

실제 로봇에의 적용성을 고려한 휴머노이드 시뮬레이터 개발

곽환주, 박귀태
고려대학교 전자전기공학과

Development of a Humanoid Robot Simulator with Consideration of Application

Hwan-Joo Kwak, Gwi-Tae Park

School of electrical engineering, Korea University (khj3271@korea.ac.kr, gtpark@korea.ac.kr)

Abstract - For the efficient and accurate development of a biped humanoid robot, systematic humanoid development platform is a necessary component in building the development environment. The simulator is a significant tool to develop a biped humanoid robot. In this paper, we first present a method for constructing a humanoid simulator that can be easily applied to an actual humanoid. Easy transplantation into an actual humanoid increases the efficiency of simulator and the development speed. Systematic structure, closely modeling and prediction of an actual humanoid is a significant part of the simulator to set a goal. Using the simulator, we can predict the motion of an actual humanoid. The functions and the effectiveness of the developed simulator were evaluated through simulated motions and walks.

Space 그리고 Robot Interface가 포함 되어있다. 이 세가지 부분 중 가장 핵심이 되는 부분은 Physical Space로서 가상적인 로봇의 형상을 구조화 하며 중력과 로봇의 움직임의 가속도에 의한 로봇의 물리 공간상에서의 반응 결과를 예측하고 이를 3D 그래픽 상으로 화면에 표현해주는 역할을 한다. 그리고 Human Interface는 사용자로부터 명령을 받고 그에 따라 Physical Space와 Robot Interface를 동작 시키는 역할을 한다. 마지막으로 Robot Interface는 Physical Space와 Human Interface로부터의 동작 명령을 받고 이를 실제 로봇에 전달해주는 역할을 한다. 이때 Robot Interface는 로봇에게 명령을 전달하는 역할 뿐만 아니라 로봇의 동작 상태 및 그 밖의 로봇 관련 정보를 항상 체크하여 Physical Space에게 전달하는 역할도 수행 하게 된다.

1. 서 론

사람과 같이 두발로 걷고 행동하는 휴머노이드 로봇에 대한 연구 개발은 인류의 오랜 바람이자 꿈 이었다. 그리고 이러한 희망에 따라 최근 휴머노이드와 관련된 많은 연구 개발이 이루어지고 있다. Honda R&D의 휴머노이드 로봇, Waseda 대학의 WABIAN 시리즈, 아시모, H6 & H7, HRP, 그리고 JOHNNIE가 잘 알려진 휴머노이드 로봇들이다[4]. 휴머노이드 개발에서 중요시 되는 요소 및 분야가 여러 가지 많이 있을 것이다. 역기구학을 통한 보행 패턴 생성[5], 안정적인 보행을 위한 ZMP (Zero Moment Point) 궤도 추적[6], 그리고 동적 움직임에서의 충돌 방지 기법[7] 등. 휴머노이드 개발 분야 중에는 아직 많은 중요한 연구 과제가 많이 남아있다. 그리고 그 중 휴머노이드 개발의 도구로서 많은 역할을 하는 휴머노이드 시뮬레이터 개발 역시 매우 중요한 연구 과제로서 남아있다. 이에 본 논문에서는 보다 효율적이고 체계적이며 바람직한 형태의 휴머노이드 시뮬레이터 개발의 한 방법을 제안하려 한다.

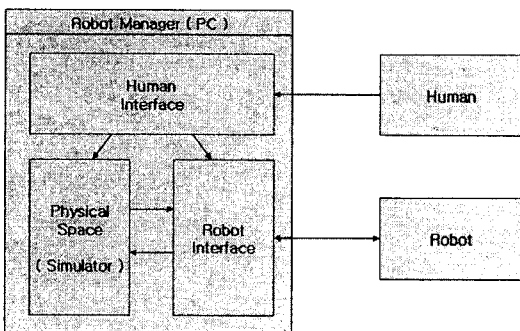
2. 본 론

2.1 시스템 구조

본 시뮬레이터 개발의 최종 목적은 휴머노이드 제어 알고리즘의 이론적 정확성과 효율성 및 가능성 등을 PC(Personal Computer) 상에서 가상적으로 확인하고 이를 실제 로봇에 바로 적용할 수 있도록 함에 있다. 이를 위해 전체 시스템은 크게 세 부분으로 나뉜다. 사용자로부터 명령을 받아들이는 부분(Human Interface), 그 명령을 받아 가상적인 상황에서의 가상적인 로봇의 동작 실험이 이루어지는 부분(Physical Space) 그리고 그 실험 결과 데이터를 바탕으로 실제 로봇을 제어할 수 있도록 하는 부분(Robot Interface)으로 나뉜다.

