ระบบหุ่นยนต์ผ่าตัด MU-LapaRobot

ชวพล ดิเรกวัฒนะ[1,2], ผศ.ดร.จักรกฤษณ์ ศุทธากรณ์[1,2], ศ.นพ.จุมพล วิลาศรัศมี[3]

[1]*ศูนย์เครือข่ายวิจัยประยุกต์ทางเทคโนโลยีหุ่นยนต์และชีวการแพทย์, คณะวิศวกรรมศาสตร์,*

[2]*ภาควิชาวิศวกรรมชีวการแพทย์, คณะวิศวกรรมศาสตร์,*

[3]*ภาควิชาศัลยศาสตร์, คณะแพทย์ศาสตร์ โรงพยาบาลรามาธิบดี,*

*มหาวิทยาลัยมหิดล, *ติดต่อผู้เขียน: jackrit.sut@mahidol.ac.th*

บทคัดย่อ— บทความนี้กล่าวถึงการออกแบบและพัฒนาสร้างหุ่นยนต์ช่วยผ่าตัดที่ขับเคลื่อนด้วยการส่งกำลังแบบใช้เส้นลวดที่มีชื่อเรียกว่า "เอ็ม.ยู. ลาพาโรบอท" โดยจุดประสงค์ของการออกแบบระบบหุ่นยนต์นี้เป็นการออกแบบให้หุ่นยนต์สามารถใช้งานร่วมกับเครื่องมือผ่าตัด ที่ใช้ในการผ่าตัดแบบเปิดแผลเล็กตามปกติเพื่อลดเวลาการศึกษาการใช้งานหุ่นยนต์ร่วมกับการผ่าตัด โดยระบบรวมนั้น ถูกออกแบบให้อยู่บนพื้นฐานของการผ่าตัดแบบเปิดแผลเล็กเท่านั้น โดยอิงจากการพัฒนาหุ่นยนต์ที่เป็นทั้งในเชิงพานิชย์และในเชิงวิจัยอยู่ในปัจจุบันไว้ด้วย การใช้กลไกต่างๆ ในการออกแบบที่ใช้กลไกขนานที่สามารถสร้างจุดหมุนเสมือนในการเคลื่อนที่ ของกลไกเสมือนกับจุดรอยแผลเล็กบนผนังหน้าท้อง การออกแบบให้ใช้งานได้ง่ายไม่ซับซ้อนในการใช้งานร่วมกับแพทย์ได้ที่บริเวณเตียงผ่าตัด อีกทั้งยังสามารถพัฒนาต่อยอดให้เป็นการใช้งานแบบควบคุมระยะไกลได้

I. บทนำ

Minimally Invasive Surgery (MIS) เป็นเทคนิคการผ่าตัดโดยผ่านโพรงร่างกายด้วยรอยแผลเปิดขนาดเล็ก ซึ่งในการผ่าตัดแบบนี้ทำให้แผลที่ผ่าตัดมีขนาดเล็กทำให้ความเจ็บปวดน้อย การพักฟื้นตัวของร่างกายจะกลับสู่ปกติได้เร็วกว่าการผ่าตัดแบบเปิดแผล (Open Surgery) ทำให้ไม่ต้องพักฟื้นที่โรงพยาบาลหลายวันและกลับไปใช้ชีวิตปกติได้เร็ว การผ่าตัดแบบนี้จะต้องใช้อุปกรณ์เฉพาะ โดยอุปกรณ์นี้มีลักษณะเป็นเครื่องมือขนาดเล็กและยาวเป็นลำกล้องที่เข้าถึงอวัยวะภายในผ่านช่องแผลเล็กได้ ซึ่งแพทย์จะต้องใช้อุปกรณ์เหล่านี้เข้าถึงอวัยวะภายในร่างกาย การผ่าตัดส่องกล้อง (Laparoscopic Surgery) เป็นวิธีการผ่าตัดเปิดแผลเล็กผ่านผนังหน้าท้องโดยใช้กล้องสอดเข้าไปภายในช่องท้อง ได้แก่ กล้องลาพาโรสโคป ซึ่งมีลักษณะเป็นแท่งยาวติดตั้งกล้องขนาดเล็กและไฟส่องสว่างไว้ที่ปลายแท่งที่สอดเข้าไปในช่องท้อง โดยตำแหน่งให้แสงสว่างจะอยู่ที่ปลายกล้องเข้าไปส่องให้ความสว่างภายในช่องท้องจึงจะเห็นภาพอวัยวะภายในนั้นๆอย่างชัดเจนผ่านทางจอภาพแสดงผล โดยมากจะใช้แสงซีนอน (Xenon) ซึ่งทำให้สีสันของภาพมีความเสมือนจริงเป็นธรรมชาติแม้ว่าจะมีความสว่างของแสงมาก การใช้งานเครื่องมือพิเศษเหล่านี้จะต้องสอดเข้าไปในช่องท้องโดยผ่านโทรคาร์ (Trocar) ซึ่งเป็นแท่งท่อกลมยาวใช้สำหรับเปิดช่องแผลไว้ไม่ให้ปิดขณะผ่าตัดสอดเข้าที่โพรงเล็กบนผนังหน้าน้องโดยมีวาล์วสำหรับเปิดปิดในการรักษาระดับของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อให้ช่องท้องขยายตัวเพิ่มพื้นที่ในการทำงานภายในช่องท้องโดยผนังหน้าท้องจะยกตัวขึ้นเหนืออวัยวะภายในพองขึ้น โดยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไม่ติดไฟง่ายซึ่ง จะไม่เกิดการติดไฟจากอุปกรณ์ผ่าตัดที่ใช้จี้ด้วยไฟฟ้า เพื่อตัดเนื้อเยื่อต่างๆหรือสำหรับการห้ามเลือดที่แผลภายในช่องท้องที่มักจะเกิดประกายไฟโดยจะไม่เป็นอันตรายกับผู้ป่วยภายในกระบวนการผ่าตัดขั้นตอนนี้

