



PROTOTYPE OF THE SYSTEM SIMULATING THE FORCE ACTING ON THE OBJECT, REFERRING TO THE FORCE FROM THE IMU SENSOR VALUE

สมาชิก

นายไกรวิชญ์ วิชาโคตร, 65340500004
นายชญาณีน นาเพีย, 65340500009
นายวริทธิ์ธร คงหนู, 65340500050

บทคัดย่อ

โครงการนี้นำเสนอต้นแบบการนำ IMU Sensor ไปใช้ในการตรวจวัดแรงที่กระทำต่อวัตถุในโลกจริงและส่งแรงที่เกิดขึ้นไปกระทำต่อวัตถุในระบบจำลองบน Gazebo โดยในการทำงานของระบบจะใช้การทำงานร่วมกันของเซนเซอร์วัดความเร่ง (Accelerometer) และไจโรสโคป (Gyroscope) ทำให้สามารถวัดค่าความเร่งในสามแกน (x,y,z) และ ความเร็วเชิงมุมในการหมุนรอบสามแกน (roll,pitch,yaw) ได้ตามลำดับเพื่อใช้ในการคำนวณหาแรงที่เกิดขึ้นผ่านแนวคิดเบื้องต้นโดยใช้ กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน (Newton's Law) และทำการเชื่อมต่อการทำงานของระบบจำลองผ่าน ROS และใช้ Micro ROS ในการเชื่อมต่อระหว่าง Microcontroller กับระบบจำลอง

คำสำคัญ: ROS2 Humble, Micro ROS ,Gazebo ,IMU Sensor

1. บทนำ

จากความสามารถในการวัดค่าของ IMU Sensor ที่ประกอบด้วยเซนเซอร์วัดความเร่ง (Accelerometer) และไจโรสโคป (Gyroscope) ทำให้สามารถวัดค่าความเร่งในสามแกน (x,y,z) และ ความเร็วเชิงมุมในการหมุนรอบสามแกน (roll,pitch,yaw) ได้โดยในโครงการนี้นั้นจะทำการนำเอาค่าที่ได้มาทำการคำนวณผ่านแนวคิดเบื้องต้นโดยใช้ กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน (Newton's Law) เพื่อที่จะได้มาซึ่งแรงที่กระทำต่อวัตถุในโลกจริงและทำการนำไปใช้งานต่อในระบบจำลองการเคลื่อนที่ของวัตถุเพื่อเป็นการสร้างต้นแบบการนำ IMU Sensor ไปใช้ในการตรวจวัดแรงเพื่อใช้งานในระบบจำลองต่อไป

1.1. จุดประสงค์โครงการ

- 1.1.1. เพื่อสร้างระบบจำลองการเคลื่อนที่ของวัตถุเมื่อมีแรงมากระทำบน Gazebo โดยใช้การนำแรงที่เกิดขึ้นจริงที่ได้ผ่านการนำค่าจาก IMU Sensor มาแปลงเป็นแรงที่จะกระทำกับวัตถุบน Gazebo

1.2. ขอบเขต

- 1.2.1. วัตถุจริง
 - 1.2.1.1. วัตถุจริงเป็นทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 32 mm. สูง 60 mm. มี IMU Sensor ติดอยู่ตรงจุดศูนย์กลางของวัตถุ ทำจากพลาสติก PETG
- 1.2.2. ระบบจำลอง
 - 1.2.2.1. ระบบถูกสร้างขึ้นบน Gazebo โดยมีโมเดลวัตถุเป็นทรงกระบอกขนาดเท่ากับวัตถุจริง
 - 1.2.2.2. แรงที่กระทำต่อวัตถุบนระบบจำลองจะกระทำที่จุดศูนย์กลาง (origin frame) ของวัตถุเท่านั้น
 - 1.2.2.3. แรงที่กระทำจะมีแรงในแนวแกน x และ y เท่านั้น

