Kajita, Kenji Kaneko, Hirohiko Arai, Noriho Koyachi, Kazuo Tanie, "Planning Walking Patterns for a Biped Robot", IEEE Trans. Robotics and Automation, vol. 17, no. 3, pp. 280-289, June 2001
- [2] Y.Fujimoto, A.Kawamura, "Simulation of Autonomous Biped Walking Robot Including Environmental Force Interaction", IEEE Robotics and Automation Magazine, vol. 5, no. 2, pp. 33-41, June 1998
- [3] T. Sugihara, Y. Nakamura, "Whole-body Cooperative Balancing of Humanoid Robot using COG Jacobian", IEEE Proc. Intl. Conference on Intelligent Robot and Systems, Oct 2002
- [4] K.Toyama, J.Krumm, B.Brummitt, B.Meyers. "Principles and practice of background maintenance. ICCV Proc., pp. 255-261, 1999
- [5] Luyuan Li, Weimin Huang, Yu-Hua Gu, Qi Tian, "Statistical Modeling of Complex Backgrounds for Foreground Object Detection", IEE Trans. on Image Processing, vol. 13, no. 11. 1459-1472, Nov 2004.
- [6] P. Fieguth, D. Terzopoulos, "Color-based Tracking of Heads and Other Mobile Objects at Video Frame Rates", IEEE Proc. of CVPR, pp. 21-27, 1997.
- [7] D. N. Lee. "The optic flow field: The foundation of vision.", Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences, vol. 290, no. 1038, pp. 169-178, 1980.