DEVELOPMENT OF AN IMAGE-GUIDED ENDOSCOPIC ROBOT FOR COMPUTER-ASSISTED SURGERY

VERA SA-ING 5038134 EGBE/M

M.Eng. (BIOMEDICAL ENGINEERING)

THESIS ADVISORY COMMITTEE: JACKRIT SUTHAKORN, Ph.D. (ROBOTICS), SAOWAPAK THONGVIGITMANEE, Ph.D. (ELECTRICAL ENGINEERING), CHUMPON WILASRUSMEE, M.D. (FIRST CLASS HONOR)

ABSTRACT

Laparoscopic surgery is a type of minimally invasive surgery (MIS) that is performed with several laparoscopic tools as well as a laparoscope equipped with a CCD camera. Since the working space for controlling a laparoscope in the operating room is usually limited, the camera operator is required to be highly skilled in controlling the laparoscope, and he/she may become fatigued after a long period of operation. Thus, our motivation was aimed at resolving the camera operator problem.

In this research, we developed a new minimally invasive robotics surgery system (MIRS), which consisted of a new design for the laparoscopic-holder assisting robot and a new algorithm for image-tracking the tip of the laparoscopic instrument. The laparoscopic-holder assisting robot consists of three parts: the passive base part, the bending laparoscope part, and the external manipulator part. For the object tracking part, we developed a new image-tracking algorithm named the "Adaptive Mean-Shift Kalman Tracking." This algorithm is based on the mean-shift algorithm combined with the Kalman filter for tracking the laparoscopic instrument in laparoscopic surgery. Moreover, the target boundary of the object of interest is automatically adjusted in the algorithm to increase the tracking performance. In this research, we tested the operationalized techniques with different scenarios from simulated videos, real surgical videos, and real-time experiments in a phantom box. The experimental results show there is a high potential for the proposed MIRS system to be suitable for tracking the tip of the laparoscopic instrument in real laparoscopic surgery.

KEY WORDS: LAPAROSCOPIC SURGERY /OBJECT TRACKING /
LAPAROSCOPIC ROBOT /
MEAN-SHIFT ALGORITHM / KALMAN FILTER

103 pages

การพัฒนาหุ่นยนต์เอนโดสโคปช่วยการผ่าตัดควบคุมด้วยผลการประมวลภาพ
DEVELOPMENT OF AN IMAGE-GUIDED ENDOSCOPIC ROBOT FOR COMPUTER-ASSISTED SURGERY

วีระ สอิ้ง 5038134 EGBE/M

วศ.ม. (วิศวกรรมชีวการแพทย์)

คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์: จักรกฤษณ์ สุทธากรณ์, Ph.D. (ROBOTICS),เสาวภาคย์ ธงวิจิตรมณี, Ph.D. (ELECTRICAL ENGINEERING), เรือโท นายแพทย์ จุมพล วิลาศรัศมี, M.D. (FIRST CLASS HONOR)

บทคัดย่อ

การผ่าตัดแบบลาปาโลสโคปิกเป็นการผ่าตัดแบบแผลเล็ก ที่ทำการผ่าตัดกับเครื่องมือที่มีขนาดเล็ก ประกอบด้วยกล้องเอนโดสโคปและเครื่องมือต่างๆ งานวิจัยนี้มุ้งแก้ไขปัญหาที่เกิดจากผู้ควบคุมกล้องเอนโดสโคป เนื่องจากพื้นที่ใช้ในการควบคุมกล้องเอนโดสโคปมีอย่างจำกัด ทำให้ผู้ควบคุมกล้องเอนโดสโคปต้องมีความชำนาญอย่างมากในการควบคุมกล้อง นอกจากนี้ความเหนื่อยล้าของผู้ควบคุมกล้องเอนโดสโคปจากการผ่าตัดเวลานาน มีผลทำให้การควบคุมกล้องเอนโดสโคปเกิดการผิดผลาดได้

ดังนั้นงานวิจัยนี้จะทำการพัฒนาระบบการผ่าตัดแผลเล็กที่ใช้หุ่นยนต์ โดยแบ่งการวิจัยออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ การออกแบบและพัฒนาหุ่นยนต์ใหม่ที่ช่วยในการถือและควบคุมกล้องเอนโดสโคป และการพัฒนาอัลกอริทึมใหม่ที่ใช้ในการติดตามเครื่องมือในการผ่าตัด ระบบใหม่นี้จะช่วยแก้ปัญหาที่เกิดจากผู้ควบคุมกล้องเอนโดสโคป โดยหุ่นยนต์ใหม่ที่ช่วยถือและควบคุมกล้องเอนโดสโคปจะมีการออกแบบเป็น 3 ส่วน ประกอบด้วย ส่วนที่หนึ่งใช้ยึดติดกับเตียงคนไข้ ส่วนที่สองใช้ในการควบคุมกล้องเอนโดสโคปในการเข้าออกช่องท้องของคนไข้ และส่วนสุดท้ายใช้ในการเคลื่อนที่ภายนอกเพื่อควบคุมกล้องให้เคลื่อนที่ในรูปแบบกรวย ในส่วนของอัลกอรทึมที่ใช้ในการติดตามวัตถุ ผู้วิจัยได้พัฒนาอัลกอริทึมใหม่ชื่อ Adaptive Mean-Shift Kalman Tracking ซึ่งใช้หลักการของอัลกอริทึม Mean-Shift ร่วมกับ Kalman filter พร้อมทั้งทำการปรับขนาดของบริเวณที่ใช้ในการติดตามวัตถุแบบอัตโนมัติเพื่อให้การติดตามมีความแม่นยำมากขึ้น ในกรณีที่วัตถุถูกบดบังด้วยวัตุอื่นหรือหายไปจากบริเวณที่กำหนดไว้ ในการวิจัยนี้มีการทดสอบการทำงานของหุ่นยนต์และอัลกอลิทึมใหม่ในหลายๆ กรณี ประกอบไปด้วย การทดสอบในวีดีโอที่จัดทำขึ้นเอง การทดสอบในวีดีโอระหว่างการผ่าตัดจริง และการทดสอบแบบ real time จากผลการทดลองทั้งหมดทำให้สรุปได้ว่าระบบการผ่าตัดแบบใหม่นี้สามารถนำไปใช้ในการถือกล้องเอนโดสโคปและติดตามเครื่องมือผ่าตัดได้จริงในการผ่าตัด

103 หน้า