ในการผ่าตัดแบบนี้นิยมใช้ในกรณีรักษา เช่น ผ่าตัดถุงน้ำดี ผ่าตัดไส้ติ่งอักเสบ ผ่าตัดก้อนเนื้อหรือภายในช่องมดลูก ตัดก้อนเนื้อในผนังมดลูก ตัดมดลูก ในต่อมหมวกไต ตัดก้อนเนื้องอก ผ่าตัดต่อมน้ำเหลือง เป็นต้น แม้ว่าการผ่าตัดส่องกล้องจะเป็นประโยชน์กับผู้ป่วยในการผ่าตัดในกรณีต่างๆ แต่ในบางกรณีการผ่าตัดส่องกล้องก็ไม่สามารถใช้กับผู้ป่วยบางคนได้ เช่น มีพังผืดในช่องท้องมาก หรือมีการอักเสบบวม หรือมีก้อนเนื้องอกภายในท้องที่มีขนาดใหญ่มาก จนไม่สามารถใช้เครื่องมือผ่าตัดในมีพื้นที่ที่เหลือน้อย อาจจะเป็นการยากในการใช้การผ่าตัดแบบส่องกล้อง ในกรณีเหล่านี้ การผ่าตัดส่องกล้องจะทำได้ยากและมีความเสี่ยงสูง การเปลี่ยนวิธีการผ่าตัดโดยศัลยแพทย์เป็นการผ่าตัดเปิดแผลใหญ่ปกติจะถูกใช้ในผู้ป่วยบางรายเพื่อความปลอดภัย

แม้ว่าจะมีประโยชน์หลายอย่างสำหรับผู้ป่วยแต่ว่าการผ่าตัดแบบเปิดแผลเล็กก็มีข้อจำกัดสำหรับศัลยแพทย์ทั้งในเรื่องการสัมผัสอวัยวะโดยตรงการและการมองเห็นอวัยวะได้ ศัลยแพทย์ที่จะทำการผ่าตัดส่องกล้องนี้จะต้องได้รับการอบรมและฝึกฝน การใช้อุปกรณ์ผ่าตัดเหล่านี้จนเชี่ยวชาญก่อนจะใช้เครื่องมือผ่าตัดในการผ่าตัดจริง การผ่าตัดเปิดแผลเล็ก ยังมีจุดด้อยเมื่อเปรียบเทียบกับการผ่าตัดเปิด เช่น การเคลื่อนไหวที่จำกัดของศัลแพทย์ การทำงานร่วมกันของมือและตาโดยปราศจากความรู้สึกที่ตอบสนองจากเครื่องมือผ่าตัดที่ใช้ และแรงตอบสนองของอวัยวะจากการใช้อุปกรณ์ผ่าตัดที่มีลักษณะเป็นแท่งยาวอาจจะทำให้เกิดการสูญเสียแรงผ่านอุปกรณ์ รวมไปถึงการมองเห็น ที่ไม่สามารถกะระยะความลึกได้เนื่องจากการมองภาพบนจอที่เป็นลักษณะสองมิติ ข้อจำกัดการเคลื่อนที่ของอุปกรณ์ ความเหนื่อยล้าจากระยะเวลาในการผ่าตัดอาจทำให้ศัลยแพทย์เกิดความเหนื่อยล้าเป็นผลให้เกิดการสั่นไหวของมือที่เพิ่มขึ้นได้ [1, 2] เป็นต้น จากปัญหาต่างๆ เป็นแรงผลักดันสู่กลุ่มวิจัยสำหรับสาขาวิศวกรรมศาสตร์ ให้พัฒนาเทคโนโลยีเพื่อตอบสนองการทำงานนี้และการพัฒนาอุปกรณ์เพื่อที่จะนำมาแก้ไขปัญหาเหล่านี้ต่อไป

