

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับหุ่นยนต์

หุ่นยนต์อุตสาหกรรมเป็นระบบการผลิตสมัยใหม่อีกระบบหนึ่ง ซึ่งพัฒนามาจากระบบอัตโนมัติ โดยใช้ระบบคอมพิวเตอร์เป็นส่วนควบคุมทำให้เกิดการเคลื่อนที่พร้อมกันทั้งหมด ปัจจุบันนี้ คอมพิวเตอร์เป็นส่วนสำคัญยิ่งของอุตสาหกรรมแบบอัตโนมัติ มักจะเดินสายงานการผลิต และควบคุมระบบการผลิตตามลำพัง หรือยิ่งไปกว่านั้นอาจกล่าวได้ว่า หุ่นยนต์สมัยใหม่จะกระทำการปฏิบัติการต่างๆ ในระบบอุตสาหกรรมและมีส่วนในระบบอัตโนมัติของโรงงานทั้งหมด

2.1.1 ความเป็นมาและคำจำกัดความของหุ่นยนต์

คำว่า หุ่นยนต์ (Robot) มาจากภาษาเช็ก (Czech) และมีความหมายว่า คนงานที่มีแรงมาก (Force Labor) ซึ่งเป็นการให้ความหมายโดยนักเขียนชาวเช็กโกสโลวาเกีย ชื่อ คาเรล คาเปค (Karel Capek) ในปี ค.ศ.1921 หุ่นยนต์ให้ความคิดของคาเปค คือ คนงานที่ไม่มีความรู้สึก และสามารถทำงานหนักได้มากกว่ามนุษย์สองเท่า ไอแซค อาสิมอฟ (Isaac Asimov) หนึ่งในนักเขียนเรื่องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ได้รับความนิยมเชื่อถือมากเป็นคนแรก ที่ใช้คำว่าโรโบติก (Robotic) เพื่ออธิบายเรื่องเกี่ยวกับหุ่นยนต์ เรื่องราวหุ่นยนต์ที่เขาเขียนขึ้นเป็นปัญหาที่คาดหมายได้ล่วงหน้าและเขายังได้ตั้งกฎ 3 ข้อของหุ่นยนต์ซึ่งเป็นสิ่งที่นักออกแบบและผู้ใช้หุ่นยนต์สมัยใหม่ควรคำนึงถึง กฎเหล่านั้น คือ

2.1.1.1. หุ่นยนต์มีอำนาจกระทำการอันตรายต่อผู้ที่เป็นมนุษย์ หรือนิ่งเฉยปล่อยให้ผู้ที่เป็มนุษย์ตกอยู่ในอันตรายได้

2.1.1.2. หุ่นยนต์จะต้องเชื่อฟังมนุษย์เสมอ เว้นเสียแต่คำสั่งนั้นจะขัดแย้งกับข้อที่ 1

2.1.1.3. หุ่นยนต์จะต้องป้องกันตัวเองจากอันตราย เว้นเสียว่าคำสั่งนั้นจะขัดแย้งกับกฎข้อที่ 1 และข้อที่ 2

สถาบันหุ่นยนต์แห่งอเมริกา (Robot Institute of America) ให้คำจำกัดความของหุ่นยนต์ว่า หุ่นยนต์ คือ แขนกลที่ออกแบบให้ทำหน้าที่หลายอย่างโดยมีโปรแกรมควบคุมสำหรับการเคลื่อนที่เปลี่ยนแปลงไปได้ตามความต้องการของงาน หุ่นยนต์อุตสาหกรรมไม่เหมือนมนุษย์แต่มันทำงานของมนุษย์แนวความคิดของหุ่นยนต์อุตสาหกรรม ซึ่งได้ทำสิทธิบัตรไว้ในปี ค.ศ. 1954 (U.S.Patent No.2988237) โดย จี ซี ดีวอล (G.C.Devol) และนำหุ่นยนต์มาใช้ในอุตสาหกรรม ในปี ค.ศ. 1961



ภาพที่ 2-1 ระบบหุ่นยนต์อุตสาหกรรม

หุ่นยนต์อุตสาหกรรมเริ่มแรกนำมาใช้ในงานสำหรับการขนถ่ายวัสดุ โดยจะทำภายใต้การควบคุมของคอมพิวเตอร์ ตัวอย่างโครงสร้างของระบบหุ่นยนต์ แสดงในภาพที่ 2-1 คือ เครื่องขนถ่ายวัสดุหรือแขนกล ซึ่งประกอบไปด้วยแขนหนึ่งแขนที่คล้ายมนุษย์ และในทำนองเดียวกันก็จะมีข้อต่อ ซึ่งอาจจะเรียกว่า ไหล่ (Shoulder) ข้อศอก (Elbow) และ ข้อมือ (Wrist) ส่วนของข้อมือก็สามารถขึ้นลง (Pitch) หันเห (Yaw) และ หมุน (Roll) ข้อต่อสามารถขับเคลื่อนได้โดยอิเล็กทรอนิกส์ (Electronics) และ นิวแมติกส์ (Pneumatic) หรือ ไฮดรอลิก (Hydraulic) ซึ่งทำให้หุ่นยนต์มีกำลังมากกว่ามนุษย์

2.1.2 ข้อดีของการใช้หุ่นยนต์อุตสาหกรรม

ในปัจจุบันนี้มีการใช้หุ่นยนต์เพิ่มมากขึ้น ทั้งในเชิงอุตสาหกรรมและเชิงพาณิชย์ จำนวนของการใช้เพิ่มมากขึ้นในอัตรา 35 เปอร์เซ็นต์ต่อปี เนื่องจากเหตุผลดังนี้

2.1.2.1 ลดค่าใช้จ่ายในการผลิต ค่าแรงของหุ่นยนต์เมื่อคิดจากเงินต้นทุนสะสม หรือ ค่าบำรุงรักษา คิดแล้วจะต่ำกว่าค่าแรงงานของคน เนื่องจากแรงงานของคนยังจะต้องครอบคลุมถึงเงินเดือน โบนัส สวัสดิการต่างๆ นอกจากนั้นหุ่นยนต์ยังสามารถทำงานเป็นเวลาถึง 98 เปอร์เซ็นต์ของโปรแกรมการทำงานที่กำหนดไว้ แต่คนยังต้องการเวลาพัก เวลาส่วนตัวซึ่งเวลาเหล่านี้จะเป็น 15-20 เปอร์เซ็นต์ ของเวลาการทำงานที่กำหนด และหุ่นยนต์ยังสามารถผลิตงานที่ได้ออกมาในเปอร์เซ็นต์ที่สูงกว่าเพราะมันสามารถทำงานซ้ำๆ ได้ตลอดเวลา โดยไม่มีความผิดพลาดเนื่องจากความเมื่อยล้า ระบบหุ่นยนต์สามารถคืนทุนทั้งหมดได้ในเวลาไม่นานนักทุนเหล่านั้น คือ การติดตั้งและการอบรมผู้ที่ควบคุมระบบรวมทั้งอุปกรณ์อื่นที่จะนำมาใช้ร่วมกับหุ่นยนต์

2.1.2.2 เพิ่มผลผลิต การทำงานแบบเดียวกันหุ่นยนต์สามารถทำงานได้เร็วกว่ามนุษย์ เช่น หุ่นยนต์เชื่อม สามารถเชื่อมได้อัตราเฉลี่ย 30 นิ้วต่อนาทีในแนวตรง โดยช่างเชื่อมทำได้น้อยกว่า 10 นิ้วต่อนาทีในแนวตรง ภายใต้สภาวะเดียวกัน ในงานแบบเดียวกันหุ่นยนต์พ่นสี 2 ตัว ในสายงานประกอบรถยนต์ สามารถพ่นสีเคลือบตัวถังรถอย่างเรียบร้อยภายในเวลาเพียง 90 วินาที ทั้งภายในและภายนอก โดยมีการพ่นสี 2 ชั้น และหุ่นยนต์ยังสามารถทำงานได้ถึง 20 ชั่วโมงต่อวัน ซึ่งช่างพ่นสีไม่สามารถที่จะทำได้ หุ่นยนต์สามารถทำงานสำเร็จตามตารางที่กำหนดและการทำงานในขั้นตอนอื่น ก็สามารถดำเนินต่อไปได้ เป็นผลให้ประหยัดงบประมาณและมีต้นทุนการผลิตต่ำลง

2.1.2.3 พัฒนาคุณภาพการผลิต ความแม่นยำของตำแหน่งการทำงานของหุ่นยนต์ จะดีกว่าคน เช่น สำหรับการเดินทาง 3 ฟุต หุ่นยนต์อาจมีความแม่นยำผิดไปเพียง 0.008 นิ้ว และความสามารถในการทำซ้ำ 0.004 นิ้ว ในการทดสอบการเชื่อมครั้งหนึ่ง หุ่นยนต์เคลื่อนไปตามแนวทางในช่วงที่ยอมรับได้ดีกว่าที่มนุษย์ทำนอกจากนั้น ความเร็วในการทำงานสามารถควบคุมได้ดี เช่น งานเชื่อมแผ่นบางจะต้องเชื่อมอย่างรวดเร็วและมีระยะที่ถูกต้อง ซึ่งหุ่นยนต์สามารถควบคุมได้ และ หุ่นยนต์สามารถทำงานเป็นวัฏจักรได้ดี โดยให้ผลผลิตที่ดีกว่า

2.1.2.4 สามารถทำงานในที่อันตรายได้ ลักษณะของงานที่อันตราย เช่น การนำเหล็ก ร้อนๆ เข้าเครื่องอัด เหล็กหล่อร้อนจะต้องถูกนำเข้าไปในขณะที่ลูกกลิ้งจะรีดลงมาบนเหล็ก ซึ่งงานเหล่านี้จะเป็นงานอันตราย ทั้งจากความร้อนและการปะทุของเหล็กร้อนๆ เมื่อใช้หุ่นยนต์ในการจับ แผ่นเหล็กร้อนก็จะให้งานที่ดีกว่า และ คนที่ไม่เป็นอันตรายด้วย

2.1.2.5 สามารถพัฒนาการควบคุมได้ หุ่นยนต์ที่ใช้ระบบคอมพิวเตอร์ในการควบคุม สามารถเปลี่ยนโปรแกรมให้มีความแม่นยำได้ และยังสามารถบันทึกความแม่นยำ ซึ่งเปลี่ยนแปลงได้ ข้อมูลที่ได้มาจะนำไปพัฒนาตารางการทำงานการวางแผน และการควบคุมในงานอุตสาหกรรมได้ ผู้จัดการหลายคนมีความคิดที่จะสร้างโรงงานที่มีหุ่นยนต์เป็นระบบงาน จะสามารถทำงานตามตาราง โดยใช้คอมพิวเตอร์ควบคุม ซึ่งหุ่นยนต์แต่ละตัวจะทำงานต่างกัน โดยระบบนี้จะเรียกว่า การรวมของระบบ (Integrated System) นอกจากนั้นหุ่นยนต์ยังมีความยืดหยุ่นสูง คือ สามารถเปลี่ยนแปลงได้อย่างรวดเร็วเมื่อพบข้อผิดพลาด และยังสามารถนำหุ่นยนต์ตัวเดิมไปใช้ในงานที่แตกต่างออกไปได้ เพียงแค่การเปลี่ยนแปลงโปรแกรมเท่านั้น

2.2 โครงสร้างพื้นฐานหุ่นยนต์

ระบบหุ่นยนต์สมัยใหม่ จะประกอบด้วยส่วนประกอบสำคัญอย่างน้อย 3 ส่วน นั่นคือ

2.2.1 แขนกล (Manipulator) เป็นโครงสร้างทางกลที่เป็นส่วนเคลื่อนที่ ซึ่งประกอบไปด้วยข้อต่อ (Joint) คือ จุดที่สามารถหมุนหรือเลื่อนไปมาได้ข้อต่อจะต้องทำให้แขนอยู่ในตำแหน่งที่แม่นยำ บอลแบร์ริง (Ball Baring) ที่ใช้กับข้อต่อจะต้องเคลื่อนที่เรียบ ก้าน (Link) คือ ส่วนที่เชื่อมโยงข้อต่อกันจะเป็นส่วนรับภาระที่หุ่นยนต์ต้องทำ ส่วนใหญ่จะมีลักษณะกลวงเพื่อลดน้ำหนักของแขน และยังใช้ประโยชน์ในการซ่อมสายไฟฟ้า สายควบคุมและอื่นๆ วัสดุที่ใช้ทำก้านจะต้องมีน้ำหนักเบา ข้อมือ (Wrist) จะติดตั้งที่ปลายแขน ข้อมือจะประกอบด้วยข้อต่อ 2 ถึง 3 ข้อต่อ จะถูกออกแบบให้สามารถเคลื่อนที่ขึ้นลง (Pitch) หันเห (Yaw) และหมุน (Roll) ที่จุดศูนย์กลางเดียวกันมากกว่าที่จะแยกจุดศูนย์กลาง การออกแบบข้อมือเป็นจุดที่ยากมากจุดหนึ่งของหุ่นยนต์ เพราะความยืดหยุ่นในการใช้งานส่วนข้อมือ จะเป็นตัวกลางกำหนดตำแหน่งของอุปกรณ์ส่วนปลายหุ่นยนต์ที่จะทำงาน ได้อย่างมีประสิทธิภาพในตำแหน่งที่ยู่ยาก อุปกรณ์ส่วนปลาย (End Effector) เป็นศัพท์เฉพาะของหุ่นยนต์ ปลายข้อมือจะเป็นปลายแขน ที่ข้อมือจะมีอุปกรณ์ส่วนปลายต่างกันไปตามลักษณะของงาน ชนิดของอุปกรณ์ส่วนปลาย ตัวอย่างเช่น มือจับ (Gripper) กรงเล็บ (Claw) หัวเชื่อมปืน (Welding Gun) หรืออาจเป็นเครื่องมืออื่นๆ