1.2.3. ระบบการทดสอบ

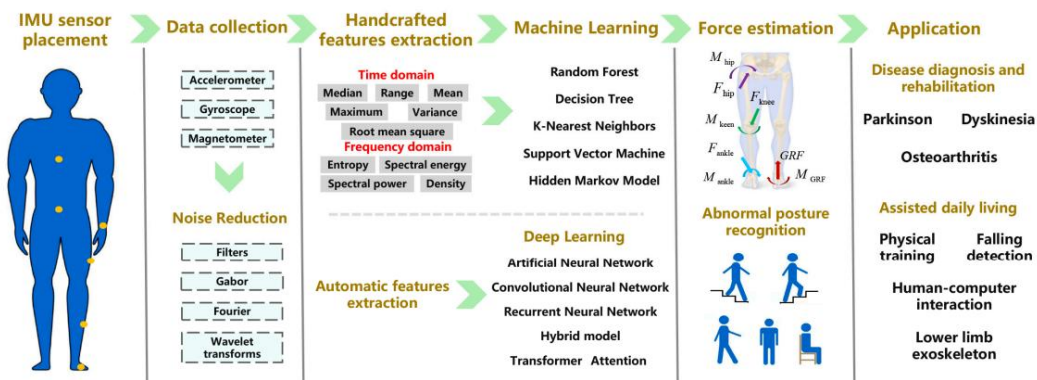
1.2.3.1. ทำการทดสอบโดยการนำ วัตถุจริงติดบนระบบเคลื่อนที่ core XY ที่สามารถเคลื่อนที่ในแนวแกน x ได้ 0.18 m และแนวแกน y ได้ 0.18 m

1.2.3.2. ระบบจะเคลื่อนที่ด้วยความเร่งไม่เกิน 0.5 m/s^2

2. ทบทวนวรรณกรรม และ ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง (Literature Review)

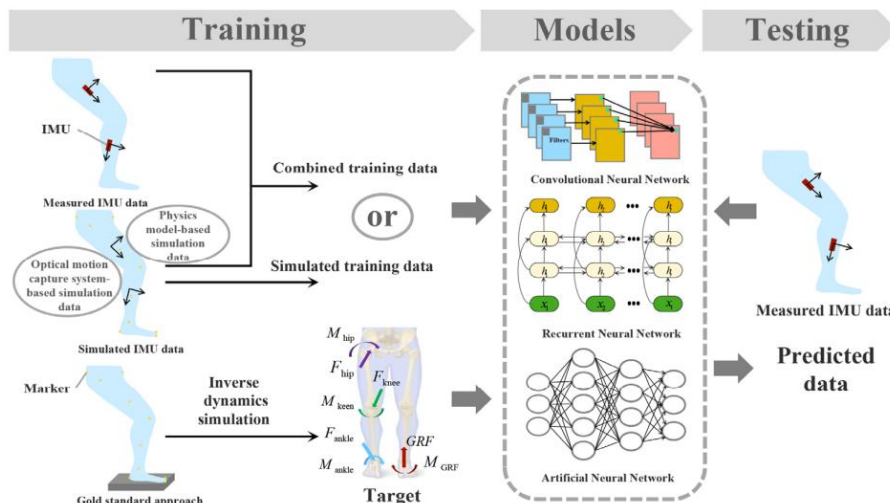
2.1. EXTENDED APPLICATION OF INERTIAL MEASUREMENT UNITS IN BIOMECHANICS: FROM ACTIVITY RECOGNITION TO FORCE ESTIMATION[1]

จากบทความนี้เป็นกรอบอธิบายในเชิงการประเมินการเคลื่อนไหวและแรงที่เกิดขึ้นในร่างกายของมนุษย์โดยใช้ IMU Sensor ในการเก็บข้อมูลร่วมกับการใช้ Machine Learning ในการวิเคราะห์ค่าที่เกิดขึ้นกับข้อต่อ และกล้ามเนื้อภายในร่างกายของมนุษย์ โดยมีโครงสร้างระบบการทำงานในเบื้องต้นดังนี้



รูปที่ 1 ภาพรวมโครงสร้างการทำงานของระบบ

ซึ่งในการทดลองนั้นจะทำการติดตั้ง IMU Sensor ในตำแหน่งเดิมบนร่างกายเพื่อให้ค่าที่ได้มีความเสถียรและแม่นยำที่สุด



