A Biped Robot Design

Daniel Zaldivar Navarro

Freie Universität Berlin

Fachbereich Mathematik und Informatik

A Biped Robot Design

Doktorarbeit

Von

Daniel Zaldívar Navarro

Hauptberichter : Prof. Dr. Raúl Rojas

Gutachter: Prof. Dr. Alexander Loukianov

Freie Universität Berlin

Fachbereich Mathematik und Informatik

20.12.2006

Abstract

This thesis presents a biped robot structure designed to study biped walking and biped control algorithms. The project was divided into three main parts: biped design, walking techniques, and balance control algorithms. A hidrid approach was adopted, which is based on classical and soft-computing techniques. A fuzzy algorithm is proposed for the biped's robots balance. For walking, an algorithm based on cubic polynomial interpolation of the initial conditions for the robot's position, velocity and acceleration was implemented. For the biped design, experiences gain on two previous biped's structures and a modular design, made the biped's mechanisms and structure more stable. The robot designed has 10 degrees of freedom (DOF) and each joint is driven by a DC servo motor. The final biped robot structure was controlled using the balance and walking algorithms working together, but on separate on-board microcontrollers. As a result of the combination of these modules and techniques, the control system achieved real time walking, robust control and be portable to others similar biped's robot structures.

Zusammenfassung

Diese These präsentiert, eine Zweifüßler-Roboter-Struktur entwarfen, um Zweifüßler laufen Theorie und Kontrolle-Algorithmen zu studieren. Das Projekt wurde in Drei Haupt Teile geteilt: Die Zweifüßler-Design, Laufen Techniken, und Gleichgewicht-Kontrolle-Algorithmen. Ein hidrid-Ansatz, der auf klassischen und "soft-computing" Techniken gegründet wird, wurde adoptiert. Ein Fuzzy-Algorithmus wird für die Roboter des Zweifüßlers vorgeschlagen, um sich zu balancieren. Für das Laufen wurde ein Algorithmus, der auf kubischer Polynom-Interpolierung der anfänglichen Zustände für die Position des Robot-

ers, Geschwindigkeit und Beschleunigung gegründet wird, ausgeführt. Für das Zweifüßler-Design, gewinnen Erfahrungen auf den Strukturen von zwei vorausgehendem Zweifüßler und einem modularen Design, machten die Mechanismen des Zweifüßlers und seine Struktur stabiler. Der Roboter, der entworfen wird, hat 10 "Degrees of freedom" (DOF) und jedes Gelenk wird von einem DC servo Motor gefahren. Die letzte Zweifüßler-Roboter-Struktur wurde das Benutzen des Gleichgewichtes und das Laufen Algorithmen, die zusammenarbeiten, kontrolliert, aber auf getrenntem Bord Mikrocontrollers. Als ein Ergebnis von der Kombination von diesen Bauelementen und den Techniken, erreichte das Kontrolle-System recht-Zeit laufen, robuste Kontrolle und ist die Roboter-Strukturen von ähnlichem Zweifüßler zu anderen tragbar.

Acknowledgments

I deeply thank fist, my holy God, who give me huge resources to achieve this goal. Research adviser, Professor Dr. Raul Rojas, for gibe me the opportunity to participate on this project, being a consistent source of support, encouragement and bring me new ideas to achieve my goal. His guidance and worthy help make my PhD studies a enrichiable and enjoyable experience.

Several others professors have contributed with their time on the revision of my work, and I would like to express my gratitude. I would like to thank Professor Dr. Alexander Loukianov from CINVESTAV (Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN) , for their careful reading and its observations of this dissertation.

I gratefully acknowledge crucial contributions to this project from members of the Artificial Intelligence group, especially to: Erik Cuevas Jiménez, Ernesto Tapia Rodríguez and Felix von Hundelshausen. Some, technical advices and worthy tips from Professor Dr. Achim Liers were also applied on this work.

I thank the huge support from some members of Universidad de Guadalajara, CUCEI. Especially Professor Dr. Victor Alvarez Gonzalez, Dr. Marco Perez Cisneros and MC. Alberto de la Mora Galvez, who help with some advices and trust on my abilities to conclude this thesis.

I am deeply indebted to my mother, Maria Concepcción, and my father Daniel. Without their encouragement, I could have never come to Germany to pursue a higher degree.

I thank the German Academic Exchange Service (DAAD) for their financial support during my research via the scholarship A/01/05933.

Contents

List of Figures

List of Algorithms