2.2.2 ต้นส่งกำลัง (Driver) เป็นส่วนที่ให้กำลังงาน เพื่อนำไปใช้ในข้อต่อต่างๆ ของแขนกล ให้เคลื่อนไปยังตำแหน่งที่ต้องการ

2.2.3 คอมพิวเตอร์ (Computer) เป็นส่วนที่ใช้ควบคุมเก็บชุดคำสั่ง เพื่อไปใช้ในการควบคุม หุ่นยนต์ให้ทำงานตามระบบที่ผู้ควบคุมต้องการ

2.3 คุณสมบัติและข้อควรพิจารณาทางกล

คำนิยามของคุณสมบัติต่างๆ ที่สำคัญมีดังนี้

2.3.1 ความแม่นยำ (Accuracy) เมื่อมีการวัดการเคลื่อนที่เมื่อเทียบกับจุดอ้างอิงความแม่นยำของตำแหน่ง หมายถึง ความแตกต่างระหว่างตำแหน่งที่ต้องการจะไปกับตำแหน่งที่ไปได้จริง ในการทำงานของหุ่นยนต์อุตสาหกรรมจะมีความคลาดเคลื่อนเป็นนิ้วหรือมิลลิเมตร โดยมีความคลาดเคลื่อนทั้งทางบวกและลบ (Positive And Negative Error)

2.3.2 ความสามารถในการทำซ้ำ (Repeatability) เป็นการวัดความสามารถของหุ่นยนต์หรือกลไก เมื่อมีการเคลื่อนตำแหน่งซ้ำที่เดิมภายใต้เงื่อนไขเดิม จะเกิดการเบี่ยงเบนของตำแหน่งสิ่งหนึ่งที่ควรพิจารณา คือ สิ่งที่มีผลต่อความไม่แม่นยำจะมีผลไม่มากนักต่อความสามารถในการทำซ้ำ

2.3.3 ความสามารถในการแก้ปัญหา (Resolution) เมื่อมีการเปลี่ยนแปลง ของตำแหน่ง เป็นลำดับขั้นตอนจะมีส่วนเพิ่มของการเปลี่ยนแปลงที่น้อยที่สุด สามารถวัดได้จากอุปกรณ์ ที่ทำการเปลี่ยนตำแหน่ง ซึ่งมักจะเกิดในการออกแบบการควบคุมและขึ้นอยู่กับอุปกรณ์ตรวจจับ ที่ป้อนกลับตำแหน่ง เพื่อการควบคุม

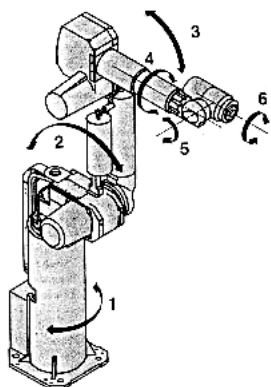
2.3.4 เวลาของวัฏจักร (Cycle Time) เป็นช่วงเวลาในหน่วยวินาที ที่แขนหุ่นยนต์เคลื่อน ที่ทำงานชิ้นหนึ่ง

2.3.5 ขอบเขตของการทำงาน (Workspace) คือ ระยะหุ่นยนต์จะเคลื่อนที่ได้ไกลที่สุด เป็นคุณลักษณะที่สำคัญต่อการทำงานอื่นๆ ที่อยู่ใกล้ระบบหุ่นยนต์ทุกๆจุดในโปรแกรมจะต้องอยู่ ในขอบเขตการทำงาน

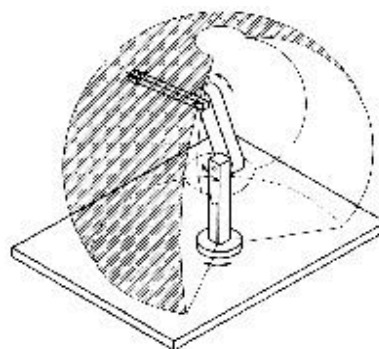
ภาพที่ 2-2 (ก) เป็นรูปการทำงานด้านข้างของหุ่นยนต์แบบอาร์ติคูละโดยขอบเขตการทำงาน ของหุ่นยนต์จะมีระยะถึงพื้นและระยะหนึ่งระนาบแนวนอนที่สูงสุดของแขนช่วงล่างหุ่นยนต์

ภาพที่ 2-2 (ข) เป็นรูปด้านบนของขอบเขตการทำงานของหุ่นยนต์แบบอาร์ติคูละตัวเดียวกัน จะเห็นว่าขอบเขตการทำงานกว้างกว่าครึ่งวงกลมรอบหุ่นยนต์ด้านหลังจะเป็นด้านที่แขนกลไปไม่ถึง

จากภาพที่ 2-2 (ข) จะเห็นว่าขอบเขตการทำงานจะมีช่วงการเคลื่อนที่ 285 จุดเริ่มต้น ของการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์เริ่มจาก 0 เป็นจุดอ้างอิงแขนกลจะเคลื่อนที่ 142.5 ในทิศทางบวก และลบ โดยมีระยะการยืด 41 นิ้ว



(ก).



(ข)

ภาพที่ 2-2 (ก) ลักษณะหุ่นยนต์แบบอาร์ติคูละ (ข) พื้นที่การทำงานของหุ่นยนต์แบบอาร์ติคูละ

สำหรับการอธิบายขอบเขตการทำงาน การวัดจากริมนอกสุดของข้อมือ ถ้าปลายแขนมีเครื่องมือติดอยู่ ขนาดของขอบเขตการทำงานจะเพิ่มขึ้น โดยรวมความยาวของปลายของเครื่องมือเข้าด้วย เช่น ถ้าขอบเขตการทำงานตามภาพที่ 2-2 (ก) เป็น 192.02 เซนติเมตร และนำหัวเชื่อมป็นมาติด เข้าที่ปลายข้อมือ ขอบเขตการทำงานจะเพิ่มขึ้นประมาณ 47.24 เซนติเมตร เพื่อความปลอดภัย ของผู้ปฏิบัติงานขนาดที่เพิ่มขึ้นนี้จะต้องถูกพิจารณาในการออกแบบตอนติดตั้งด้วย

2.3.6 ความน่าเชื่อถือ (Reliability) เป็นการวัดความยาวช่วงเวลาที่หุ่นยนต์จะทำงาน โดยไม่ผิดพลาด ซึ่งจะพิจารณาเป็นชั่วโมงของการซ่อมบำรุง

2.3.7 อัตราเร็ว (Speed) คือ อัตราของเวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงตำแหน่ง อัตราเร็ว เป็นปริมาณสเกลาร์ และมักจะกำหนดในลักษณะของความเร็วเชิงเส้น (Linear Velocity) หรือ ความเร็วเชิงมุม (Angular Velocity)

2.3.8 ความเร็ว (Velocity) คือ อัตราเร็วและทิศทางของการเคลื่อนที่ ซึ่งความเร็วจะเป็น ปริมาณเวกเตอร์ ความเร็วเชิงเส้นจะมีหน่วยเป็นนิวตันาที หรือมิลลิเมตรต่อวินาที ส่วนความเร็ว เชิงมุมจะมีหน่วยเป็นองศาต่อวินาที หรือ เรเดียนต่อวินาที (rad/s)

ในการออกแบบหุ่นยนต์นั้น คุณลักษณะที่ต้องการในการใช้งาน จะถูกพิจารณา โดยเป็นระบบรวมตัวอย่างเช่น เราต้องการออกแบบให้มีความแข็งแรงมาก และมีความแม่นยำสูง จะต้องใช้ก้าน (Link) ที่แข็งแรงข้อต่อทุกข้อจะต้องถูกต้องแน่นนอน แต่ราคาจะสูงและมีการทำงาน ที่ช้า คุณสมบัติโดยรวมของหุ่นยนต์แต่ละตัวมีดังนี้

2.3.8.1 วัฏจักรการทำงาน (Operating Cycle) หุ่นยนต์จะไม่เกิดประโยชน์มากนัก ถ้ามันไม่สามารถทำงานภายในเวลาที่เหมาะสม หุ่นยนต์โดยมากจะถูกเทียบความสำคัญกับการทำงาน ของคนหรือเครื่องจักรชนิดอื่น ดังนั้นจะต้องทำงานไวพอที่จะมีผลต่อราคาของมันเมื่อเทียบกับ ทางเลือกอื่น ซึ่งหมายความว่า วัฏจักรของการทำงานที่สมบูรณ์จะต้องใช้เวลาไม่มากนัก วัฏจักรเวลา สามารถลดลงได้หลายวิธี อาจจะใช้การเพิ่มกำลังในการขับเคลื่อน การลดมวลลง การลดความเฉื่อย ของข้อต่อและก้าน หรืออาจพัฒนาแบบของการควบคุมให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น มีการเคลื่อนที่น้อย ที่สุด เหล่านี้เป็นหลักทั่วไปในการออกแบบ

2.3.8.2 ความแม่นยำและความสามารถในการทำซ้ำ (Accuracy And Repeatability) ปัจจัยหลายอย่างที่มีผลต่อความแม่นยำ ซึ่งเป็นการสำคัญมากที่จะพิจารณาปัจจัยเหล่านี้เป็นประเด็น แรกในการออกแบบเพื่อให้ได้ปัจจัยที่ดีที่สุด สิ่งที่มีผลต่อความแม่นยำและความสามารถในการทำซ้ำ มีดังนี้

- ผลจากแรงโน้มถ่วงของโลก (Gravitation Effects) แรงโน้มถ่วงของโลก จะกระทำต่อส่วนที่เป็นแขนและภาระของหุ่นยนต์ โดยจะทำให้เกิดโค้งลดลงของแขนและการรองรับ

- ผลจากความเร่ง (Acceleration Effects) แรงเนื่องจากความเร่งจะกระทำในบางทิศทาง การเบี่ยงเบนในแนวตั้งและแนวนอนจะสังเกตได้ง่ายเมื่อรับภาระหนัก (Heavy Load)
- ความคลาดเคลื่อนจากการหมุน (Backlash Errors) การขับเคลื่อนด้วยเกียร์ (Gear) และสายพานมักจะเกิดจากการหลวมหรือหย่อนซึ่งทำให้เกิดการคลาดเคลื่อนของตำแหน่ง
- ผลของอุณหภูมิ (Thermal Effects) จะทำให้เกิดการขยายตัวหรือการหดตัวของก้านของแขนหุ่นยนต์ ในหุ่นยนต์ขนาดใหญ่ผลด้านนี้จะมีขนาดพอที่จะต้องพิจารณา
- การเคลื่อนที่ของแบร์ริง (Bearing Move) ความสม่ำเสมอของการหมุนของแบร์ริงจะมีความสำคัญมาก เมื่อเป็นงานที่ต้องการความแม่นยำสูง
- มุมของการหมุนขณะรับภาระ (Windup) จะมีความสำคัญเมื่อใช้ระบบขับเคลื่อนที่มีเพลยาวและหมุนขณะรับภาระ
- อายุการใช้งาน ความน่าเชื่อถือและความสามารถในการซ่อมบำรุง หุ่นยนต์จะถูกกำหนดให้มีการใช้งานอย่างน้อย 40,000 ชั่วโมงการทำงาน หุ่นยนต์ที่ออกแบบมาดีจะมีชั่วโมงการทำงานที่ไม่ผิดพลาด อย่างน้อย 400 ชั่วโมง และมีชั่วโมงการซ่อมบำรุงไม่มากกว่า 8 ชั่วโมง ส่วนหนึ่งที่จะลดชั่วโมงการซ่อมบำรุง ทำโดยการปรับปรุงการออกแบบให้มีการเคลื่อนที่แบบง่ายๆ และมีชิ้นส่วนที่น้อยที่สุด มีชิ้นส่วนสำรองเพื่อที่จะซ่อมบำรุงได้ง่ายควรใช้ชิ้นส่วนที่มีขายโดยทั่วไปเพื่อสะดวกในการซ่อมบำรุง

2.4 การแบ่งประเภทหุ่นยนต์

2.4.1 แบ่งตามหลักการเคลื่อนที่ (Movement)

2.4.1.1 หุ่นยนต์แบบเดินทางจุดต่อจุด (Point to Point Robots) หุ่นยนต์แบบนี้สามารถเคลื่อนที่จากจุดที่ระบุได้แน่นอน จุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง แต่ไม่สามารถหยุดที่จุดอื่นที่ไม่ได้กำหนดไว้ก่อน เป็นหุ่นยนต์ที่ง่ายที่สุดและมีราคาที่ถูกที่สุด จุดที่หยุดมักหยุดโดยทางกล ซึ่งต้องปรับทุกๆการทำงานในแต่ละประเภทของหุ่นยนต์แบบเดินทางจุดต่อจุด ซึ่งอาจจะต้องขับเคลื่อนโดยการควบคุมตำแหน่ง ซึ่งมักจะใช้ค่าความต้านทานที่ปรับค่าได้ (Potentiometer) นำมาตั้งค่าเพื่อให้หุ่นยนต์ไปหยุดที่จุดที่กำหนด ตัวอย่างหุ่นยนต์ที่เดินทางแบบจุดต่อจุดก็คือ หุ่นยนต์เชื่อมแบบจุด

2.4.1.2 หุ่นยนต์แบบเดินทางต่อเนื่อง (Continuous Path Robots) หุ่นยนต์แบบนี้สามารถหยุดที่ตำแหน่งใดๆ ตามทางก็ได้ แต่ถ้าไม่ได้หยุดการเคลื่อนที่ของมันจะไม่อยู่บนเส้นทางหรือเส้นโค้งที่แน่นอนเส้นใด ตัวอย่างของการทำงาน คือ การเชื่อมแบบอาร์ค (Arc Welding) การเคลื่อนที่ของทุกๆแกนจะเกิดขึ้นพร้อมกันแต่มีความแตกต่างกัน ดังนั้น หุ่นยนต์จะเดินทางพร้อมกับงานตามแนวทางที่ต้องการอย่างต่อเนื่องทุกๆจุดที่เคลื่อนที่ไปจะถูกเก็บไว้ในหน่วยความจำ

