ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์ ตัวควบคุมแบบปรับตัวได้ที่มีโครงสร้างเลียนแบบกฎฟัซซี

ผู้เขียน นายชิเดนทรีย์ ตรีสัตยพันธุ์

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต (วิศวกรรมไฟฟ้า)

คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ. ดร. เสริมศักดิ์ เอื้อตรงจิตต์ ประธานกรรมการ
รศ. ดร. กิติ ลิขิตอนุรักษ์ กรรมการ
ผศ. ดร. นิพนธ์ ธีรอำพน กรรมการ

บทคัดย่อ

เทคโนโลยีทางด้านปัญญาประดิษฐ์ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวางในงานทางวิศวกรรมควบคุม โดยอาศัยความสามารถในการบรรจุองค์ความรู้ของมนุษย์ในรูปแบบของตรรกะคลุมเครือ และความสามารถในการปรับตัวเองเพื่อให้ได้ผลตอบสนองที่ต้องการของโครงข่ายประสาทเทียม ในปัจจุบันนี้ได้มีการนำเสนอระบบที่ได้รวมเอาคุณสมบัติทั้งสองอย่างเข้าไว้ด้วยกัน และได้รับความสำเร็จในการนำระบบแบบผสมดังกล่าวมาใช้เป็นตัวควบคุมสำหรับตัวดำเนินการต่างๆ แบบไม่เป็นเชิงเส้น

จุดประสงค์ของงานวิจัยนี้คือออกแบบและสร้างตัวควบคุมที่มีความสามารถปรับตัวได้แบบโครงข่ายประสาทเทียม และสามารถบรรจุองค์ความรู้ของมนุษย์ได้แบบตรรกะคลุมเครือ แต่โครงสร้างและการคำนวณทางคณิตศาสตร์ของตัวควบคุมที่นำเสนอนี้ไม่ซับซ้อน และง่ายในการคำนวณ จากคุณสมบัติของตัวควบคุมที่นำเสนอนี้ทำให้ไม่จำเป็นต้องทราบสมการทางคณิตศาสตร์ที่แม่นยำของตัวดำเนินการ และยังสามารถรองรับการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรต่างๆ ในระบบที่ต้องการควบคุมได้อีกด้วย

โครงข่ายปรับตัวได้ที่มีโครงสร้างเลียนแบบกฎความคลุมเครือที่นำเสนอในงานวิจัยนี้สามารถตั้งค่าเริ่มต้นโดยใช้องค์ความรู้ที่เกี่ยวกับระบบที่ต้องการควบคุมในรูปของกฎความคลุมเครือโดยผู้ใช้ และระหว่างการทำงานของโครงข่ายนี้ค่าตัวแปรต่างๆ ก็ยังสามารถปรับตัวได้เองโดยอาศัยขบวนการเรียนรู้ที่พัฒนามาจากโครงข่ายประสาทเทียม การประยุกต์ใช้งานตัวควบคุมที่นำเสนอกับระบบไม่เชิงเส้นหลายระบบ เช่น ระบบลูกตุ้มแบบหัวกลับ ระบบความคุมอุณหภูมิของ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

น้ำ และระบบส่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูง ได้แสดงให้เห็นถึงผลตอบสนองที่ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับตัวควบคุมแบบอื่นๆ ในการจำลองโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

เพื่อยืนยันเสถียรภาพของระบบควบคุมที่นำเสนอ ในงานวิจัยนี้ได้ประยุกต์เอาการควบคุมแบบโหมดเลื่อน(sliding mode) มาใช้คำนวณเพื่อหาค่าขอบเขตของสัญญาณควบคุมที่จะทำให้ระบบมีเสถียรภาพ โดยอาศัยการลดลงของสมการ Lyapunov จากการทดสอบระบบควบคุมที่ได้กับตัวดำเนินการที่ไม่เป็นเชิงเส้น ตัวอย่างเช่น ระบบควบคุมหุ่นยนต์ และระบบแบบไม่มีความเป็นระเบียบ(chaos) พบว่าผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองดีกว่าตัวควบคุมที่เคยได้มีผู้นำเสนอมาแล้ว เช่น OGY เป็นต้น