ระบบหุ่นยนต์จำนวนมาก ได้พัฒนาขึ้นในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา ระบบช่วยเหลือคอมพิวเตอร์เป็นการพัฒนาของแบบจำลองผู้ป่วยที่มีความแม่นยำ ระบบหุ่นยนต์ที่ประยุกต์ใช้สามารถให้ประโยชน์ เช่น ความแม่นยำสูงในการเคลื่อนไหว ความเสถียรของระบบโดยปราศจากการสั่นสะเทือน ใช้ในการทำงานที่เป็นเวลายาวนาน ไม่มีผลกระทบจากการถูกฉายรังสี และสามารถถูกควบคุมจากระยะไกลได้ (Teleoperation) แม้ว่าจะมีประโยชน์หลายอย่างเมื่อเปรียบเทียบกับการผ่าตัดโดยใช้มนุษย์ ซึ่งสามารถคิดตัดสินใจได้ดีและมีศิลปะการประมาณระยะหรือรับรู้ถึงความรู้สึกจากการสัมผัสได้เป็นอย่างดี ในทางกลับกันข้อจำกัดของมนุษย์ที่เป็นไปตามธรรมชาติ จะมีการสั่นไหวของร่างกายขณะหายใจ ความเหนื่อยล้าจากการทำงานที่ยาวนานและความคล่องแคล่วของการเคลื่อนไหวที่ถูกจำกัดทิศทาง ข้อจำกัดของหุ่นยนต์ผ่าตัดที่มีในปัจจุบัน เช่น ความน่าเชื่อถือของระบบ การติดตั้งที่ใช้เวลานาน ไม่สามารถส่งแรงกลับ (Force Feedback) หรือส่งความรู้สึกกลับ (Tactile Feedback) มาถึงผู้ใช้ได้เมื่อใช้หุ่นยนต์ สำหรับค่าใช้จ่ายของหุ่นยนต์ผ่าตัดและค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา ขนาดและการติดตั้งหุ่นยนต์ในการผ่าตัด ค่ารักษาพยาบาลในการใช้หุ่นยนต์ผ่าตัดอีกด้วย การฝึกฝนแพทย์และผู้ช่วยในการใช้งานหุ่นยนต์ผ่าตัดใช้เวลานานและมีค่าใช้จ่ายที่สูง เป็นต้น

นอกจากนี้ หุ่นยนต์ผ่าตัดแบบเปิดแผลเล็กที่มีทั้งในเชิงพานิชย์ เช่น da Vinci ดังแสดงในรูปที่ 1 ได้มีใช้แพร่หลายทั่วโลก[4] หรือหุ่นยนต์ ZEUS โดยทั้งสองระบบเป็นหุ่นยนต์ควบคุมระยะไกล[3] เป็นต้น และแบบที่วิจัยกำลังศึกษาวิจัย ที่พัฒนาให้มีขนาดเล็ก[5, 6] หรือมีการเพิ่มเติมการส่งถ่ายแรงย้อนกลับได้ [7, 8], รวมไปถึงการใช้งานแบบควบคุมระยะไกล[9] และเฉพาะเทคนิคพิเศษ เช่น การผ่าตัดเปิดแผลเล็กแบบแผลเดียว (single-port surgical robot)[10]

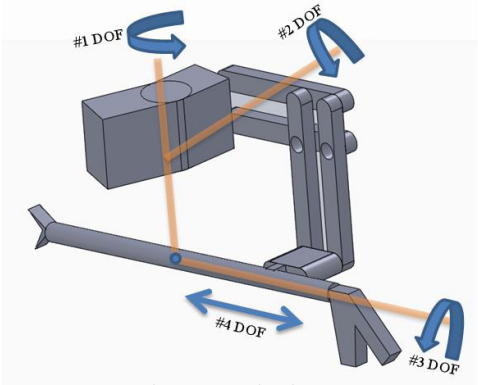
รูปที่ 1 หุ่นยนต์ผ่าตัด da Vinci [4]