2.4.1.3 หุ่นยนต์ที่สามารถสร้างการเคลื่อนที่เองได้ (Computed Trajectory Robots)
อุปกรณ์การควบคุมของหุ่นยนต์แบบนี้สามารถสร้างแนวการเคลื่อนที่ ซึ่งอาจจะเป็นเส้นตรง วงกลม เส้นโค้ง หรืออื่นๆ ด้วยความแม่นยำสูง ในหุ่นยนต์บางตัว เส้นทางเดินสามารถกำหนด ในเทอมทางเรขาคณิตหรือสูตรพีชคณิต ความแม่นยำที่ดีของมันจะทำให้ได้จุดต่างๆตามทาง โดยที่ส่วนควบคุมของมันต้องการเพียงโคออร์ดิเนตของจุดเริ่มต้น จุดสุดท้าย และคำจำกัดความของการเคลื่อนที่เท่านั้น

2.4.1.4 หุ่นยนต์แบบเซอร์โวและนอนเซอร์โว (Servo And Non-Servo Robots)
หุ่นยนต์ที่ควบคุมแบบเซอร์โว หมายถึงการตรวจจับตำแหน่งของตัวเองและมีการป้อนกลับตำแหน่ง ที่ตรวจจับเพื่อนำไปใช้ควบคุมหุ่นยนต์แบบนอนเซอร์โว จะไม่มีทางรู้ได้ว่าอยู่ตำแหน่งที่กำหนดหรือยัง

2.4.2 แบ่งตามระดับความสามารถ (Capability Level)

ระดับความสามารถและความยืดหยุ่นของการควบคุมเป็นเกณฑ์อีกอันหนึ่งสำหรับการอธิบายเกี่ยวกับหุ่นยนต์ ซึ่งจะแบ่งเป็น 5 ระดับ ดังนี้

2.4.2.1 เครื่องจักรที่ทำงานเป็นลำดับขั้น (Sequence Controlled Machines)
เครื่องจักรจะทำงานเป็นลำดับตามคำสั่งที่ป้อนไว้ เช่น เครื่องซักผ้า จะทำงานตามลำดับขั้น คือ ใส่น้ำ ใสผงซักฟอก ซักในน้ำยาปรับผ้านุ่ม และอบแห้ง โดยมีเครื่องจักรตั้งเวลาที่กำหนด ส่วนหุ่นยนต์ก็จะสามารถปรับเปลี่ยนเวลาและเปลี่ยนแปลงลำดับขั้นการทำงาน ที่เรียกเครื่องจักรแบบนี้ว่า หุ่นยนต์ ก็เพราะมีแขนกลซึ่งถูกควบคุมด้วยเครื่องจักรควบคุม (Controller)

2.4.2.2 เครื่องจักรที่ทำตามได้ (Playback Machines)
หมายถึงเครื่องที่สามารถสอนให้ทำการเคลื่อนที่เป็นตอนๆ (Series of Movements) โดยมีอุปกรณ์บันทึก เช่น เทปแม่เหล็ก (Magnetic Tape) จานแม่เหล็ก (Magnetic Disk) แรม (Ram) เพื่อบันทึกจุดหรือขั้นตอนที่เคลื่อนที่ไป โดยบันทึกโคออร์ดิเนตจากอุปกรณ์ตรวจจับตำแหน่ง หลังจากการเดินทางที่สมบูรณ์ถูกบันทึกไว้แล้ว หุ่นยนต์ก็สามารถทำตามได้

2.4.2.3 หุ่นยนต์ที่สามารถสร้างการเคลื่อนที่เองได้
หุ่นยนต์บางตัวสามารถถูกโปรแกรมให้ไปตามทางที่แน่นอนระหว่างจุดละเอียด ไม่จำเป็นต้องสอน โดยให้ผู้ใช้กำหนดจุดและแนวทางซึ่งใช้ในการคำนวณ หุ่นยนต์ก็จะหาแนวทางการเคลื่อนที่ได้ โดยการอินเตอร์โพล (Interpolate) ระหว่างจุดหรือการสร้างเส้นโค้ง

2.4.2.4 หุ่นยนต์ที่สามารถให้ดัดแปลงได้ให้เหมาะสมได้ (Adaptive Robots)

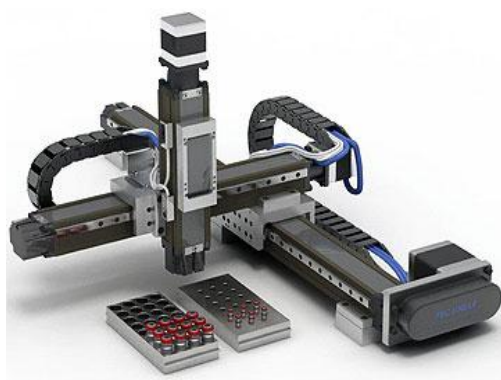
หุ่นยนต์จะมีการควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์และมีการป้องกันหุ่นยนต์เหล่านี้ ส่วนมากจะมีโปรแกรมการเดินทางอยู่แล้ว แต่ยังสามารถปรับปรุงทางเดินและการทำงานที่มันทำได้ เช่น หุ่นยนต์เชื่อมสามารถไปตามแนวการเชื่อมที่แตกต่างกันไปตามทางเดินที่กำหนด ในลักษณะนี้อุปกรณ์ตรวจจับจะรวบรวมข้อมูลให้คอมพิวเตอร์ปรับปรุงแนวการเชื่อมได้

2.4.2.5 หุ่นยนต์สมองเทียม (Intelligent Robots)

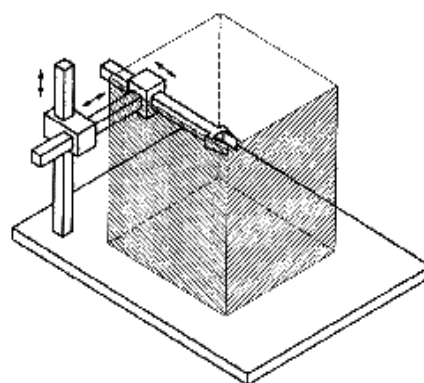
เป็นหุ่นยนต์ระดับสูงที่สุด มีความสามารถในการรับรู้สิ่งแวดล้อมและปรับปรุงการกระทำต่างๆ ให้เหมาะสม โดยหุ่นยนต์จะมีอุปกรณ์ตรวจจับอย่างพร้อมข้อมูล มีหน่วยความจำที่มากพอและมีแนวทางที่จะเป็นแบบอย่างในการทำงานอีกด้วย

2.4.3 แบ่งตามลักษณะโครงสร้าง (Configuration)

2.4.3.1 หุ่นยนต์แบบคาร์ทีเซียน (Cartesian Coordinates) หุ่นยนต์ที่มีโครงสร้างแบบคาร์ทีเซียน จะมีการเคลื่อนที่ตามแนวแกน X, Y, Z การเคลื่อนที่ของแขนหุ่นยนต์จะเลื่อนไปแบบตรง ทั้ง 3 แกน ซึ่งการเคลื่อนที่แบบนี้เรียกอีกอย่างได้ว่า Rectangular Coordinates ดังภาพที่ 2-3 (ก) หุ่นยนต์แบบคาร์ทีเซียนจะมีขอบเขตการทำงานเป็นสี่เหลี่ยมมุมฉาก



(ก)



(ข)

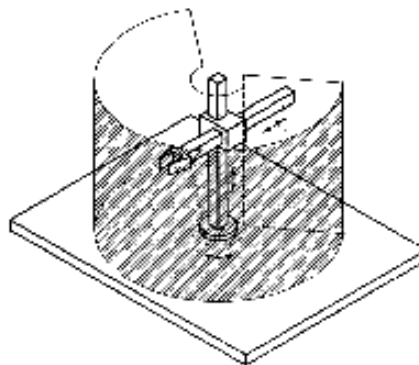
ภาพที่ 2-3 (ก) ลักษณะหุ่นยนต์แบบคาร์ทีเซียน (ข) พื้นที่การทำงานของหุ่นยนต์แบบคาร์ทีเซียน

2.4.3.2 หุ่นยนต์แบบทรงกระบอก (Cylindrical Coordinates)

ปริมาตรของการเคลื่อนที่จะครอบคลุมเป็นลักษณะทรงกระบอก จะมีฐานหมุนรอบๆ ได้โดยมีแกนอีก 2 ส่วน ส่วนหนึ่งสามารถเคลื่อนตามแนวระดับและอีกส่วนเลื่อนขึ้นลงตามแนวตั้ง หุ่นยนต์แบบทรงกระบอก จะมีขอบเขตการทำงานเป็นทรงกระบอก ดังภาพที่ 2-4 (ข)



(ก)



(ข)

ภาพที่ 2-4 (ก) แขนกลแบบทรงกระบอก (ข) พื้นที่การทำงานของหุ่นยนต์แบบทรงกระบอก

2.4.3.4 โครงร่างแบบอาร์ติคูลेट (Articulated Coordinates)

โครงร่างแบบนี้จะมีข้อต่อที่หมุนอยู่ 2 ข้อ และหมุนรอบฐานอีก 1 แกน ดังภาพที่ 2-5 การเคลื่อนที่จะมีลักษณะคล้ายกับแขนของมนุษย์ บางครั้งเรียกว่า Joint arm หรือ Revolute coordinates และจะมีการทำงานเป็นแบบที่เรียกว่าเทียร์เชฟ (TearShaped)



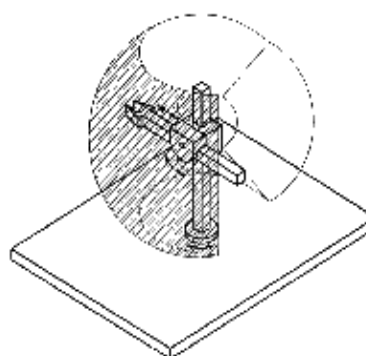
ภาพที่ 2-5 หุ่นยนต์แบบอาร์ติคูลेट

2.4.3.5 โครงร่างแบบทรงกลม (Spherical Coordinates)

หุ่นยนต์ที่มีพื้นที่การทำงานเป็นทรงกลม โดยที่จุดศูนย์กลางของการหมุนจะสามารถเคลื่อนที่ตามแนวแกนได้ และสามารถเคลื่อนที่เข้าออกในแนวตรงจุดศูนย์กลางการหมุนของหุ่นยนต์ตรงส่วนปลายจะเป็นข้อมือที่สามารถหมุนได้อีกหนึ่งถึงสองแกนเพื่อใช้ในการเปลี่ยนมุมการทำงานของมือจับ ส่วนของแขนกลส่วนหนึ่งจะยึดและหดได้เป็นแนวเส้นตรง โดยหมุนรอบฐานได้และหมุนขึ้นลงได้อีก 1 แกน ดังภาพที่ 2-6 (ก) ซึ่งบางที่หุ่นยนต์ที่มีโครงร่างแบบนี้ถูกเรียกว่า Polar Cooding หุ่นยนต์แบบทรงกลม จะมีขอบเขตการทำงานเป็นทรงกลม ดังภาพที่ 2-6 (ข)



(ก)



(ข)

ภาพที่ 2-6 (ก) ลักษณะของแขนกลแบบทรงกลม (ข) พื้นที่การทำงานของหุ่นยนต์แบบทรงกระบอก

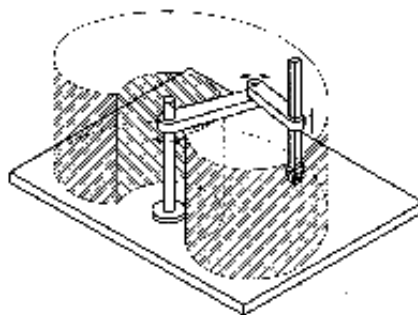
2.4.3.6 หุ่นยนต์สการ์ว (SCARA Robot : Selective Compliance Assembly Robot Arm) เป็นหุ่นยนต์ที่มีความเร็วและความสามารถในการทำงานแบบซ้ำๆ ดีที่สุดในบรรดาหุ่นยนต์ทั้งหมด ที่กล่าวมา โดยทั่วไปใช้ในงานประกอบชิ้นส่วนของแผ่นวงจรพิมพ์ (Printed Circuit Board : PCB) และงานประกอบอุปกรณ์เครื่องกลไฟฟ้าขนาดเล็ก หุ่นยนต์ชนิดนี้จะประกอบด้วยแกน 4 แกนดังนี้

- แกนที่หนึ่งจะเป็นส่วนการหมุนหลักของหุ่นยนต์ จะถูกใช้อย่างมากในหุ่นยนต์ที่ใช้ในงานประกอบ ดังนั้น ความเร่งและความเร็วของแกนนี้จะมีอิทธิพลอย่างมาก ต่อเวลาการทำงานในแต่ละวงรอบ

- แกนที่สอง จะเป็นส่วนการหมุนรอง เพื่อเพิ่มพื้นที่ในการเคลื่อนที่
- แกนสาม จะใช้ในการเคลื่อนที่ขึ้นลงในแนวตั้ง
- แกนที่สี่ เป็นแกนหมุนที่ใช้ในการเปลี่ยนองศาของชิ้นงาน



(ก)



(ข)

ภาพที่ 2-7 (ก) ลักษณะหุ่นยนต์สการ์่า (ข) พื้นที่การทำงานของหุ่นยนต์สการ์่า

2.4.4 ข้อดีและข้อเสียของการใช้หุ่นยนต์อุตสาหกรรม

2.4.4.1 เพิ่มผลผลิตประสิทธิภาพรวมถึงความแน่นอนของผลผลิต แต่อาจก่อให้เกิดปัญหาการว่างงานเมื่อนาหุ่นยนต์มาใช้แทนแรงงานคน

