ธัญญ์นภัส จารุโชคภูริวัจน์ : การออกแบบและพัฒนาระบบควบคุมแขนกลระยะไกล โดยใช้การจับคู่แบบจลนศาสตร์ต่างกันด้วยท่าทางของมือของมนุษย์ (DESIGN AND DEVELOPMENT OF HUMAN GRIPPER CONTROL FOR NON-HOMOGENOUS KINEMATICS ROBOT ARM WITH TELEOPERATION)
อาจารย์ที่ปรึกษา : อาจารย์ ดร.จิตติมา วระกุล, 87 หน้า.

คำสำคัญ: แขนกล/ถุงมือควบคุม/การควบคุมระยะไกล/หุ่นยนต์/หุ่นยนต์แขนกล

งานวิจัยนี้ต้องการออกแบบและพัฒนาระบบควบคุมหุ่นยนต์ที่สามารถควบคุมแขนกลได้ในระยะไกล โดยใช้การจับคู่แบบจลนศาสตร์ต่างกัน เนื่องจากแขนกลถูกนำไปใช้งานหลากหลายมากขึ้น แต่ในบางงานที่มีความสลับซับซ้อนยังต้องการการควบคุมด้วยมนุษย์ ซึ่งระบบควบคุมหุ่นยนต์นี้เหมาะกับการนำมาใช้ร่วมกับงานดังกล่าว ด้วยการรับตำแหน่งและท่าทางจากฝ่ามือของมนุษย์ และใช้เซ็นเซอร์วัดความเคลื่อนไหวและระบบระบุตำแหน่ง โดยอุปกรณ์ควบคุมที่ถูกใช้สำหรับการวิจัยเป็นอุปกรณ์ที่สวมใส่บริเวณมือร่วมกับเซ็นเซอร์วัดการเคลื่อนไหวและระบบกล้อง 3 มิติ ในการหาตำแหน่งเพื่อใช้ควบคุมแขนกลแบบ 6 องศาอิสระ ระบบทั้งหมดจะประกอบไปด้วยส่วนรับข้อมูลเซนเซอร์ ส่วนของการผสานข้อมูลและส่วนที่ใช้ในการส่งต่อข้อมูลเพื่อสั่งการแขนกลผ่าน หุ่นยนต์ที่ใช้ในการวิจัยคือ MyCobot280 Pi โดยมีเซนเซอร์วัดความเฉื่อยเป็น Witmotion JY61P กล้องวัดความลึกที่ใช้คือ Intel Realsense D435 กล้องจะสามารถตรวจจับมือได้ด้วยโมเดลการเรียนรู้ของเครื่องแบบ MediaPipe หลังจากนั้น จะนำเอาข้อต่อที่สามารถตรวจจับได้มาสร้างสมการความสัมพันธ์หาจุดอ้างอิงของมือเพื่อวัดระยะและหาการหมุนของมือในแนวแกน yaw ส่วนค่าของ roll กับ pitch จะวัดได้จากการนำข้อมูลของ IMU ไปใช้ร่วมกับตัวกรองแมดกวิก (Madgwick's filter) หลังจากนั้นข้อมูลทั้งหมดจะถูกนำมาใช้ในการติดตามการเคลื่อนที่ของมือด้วยตัวกรองคาลมาน (Kalman filter) ข้อมูลที่ได้จากตัวกรองคาลมานจะถูกส่งไปควบคุมแขนกลระยะไกลผ่านโปรโตคอล MQTT โดยมีโบรกเกอร์ในการส่งข้อมูลเป็น HiveMQ ซึ่งเป็นโบรกเกอร์ที่ทำงานผ่านระบบคลาวด์ ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าค่าความคลาดเคลื่อนในการตรวจวัดตำแหน่งของมืออยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ โดยมีค่าเฉลี่ยในแกน X, Y และ Z อยู่ที่ 2.44 มม., 2.22 มม., และ 2.33 มม. ตามลำดับ สำหรับมุม yaw ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยอยู่ที่ 0.772 องศา และค่าความคลาดเคลื่อนในการวัดมุม pitch และ roll ด้วย IMU อยู่ในช่วง -0.60 ถึง 0.16 องศาในมุมต่ำกว่า 75 องศา ระบบการติดตามการเคลื่อนไหวของมือด้วยตัวกรองคาลมานมีความเสถียรและแม่นยำสามารถช่วยประมาณการเคลื่อนที่ของมุมในกรณีที่กล้องหลุดการติดตามจากมือชั่วขณะได้ เมื่อนำไปสั่งการ MyCobot Pi280 จำเป็นจะต้องลดความถี่ในการส่งข้อมูลการสั่งการลง เป็นทุก ๆ 4 วินาที เพื่อให้แขนกลสามารถเคลื่อนที่

ได้ทันและสุดท้ายระบบสามารถนำข้อมูลการเคลื่อนที่ของมือไปสั่งการแขนกลจากระยะไกลได้อย่างถูกต้องโดยเป็นอิสระจากจลนศาสตร์ที่ต่างกันได้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ ลายมือชื่อนักศึกษา .....

ปีการศึกษา 2566 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

TANNAPAT JARUCHOKPHURIWAJ : DESIGN AND DEVELOPMENT OF HUMAN GRIPPER CONTROL FOR NON-HOMOGENOUS KINEMATICS ROBOT ARM WITH TELEOPERATION.
THESIS ADVISOR : JITTIMA VARAGUL, Ph.D., 87 PP.

Keywords: Robot arm/eleoperation/Gripper/Robotics/Humanoid robot/Non-homogenous

This research aims to design and develop a robotic control system capable of remotely controlling a robotic arm using non-homogenous kinematic matching. As robotic arms are increasingly used in various applications, some complex tasks still require human control. This robotic control system is suitable for such tasks by receiving positions and postures from the human hand using motion sensors and a positioning system. The control device used for the research is a wearable device on the hand, combined with motion sensors and a 3D camera system to determine positions for controlling a robotic arm with 6 degrees of freedom. The entire system consists of a sensor data acquisition part, a data integration part, and a part for transmitting data to control the robotic arm. The robot used in the research is the MyCobot280 Pi, with an inertial sensor Witmotion JY61P and a depth camera Intel Realsense D435. The camera can detect the hand using a machine learning model called MediaPipe. The detected joints are then used to create equations to find the reference point of the hand for measuring distance and rotation in the yaw axis. The roll and pitch values are measured using IMU data combined with Madgwick's filter. All this data is then used to track hand movements with a Kalman filter. The data from the Kalman filter is transmitted to control the robotic arm remotely through the MQTT protocol, with HiveMQ as the cloud-based broker.Test results show that the position measurement errors for the hand are within acceptable ranges, with average errors in the X, Y, and Z axes at 2.44 mm, 2.22 mm, and 2.33 mm, respectively. For the yaw angle, the average error is 0.772 degrees. The pitch and roll angle errors measured with the IMU are within -0.60 to 0.16 degrees for angles below 75 degrees. The hand movement tracking system with the Kalman filter is stable and accurate, helping to

estimate movement angles when the camera momentarily loses track of the hand. When applying controlling to the MyCobot Pi280, it is necessary to reduce the command transmission frequency to every 4 seconds to ensure that the robotic arm can move in time. Finally, the system can correctly command the robotic arm's movements remotely, independent of the different kinematics.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

School of Mechatronics Engineering
Academic Year 2023

Student's Signature.....
Advisor's Signature.....