แม้ว่าระบบหุ่นยนต์ผ่าตัดมีข้อดีหลายประการสำหรับคนไข้ แต่ระบบหุ่นยนต์ผ่าตัดยังไม่เป็นที่แพร่หลายในการใช้งานจริงในโรงพยาบาลจำนวนมาก เนื่องจากข้อจำกัดต่างๆ ดังที่ได้กล่าวไป ดังนั้นการพัฒนาหุ่นยนต์ผ่าตัดให้มีประสิทธิภาพ และศักยภาพที่สามารถเข้าไปเสริมหรือเพิ่มประสิทธิภาพในการผ่าตัดส่องกล้องนี้โดยใช้หุ่นยนต์ที่มีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา ง่ายต่อการติดตั้งและการใช้งาน ราคาไม่สูง จะเป็นการเพิ่มประโยนช์ให้การรักษาในการผ่าตัดที่ใช้หุ่นยนต์เป็นผู้ช่วยในการผ่าตัดส่องกล้องที่แพร่หลายในปัจจุบันได้

II. แนวคิดและการออกแบบ

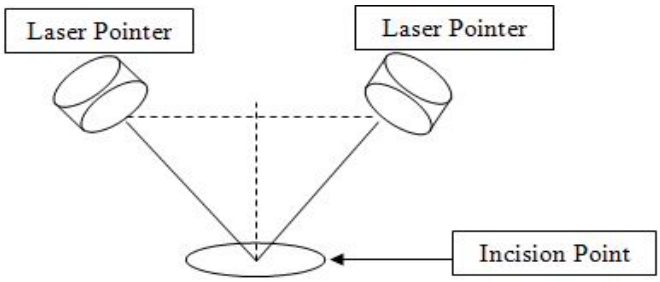
ก. หุ่นยนต์ MU-LapaRobot

หุ่นยนต์ MU-LapaRobot เป็นหุ่นยนต์ช่วยผ่าตัดแบบส่องกล้องเชิงรุก (Active Laparoscopic Surgical Robot) ถูกออกแบบให้มีขนาดเล็กที่สามารถติดตั้งกับบริเวณรางของเตียงผ่าตัดได้ โดยจะใช้เวลาในการติดตั้งที่น้อย และมีน้ำหนักเบา โดยสามารถติดตั้งหรือปรับตำแหน่งได้ง่าย ซึ่งส่วนปลายนั้นสามารถเปลี่ยนอุปกรณ์ได้ โดยไม่ต้องใช้เครื่องมือโดยศัลยแพทย์จะใช้งานหุ่นยนต์ร่วมกับการทำงานแบบปกติได้ด้วย ในการผ่าตัดแบบส่องกล้องจะเป็นการผ่าตัดที่ใช้อุปกรณ์ช่วยผ่าตัด ที่มีการเคลื่อนที่ซ้ำไปซ้ำมาผ่านจุดแผลเล็กเพื่อเข้าไปในบริเวณช่องท้อง ซึ่งการเคลื่อนที่จะทำได้ 4 ลักษณะหรือ 4 องศาอิสระ (DOF) คือ การหมุนรอบบริเวณแผลซึ่งทำให้การเคลื่อนที่มีลักษณะเป็นทรงกรวยมีสองแกนการเคลื่อนที่, การหมุนรอบตัวเอง และการเลื่อนเข้าออกจากข้อกำหนดการเคลื่อนที่เหล่านี้สามารถออกแบบคลอบคลุมการเคลื่อนที่ในรูปแบบที่กำหนดได้โดยมีส่วนปลายแขนหุ่นยนต์ ระบบส่งกำลังแบบเส้นลวดและการถอดเปลี่ยนอุปกรณ์ เป็นต้น ซึ่งการใช้งานจะคำนึงถึงความพอใจของผู้ใช้เป็นหลักโดยที่ใช้เวลาในการเรียนรู้ที่น้อยและการเตรียมอุปกรณ์ติดตั้งที่ไม่ยุ่งยาก ในส่วนของปลายแขนหุ่นยนต์ (Robot End-Effector) จะมีกลไกที่จำกัดการเคลื่อนที่ให้อยู่ในพื้นที่การทำงาน ที่เป็นรูปทรงปริมาตรทรงกรวยที่ทุกการเคลื่อนที่จะผ่านจุดปลายของทรงกรวยซึ่งเสมือนกับจุดรอยแผลเล็กบนผนังหน้าท้องโดยกลไกที่ใช้เป็นกลไกแบบขนาน (Parallelogram Mechanism) ซึ่งจะเป็นโครงสร้างหลักของปลายแขนหุ่นยนต์ และจะมีแกนหมุนทั้งหมด 4 แกน(ดังแสดงในรูปที่ 2) ซึ่งแต่ละแกนจะมีเส้นตัดกับแกนอื่นๆ ทั้งหมดที่จุดๆ เดียวทำให้เกิดการเคลื่อนที่ผ่านจุดๆเดียว