2.4.4.2 สามารถทำงานในที่เสี่ยงอันตรายได้ดีกว่ามนุษย์แต่หุ่นยนต์ไม่สามารถตอบสนองได้เองเมื่อเกิดสถานการณ์ฉุกเฉิน เว้นแต่จะถูกโปรแกรมเอาไว้

2.4.4.3 สามารถทำงานได้ต่อเนื่อง และทำงานในลักษณะซ้ำๆ ได้ตลอดเวลา

2.5 งานประกอบ (Assembly)

สำหรับงานประกอบชิ้นงานที่ไม่ยุ่งยากมากนัก หุ่นยนต์สามารถเข้ามาช่วยงานได้บ้างแล้ว โดยพัฒนาการทำงานมาจากหุ่นยนต์ประเภทนี้ ได้แก่ หุ่นยนต์ประกอบแหวนลูกสูบในอุตสาหกรรมผลิตรถยนต์ เป็นต้น

2.6 ระบบควบคุมหุ่นยนต์

ระบบควบคุมเป็นส่วนสำคัญที่สุดของหุ่นยนต์ ทำหน้าที่เป็นสมองทำหน้าที่เก็บข้อมูลสั่งหุ่นยนต์ให้ทำงานตรวจสอบและควบคุมตำแหน่งการทำงานในบางเครื่อง สามารถตรวจสอบความผิดปกติของอุปกรณ์ภายในได้ รายละเอียดในส่วนควบคุมพิจารณาได้จากบล็อกไดอะแกรม (Block Diagram) ระบบควบคุมแบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ สิ่งแวดล้อมภายใน (Internal Environment) ซึ่งหมายถึง ส่วนที่อยู่ในหุ่นยนต์ทั้งหมดที่เป็นอุปกรณ์ทางกลและไฟฟ้ากับส่วนที่อยู่ภายนอก (External Environment) เส้นที่แยกสองส่วนออกจากกันเรียกว่า กรอบหลัก หรือ เมนเฟรม รายละเอียดต่างๆ ภายในบล็อกไดอะแกรม

2.6.1 กลไกควบคุมภายใน เป็นส่วนที่ควบคุมการทำงานทั้งหมด ทำหน้าที่ประเมินสถานะ โดยผ่านกลไกตรวจจับสัญญาณภายในและภายนอกตัดสินใจ และสั่งงานผ่านกลไกตอบสนองภายใน และภายนอก

2.6.2 กลไกควบคุมภายนอก เป็นส่วนที่อยู่ภายนอกที่ผู้ใช้หุ่นยนต์สามารถสั่งหุ่นยนต์ให้ทำงาน ตามที่ต้องการได้ ตัวอย่างเช่น แผงควบคุม ไมโครคอมพิวเตอร์ เทป กระดาษ และ แม่เหล็ก เป็นต้น

2.6.3 กลไกตรวจจับสัญญาณภายนอก เป็นเซ็นเซอร์คอยตรวจสอบสถานะภายนอกและส่งข้อมูล ให้กับกลไกภายใน ตัวอย่างอุปกรณ์ ได้แก่ ลิมิทสวิตช์ สวิตช์ลำแสง เซ็นเซอร์ตรวจจับอุณหภูมิ

2.6.4 กลไกตอบสนองภายนอก เป็นอุปกรณ์บังคับการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์

2.6.5 กลไกตรวจจับสัญญาณภายใน เป็นส่วนที่คอยตรวจจับสถานะภายในหรือการทำงาน ภายในหุ่นยนต์ ที่ไม่มีผลโดยตรงให้สิ่งแวดล้อมภายนอกเปลี่ยนแปลง แต่อาจส่งผลทางอ้อมได้ ตัวอย่างเช่น อุปกรณ์วัดลำแสงของแบตเตอรี่ทำหน้าที่ตรวจวัดกำลังของแบตเตอรี่ ถ้ากำลังตกลงไป จะส่งสัญญาณให้ผู้ใช้งานทราบตัวอย่างอุปกรณ์เช่น เซ็นเซอร์แรงความดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า เป็นต้น

2.6.6 ไมโครคอมพิวเตอร์ ในปัจจุบันนี้มีราคาถูกลงมาก มีความสามารถสูง และมีขนาดเล็ก ดังนั้น จึงนิยมใช้ไมโครคอมพิวเตอร์มาควบคุมการทำงานของระบบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งส่วนที่เป็น กลไกควบคุมภายใน แต่เนื่องจากสัญญาณเอาต์พุตของไมโครคอมพิวเตอร์มีระดับต่ำและจ่ายกระแส ได้น้อย ดังนั้น จึงต้องมีชุดขับ (Drive) ที่จะจ่ายกระแสแรงดันได้พอที่จะควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า โซลินอยล์หรือไฮดรอลิกส์ ได้โดยตรง ชุดขับที่ใช้มักเป็นพวกสารกึ่งตัวนำ เช่น ทรานซิสเตอร์ เป็นต้น เนื่องจากการตัดต่อวงจรทำได้รวดเร็ว และไม่มีการสปาร์คที่หน้าสัมผัส

2.7 ระบบควบคุมอัตโนมัติ

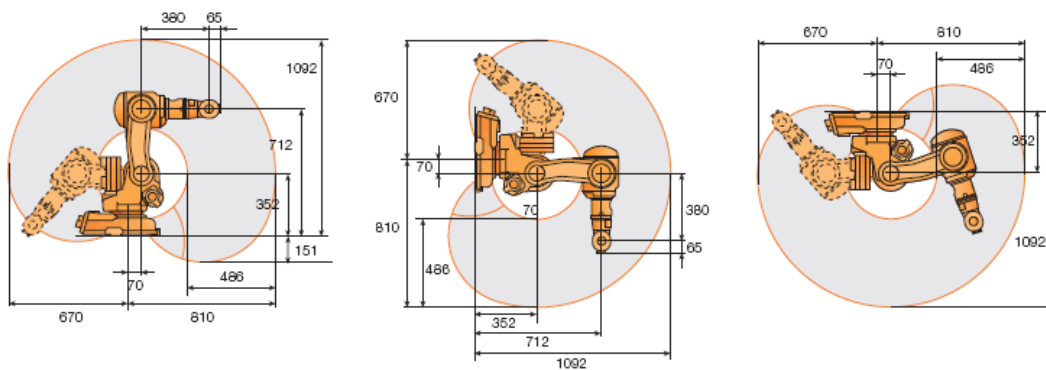
การควบคุมอัตโนมัติในระบบกายภาพใดๆ คือ การบังคับให้ระบบนั้นทำงานในลักษณะ ที่จะนำมาซึ่งเอาต์พุต ที่มีลักษณะสอดคล้องหรือไปตามอินพุตด้วยตัวของมัน ระบบควบคุมอัตโนมัติ คือ การทำงานในลักษณะเอาต์พุต โดยมีคุณสมบัติเป็นไปตามอินพุตด้วยตัวของมันเอง ตัวอย่าง ลักษณะของการควบคุมอัตโนมัติอย่างง่าย ๆ ก็คือ เครื่องปรับอากาศ ซึ่งเครื่องปรับอากาศนั้น เอาต์พุตก็คือ อุณหภูมิที่ต้องการซึ่งต้องควบคุมด้วยอุปกรณ์หรือส่วนประกอบภายในระบบนั่นเอง แทนที่ผู้ใช้จะคอยเปิด - ปิดเครื่อง เพื่อรักษาระดับอุณหภูมิเอง ระบบควบคุมอัตโนมัติก็จะทำการ ควบคุมให้ระดับอุณหภูมิคงที่และพอเหมาะเอง ในระบบควบคุมอัตโนมัตินี้ เอาต์พุตก็คือ สิ่งที่ระบบ ทำให้ส่วนของเป้าหมายของระบบก็คืออินพุต

2.8 หุ่นยนต์เอบีบี (ABB Robot)

หุ่นยนต์ชนิดนี้สามารถใช้งานได้กว้างขวางเพราะสามารถเข้าถึงตำแหน่งต่าง ๆ ได้ดี เช่น งานเชื่อม Spot Welding, Path Welding ,งานยกของ ,งานตัด ,งานทากาว ,งานที่มีการเคลื่อนที่ ยาก ๆ เช่น งานพันสี งาน sealing ฯลฯ



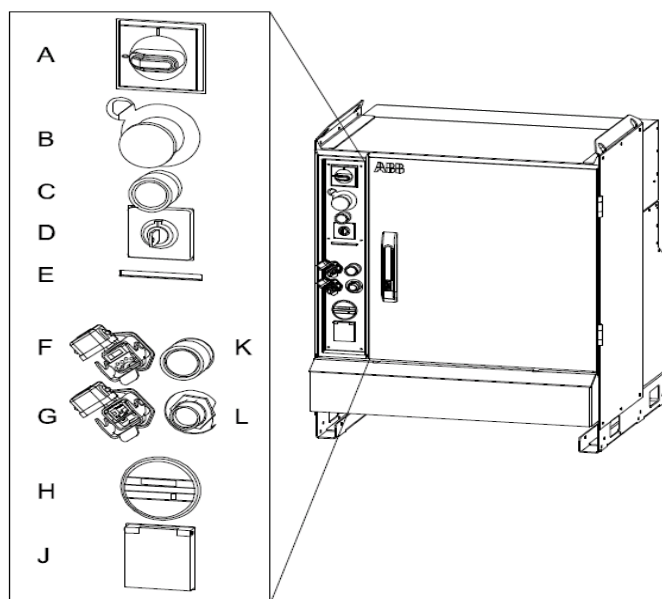
ภาพที่ 2-8 Articulated Arm IRB 140



ภาพที่ 2-9 พื้นที่การทำงานของ Articulated Arm IRB 140



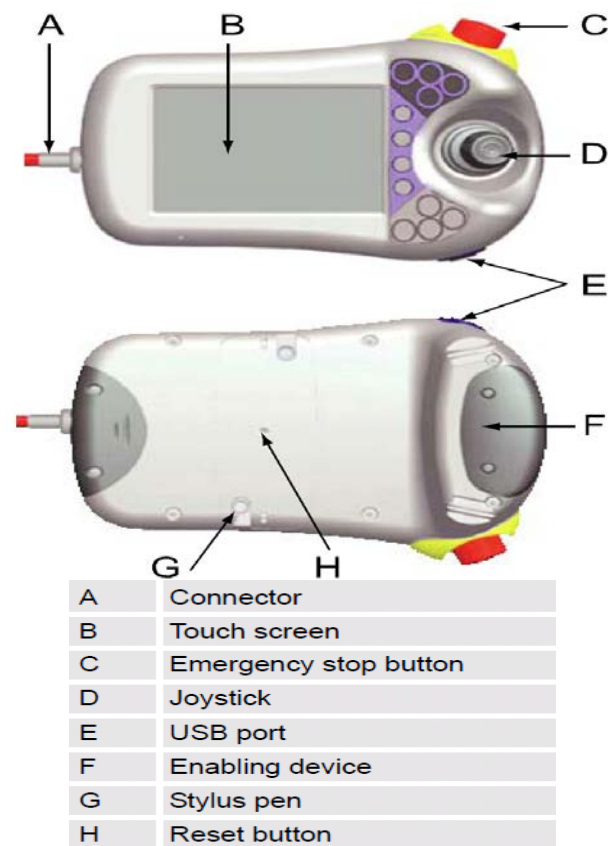
ภาพที่ 2-10 ตู้ควบคุมการทำงาน IRC 5 ของ Articulated Arm IRB 140



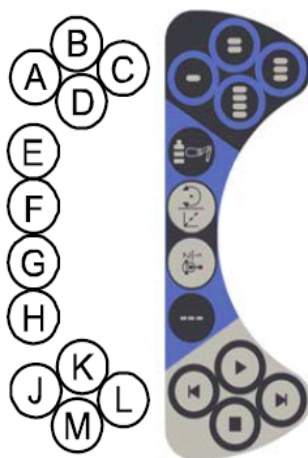
ภาพที่ 2-11 ปุ่มและพอร์ตอยู่ที่ตัวควบคุม

A	Main switch
B	Emergency stop
C	Motors on
D	Mode switch
E	Safety chain LEDs (option)
F	USB port
G	Service port for PC (option)
H	Duty time counter (option)
J	Service outlet 115/230 V, 200 W (option)
K	Hot plug button (option)
L	FlexPendant connector

ภาพที่ 2-12 คำอธิบายของปุ่มและพอร์ตอยู่ที่ตัวควบคุม



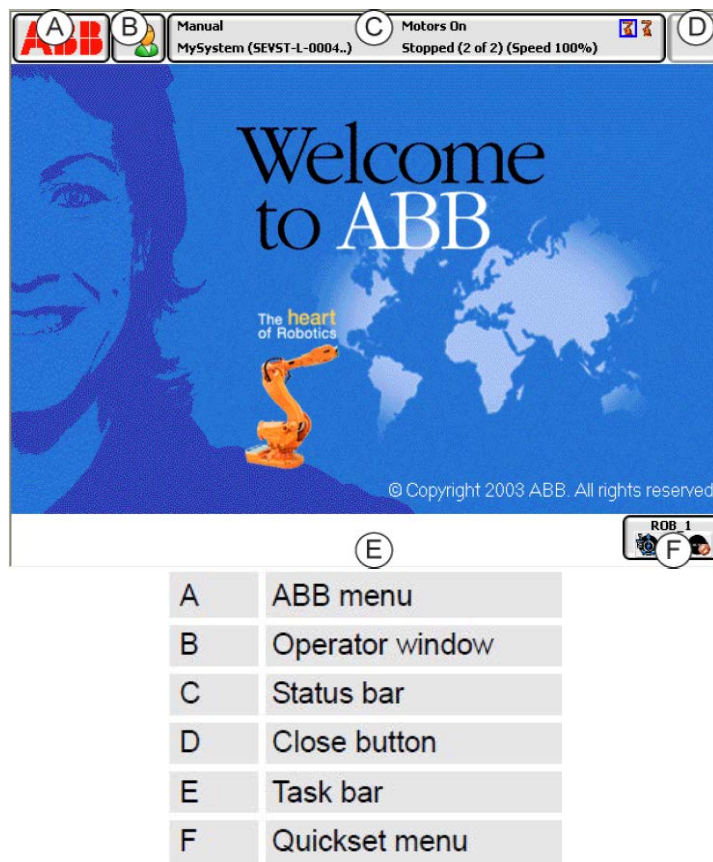
ภาพที่ 2-13 ลักษณะและคำอธิบายของ FlexPendant with USB port