ในตอนท้ายของงานวิจัยนี้ โครงข่ายปรับตัวได้ที่มีโครงสร้างเลียนแบบกฎความคลุมเครือได้ถูกพัฒนาให้สามารถรองรับสัญญาณขาเข้าได้ทีละหลายสัญญาณพร้อมๆ กัน โดยไม่จำเป็นต้องใช้โครงสร้างแบบขนาน ทำให้ระบบควบคุมที่ได้สามารถเรียนรู้ได้เร็วขึ้น นอกจากนั้นระบบโครงข่ายที่ถูกพัฒนานี้ยังสามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ระบบไม่เชิงเส้นได้อีกด้วย ซึ่งในการประยุกต์การใช้งานนี้ได้มีการนำเสนอวิธีการเรียนรู้แบบผสมระหว่างวิธีการปรับตัวของตัวกรอง และวิธีการปรับตัวตามความชันของสมการดัชนีประสิทธิภาพ จากผลการทดสอบประสิทธิภาพของระบบที่นำเสนอเปรียบเทียบกับโครงข่ายแบบ ANFIS พบว่าผลตอบสนองที่ได้จากโครงข่ายที่นำเสนอดีกว่าประมาณ 2 เท่าตัวเมื่อใช้ดัชนีประสิทธิภาพเป็นรากที่สองเฉลี่ยของสัญญาณข้อผิดพลาด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Thesis Title Adaptive Controller with Fuzzy Rules Emulated Structure

Author Mr. Chidentree Treesataypun

Degree Doctor of Philosophy (Electrical Engineering)

Thesis Advisory Committee

Asst. Prof. Dr. Sermsak Uatrongjit	Chairperson
Assoc. Prof. Dr. Kiti Likit-Anurucks	Member
Asst. Prof. Dr. Nipon Theera-Umpon	Member

ABSTRACT

The artificial intelligence technologies have been widely employed in the field of control engineering. The fuzzy IF-THEN rules are very suitable for capturing the impression of reasoning processes and the nature of human knowledge. On the other hand, neural networks are equipped with a learning capability. Some combinations of the fuzzy inference systems and a neural network have been widely introduced as the fuzzy-neural network, the fuzzy logic based on neural network and so on. Nowadays, many nonlinear discrete-time controllers have been successfully developed by using these combinations.

The objective of this research is to design an adaptive controller using only the knowledge of the plant's operations in the form of fuzzy rules. There is no need to obtain the exact mathematical model of the controlled plant. The technique for parameter adaptation is also proposed, in order to cope with the uncertainty in plant's model. Although these properties are similar to the neuro-fuzzy controller, the proposed controller structure and the adaptation method are less complicated.

The adaptive network called Fuzzy Rules Emulated Network (FREN) is proposed in this research. FREN's structure is derived based on human knowledge in the form of the fuzzy IF-THEN rules. The initial setting of its parameters can be chosen intuitively from the expert's experiences. Some nonlinear plants such as the inverted pendulum, the water bath temperature control system, and the high voltage direct current transmission, are selected as testing plants to test the performance of the proposed controller by using computer simulations. From the results, it is found that the FREN controller gives better performances compared with other approaches.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

It is difficult to ensure the stability of the intelligent control systems such as the fuzzy logic, the neural network, and the neruo-fuzzy network. In this work, the stability is enforced by limiting the control effort within its stable bound. This bound is derived by using the sliding mode control technique. When the control effort from the controller is kept within the sliding bound, the stability of the controlled system can be guaranteed. The proposed technique is investigated by applying it to control a robotic and some chaotic systems. The simulation results indicate its good performances.

The improved version of FREN namely Multi Input FREN or MIFREN is also proposed. The control algorithm by using MIFREN and sliding bounds shows the faster tracking performance than that of FREN and the sliding bound. MIFREN is also employed as a nonlinear system identification. In this application, the hybrid learning algorithm using a modified adaptive filter technique and a steepest-descent to tune up linear and nonlinear parameters respectively is proposed. The superior performance of the MIFREN and its hybrid learning is shown by using the computer simulation and the comparison with the well-known adaptive network ANFIS.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved