

Abstract

Project Code : MRG5280093

Project Title : Sensorless Force Feedback and Haptic Interfacing for Control of Robotic Manipulators

Investigator : Dr. Itthisek Nilkhamhang

E-mail Address : itthisek@siit.tu.ac.th

Project Period : 16 March 2009 to 15 March 2011

Haptic interfacing and force feedback is a rapidly growing field of research with enormous potential and many diverse applications. The main objective is to allow physical interaction with a virtual or remote environment through the ability to sense and transmit tactile information to the end user. A particularly interesting topic is the control of robotic manipulators with real-time force feedback to the human operator. This provides the user with tactile information of the interaction between the robotic arm and its surroundings. Numerous researches have shown that such additional sensory feedback, when combined with visual and auditory cues, can greatly enhance manipulation performance, especially for tasks that involve a high degree of precision and accuracy. However, the implementation of such a system is complicated by issues of robustness, stability, precision, and power efficiency.

This research proposes a novel, two-channel bilateral control algorithm with force estimation and feedback that is robust to both parametric and nonparametric uncertainties. The movement of the slave device is controlled by a passivity-based robust adaptive position controller to achieve trajectory tracking of the position input provided by the master device. The control law includes a hyperbolic tangent-based smooth sliding mode signal to ensure robustness to bounded external disturbances. The environmental force acting on the slave device is estimated by a sliding mode observer and transmitted to the master side as part of a real-time haptic interface. This force is reproduced on the master device using conventional force or impedance control.

Keywords : bilateral control system, robust adaptive control, force estimation, force feedback, haptic interfacing, robotic manipulator, tele-operation

บทคัดย่อ

รหัสโครงการ : MRG5280083

ชื่อโครงการ : โครงการประยุกต์ระบบแรงป้อนกลับแบบเซนเซอร์เลสและระบบอินเทอร์เน็ต
ชนิดแอบติคสำหรับระบบควบคุมแขนหุ่นยนต์

ชื่อนักวิจัย : ดร. อิทธิเศก นิลกำแหง

E-mail Address : itthisek@siit.tu.ac.th

ระยะเวลาโครงการ : วันที่ 16 มีนาคม 2552 ถึงวันที่ 15 มีนาคม 2554

ระบบแรงป้อนกลับและระบบอินเทอร์เน็ตชนิดแอบติคเป็นสาขาการวิจัยที่มีการเติบโตอย่างรวดเร็ว มีงานประยุกต์ใช้ที่หลากหลายและมีศักยภาพเป็นอย่างมาก วัตถุประสงค์หลักของระบบเหล่านี้ก็คือ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถมีปฏิสัมพันธ์ทางกายภาพกับสภาพแวดล้อมเสมือนจริงหรือที่อยู่ห่างไกลโดยมีการส่งและรับข้อมูลเชิงสัมผัส หัวข้อที่น่าสนใจอย่างยิ่ง คือ การควบคุมของแขนหุ่นยนต์ที่มีระบบแรงป้อนกลับเวลาจริงที่สามารถตอบสนองต่อการเคลื่อนไหวของผู้ใช้หลากหลายงานวิจัยได้แสดงให้เห็นว่าข้อเสนอแนะดังกล่าวเมื่อรวมกับข้อมูลภาพและเสียงสามารถเพิ่มประสิทธิภาพได้เป็นอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับงานที่เกี่ยวข้องกับความแม่นยำและความถูกต้องระดับสูง อย่างไรก็ตาม การประยุกต์ใช้งานจริงของระบบดังกล่าวยังมีความซับซ้อน เนื่องจากปัญหาทางด้านความคงทน เสถียรภาพ ความแม่นยำและประสิทธิภาพพลังงาน

การวิจัยนี้นำเสนอวิธีการควบคุมสองช่องทางแบบทวิภาคี (two-channel bilateral control) กับการประมาณแรงป้อนกลับสำหรับระบบที่มีความไม่แน่นอนเชิงพาราเมตริกและที่ไม่ใช่พาราเมตริก การเคลื่อนไหวของอุปกรณ์ตาม จะถูกควบคุมโดยตัวควบคุมตำแหน่งชนิดพาสซีฟแบบคงทนและปรับตัวได้ (passivity-based robust adaptive position control) เพื่อให้สามารถติดตามเส้นทางการเคลื่อนที่ตามการป้อนข้อมูลตำแหน่งที่ส่งโดยอุปกรณ์หลัก กฎการควบคุมรวมถึงสัญญาณเรียบแบบลื่นไถล (smooth sliding mode signal) เพื่อให้มั่นใจว่าคงทนต่อสัญญาณรบกวนภายนอก แรงที่เกิดจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างสิ่งแวดล้อมกับอุปกรณ์ตาม จะโดนประมาณโดยใช้ระบบสังเกตการณ์แบบลื่นไถล (sliding mode observer) และส่งไปยังอุปกรณ์หลักโดยถือเป็นส่วนหนึ่งของระบบอินเทอร์เน็ตชนิดแอบติค แรงนี้จะถูกสร้างขึ้นบนอุปกรณ์หลักโดยใช้ระบบควบคุมแรงและความต้านทาน (force or impedance control)

คำหลัก : bilateral control system, robust adaptive control, force estimation, force feedback, haptic interfacing, robotic manipulator, tele-operation