รูปที่ 2 แนวการเคลื่อนที่ของปลายแขนหุ่นยนต์

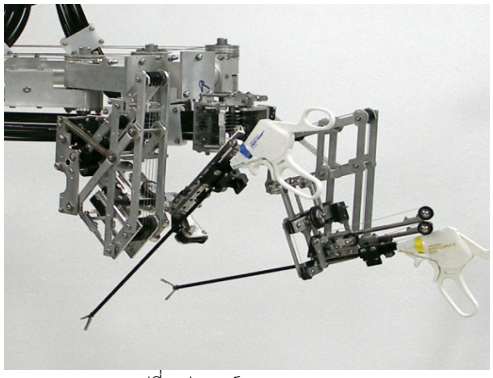
ในการติดตั้งนั้น เนื่องจากปลายแขนหุ่นยนต์เป็นกลไกที่ทำงานผ่านจุดๆ เดียวดังนั้นเป็นยากที่จะกะระยะให้พอดีของจุดหมุนกลไกหุ่นยนต์ การติดตั้งเลเซอร์สองตำแหน่งโดยให้จุดร่วมของเลเซอร์ แทนตำแหน่งของจุดหมุนมาช่วยบอกตำแหน่งของจุดหมุนเสมือนจึงถูกนำมาใช้ในหุ่นยนต์และยังสะดวกในการปรับระดับให้เหมาะสมอีกด้วย ดูรูปที่ 3 ประกอบ



รูปที่ 3 แนวแกนและจุดตัดของเลเซอร์

ชุดขับเคลื่อน (Driving System) จะเป็นตัวส่งกำลังจากมอเตอร์ไปยังจุดหมุนของปลายแขนหุ่นยนต์ซึ่งจะใช้การขับเคลื่อนแบบเส้นลวด (Wire-Driven) ในการส่งถ่ายกำลังไปตามเส้นทางของจุดหมุนต่างๆ และในชุดขับเคลื่อนนี้จะมีกลไกการเปลี่ยนการควบคุมในการใช้งานแบบ โดยใช้ระบบส่งต่อกำลัง (Clutch System) ต่อระหว่างชุดมอเตอร์และชุดขับเคลื่อนเส้นลวด ซึ่งแบบที่ 1 คือ Freehand เป็นการใช้งานเหมือนกับการผ่าตัดปกติโดยศัลยแพทย์สามารถใช้งานเครื่องมือผ่าตัดส่องกล้องและมีกลไกช่วยจำกัดการเคลื่อนที่ในลักษณะปริมาตรทรงกรวยโดยในแบบนี้จะไม่ใช้กระแสไฟฟ้าในการบังคับหุ่นยนต์ แบบที่ 2 คือ Holder เป็นการใช้งานหุ่นยนต์ในการช่วยถือเครื่องมือผ่าตัดส่องกล้องโดยหุ่นยนต์จะทำหน้าที่เสมือนเป็นแขนผู้ช่วยอีกข้างหนึ่ง ซึ่งจะสามารถหยุดตำแหน่งค้างไว้ให้กับเครื่องมือผ่าตัดในการใช้งานต่างๆ เพื่อลดการล้าของแขนชั่วขณะหรือรักษาตำแหน่งในการหยิบจับอวัยวะภายในช่องท้องด้วยเครื่องมือผ่าตัดส่องกล้อง เป็นต้น และแบบที่ 3 คือ Tele/Cooperation เป็นส่วนเพิ่มเติมการใช้งานในอนาคตที่เป็นการควบคุมระยะไกล (Teleoperation) และการทำงานร่วมกันระหว่างหุ่นยนต์กับแพทย์อย่างมีปฏิสัมพันธ์กัน (Human-Robot Interaction) ที่จะพัฒนาระบบควบคุมอื่นๆ เข้ามาร่วมกันกับการใช้งานหุ่นยนต์เพื่อช่วยเสริมประสิทธิภาพในการผ่าตัดส่องกล่องต่อไป โดยโครงสร้างแบบร่างของ MU-LapaRobot