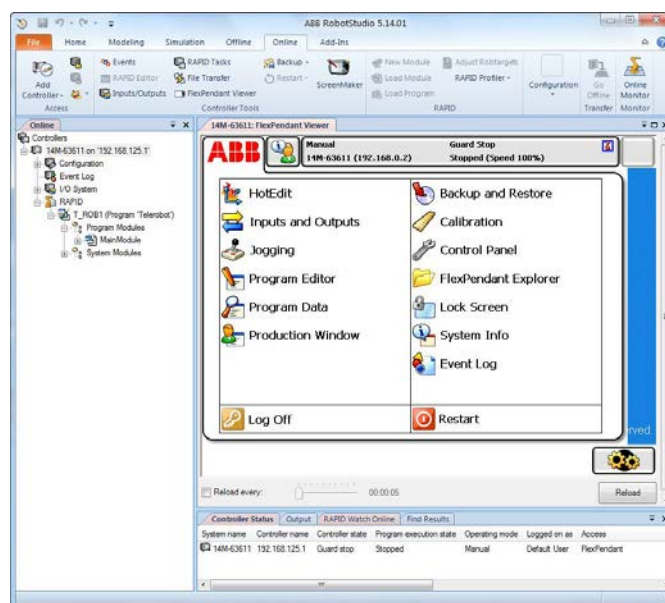
ภาพที่ 2-14 ปุ่มคำสั่งบน FlexPendant with USB port

A - D	Programmable keys, 1 - 4. How to define their respective function is detailed in section Changing programmable keys on page 311 .
E	Select mechanical unit.
F	Toggle motion mode, reorient or linear.
G	Toggle motion mode, axis 1-3 or axis 4-6.
H	Toggle increments.
J	Step BACKWARD button. Executes one instruction backward as button is pressed.
K	START button. Starts program execution.
L	Step FORWARD button. Executes one instruction forward as button is pressed.
M	STOP button. Stops program execution.

ภาพที่ 2-15 ความหมายของปุ่มคำสั่งบน FlexPendant with USB port



ภาพที่ 2-16 ลักษณะและความหมายบนหน้าจอ Touch screen elements



ภาพที่ 2-17 โปรแกรมโรบอทสตูดิโอสำหรับจำลองการทำงานของหุ่นยนต์เอบีบี

2.9 หุ่นยนต์เดลต้า (Delta Robot)

หุ่นยนต์เดลต้า คือ ประเภทของหุ่นยนต์แบบขนาน ประกอบด้วยสามแขนที่เชื่อมต่อกับข้อต่อที่ฐาน คุณสมบัติการออกแบบที่สำคัญคือการใช้ parallelograms ในแขนซึ่งรักษาทิศทางของปลายแขน โดยจะตรงกันข้ามกับแพลตฟอร์มอื่นๆที่สามารถเปลี่ยนทิศทางของปลายหุ่นยนต์เดลต้า มีการใช้งานในการเลือกและการบรรจุภัณฑ์ในโรงงาน เพราะ สามารถเคลื่อนที่ได้รวดเร็ว บางครั้งสามารถบรรจุได้ถึง 300 ชิ้นต่อนาที

2.9.1 ประวัติศาสตร์หุ่นยนต์เดลต้า (DELTA ROBOT History) ถูกคิดค้นในช่วงต้นทศวรรษ 1980 โดย Raymond Clavel ที่ Ecole Polytechnique Federale de Lausanne : EPFL ประเทศสวิสเซอร์แลนด์ วัตถุประสงค์ของหุ่นยนต์ประเภทใหม่ นี้คือ การจัดการกับวัตถุเบา และขนาดเล็กที่ความเร็วสูงมากที่จำเป็นต่ออุตสาหกรรมในเวลานั้นในปี 1987 บริษัท Demareux ซื้อใบอนุญาตสำหรับหุ่นยนต์เดลต้า และเริ่มการผลิตหุ่นยนต์เดลต้าสำหรับอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ ในปี 1991 Raymond Clavel ได้มีการจัดทำวิทยานิพนธ์ปริญญาเอกซึ่งเกี่ยวข้องกับหุ่นยนต์เดลต้า และได้รับรางวัลหุ่นยนต์ทองคำในปี 1999 สำหรับการทำงานและพัฒนาของในหุ่นยนต์เดลต้า นอกจากนี้ในปี 1999 แล้วยังคงมีบริษัทระบบอัตโนมัติที่ชื่อเอบีบี (ABB) ได้เริ่มขายหุ่นยนต์เดลต้าในชื่อตระกูล FlexPicker ซึ่งออกเปิดตัวในช่วงปลายปี 1999 อีกด้วย

2.9.2 การออกแบบหุ่นยนต์เดลต้า ซึ่งเป็นหุ่นยนต์แบบขนานจะประกอบด้วยหลายคิเนเมติกส์ (Kinematic) เชื่อมต่อกับฐานของหุ่นยนต์และยังสามารถมองเห็นเป็นลักษณะแบบโฟร์บาร์ลิงก์ (FourBarlink) หุ่นยนต์เดลต้ามี 3 DOF สามารถเคลื่อนที่ในทิศทาง X , Y , Z และสามารถหมุนแกน Z ฐานของหุ่นยนต์จะติดตั้งอยู่เหนือพื้นที่ทำงาน ตัวขับทั้งหมดจะติดอยู่ใต้ฐานของหุ่นยนต์ แขนทั้งสามจะต่อร่วมกันและยึดกับตัวขับซึ่งแขนทำจากวัสดุที่มีน้ำหนักเบา ปลายแขนทั้งสามจะเชื่อมต่อกับชิ้นส่วนรูปสามเหลี่ยมขนาดเล็กและมีทิศทางการเคลื่อนที่เป็น X, Y, Z การทำงานสามารถทำได้ด้วยตัวขับเป็นเชิงเส้นหรือหมุนรอบ ชิ้นส่วนที่เคลื่อนไหวยของหุ่นยนต์เดลต้า ต้องมีความเฉื่อยให้น้อยที่สุดเพื่อช่วยให้สามารถเร่งความเร็วได้มากขึ้นและสามารถมีความเร่งได้ถึง 30 จี (G) และมีความเร็วสามารถได้ถึง 10 เมตรต่อวินาที (m/s)

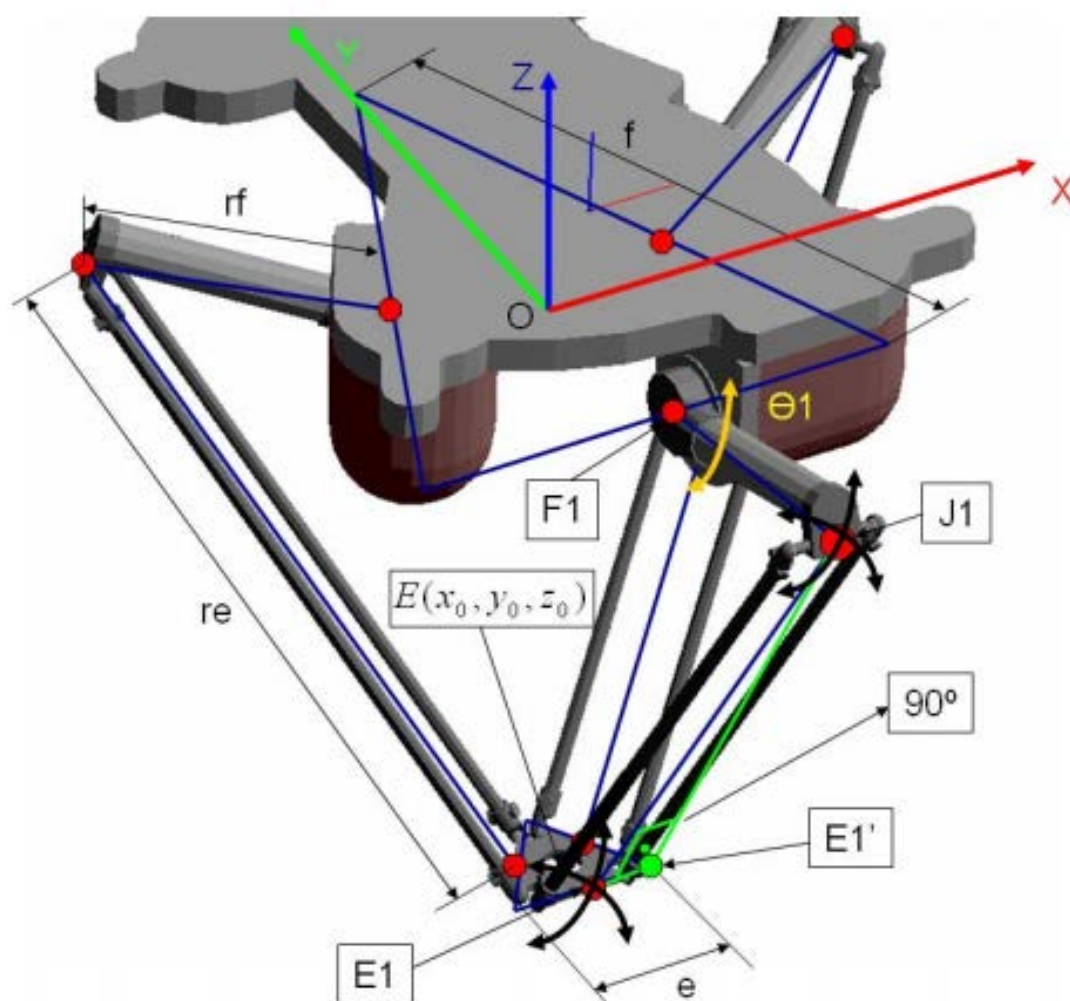
2.9.3 จินศาสตร์การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์เดลต้า (Kinematics of Delta Robot)

หากต้องการสร้างหุ่นยนต์เดลต้าขึ้นเอง สิ่งที่สำคัญที่สุดจะต้องแก้ปัญหาสองขั้นแรก คือ ถ้าหากทราบตำแหน่งที่ต้องการของอุปกรณ์ส่วนปลาย (จุดที่มีพิกัด X , Y , Z) ซึ่งจำเป็นต้องตรวจสอบมุมที่สอดคล้องกันของแต่ละแขน (มุมร่วมกัน) เพื่อชุดมอเตอร์หรือชุดต้นกำลังเคลื่อนที่ในตำแหน่งที่เหมาะสมสำหรับการเลือกและในปัญหาที่สองหากทราบมุมที่ร่วมกันหรือองศาการหมุนของต้นกำลัง

จะจำเป็นต้องหาตำแหน่งของปลายมือจับ ซึ่งทั้งสองปัญหาจะสามารถแก้ไขได้ โดยใช้การคำนวณทางคณิตศาสตร์ซึ่งสามารถทำได้ดังต่อไปนี้

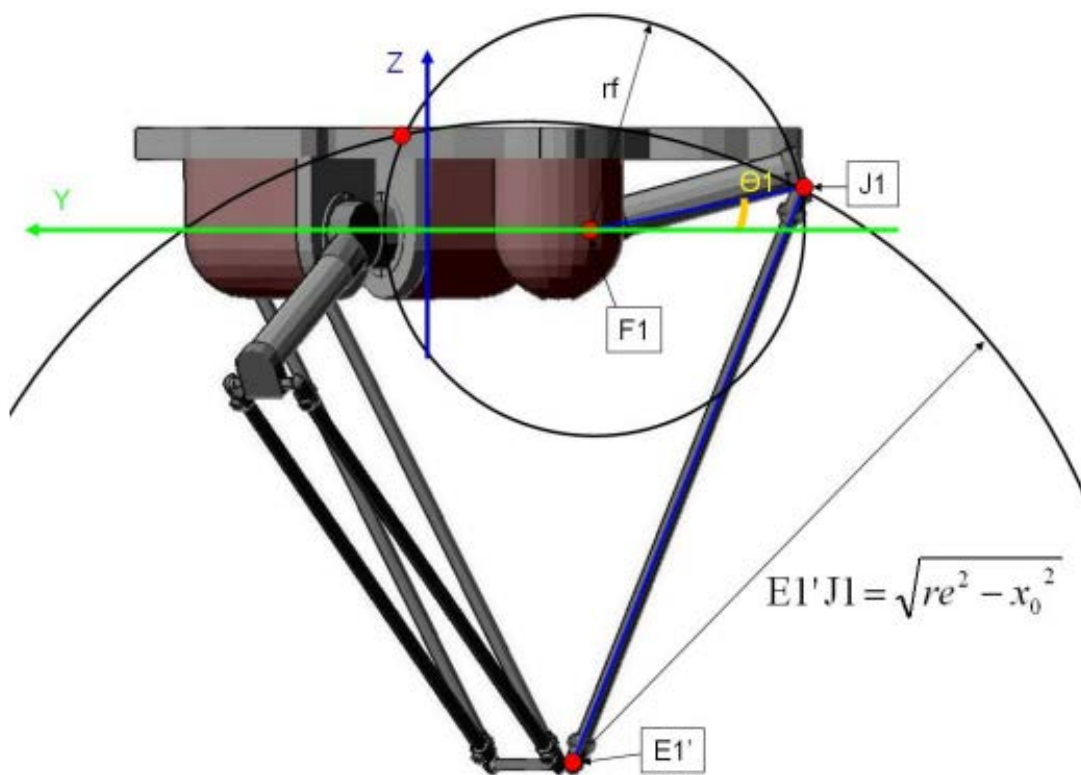
2.9.3.1 จินศาสตร์การเคลื่อนที่ผกผัน (Inverse Kinematics)

