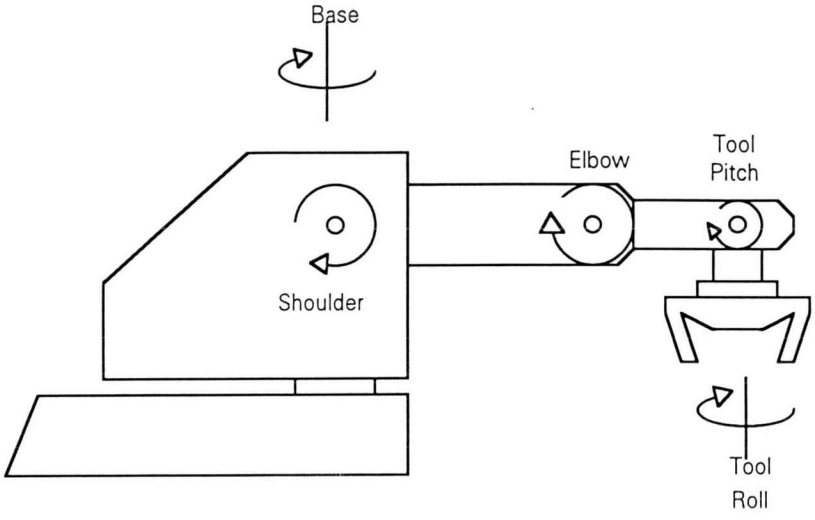
บทที่ 2

ระบบแขนหุ่นยนต์

จากภาพที่ 1 ซึ่งเป็นภาพแขนหุ่นยนต์รุ่น Alpha II จะเห็นว่าแขนหุ่นยนต์ประกอบด้วยลิงค์ (links) ซึ่งเป็นชิ้นส่วนของโลหะ แต่ละลิงค์เชื่อมต่อกันด้วยข้อต่อ (joint) ทำให้มีรูปร่างคล้ายกับลำแขนของมนุษย์

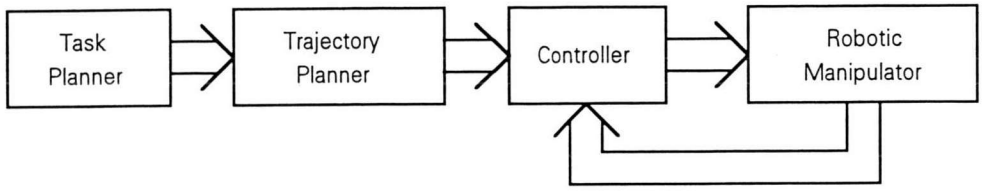


ภาพที่ 1 แขนหุ่นยนต์แบบ Alpha II robotic arm

โดยทั่วไปแขนหุ่นยนต์ที่ใช้งานอยู่ในโรงงานอุตสาหกรรมจะมีลักษณะการเชื่อมต่อของลิงค์เป็นแบบอนุกรมวงเปิด (serial-linkage open-loop kinematic chains) ด้านปลายสุดของลำแขนเป็นส่วนมือ ที่ใช้ติดตั้งเครื่องมือให้เหมาะสมกับชนิดของงาน และปลายอีกด้านหนึ่งเป็นส่วนฐาน ที่ใช้ยึดติดเพื่อความแข็งแรงในขณะใช้งาน ในปี ค.ศ. 1990 Schilling ได้จัดแบ่งแขนหุ่นยนต์ที่ได้รับความนิยมในการใช้งานออกเป็น 5 ประเภท ดังที่แสดงอยู่ในภาคผนวก ก

เนื่องจากลักษณะทางกายภาพของแขนหุ่นยนต์ค่อนข้างจะซับซ้อน ดังนั้นการควบคุมให้แขนหุ่นยนต์เคลื่อนไหว และจัดการกับวัตถุเป้าหมายตามต้องการ จึงเป็นเรื่องยากและต้องใช้เวลาทำความเข้าใจค่อนข้างมาก ในบทนี้จะกล่าวถึงระบบแขนหุ่นยนต์อย่างย่อ เพื่อเป็นพื้นฐานสำหรับการออกแบบตัวควบคุมที่แสดงไว้ในบทถัดไป

<u>ส่วนประกอบและการทำงานของระบบแขนหุ่นยนต์</u>



<u>ภาพที่</u> 2 แสดงแผนภาพกรอบระดับสูงของระบบแขนหุ่นยนต์

1. <u>ส่วนวางแผนขั้นตอนการทำงานของแขนหุ่นยนต์</u> (Task Planner)

