

ระบบจำลองการผ่าตัดเสมือนจริงโดยใช้อุปกรณ์แฮปติกส์

เพื่อใช้สำหรับฝึกการผ่าตัดเปิดผนังหน้าท้อง

Haptic Simulation Training System for Abdominal Wall Surgery

นันทิดา นิลหุต^{1,2}, จักรกฤษณ์ ศุทธากรณ์, ผศ.ดร.^{1,2,*}, จุมพล วิชาศรีศรี, ศ.นพ.³

¹ภาควิชาวิศวกรรมชีวการแพทย์, คณะวิศวกรรมศาสตร์,

²ศูนย์เครือข่ายวิจัยประยุกต์ทางเทคโนโลยีหุ่นยนต์และชีวการแพทย์, คณะวิศวกรรมศาสตร์,

³ภาควิชาศัลยศาสตร์, คณะแพทยศาสตร์ โรงพยาบาลรามาธิบดี,

มหาวิทยาลัยมหิดล 25/25 ถ.พุทธมณฑลสาย 4 ต.ศาลายา อ.พุทธมณฑล จ.นครปฐม ประเทศไทย

*ติดต่อผู้เขียน jackrit.sut@mahidol.ac.th

บทคัดย่อ

การผ่าตัดเฉพาะทางในหลายกรณี มีความจำเป็นต้องใช้ศัลยแพทย์ที่มีความชำนาญเฉพาะทางนั้นๆ โดยความชำนาญได้มาจากประสบการณ์ และการฝึกฝนการผ่าตัดมาอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้การฝึกฝนการผ่าตัดสามารถทำได้หลายวิธี ได้แก่ การผ่าตัดในแบบจำลอง การผ่าตัดในสัตว์ทดลอง การผ่าตัดในศพ และการผ่าตัดโดยใช้คนไข้จริง ซึ่งการฝึกฝนการผ่าตัดกับผู้ป่วยจริงนั้นถือเป็นวิธีการฝึกที่ดีที่สุด แต่ก็มีข้อจำกัดในหลายๆด้าน จึงส่งผลให้ในปัจจุบันมีอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับฝึกการผ่าตัดหลายประเภททั้งในด้านพาณิชย์ และด้านการวิจัย ซึ่งมีการพัฒนาทั้งระบบและตัวอุปกรณ์ขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทำให้ผู้ใช้สามารถใช้อุปกรณ์ได้ทุกเวลา และไม่จำกัดสถานที่ใช้งาน นอกจากนี้ยังสามารถใช้ซ้ำได้ เป็นการช่วยลดค่าใช้จ่ายไปได้มาก

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอระบบจำลองการผ่าตัดเสมือนจริงโดยใช้อุปกรณ์แฮปติกส์เพื่อใช้สำหรับฝึกการผ่าตัดเปิดผนังหน้าท้อง โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อเป็นการเพิ่มตัวเลือกในการฝึกการผ่าตัดของนักศึกษาแพทย์ รวมทั้งเป็นการช่วยลดค่าใช้จ่ายในการจัดซื้ออุปกรณ์ที่ไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ โดยระบบประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือ ส่วนที่ 1 ส่วนตัวอุปกรณ์แฮปติกส์ เป็นอุปกรณ์ที่มีความสามารถหลักในการรับส่งแรงเสมือนจริง อุปกรณ์ในส่วนนี้จะติดต่อกับผู้ใช้งานโดยตรง ในส่วนของการวิจัยนี้ใช้ Phantom Omni ของบริษัท SensAble Technologise ลักษณะของตัวอุปกรณ์แฮปติกส์คล้ายหุ่นยนต์ขนาดเล็ก สามารถเคลื่อนที่ได้ใน 6 องศาอิสระ นอกจากนี้ตัวอุปกรณ์ยังมีส่วนที่เรียกว่า Stylus Tip สำหรับติดต่อกับผู้ใช้งาน ส่วนที่ 2 ส่วนแสดงผลภาพเสมือนจริงสามมิติ ใช้ซอฟต์แวร์ OpenGL และ Visual C++ ในการจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง โดยการสร้างภาพจำลองสามมิติของผนังหน้าท้องของผู้ป่วยในแต่ละชั้น ประกอบด้วย ชั้นผิวหนัง ชั้นไขมัน และชั้นกล้ามเนื้อ รวมถึงการสร้างภาพจำลองสามมิติของมีดผ่าตัด ให้ปรากฏขึ้นทางหน้าจอคอมพิวเตอร์เพื่อจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนการผ่าตัดให้มีความสมจริง