ในกรณีที่ทราบพิกัด (X_0, Y_0, Z_0) ของอุปกรณ์ส่วนปลาย หากต้องการหาสามมุมคือ θ_1 , θ_2 และ θ_3 ของชุดขับเคลื่อนจำเป็นต้องใช้การคำนวณจลศาสตร์การเคลื่อนที่ผกผันของหุ่นยนต์อุตสาหกรรม 3 แกนแบบเดลต้า อันดับแรกจำเป็นต้องกำหนดค่าตัวแปรของหุ่นยนต์เพื่อใช้ในการคำนวณในสมการทางคณิตศาสตร์ จากนั้นกำหนดขนาดความยาวด้านของฐานสามเหลี่ยมบน คือ f , ความยาวด้านของสามเหลี่ยมล่างคือ e , ความยาวของแขนบนคือ rf , ความยาวของแขนล่างคือ re ดังภาพที่ 2-18



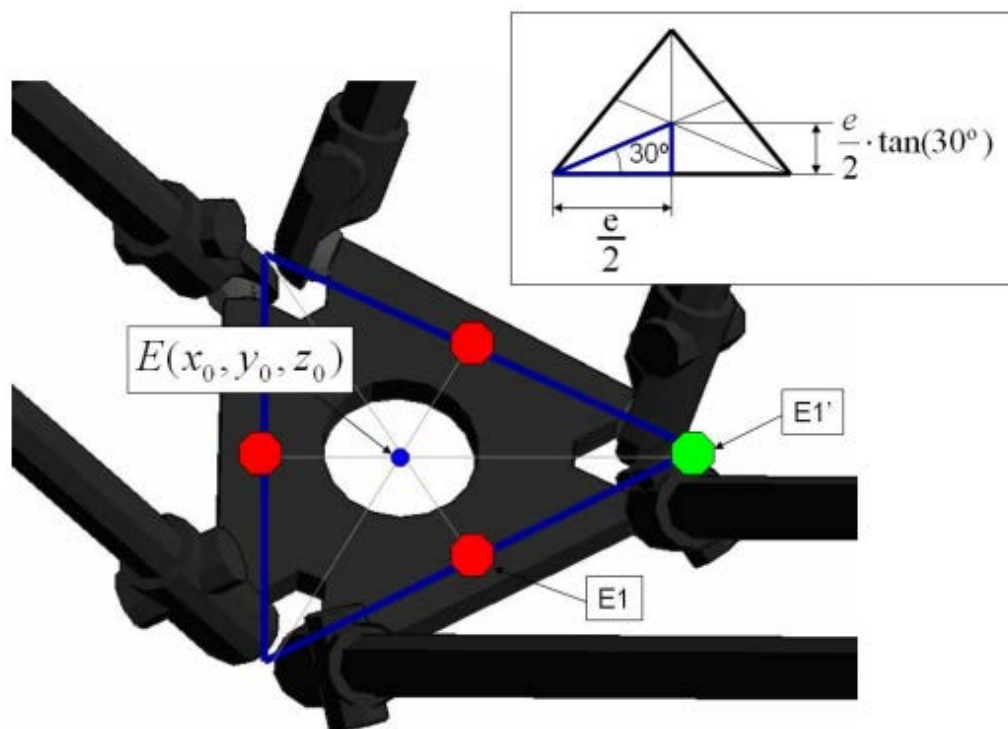
ภาพที่ 2-18 ค่าตัวแปรทางคณิตศาสตร์ของหุ่นยนต์เดลต้า

จากภาพที่ 2-18 ค่าต่างๆเหล่านี้เป็นค่าพารามิเตอร์ทางกายภาพที่ถูกกำหนด เพื่อใช้ในการออกแบบ หุ่นยนต์อุตสาหกรรม 3 แกน แบบเดลต้า การอ้างอิงจะอยู่ที่ศูนย์กลางของรูปสามเหลี่ยมด้านเท่า ดังนั้นพิกัดปลายของอุปกรณ์ส่วนปลาย จะมีค่าเป็นลบเพราะการออกแบบจุดต่อ F_1J_1 สามารถหมุนได้เพียงระนาบ YZ ที่มีจุดศูนย์กลางอยู่ที่ F_1 ยาวรัศมี rf เมื่อเทียบกับ F_1, J_1 และ E_1 จะเรียกว่า ข้อต่อยูนิเวอร์ซัล (Universal Joint) ซึ่งหมายความว่า E_1J_1 สามารถหมุนได้อย่างอิสระไปยัง E_1 ทำให้ได้ทรงกลมรัศมี re จุดศูนย์กลางอยู่ที่ E_1



ภาพที่ 2-19 การเคลื่อนที่ของค่าตัวแปรทางคณิตศาสตร์ของหุ่นยนต์เดลต้า

จากภาพที่ 2-19 สังเกตที่จุดตัดของวงกลม F_1J_1 และวงกลม $E_1'J_1$ ที่ระนาบ YZ จุดศูนย์กลางของ $E_1'J_1$ อยู่ที่จุด E_1' และรัศมี $E_1'J_1$ ซึ่ง E_1' คือการฉายจุด E_1 บนระนาบ YZ จุด J_1 สามารถหาได้จากจุดตัดของสองวงกลมที่รู้ความยาวรัศมีและมีจุดศูนย์กลางอยู่ที่ E_1' และ F_1 และถ้าหากทราบ J_1 ก็จะสามารถคำนวณหาค่ามุม θ_1



ภาพที่ 2-20 ที่มาของมุม $\tan 30^\circ$ สำหรับการคำนวณ

สูตรที่ใช้ในการคำนวณจลนศาสตร์การเคลื่อนที่ผกผัน

$$E = \begin{pmatrix} X_0 & Y_0 & Z_0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad 2-1$$

$$EE1 = \frac{e}{2} \tan(30^\circ) = \frac{e}{2\sqrt{3}} \quad 2-2$$

$$\left. \begin{aligned} E1 &= \left(x_0, y_0 - \frac{e}{2\sqrt{3}}, z_0 \right) \\ E1' &= \left(0, y_0 - \frac{e}{2\sqrt{3}}, z_0 \right) \end{aligned} \right\} EE1E1' = x_0 \quad 2-3$$

$$F1 = \left(x_0, \frac{f}{2\sqrt{3}}, 0 \right) \quad 2-4$$

$$E1'J1 = \sqrt{E1J1^2 - EE1E1'^2} = \sqrt{r_e^2 - x_0^2} \rightarrow \text{รัศมีของวงกลม} \quad 2-5$$

$$\begin{cases} \left(y_{J1} - y_{F1}\right)^2 + \left(z_{J1} - z_{F1}\right)^2 = rf^2 \\ \left(y_{J1} - y_{E1'}\right)^2 + \left(z_{J1} - y_{E1'}\right)^2 = re^2 - x_0^2 \end{cases} \quad 2-6$$

$$\begin{cases} \left(y_{J1} - \frac{f}{2\sqrt{3}}\right)^2 + \left(z_{J1}\right)^2 = rf^2 \\ \left(y_{J1} - y_0 + \frac{e}{2\sqrt{3}}\right)^2 + \left(z_{J1} - z_0\right)^2 = re^2 - x_0^2 \end{cases} \quad 2-7$$

$$J_1\left(0, y_{J1}, z_{J1}\right) = f\left(rf, re, f, e, x_0, y_0, z_0\right) \quad 2-8$$

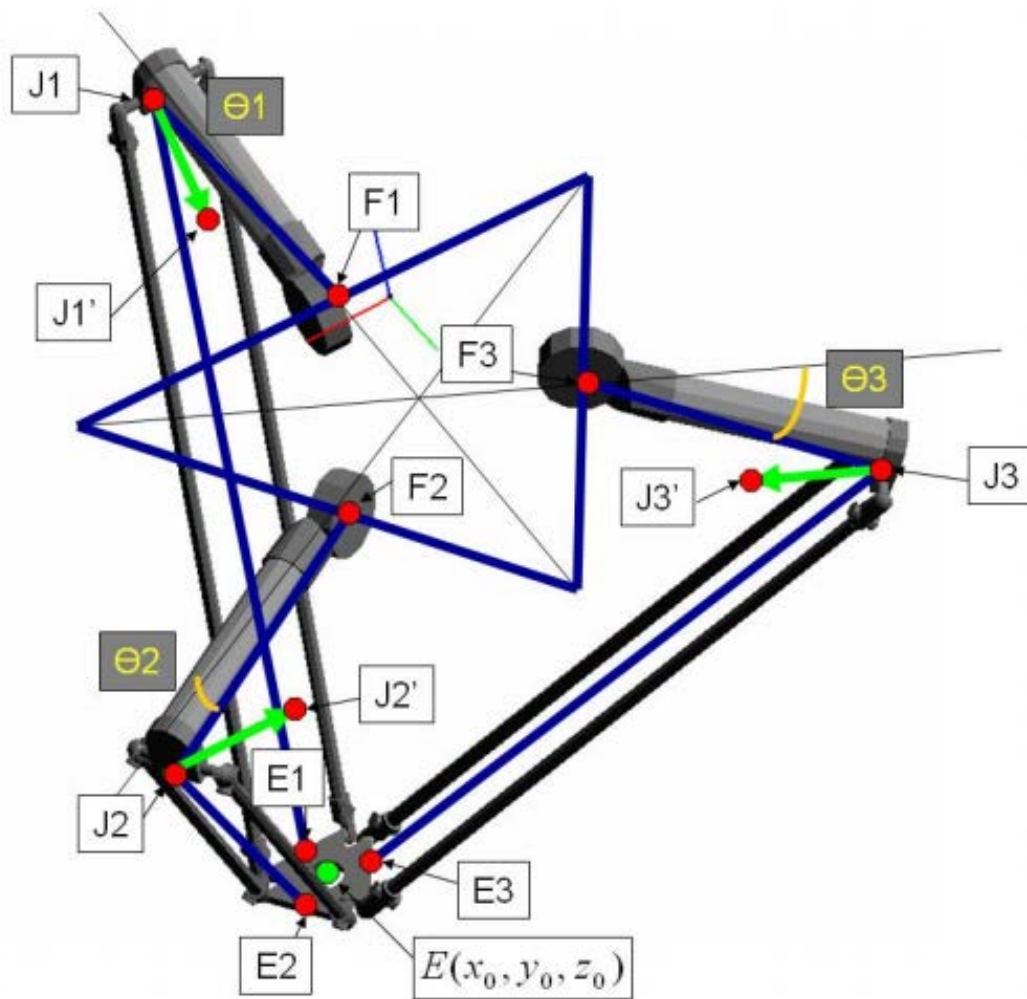
$$\theta_1 = \text{atan}\left(\frac{z_{J1}}{y_{F1} - z_{J1}}\right) \quad 2-9$$

$$\theta_2 y \theta_3 \rightarrow E_3\left(x_0, y_0, z_0\right) \rightarrow E_{0'}\left(x_0, y_{0'}, z_{0'}\right) \quad 2-10$$

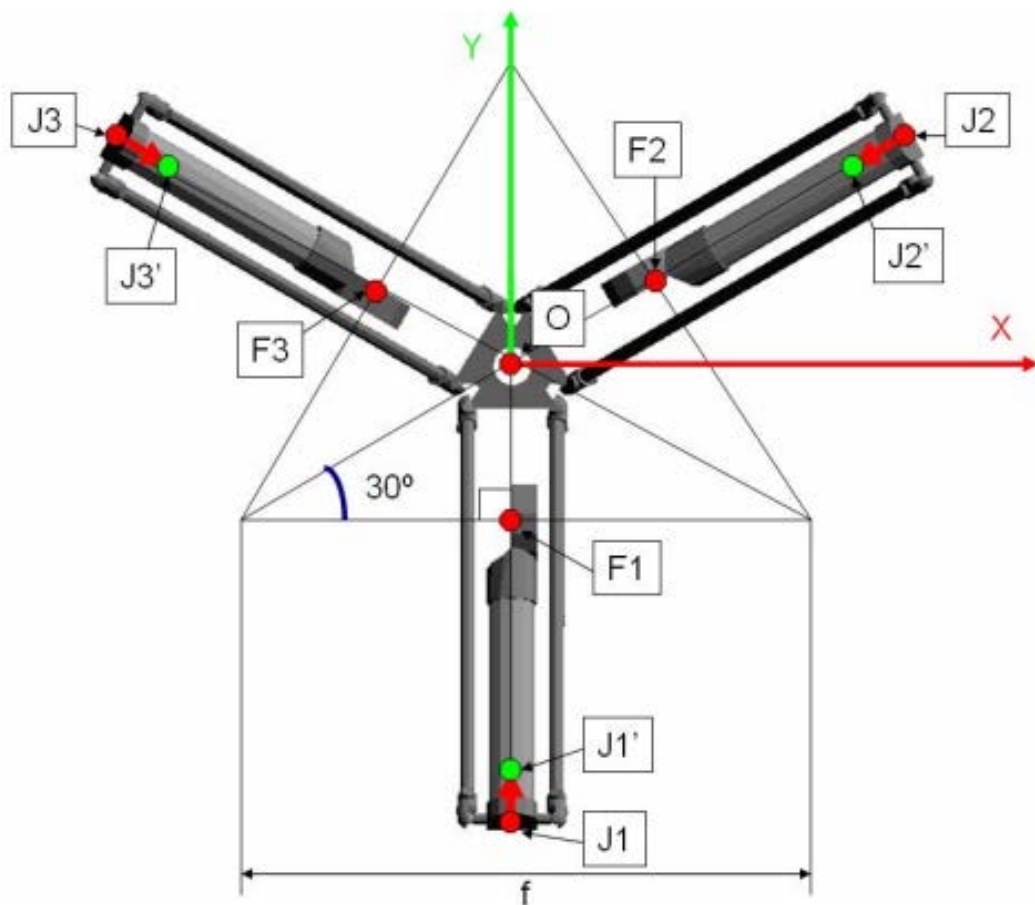
$$\begin{cases} x_{0'} = x \cdot \cos\left(\pm 120^\circ\right) + y \cdot \sin\left(\pm 120^\circ\right) \\ y = x \cdot \sin\left(\pm 120^\circ\right) + y \cdot \cos\left(\pm 120^\circ\right) \\ z_{0'} = z_0 \end{cases} \quad 2-11$$