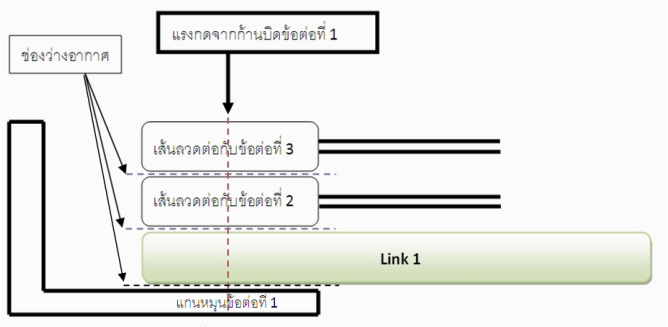
ในการเปลี่ยนอุปกรณ์ในการผ่าตัดนั้นเครื่องมือที่ใช้ผ่านทางพอร์ท (Trocar) นั้น การใช้งานเครื่องมือจะมีหลายแบบขึ้นอยู่กับการใช้งาน เช่น การตัด คับ หรือ จี้ไฟฟ้า เป็นต้น ซึ่งการนำงานหุ่นยนต์มาใช้งานในการผ่าตัดจะต้องสามารถเปลี่ยนเครื่องมือผ่าตัดได้เช่นกัน โดยการเปลี่ยนเครื่องมือผ่าตัดในการผ่าตัดส่องกล้องใน MU-LapaRobot สามารถเปลี่ยนได้โดยไม่ต้องใช้เครื่องมือในการเปลี่ยนเครื่องมือผ่าตัดนี้ซึ่งจะไม่เสียเวลาในการถอดเข้าออก การใช้งานเป็นแบบสวมเข้ากับช่องรางที่ติดตั้งอยู่กับส่วนปลายของหุ่นยนต์โดยแพทย์สามารถปลดล็อคเครื่องมือผ่าตัดจากหุ่นยนต์ได้ด้วยมือ ซึ่งกลไกนี้ไม่อาศัยไฟฟ้าจึงใช้งานได้ทุกกรณี ดูรูปที่ 4 ประกอบ



รูปที่ 4 หุ่นยนต์ MU-LapaRobot

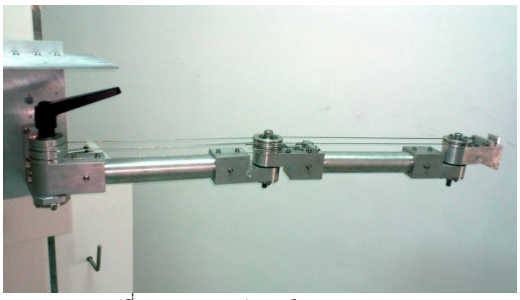
ข. แขนหุ่นยนต์เชิงรับ Passive Arm

ชุดแขนฐานหุ่นยนต์นั้นเป็นชุดแขนแบบเคลื่อนที่ได้อิสระปรับล็อคด้วยมือมี 3 องศาอิสระในการเคลื่อนที่แบบระนาบ (Planar Plane) เท่านั้น ซึ่งมีกลไกการทำงานที่สามารถล็อคทุกจุดหมุนได้ โดยการปรับเพียงตำแหน่งเดียวที่ก้านบิดข้อต่อที่ 1 ใกล้กับเสาของฐานและใช้กลไกของแรงเสียดทานและระบบส่งกำลังโดยใช้เส้นลวด (Wire-driven) เข้ามาใช้ในการออกแบบนี้ ดูรูปที่ 5 ประกอบ โดยเมื่อปลดล็อคที่ก้านบิดแล้ว ทุกจุดหมุนสามารถถูกปรับท่าทางของแขนได้อย่างอิสระ ในส่วนปลายของแขนนั้นมีแป้นสำหรับยึดกับปลายแขนหุ่นยนต์ต่างๆ ได้