ตัว Stylus Tip ของอุปกรณ์แฮปติกส์จะแทนตำแหน่งผู้ใช้งาน ($P_{user} = [x_{user}, y_{user}, z_{user}]$) ในระบบพิกัดของโลกความเป็นจริง ซึ่งมีลักษณะเป็นเวกเตอร์ในทางคณิตศาสตร์ เมื่อผู้ใช้งานขยับ Stylus Tip จะส่งผลให้ทั้งตำแหน่งและการหมุน (Position and Orientation) ของผู้ใช้เกิดการเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งสามารถคำนวณหาผลคูณเชิง

สเกลาร์ระหว่างเวกเตอร์หนึ่งหน่วยของวัตถุเสมือน (n_{wall}) ที่สมมุติขึ้นกับผลต่างของตำแหน่งผู้ใช้งาน ($P_{user} = [x_{user}, y_{user}, z_{user}]$) และตำแหน่งของวัตถุเสมือน ($P_{wall} = [x_{wall}, y_{wall}, z_{wall}]$) ซึ่งเป็นเวกเตอร์ที่ได้กำหนดตำแหน่งที่แน่นอนไว้ เพื่อใช้ในการตรวจสอบการชนกัน หากผลคูณนั้นน้อยกว่าหรือเท่ากับ ศูนย์ หมายความว่าตรวจพบการชนกันเกิดขึ้น จากนั้นคอมพิวเตอร์จะประมวลผลการชนนั้นแปลงเป็นสมการการเคลื่อนที่ และส่งค่ามายังตัวอุปกรณ์แฮปติกส์เพื่อตอบสนองของผลจากการประมวลผลนั้นเป็นค่าของแรงและแรงบิด (Force and Torque) ทำให้ผู้ใช้รับรู้ถึงแรงสัมผัสนั้นได้

ลักษณะการใช้งานของระบบคือ เมื่อผู้ใช้ขยับ Stylus Tip ตำแหน่งของปลาย Stylus Tip จะมีความสัมพันธ์กับตำแหน่งปลายของมีดผ่าตัดที่ปรากฏอยู่ทางจอแสดงผลภาพ หรือกล่าวได้ว่าตัว Stylus Tip ของอุปกรณ์แฮปติกส์จะแทนมีดผ่าตัดที่ปรากฏอยู่ในจอแสดงผล เมื่อมีดผ่าตัดสัมผัสกับชั้นผิวหนังจะทำให้ผู้ใช้รู้สึกผ่านการมองเห็นภาพที่ปรากฏทางจอแสดงผลภาพ และรับรู้แรงขณะสัมผัสนั้นผ่านทางอุปกรณ์แฮปติกส์หรือ Stylus Tip เสมือนว่าผู้ใช้ได้สัมผัสกับผิวหนังนั้นจริง เมื่อผู้ใช้ได้ทดลองกรีดหรือกดชั้นนั้นลึกลงไป ภาพสามมิติที่ปรากฏทางหน้าจอแสดงผลจะเปลี่ยนเป็นชั้นไขมัน และชั้นกล้ามเนื้อตามลำดับ รวมถึงให้ความรู้สึกเสมือนได้กรีดชั้นของการผ่าตัดนั้นจริง

ระบบที่พัฒนาขึ้นเป็นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีใหม่เพื่อช่วยแก้ปัญหาทางการแพทย์ในปัจจุบัน ซึ่งให้ผลลัพธ์เป็นที่น่าพอใจ เนื่องจากระบบมีความง่าย และสะดวกต่อการใช้งาน ทั้งนี้ในส่วนของกาวิจัยและพัฒนา ยังคงต้องมีการปรับปรุงแก้ไขระบบให้มีความถูกต้อง และแม่นยำมากยิ่งขึ้น

คำสำคัญ ระบบจำลองการผ่าตัดเสมือนจริง อุปกรณ์แฮปติกส์ การผ่าตัดผนังหน้าท้อง