2.9.3.2 จินศาสตร์การเคลื่อนที่ไปข้างหน้า (Forward Kinematics)

ในกรณีที่มีมุมให้สามมุมคือ θ_1 , θ_2 และ θ_3 หากต้องหาพิกัด (X_0, Y_0, Z_0) ของอุปกรณ์ส่วนปลาย ที่จุด E_0 ถ้ารู้ค่ามุม θ จะสามารถหาค่าพิกัดที่จุด J_1 , J_2 และ J_3 ได้ง่าย ข้อต่อ J_1E_1 , J_2E_2 และ J_3E_3 สามารถหมุนได้อย่างอิสระรอบจุด J_1 , J_2 และ J_3 ตามลำดับ



ภาพที่ 2-21 การย้ายจุดศูนย์กลางของวงกลมจากจุด J_1 , J_2 และ J_3 ไปยังจุด J_1' , J_2' และ J_3' ในมุมมองแบบสามมิติ



ภาพที่ 2-22 การย้ายจุดศูนย์กลางของวงกลมจากจุด J_1 , J_2 และ J_3 ไปยังจุด J_1' , J_2' และ J_3' ในมุมมองด้านบน

จากภาพที่ 2-21 และ 2-22 เป็นการแสดงการย้ายศูนย์กลางของทรงกลมจากจุด J_1 , J_2 และ J_3 ไปยังจุด J_1' , J_2' และ J_3' ใช้การเปลี่ยนเวกเตอร์ E_1E_0 , E_2E_0 และ E_3E_0 ตามลำดับ หลังจากการเปลี่ยนแปลงนี้ ทรงกลมทั้งสามจะตัดกันที่จุด E_0 ดังนั้นเพื่อการหาพิกัด (X_0, Y_0, Z_0) ของจุด E เท่ากับ E_0 จะต้องแก้ชุดสมการ

$$(x - x_j)^2 + (y - y_j)^2 + (z - z_j)^2 = r_e^2 \rightarrow j = 1, 2, 3 \quad \text{ซึ่งพิกัดของศูนย์กลางทรงกลม}$$

(x_j, y_j, z_j) และความยาวรัศมี r_e

สูตรที่ใช้ในการคำนวณจลนศาสตร์การเคลื่อนที่ไปข้างหน้า (Forward Kinematics)

$$OF_1 = OF_2 = OF_3 = \frac{f}{2} \tan(30^\circ) = \frac{f}{2\sqrt{3}} \quad 2-12$$

$$J1J1' = J2J2' = J3J3' = \frac{e}{2} \tan(30^\circ) = \frac{e}{2\sqrt{3}} \quad 2-13$$

$$F1J1 = rf \cdot \cos(\theta_1) \quad 2-14$$

$$F2J2 = rf \cdot \cos(\theta_2) \quad 2-15$$

$$F3J3 = rf \cdot \cos(\theta_3) \quad 2-16$$

$$J1' = \begin{pmatrix} 0 \\ -\frac{(f-e)}{2\sqrt{3}} - rf \cdot \cos(\theta_1) \\ -rf \cdot \sin(\theta_1) \end{pmatrix} = (x_1, y_1, z_1) \quad 2-17$$

$$J2' = s \begin{pmatrix} \left[\frac{f-e}{2\sqrt{3}} + rf \cdot \cos(\theta_2) \right] \cos(30^\circ) \\ \left[\frac{f-e}{2\sqrt{3}} + rf \cdot \cos(\theta_2) \right] \sin(30^\circ) \\ -rf \cdot \sin(\theta_2) \end{pmatrix} = (x_2, y_2, z_2) \quad 2-18$$

$$J3' = \begin{pmatrix} \left[\frac{f-e}{2\sqrt{3}} + rf \cdot \cos(\theta_3) \right] \cos(30^\circ) \\ \left[\frac{f-e}{2\sqrt{3}} + rf \cdot \cos(\theta_3) \right] \sin(30^\circ) \\ -rf \times \sin(\theta_3) \end{pmatrix} = (x_3, y_3, z_3) \quad 2-19$$

$$\begin{cases} (x-x_1)^2 + (y-y_1)^2 + (z-z_1)^2 = re^2 \\ (x-x_2)^2 + (y-y_2)^2 + (z-z_2)^2 = re^2 \\ (x-x_3)^2 + (y-y_3)^2 + (z-z_3)^2 = re^2 \end{cases} \quad 2-20$$

$$\begin{cases} x^2 + y^2 + z^2 - 2y_1y - 2z_1z = re^2 - y_1^2 - z_1^2 & [1] \\ x^2 + y^2 + z^2 - 2x_2x - 2y_2y - 2z_2z = re^2 - x_2^2 - y_2^2 - z_2^2 & [2] \\ x^2 + y^2 + z^2 - 2x_3x - 2y_3y - 2z_3z = re^2 - x_3^2 - y_3^2 - z_3^2 & [3] \end{cases} \quad 2-21$$

$$w_i = x_i^2 + y_i^2 + z_i^2 \quad 2-22$$

$$\begin{cases} [4] = [1] - [2] \\ [5] = [1] - [3] \\ [6] = [2] - [3] \end{cases} \rightarrow \begin{cases} x_2x + (y_1 - y_2)y + (z_1 - z_2)z = (w_1 - w_2)/2 \\ x_3x + (y_1 - y_3)y + (z_1 - z_3)z = (w_1 - w_3)/2 \\ (x_2 - x_3)x + (y_2 - y_3)y + (z_2 - z_3)z = (w_2 - w_3)/2 \end{cases} \quad 2-23$$

นำ [4] - [5] ได้

$$[7] \quad x = a_1z + b_1 \quad 2-24$$

$$a_1 = \frac{1}{d} [(z_2 - z_1)(y_3 - y_1) - (z_3 - z_2)(y_2 - y_1)] \quad 2-25$$

$$b_1 = -\frac{1}{2d} [(w_2 - w_1)(y_3 - y_1) - (w_3 - w_2)(y_2 - y_1)] \quad 2-26$$

$$d = (y_2 - y_1)x_3 - (y_3 - y_1)x_2 \quad 2-27$$

$$[8] \quad y = a_2z + b_2 \quad 2-28$$

$$a_2 = \frac{-1}{d} [(z_2 - z_1)(x_3) - (z_3 - z_1)(x_2)] \quad 2-29$$

$$b_2 = \frac{1}{2d} [(w_2 - w_1)(x_3) - (w_3 - w_1)(x_2)] \quad 2-30$$

แทนค่า [7] และ [8] ใน [1]

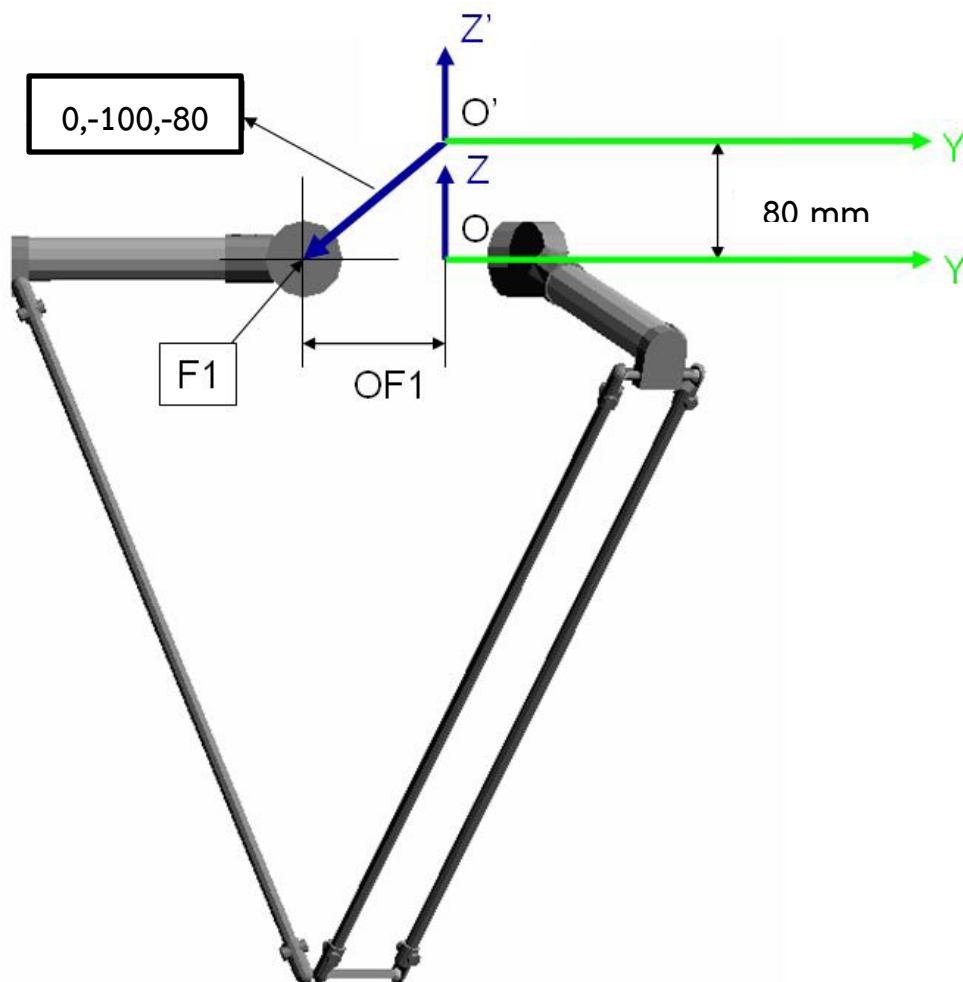
$$(a_1^2 + a_2^2 + 1)z^2 + 2(a_1 + a_2(b_2 - y) - z_1)z + (b_1^2 + (b_2 - y_1)^2 + z_1^2 - re^2) = 0 \quad 2-31$$

ผลของรากสมการเชิงลบที่น้อยที่สุด $z = z_0$; x_0, y_0 คำนวณได้จากสมการ [7] และ [8]

2.9.4 พารามิเตอร์หุ่นยนต์เดลด้า

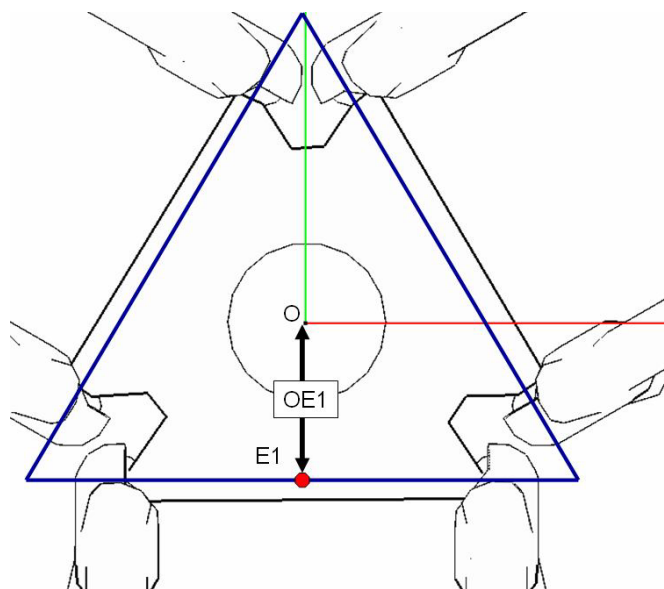
ในการออกแบบสร้างหุ่นยนต์เดลด้าสิ่งที่จำเป็นอย่างหนึ่งก็คือพารามิเตอร์ของชิ้นส่วนต่างๆที่จะนำมาสร้างหุ่นยนต์เดลด้า ซึ่งค่าพารามิเตอร์เหล่านี้จะส่งผลเสียอย่างมากเมื่อไม่มีการคำนวณที่ถูกต้องแม่นยำ สามารถสังเกตตำแหน่งพารามิเตอร์ได้จาก ภาพที่ 2-18 การหาที่มาของค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญ สามารถทำได้ดังนี้

พารามิเตอร์ f ซึ่งก็คือค่าที่วัดจากความยาวของด้านสามเหลี่ยมฐานบน สมการในการหาความยาว f คือ $4 \times OF1 \times \cos(30^\circ) \rightarrow 4 \times 100 \times \cos(30^\circ) = 346.41\text{mm}$