รูปที่ 5 กลไกการล็อคของชุดแขนฐานหุ่นยนต์

จากรูปที่ 5 แสดงถึงกลไกการทำงานของระบบล็อคนี้ เมื่อปลดล็อคโดยการหมุนก้านบิดข้อต่อที่ 1 จะทำให้มีช่องว่างอากาศระหว่างเส้นลวดต่อกับข้อต่อที่ 2, 3 และ Link1 ซึ่งจะทำให้ทั้งสามส่วน สามารถเคลื่อนที่แยกอิสระออกจากกันในการหมุนของแกนหมุนข้อต่อที่ 1 ในทางกลับกันเมื่อต้องการล็อคคือมีแรงกดจากก้านบิดข้อต่อที่ 1 จะทำให้ไม่มีช่องว่างอากาศระหว่างจุดหมุนทั้งสามส่วนซึ่งแรงกดจะทำให้เกิดแรงเสียดทานระหว่างผิวสัมผัสระหว่างเนื้อวัสดุด้วยกันทำให้สามารถหยุดการเคลื่อนที่ของทั้ง 3 ข้อต่อได้โดยการควบคุมจากการบิดของก้านบิดที่ข้อต่อที่ 1 ซึ่งแสดงกลไกแขนหุ่นยนต์ ดูรูปที่ 6 ประกอบ

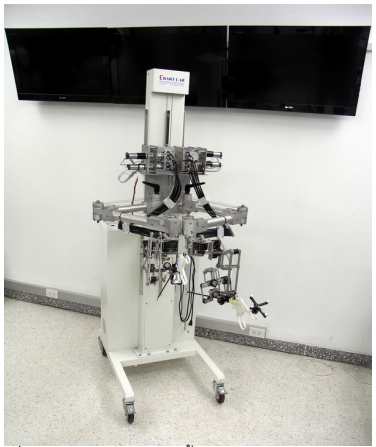


รูปที่ 6 ชุดแขนฐานหุ่นยนต์ MU-LapaRobot

ค. ชุดฐานหุ่นยนต์ (ROBOT PLATFORM)

การออกแบบชุดฐานหุ่นยนต์นั้น ออกแบบให้มีลักษณะเป็นฐานติดล้ออิสระเคลื่อนที่ได้ โดยส่วนฐานมีลักษณะแบนยาวเพื่อถ่วงน้ำหนัก เพื่อใช้ในการทำงานข้างเตียงผ่าตัดได้โดยขาจะสอดเข้าไปด้านใต้ของเตียงผ่าตัด และฐานนี้สามารถติดตั้งหุ่นยนต์ MU-LapaRobot ที่ปลายแขนของชุดฐานนี้ได้และมีแท่นวางชุดขับเคลื่อนของหุ่นยนต์ไว้ที่แท่นเลื่อนขึ้นลง โดยฐานแขนหุ่นยนต์นี้มีกลไกอย่างง่ายที่ทำให้ปรับลักษณะท่าทางของแขนหุ่นยนต์ได้อย่างสะดวกและใช้เวลาที่น้อย

ชุดฐานแขนหุ่นยนต์นี้มีลักษณะเป็นฐานขา 4 ล้ออิสระล็อคได้และมีที่จับในการลากสำหรับเคลื่อนย้ายเข้าห้องผ่านประตูขนาดมาตราฐานได้ โดยด้านหลังของฐานเป็นกล่องสี่เหลี่ยมที่มีฝาเปิดได้สำหรับใส่อุปกรณ์หรือเครื่องมือต่างๆ เช่น ชุดเครื่องมือ, คอมพิวเตอร์ หรือ อื่นๆได้ โดยตำแหน่งเสามีจุดยึดสำหรับจอภาพหากมีการใช้แสดงผลได้พร้อมช่องเก็บสายไฟและช่องระบายอากาศสำหรับกล่องด้านหลังโดยฐานนี้สามารถปรับขึ้นลงได้ด้วยมือและสามารถติดตั้งแขนได้สองข้างซ้ายขวาได้ การเคลื่อนที่ขึ้นลงของแป้นยึดกับฐานนั้นสามารถถูกปรับขึ้นลงได้อย่างง่ายโดยใช้หลักของการสมดุลน้ำหนัก (Weight Balance) ที่ปรับขนาดของน้ำหนักที่ถ่วงไว้ภายในโครงสร้างได้ให้เหมาะสมกับน้ำหนักของแขนหุ่นยนต์ได้ โดยขนาดของน้ำหนักนั้นมี 20 กิโลกรัมที่แบ่งย่อยด้วยแผ่นน้ำหนักที่ถอดออกได้ ทั้งนี้สามารถปรับส่วนต่างของน้ำหนักให้เหมาะสมกับชิ้นงานที่นำมาติดที่ฐานได้ โดยชุดหุ่นยนต์และแขนหุ่นยนต์ติดตั้งกับชุดฐานแขนหุ่นยนต์ ดูรูปที่ 7 ประกอบ