2.1.1 시스템 전체 구조

<그림1>은 시스템의 전체 구조를 도식화한 그림이다.

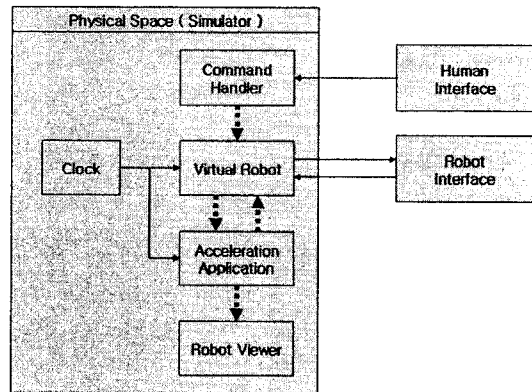


<그림 1> 전체 시스템 블록다이어그램

Robot Manager는 PC(Personal Computer) 상에서 동작하는 프로그램 전체를 표현하는 블록이다. Robot Manager에는 Human Interface, Physical

2.1.2 Physical Space 구조

Physical Space는 Robot Manager의 핵심으로서 휴머노이드 시뮬레이터 자체를 가리킨다. Physical Space 내부 구조의 핵심 고려 사항은 객체 지향 구조를 통한 실제 로봇의 하드웨어 구조와 비슷한 구조의 설계이다. 실제 로봇은 사용자의 명령과 자신의 현 상태에 따라 각 관절의 움직임을 생성하고 이를 통하여 보행을 하거나 특정 동작을 하거나 하는 구조를 가진다. 이와 비슷한 구조의 시뮬레이터의 개발을 위해 <그림 2>와 같이 Physical Space(Simulator)를 설계 하였다.



<그림 2> Physical Space 내부 블록다이어그램

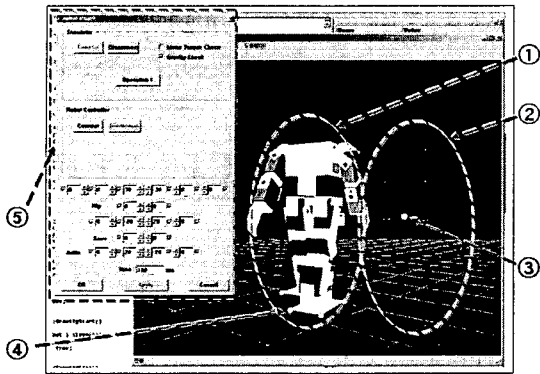
Physical Space 내에서 실제 로봇에 해당하는 부분은 Virtual Robot 부분이다. Command Handler가 Human Interface에서 명령을 받아 Virtual Robot으로 전달하면 Virtual Robot은 Command Handler로부터 받은 명령과 Acceleration Application으로부터 피드백 받은 Robot의 가속도 적용에 의한 현재 상태를 참고로 하여 새로운 동작 패턴을 생성한다. 그리고 그 패턴을 Clock으로부터 받은 일정 주기의 신호를 기준으로 순차적으로 각 액츄에이터를 제어하여 로봇의 보행 및 각종 동작을 만들어낸다. 또한 이렇게 만들어진 로봇의 동작은 Robot Viewer를 통해 3D 그래픽 화면으로 표현된다. 이러한 구조를 통해 가상적으로 시뮬레이션 된 결과는 Virtual Robot과 Acceleration Application과의 연결을 Virtual Robot과 Robot interface와의 연결로 대체함으로써 시뮬레이터 상의 실험을 손쉽게 실제 로봇 기반에서의 실험으로 전환 할 수 있다. 물론, 이러한 구조는 Virtual Robot의 내부 동작 구조와 실제 로봇의 내부 동작 구조가 같을 경우에만 가능하다.

2.1.3 사용자 인터페이스

빠르고 효율적인 휴머노이드 개발을 위해서는 사용자가 간단하고 손쉬운 조작을 통하여 시뮬레이터를 원하는 형태로 정확히 동작 시킬 수 있도록 하여야 한다. 또한 그 조작 과정에서 시뮬레이션상 가상 로봇의 동작이 정확하고 바르게 이루어지고 있는지 실시간으로 간단하게 확인 할 수 있도록 하여야 한다. 이러한 것들이 바탕이 되었을 때 빠르고 효율적인 휴머노이드의 개발이 이루어 질 수 있다. 따라서 실제 휴머노이드 로봇 개발의 기본 개발 환경 구축이라는 측면의 목적을 가지고 개발된 본 휴머노이드 시뮬레

터에서 보기 쉽고 조작성 간편한 사용자 인터페이스는 결코 빠질 수 없는 요소 중 하나이다.