รับผิดชอบในการวางขั้นตอนการทำงานเพื่อให้บรรลุเป้าหมายของงาน ข้อมูลจากส่วนนี้จะเป็นตัวกำหนดการกระทำในแต่ละขั้นตอนที่แขนหุ่นยนต์จะต้องปฏิบัติตาม เช่น คำสั่งให้หยิบวัสดุจากตำแหน่งที่จัดเก็บ หรือคำสั่งให้วางวัสดุลงบนสายพานการผลิตที่ตำแหน่งหนึ่ง ๆ เป็นต้น

โดยปกติแล้วผู้ใช้งานจะเป็นผู้ป้อนข้อมูลในส่วนนี้ให้กับระบบ อย่างไรก็ตามยังคงมีการคาดหวังว่า ในอนาคตหากเราสามารถสร้างแขนหุ่นยนต์ที่มีความสามารถในการตัดสินใจได้เหมือนกับมนุษย์ การสร้างข้อมูลเหล่านี้ก็จะกระทำโดยหน่วยประมวลผล ที่ทำหน้าที่เป็นเสมือนกับสมองของแขนหุ่นยนต์

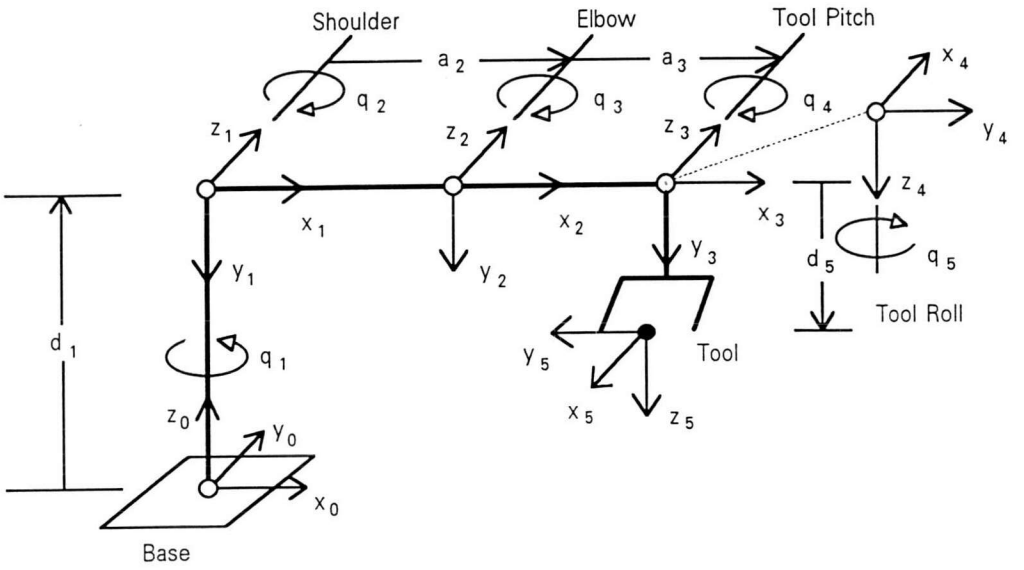
2. <u>ส่วนวางแผนเส้นทางการเคลื่อนไหวของแขนหุ่นยนต์</u> (Trajectory Planner)

รับผิดชอบในการกำหนดรูปแบบการเคลื่อนไหวของแขนหุ่นยนต์ ให้สอดคล้องกับแต่ละขั้นตอนการทำงาน ในบางกรณีอาจจะต้องคำนวณเส้นทางการเคลื่อนที่ เพื่อหลบหลีกสิ่งกีดขวางที่อยู่ในขอบเขตของบริเวณการทำงาน (work space) ไปพร้อม ๆ กันด้วย ข้อมูลจากส่วนนี้จะแสดงตำแหน่ง ความเร็ว และความเร่งที่ต้องการที่เวลาต่าง ๆ เพื่อให้แขนหุ่นยนต์เคลื่อนที่ติดตาม