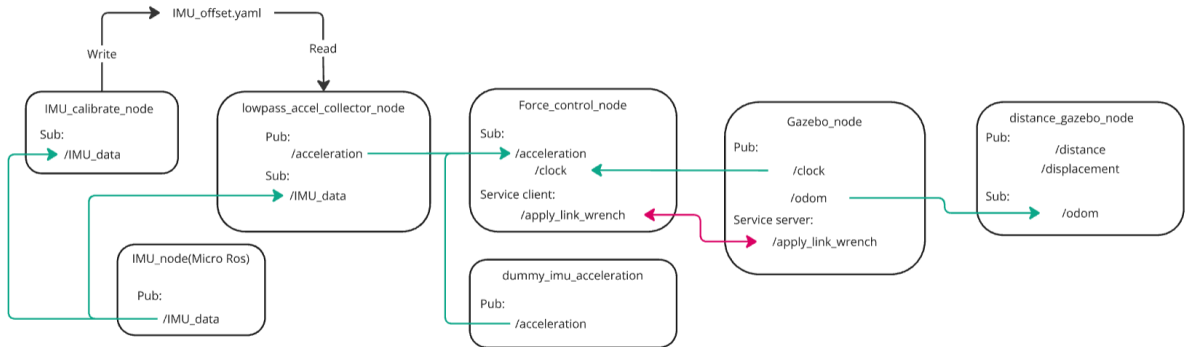
รูปที่ 2 ภาพรวมการทำ Force Estimation

ในส่วนของการทำ Force Estimation นั้น มีการใช้งานการทำ Inverse Dynamics เพื่อหาความสัมพันธ์ของแรงที่เกิดขึ้นในแต่ละข้อต่อและกล้ามเนื้อของมนุษย์เมื่อมองโครงสร้างของมนุษย์เป็นการเชื่อมต่อกันของ Joints และ Links จำนวนมากซึ่งวิธีการนั้นนั้นต้องการข้อมูลจำนวนมากในหลายประเด็นเพื่อหาค่าที่ถูกต้อง เกี่ยวกับการใช้ Machine Learning Model นั้นให้ประสิทธิภาพที่ดีกว่าในการทำนายแรงที่เกิดขึ้นในข้อต่อและกล้ามเนื้อโดยใช้ข้อมูลที่มาจาก IMU Sensor ในการทำนาย

3. เนื้อหาในรายวิชาที่เกี่ยวข้อง

- 3.1. Basic ROS Function (Ex. topic, service, launch file)
- 3.2. Micro ROS
- 3.3. Gazebo

4. System Diagram / System Overview (Function and Argument



รูปที่ 3 System Diagram การทำงานของแต่ละ Node

ในระบบการทำงานได้แบ่งการทำงานออกเป็น 7 node ด้วยกันประกอบด้วย

- 4.1. IMU_Node เป็น Node ที่ทำงานบน Micro ROS เป็น STM32 G474RE มีหน้าที่รับค่าของ IMU มาและ Pub ค่าขึ้นไปโดยใช้ Topic : /IMU_data ไปที่ node IMU_calibrate_node และ lowpass_accel_collector_node
- 4.2. IMU_calibrate_node เป็น Node ที่รับค่าจาก IMU_node (Micro ROS) มาใช้ Calibrate ค่า IMU ให้มีความแม่นยำมากขึ้น
- 4.3. lowpass_accel_collector_node เป็น Node ที่รับค่าจาก IMU_node (Micro Ros) หลังจากที่ได้ Calibrate ค่าไปแล้วโดยจะค่าค่าความเร่งโดยจะ Pub Topic : /acceleration ไปที่ Node Force_control_node
- 4.4. Force_control_node เป็น Node ที่จะรับค่าความเร่งจาก Node : lowpass_accel_collector_node มาคำนวณโดยใช้ Newton's equations เพื่อควบคุม Object ผ่าน Service :/apply_link_wrench ของ Gazebo
- 4.5. dummy_imu_acceleration เป็น Node ที่เอาไว้ใช้ทดสอบการทำงานของ Force_control_node ที่จะควบคุม Object ของ Gazebo
- 4.6. Gazebo_node จะเป็น Node ของโปรแกรม Gazebo ที่เอาไว้แสดงผลของระบบ โดยจะมี Topic : /Odom สำหรับการแสดงตำแหน่งของ Object บน Ground_truth
- 4.7. distance_gazebo_node เป็น Node ที่รับค่าจาก Gazebo_node เพื่อคำนวณระยะห่างและระยะกระจัดจากจุดกำเนิด

5. ผลการศึกษาที่คาดหวัง

5.1. ระบบจำลองการเคลื่อนที่ของวัตถุเมื่อมีแรงมากระทำบน Gazebo โดยใช้การนำแรงที่เกิดขึ้นจริงที่ได้ผ่านการนำค่าจาก IMU Sensor มาพิจารณา

6. รายละเอียดโครงการ

ลำดับ	การดำเนินงาน	สัปดาห์ที่					
		1	2	3	4	5	6
1	ศึกษาข้อมูลและหาแนวคิดการทำงานของระบบ						
2	จัดทำ Proposal						
3	พัฒนาระบบจำลองการเคลื่อนที่ของวัตถุเมื่อมีแรงมากระทำบน Gazebo						
4	พัฒนาระบบการคำนวณแรงผ่านการใช้ IMU Sensor						
5	รวมระบบการทำงาน						
6	ทดสอบและบันทึกผลการทำงานของระบบ						
7	จัดทำเอกสารสรุปการดำเนินงานและจัดทำสื่อนำเสนอ						
8	นำเสนอและจัดส่งงาน						

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Wenqi Liang, Fanjie Wang, Ao Fan, Wenrui Zhao, Wei Yao and Pengfei Yang, “Extended Application of Inertial Measurement Units in Biomechanics: From Activity Recognition to Force Estimation” Sensors, 2023