이러한 이유로 본 시뮬레이터는 OpenGL을 이용한 3D 그래픽 표현을 기반으로 하여 사용자 인터페이스가 설계되었다. <그림 3>은 이러한 사용자 중심의 인터페이스를 고려하여 설계된 사용자 인터페이스의 모습이다.



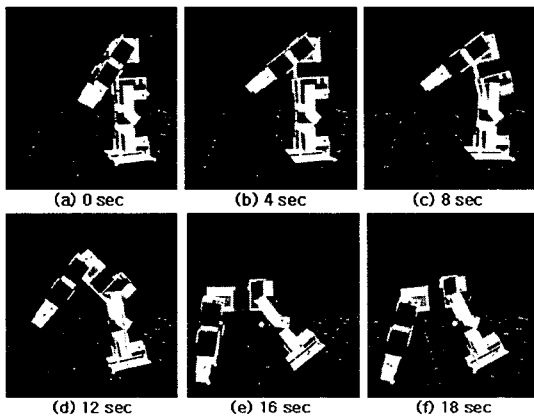
<그림 3> 사용자 인터페이스 디자인

<그림 3>의 ①~⑤에 해당하는 각각의 부분은 로봇 동작 및 상태 표현, 로봇의 각 액츄에이터 및 프레임 무게 중심점 표현, 로봇의 무게 중심점 위치, 발과 지면의 접촉 점 위치, 그리고 로봇 컨트롤 다이얼로그이다. Virtual Robot의 각 액츄에이터들의 각도 정도를 바탕으로 하여 Acceleration Application을 통해 중력 및 움직임 가속도가 적용된 결과, 시뮬레이터상 가상 로봇의 움직임 및 동작 상태가 Robot Manager 프로그램 화면상 항목 ①에 해당하는 부분에 표현된다. 그리고 로봇의 각 액츄에이터 및 프레임의 무게 중심점은 항목 ② 부분에 위치하여 표현된다. 그리고 이 무게 중심점들은 모두 합쳐져 항목 ③의 로봇의 무게 중심점 위치로 구해지고 표현된다. Virtual Robot은 Acceleration Application을 통하여 로봇의 움직임 가속도 및 중력 가속도가 적용되고 그에 따라 로봇과 지면의 접촉 점이 발생하게 된다. 그리고 그 점의 위치는 항목 ④의 부분에 노란색 점으로 표현된다. 마지막으로 본 시뮬레이터를 동작시키기 위한 사용자와의 인터페이스를 구현한 부분은 항목 ⑤에 해당하는 로봇 컨트롤 다이얼로그이다.

2.2 실험

본 시뮬레이터의 정확한 동작의 확인을 위하여 두 가지 종류의 실험이 수행되었다. 중력 가속도의 정확한 적용의 확인을 위한 앞으로 쓰러지는 동작과 생성된 보행 모션 데이터를 통한 움직임 적용의 확인을 위한 전 방향 보행 동작의 실험이 이루어졌다.

2.2.1 가속도 적용 실험

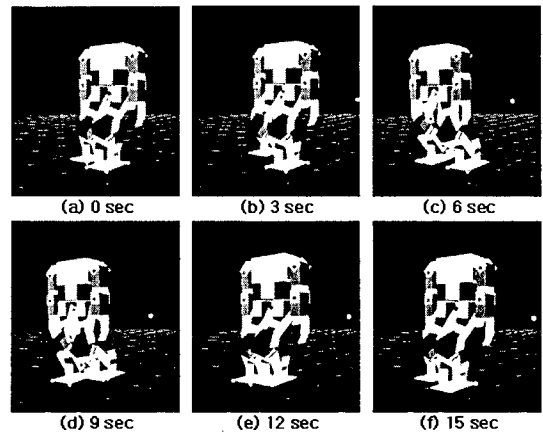


<그림 4> 가속도 적용 실험

<그림 4>의 실험에서 (b)에서 (c)의 과정 동안 허리를 앞으로 숙임으로 인해 로봇의 무게가 발뒤꿈치를 기준으로 앞쪽 방향으로 쏠리게 된다. 이에 로봇 전체 무게 중심의 속도가 로봇의 앞쪽 방향으로 늘어나게 되어 결국 로봇이 앞으로 쓰러지는 동작이 발생하게 된다.