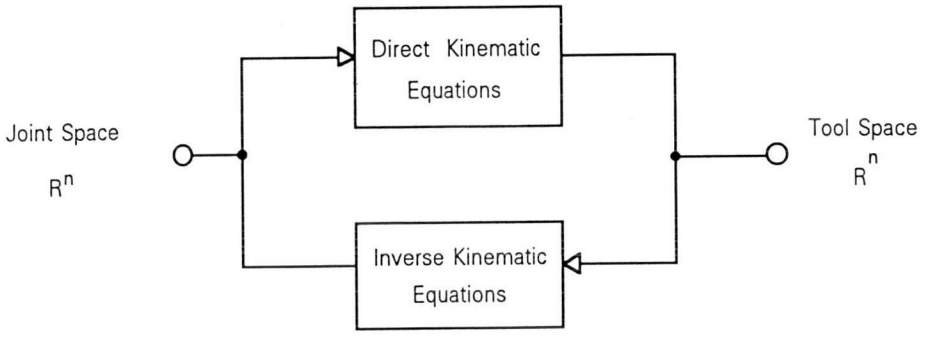
ถึงแม้ว่าการทำงานของแขนหุ่นยนต์ในมุมมองของผู้ใช้งานทั่ว ๆ ไปก็คือ การทำให้เครื่องมือที่ติดตั้งอยู่เคลื่อนเข้าหาเป้าหมาย และหมุนเครื่องมือให้อยู่ในมุมที่เหมาะสมกับกิจกรรมที่กระทำ หลังจากนั้นจึงจะใช้เครื่องมือที่มีอยู่จัดการกับวัตถุเป้าหมาย แต่ในความเป็นจริง การทำงานของแขนหุ่นยนต์เกิดจากการเคลื่อนที่ของแต่ละข้อต่อ ดังนั้นในขณะทำงาน ข้อมูลการเคลื่อนที่ของแต่ละข้อต่อ ที่สอดคล้องกับการเคลื่อนที่ของเครื่องมือที่ผู้ใช้งานต้องการ จะต้องสร้างขึ้นเพื่อใช้สำหรับควบคุมให้แต่ละข้อต่อของแขนหุ่นยนต์เคลื่อนที่ตาม

ในภาพที่ 3 แสดงตัวอย่างการกำหนดพิกัดของลิงค์ (link coordinates) ให้กับแขนหุ่นยนต์รุ่น

Alpha II การกำหนดพิกัดของลิงค์จะใช้หาความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ เพื่อแปลงข้อมูลการเคลื่อนที่ในระดับข้อต่อ (joint space) เป็นข้อมูลการเคลื่อนที่ในระดับเครื่องมือ (toll space) และกลับกัน คณิตศาสตร์ที่ใช้ในการแปลงข้อมูลการเคลื่อนที่นี้ เราเรียกว่า direct kinematics และ inverse kinematics ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 3 แสดงการกำหนดพิกัดลิงค์ให้กับหุ่นยนต์ Alpha II

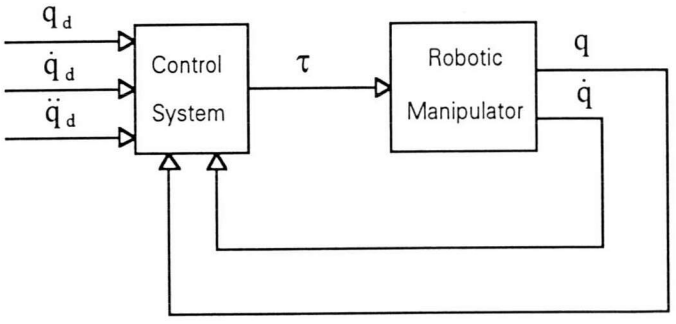


ภาพที่ 4 แสดงคณิตศาสตร์ที่ใช้แปลงข้อมูลการเคลื่อนที่

3. <u>ส่วนควบคุม</u> (Controller)

รับผิดชอบในการควบคุมแขนหุ่นยนต์ ให้ทำงานตามข้อมูลที่รับมาจากส่วนวางแผนเส้นทางการทำงาน โดยมีจุดหมายหลักอยู่ 2 ประการคือ ความสามารถในการควบคุมให้แขนหุ่นยนต์เคลื่อนไหวตามข้อมูลที่รับมา (servo property) และความสามารถในการรักษาสถานะของจุดสมดุล (equilibrium point) เมื่อเกิดสัญญาณรบกวน (regulator property)

ในขณะทำงาน ตัวควบคุมจะรับข้อมูลการเคลื่อนที่ของแต่ละข้อต่อที่ต้องการที่เวลาต่าง ๆ ($q_d, \dot{q}_d, \ddot{q}_d$) และคำนวณค่าความผิดพลาด ซึ่งเป็นผลต่างระหว่างข้อมูลการเคลื่อนที่ที่ต้องการกับข้อมูลการเคลื่อนที่จริง ($q, \dot{q}$) ที่วัดมาจากแขนหุ่นยนต์ หลังจากนั้นจึงคำนวณหาแรงหรือแรงบิด (τ) ที่ต้องใช้ในแต่ละข้อต่อ เพื่อทำให้ค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นลดลงจนเป็นศูนย์ ลักษณะการทำงานดังที่กล่าวมาได้แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 แสดงการทำงานของตัวควบคุมแขนหุ่นยนต์

4. <u>แขนหุ่นยนต์</u> (Robotic Manipulator)

เป็นเครื่องจักรที่เราต้องการควบคุมให้เคลื่อนที่ตามต้องการ