University of Mosul

College of Engineering

FPGA Implementation of an Intelligent Controller for Mobile Robot

Shawkat Sabah Khairullah Jassim

M.Sc. / Thesis

Computer Engineering

Supervised By

Assistant Professor

Dr. Rafid Ahmed Khalil

2011 A.D. **1432 A.H.**

ABSTRACT

In this thesis, Autonomous Mobile Robot (AMR) has been designed and implemented for avoiding obstacles from its path with an unknown indoor environment. The platform for this AMR consists of SRF05 Ultrasonic sensor which is responsible for obstacle detection and robot navigation, two Sanyo Denki 103H546-0440 Stepper motors, two aluminum drive wheels, two caster wheels, aluminum base, PCB board contains interface circuits for sensor and motors with the FPGA board and this board is used to process the sensor data and issue commands to the motors to control the actions of the AMR.

The AMR has been divided into three modules: Ultrasonic sensor module, Stepper motor module, and the Supervisor module besides the mechanical structure. The Ultrasonic sensor module consists of the sensor and its controller. The Stepper motor module consists of the two stepper motors and actuator controller for controlling the operation and direction of these motors. The Supervisor module represents the intelligent controller for AMR. This controller has been divided into three parts: Supervisor Controller based on one of the two intelligent techniques (fuzzy logic or neural networks), Sensor Controller and Actuator Controller. All these controllers have been implemented as hardware inside the FPGA board programmed by the VHDL language. In the fuzzy intelligent controller case, LabVIEW software is used as a GUI environment to design the supervisor controller by modeling the resultant control surface as table (called Fuzzy Control Table) and implementing it using the Spartan-3 FPGA Kit instead of synthesizing the classical three stages (Fuzzification, Inference Engine, Defuzzification). This intelligent controller approximately consumes 6% from the FPGA area with a maximum allowable speed of 185.086MHz. In the neural intelligent controller case, Matlab software is used as an integrated programming environment with using neural network toolbox to design the supervisor controller by training it in an offline mode using back propagation (BP) learning algorithm to obtain the suitable weights and biases that are used later for the Virtex-II Pro FPGA Kit implementation of the controller. This intelligent controller approximately consumes 7% from the FPGA area and 41% from its multipliers with a maximum allowable speed of 58.907MHz. The performance of the AMR has been tested in an indoor environment which is not defined and already contains various obstacles and different spaces and the performance of the robot through navigation in real-time has been similar to the results obtained in the ISE 10.1 Software simulation. So that when allowed, the robot starts to sail in this environment. Robot starts to move in four movements to avoid obstacles.

ألمُستخلص

في هذه الرسالة، تم تصميم وتنفيذ روبوت متنقل ذاتي الحركة لتجنب العوائق من مساره في بيئة داخلية غير معروفة. يتكون هيكل هذا الروبوت من متحسس بالموجات فوق الصوتية نوع SRF05 وهو مسؤول عن الكشف عن العوائق والملاحة للروبوت، واثنين من محركات الخطوة نوع Sanyo Denki 103H546-0440 واثنين من عجلات السوق من الألمنيوم، واثنين من عجلات الأسناد، وقاعدة من الألمنيوم، وكارت دوائر الكترونية مطبوع (PCB) يحتوي على دوائر المواجهة للمتحسس والمحركات مع كارت مصفوفة البوابات القابلة للبرمجة حقليا(FPGA) وهذا الكارت تم استخدامة لمعالجة البيانات الداخلة من المتحسس وتصدير الأوامر الى المحركات للسيطرة على تصرفات الروبوت.

وقد تم تقسيم الروبوت إلى ثلاث وحدات: وحدة التحسس بالموجات فوق الصوتية، وحدة محرك الخطوة، والوحدة المشرفة الى جانب الهيكل الميكانيكي. وحدة التحسس بالموجات فوق الصوتية تتكون من المتحسس والمتحكم عليه. وحدة محرك الخطوة تتكون من اثنين من محركات الخطوة ومتحكم بالمحركات للسيطرة على تمكين واتجاه هذه المحركات. الوحدة المشرفة تمثل المتحكم الذكي للروبوت. وهذا المتحكم تم تقسيمة الى ثلاثة أجزاء: المتحكم المشرف اساس عمله إحدى التقنيتين الذكيتين(المنطق المضبب أو الشبكات العصبية), والمتحكم بالمتحسس، والمتحكم بالمحركات. تم تنفيذ جميع هذه المتحكمات ككيان مادي في رقاقة ال (FPGA) وباستخدام لغة وصف الكيان المادي (VHDL). في حالة وحدة التحكم الذكية المضببة، تم استخدام برنامج ال(LabVIEW) كبيئة واجهة المستخدم الرسومية لتصميم وحدة تحكم المشرف عن طريق تمثيل سطح السيطرة الناتج كجدول يسمى جدول السيطرة المضبب وتنفيذ هذا الجدول باستخدام لوحة (Spartan-3 FPGA) بدلا من تركيب المراحل الثلاثة الأساسية (الأستضباب، الأستنتاج الضبابي، أزالة التضبيب). يصل هذا المتحكم الذكي حوالي 6% من مساحة الFPGA مع سرعة القصوى المسموح بها 185.086MHz. في حالة وحدة التحكم الذكية العصبية، تم استخدام برنامج ال(Matlab) كبيئة برمجية متكاملة باستخدام أدوات الشبكة العصبية لتصميم المتحكم المشرف من خلال تدريبه في وضع الoffline mode وباستخدام خوارزمية التدريب ذات الأنتشار العكسي للحصول على أوزان مناسبة التي استخدمت فيما بعد في تنفيذ المتحكم على لوحة(Virtex-II Pro FPGA) . يصل هذا المتحكم الذكي حوالي 7% من مساحة الFPGA و41% من الضاربات مع سرعة القصوى المسموح بها 58.907MHz. تم أختبار أداء الروبوت في بيئة داخلية غير معرفة لديه مسبقا تحتوي عوائق مختلفة وبمسافات مختلفة وكان أداء الروبوت من خلال ملاحته في الزمن الحقيقي مشابها للنتائج التي تم الحصول عليها في برنامج المحاكاة ISE 10.1 . بحيث انه عندما يسمح للروبوت البداية في الأبحار في هذه البيئة يبدأ الروبوت للتحرك في أربعة حركات لتجنب العوائق.

جامعة الموصل
كلية الهندسة

تنفيذ مسيطر ذكي لروبوت متحرك على شريحة مفردة نوع FPGA

شوكت صباح خيرالله جاسم

رسالة ماجستير
هندسة الحاسبات

بإشراف
الأستاذ المساعد
الدكتور رافد احمد خليل

1432هـ 2011 م