2.2.2 보행 모션 생성 및 동작 실험

<그림 5>에서 초기 동작으로 (a)의 모션을 취한 이후 보행 동작 데이터의 시간에 따른 순차적인 적용에 의해 로봇이 앞으로 보행을 하게 된다.



<그림 5> 보행 모션 생성 및 동작 실험

3. 결 론

본 논문은 중력 가속도와 로봇의 움직임에 의한 가속도가 적용되어 가상적인 환경에서 개발된 알고리즘을 실제 로봇에 용이하게 적용 할 수 있으며 휴머노이드 개발에 많은 효과적인 개발 및 실험 방법을 제공 할 수 있도록 고려된 휴머노이드 시뮬레이터의 개발에 관해 제안하였다. 그리고 휴머노이드 개발 분야에서 큰 역할을 할 수 있을 본 시뮬레이터의 가능성을 보여주는 좋은 실험 결과를 얻을 수 있었다. 객체 지향 구조의 도입을 통해 이후 지속적인 기능 추가가 용이하도록 설계된 본 시뮬레이터는 아직 나아가야 할 길이 멀다. 최적화를 통한 연산 속도의 향상과 같은 작은 목표에서부터 실제 휴머노이드 개발의 중요한 기반이 될 큰 목표에 이르기까지 그 목표들을 이루기 위해 아직 연구 되어야 할 내용이 많이 남아있다.

감사의 글

본 논문은 건설교통부가 출연하고 한국 건설교통기술평가원에서 위탁 시행한 첨단융합기술개발사업 [과제번호:06 첨단융합 D01]의 지원으로 이루어 졌습니다.

[참 고 문 헌]

- [1] Sebastian Thrun, Wolfram Burgard and Dieter Fox, "Probabilistic Robotics", The MIT Press, 2005.
- [2] John J. Craig, "Introduction to Robotics Mechanics and Control Third Edition", Pearson Prentice Hall, 2005
- [3] George A. Bekey, "Autonomous Robots", The MIT Press, 2005.
- [4] Ill-Woo Park, Jung-Yup Kim, Seo-Wook Part and Jun-Ho Oh, "Development of humanoid Robot Platform KHR-2 (KAIST Humanoid Robot-2)", IEEE-RAS/RSJ International Conference on Humanoid Robots, vol 1, p292-308, Nov, 2004.
- [5] Gaurav Tevatia and Stefan Schaal, "Inverse Kinematics for Humanoid Robots", International Conference on Robotics & Automation, p294-299, April, 2000.
- [6] Chi Zhu, Atsuo Kawamura, "Walking Principle Analysis for Biped Robot with ZMP Concept, Friction Constraint, and Inverted Pendulum Mode I", International Conference on Intelligent Robots and Systems, p364-369, Oct, 2003.
- [7] James J. Kuffner, Koichi Nishiwaki, Satoshi Kagami, Yasuo Kuniyoshi, Masayuki Inaba and Hirochika Inoue, "Self-Collision Detection and Prevention for Humanoid Robots", In Proc. 2002 IEEE Int'l Conf. on Robotics and Automation (ICRA 2002), Vol 3, p2265 - 2270, 2002.
- [8] Markus S. Loffler, Vilas Chitrakaran and Darren M. Dawson, "Design and Implementation of the Robotic Platform", Journal of Intelligent and Robotic Systems, vol 39, no 1, p105-129, 2004.
- [9] Yoshihiko Nakamura, Hiroshisa Hirukawa, Katsu Yamane, Shuji Kajita, Kiyoshi Fujiwara, Fumio Kanehiro, Fumio Nagashima, Yuichi Murase and Masayuki Inaba, "Humanoid robot simulator for the METI HRP Project", Robotics and Autonomous Systems, vol 37, no 2, p101-114, 2001.
- [10] Katsu Yamane and Yoshihiko Nakamura, "Parallel O(log N) Algorithm for Dynamics Simulation of Humanoid Robots", IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robotics, p554-559, Dec, 2006.
- [11] Yoonkwon Hwang, Eiichi Inohira, Atsushi Konno and Masaru Uchiyama, "An Order n Dynamic Simulator for a Humanoid Robot with a Virtual Spring-Damper Contact Model", International Conference on Robotics & Automation, p31-36, Sep, 2003.
- [12] Lei ZHANG, Qiang HUANG, Yuepin LU, Tao XIAO and Jiapeng YANG, "A Simulation and Monitoring System for the Humanoid Robot BHR-02 Teleoperation", International Conference on Information Acquisition, p695-700, Aug, 2006.