รูปที่ 7 ฐานแขนหุ่นยนต์ติดตั้ง หุ่นยนต์ MU-LapaRobot

III. สรุปและข้อเสนอแนะ

การออกแบบพัฒนาหุ่นยนต์ MU-LapaRobot สำหรับช่วยผ่าตัดในการผ่าตัดแบบส่องกล้อง ได้ถูกพัฒนาเป็นหุ่นยนต์ที่มีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา ติดตั้งกับชุดฐานหุ่นยนต์ ซึ่งมีส่วนประกอบหลักคือ ส่วนปลายแขนหุ่นยนต์, ระบบขับเคลื่อน และแผงควบคุมการทำงาน และชุดฐานหุ่นยนต์ โดยส่วนปลายแขนหุ่นยนต์จะมีโครงสร้างที่มีจุดหมุนเสมือนซึ่งสามารถใช้งานร่วมกับการรูปแบบการผ่าตัดแบบส่องกล้องที่การใช้งานของอุปกรณ์ผ่านจุดๆ เดียว การใช้งานหุ่นยนต์ร่วมกับอุปกรณ์มาตราฐานที่ใช้ในการผ่าตัดปกตินั้น ทำให้ง่ายในการใช้งานหุ่นยนต์โดยลดความซับซ้อนในการใช้งาน ในส่วนของโครงสร้างที่จำกัดการเคลื่อนที่ผ่านจุดเดียวบังคับการทำงานของหุ่นยนต์นั้น หากเกิดการทำงานที่ผิดพลาด ชุดขับเคลื่อนก็จะไม่เคลื่อนที่ในทิศทางอื่นๆ ที่จะเป็นอันตรายกับผู้ป่วยบริเวณแผลได้ โดยชุดฐานหุ่นยนต์ที่มีแขนหุ่นยนต์ติดอยู่สองข้างในชุดฐานนั้นสำหรับการใช้งานทั้งสองมือซึ่งการการปรับตำแหน่งของแขนทั้งสองข้างใช้งานง่ายไม่ซับซ้อน โดยฟังก์ชั่นการใช้งานที่สามารถใช้งานแบบ Freehand หรือเป็น Holder สอดคล้องกับการใช้งานจริงในการผ่าตัด หรือการพัฒนาต่อยอดในการใช้งานแบบควบคุมระยะไกลร่วมกับหุ่นยนต์ MU-LapaRobot ได้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการ"การแพทย์อัจฉริยะบูรณาการคอมพิวเตอร์: วินิจฉัย ศัลยกรรม และฟื้นฟู"(1) ได้รับเงินอุดหนุนจากโครงการมหาวิทยาลัยแห่งชาติจากสำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา (สกอ.) งบประมาณปี 2555

บรรณานุกรม

[1] R.H. Taylor, D. Stoianovici. “Medical Robotics in Computer-Integrated Surgery,” IEEE Trans. On Robotics and Automation, v. 19(5), October 2003.

[2] R.H. Taylor, “A Perspective on Medical Robotics,” in Proceedings of the IEEE; v. 94(9), September 2006

[3] G.H. Ballantyne, “Robotic surgery, telerobotic surgery, telepresence, and telementoring”. Surgical Endoscopy and Other Interventional Techniques. 2002

[4] http://www.intuitivesurgical.com

[5] G. Gortchev et al., “Da Vinci S robotic surgery in the treatment of benign and malignant gynecologic tumors”. Springer-Verlag 2009

[6] P. Berkelman, E. Boidard, P. Cinquin, J. Troccaz, LER: “The Light Endoscope Robot”, In the Proc. of the 2003 IEEURS.

[7] P. Berkelman and Ji Ma, “A Compact, Modular, Teleoperated Robotic Minimally Invasive Surgery System”, Intl. Conference on Intelligent Robots and Systems Las Vegs, Nevada ‘ October 2003.

[8] N. Zemiti, G. Morel, T. Ortmaierm and N. Bonnet, “Mechatronic Design of a New Robot for Force Control in Minimally Invasive Surgery”, IEEE/ASME Transactions on Mechatronics, VOL.12, No. 2, 2007

[9] U.Hagn, M. Nickl, et.al, The DLR MIRO: a versatile lightweight robot for surgical applications, Industrial Robot: An International Journal, 34/8(2008), 324-336

[10] M.J.H. Lum, D.W. Friedman, et.al, The RAVEN: Design and Validatin of a Telesurgery System, THE INTERNATIONAL JOURNAL OF ROBOTICS RESEARCH, 2009