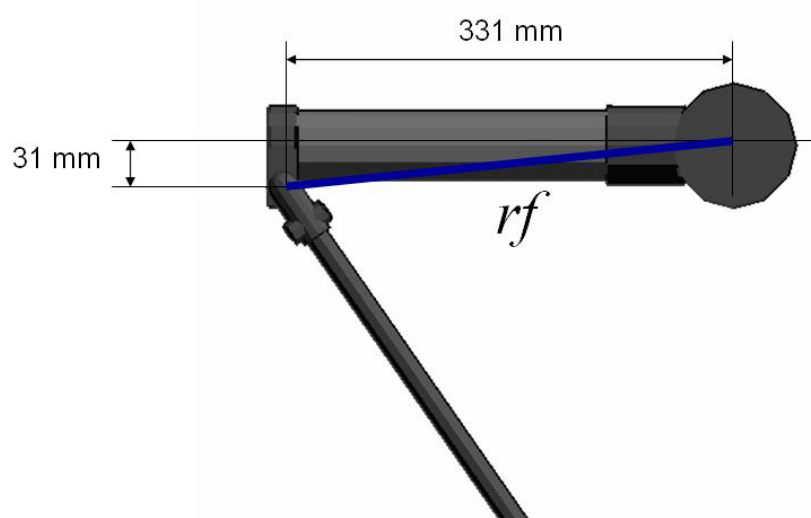
ภาพที่ 2-23 การหาพารามิเตอร์ f

พารามิเตอร์ e ซึ่งก็คือค่าที่วัดจากความยาวด้านของสามเหลี่ยมแผ่นล่าง สมการในการหาความยาว e คือ $4 \times OE1 \times \cos(30^\circ) \rightarrow 4 \times 45 \times \cos(30^\circ) = 155.88\text{mm}$



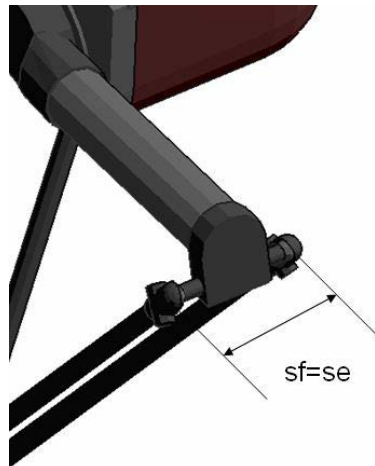
ภาพที่ 2-24 การหาพารามิเตอร์ e

พารามิเตอร์ rf ซึ่งก็คือค่าที่วัดจากความยาวของแขนด้านบนวัดจากจุดศูนย์กลางที่ต่อกับชุดต้นกำลัง สมการในการหาความยาว e คือ $\sqrt{a^2 + b^2} \rightarrow \sqrt{179.37^2 + 15^2} = 180\text{mm}$

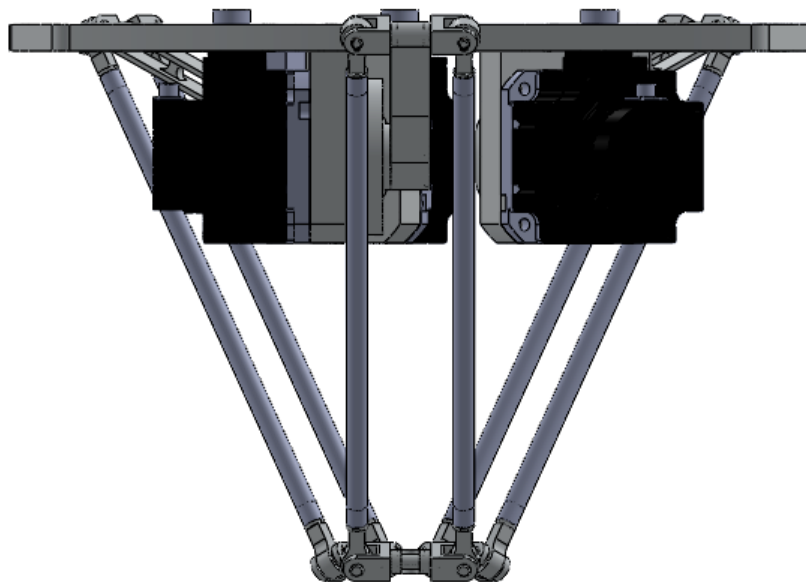


ภาพที่ 2-25 การหาพารามิเตอร์ rf

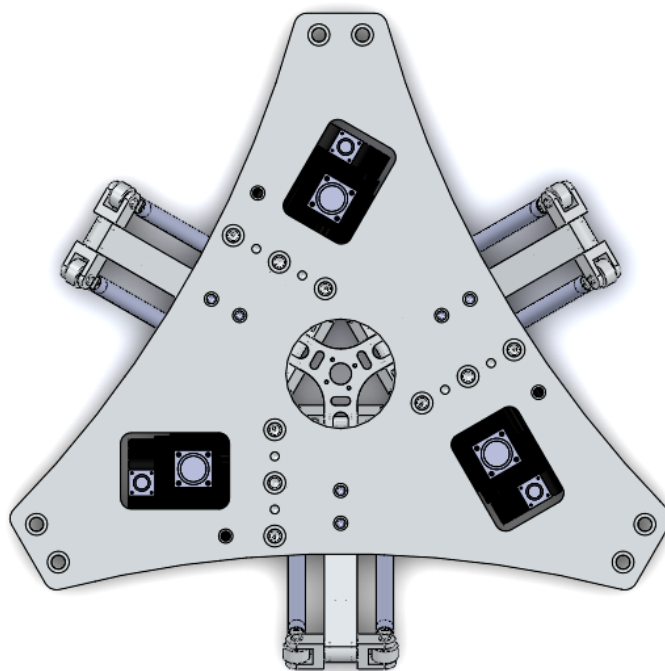
พารามิเตอร์ $sf = se$ เป็นระยะห่างระหว่างก้านของแขนด้านล่าง แต่ค่าพารามิเตอร์ตัวนี้จะไม่นำมาคิดในสมการ



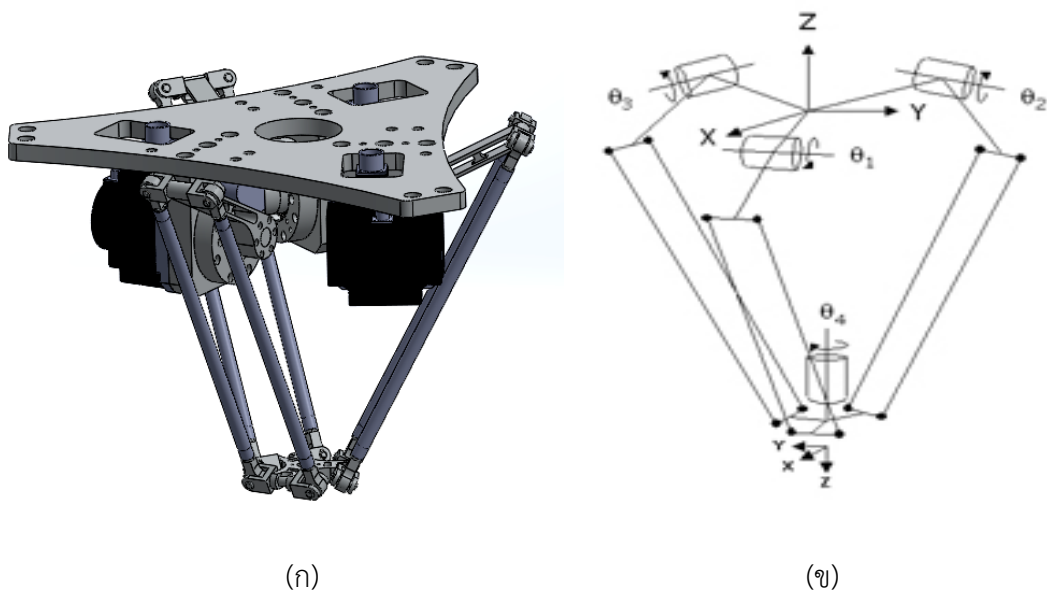
ภาพที่ 2-26 การหาพารามิเตอร์ sf



ภาพที่ 2-27 ลักษณะของหุ่นยนต์เดลต้า (มองด้านข้าง)



ภาพที่ 2-28 ลักษณะของหุ่นยนต์อุตสาหกรรม 3 แกน แบบเดลต้า (มองด้านข้าง)



ภาพที่ 2-29 (ก) ลักษณะหุ่นยนต์อุตสาหกรรม 3 แกน แบบเดลต้า

(ข) ภาพ Kinematics หุ่นยนต์อุตสาหกรรม 3 แกน แบบเดลต้า

2.10 ระบบเครือข่ายไร้สาย (Wireless LAN : WLAN)

ปัจจุบันในการเชื่อมโยงข้อมูลและการเข้าถึงข้อมูลเป็นปัจจัยสำคัญของการดำเนินธุรกิจ ทำให้มีเทคโนโลยีใหม่ที่กำลังมาแรงขณะนี้ ถูกกล่าวถึงอย่างมากเทคโนโลยีดังกล่าว คือ ระบบเครือข่ายไร้สาย เป็นระบบเชื่อมโยงระหว่างคอมพิวเตอร์ หรือเครือข่ายคอมพิวเตอร์ที่ใช้สายเข้าด้วยกันหรือเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ต (Internet) โดยอาศัยคลื่นวิทยุ (Radio Frequency : RF) รับ-ส่งข้อมูลแทนสายเคเบิล คลื่นวิทยุที่ใช้อยู่ในย่านความถี่ ISM (Industrial Scientific and Medical) ซึ่งเป็นย่านความถี่สาธารณะสามารถใช้งานได้โดยไม่ต้องขออนุญาต โดยแต่ละประเทศมีช่องสัญญาณที่อนุญาตให้ใช้งานต่างกัน สำหรับประเทศไทยกระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ได้ออกคู่มือประกอบกฎกระทรวงเรื่องกำหนดให้เครื่องวิทยุคมนาคมและสถานียคมนาคมบางประเภทได้รับยกเว้นไม่ต้องรับใบอนุญาต พ.ศ. 2547 ได้กำหนดให้เครื่องวิทยุคมนาคมที่ใช้งานระบบเครือข่ายไร้สาย ในย่านความถี่ 2400 ถึง 2500 เมกะเฮิร์ตซ์ (Megahertz : MHz) และมีการส่งไม่เกิน 100 เมกะวัตต์ (Megawatt : MW) เป็นขอบเขตพื้นที่ที่ส่งสัญญาณ (Effective Isotropic Radiated Power : EIRP) ซึ่งเป็นเครื่องวิทยุคมนาคมที่ได้รับยกเว้นที่ไม่ต้องได้รับใบอนุญาตทำให้มีการนำเข้าและส่งออก ซึ่งเครื่องวิทยุคมนาคมและตั้งสถานียคมนาคม นอกจากนี้ยังมีคำศัพท์ใหม่ๆที่เกิดขึ้นมาพร้อมกับระบบเครือข่ายไร้สายด้วย เช่น วิทยุฟาย (Wireless Fidelity : WiFi) เป็นคำที่นิยมเรียกกันหรือก็คือระบบเครือข่ายไร้สายเป็นการสื่อสารด้วยระบบไร้สาย บนเทคโนโลยี IEEE 802.11 โดยที่ทำงานภายใต้คลื่นวิทยุ 2.4 จิกกะเฮิร์ตซ์ (Gigahertz : GHz) ซึ่งอุปกรณ์ทุกตัวซึ่งต่างยี่ห้อกันนั้นสามารถติดต่อสื่อสารกันได้โดยไม่มีปัญหาภายใต้มาตรฐานเดียวกัน โดยจะมีการออกเป็นมาตรฐานวิทยุฟาย (WiFi certified) ถ้าเห็นเครื่องหมายวิทยุฟายที่อุปกรณ์ใดแสดงว่าอุปกรณ์นั้นเข้ากันได้กับมาตรฐาน IEEE 802.11 หรือคำว่า ฮอตสปอต (Hot Spot) หมายถึง บริการอินเทอร์เน็ตไร้สายแบบสาธารณะความเร็วสูงด้วยเทคโนโลยีเครือข่ายไร้สายซึ่งในปัจจุบันก็มีให้บริการกันมากขึ้นเรื่อยตามแหล่งธุรกิจ โดยใช้เทคโนโลยีบรอดแบนด์ผสมผสานกับเทคโนโลยีวิทยุฟาย ทำให้สามารถออนไลน์ได้ทุกที่หรือรับส่งอีเมล ดาวน์โหลดข้อมูล และติดต่อธุรกิจ ได้อย่างสะดวกสบายในสถานที่ที่บริการฮอตสปอตในประเทศไทยมีสถานที่ให้บริการ แล้วเช่น โรงแรม สนามบิน โรงพยาบาล ศูนย์การค้า รีสอร์ท ห้างสรรพสินค้า รูปแบบการให้บริการอินเทอร์เน็ตโดยใช้เทคโนโลยีเครือข่ายไร้สาย ผู้ให้บริการจะติดตั้งอุปกรณ์ที่เรียกว่าแอคเซสพอยต์ (Access Point) ไว้ตามแหล่งชุมชน เช่น สนามบิน ศูนย์ประชุม ห้างสรรพสินค้า โรงแรม เพื่อรับและส่งสัญญาณวิทยุไปยังอุปกรณ์ไร้สาย เช่น โน้ตบุ๊ก (Note Book) ที่มีการ์ดไร้สายแล้วเชื่อมต่อแอคเซสพอยต์เข้ากับอินเทอร์เน็ตความเร็วสูงที่ผู้ใช้บริการได้ซื้อแพ็คเกจ (Package) สำหรับการเชื่อมต่อคล้ายกับการซื้อแพ็คเกจใช้งานอินเทอร์เน็ตทั่วไป

2.11 ก้านควบคุม (Joystick)

ก้านควบคุมเป็นอุปกรณ์อินพุต (Input) ของตัวคอมพิวเตอร์ (Computer) โดยมีจุดเริ่มต้นจากบริษัทไอบีเอ็ม (IBM) โดยในสมัยนั้นยังเป็นก้านควบคุมแบบ 2 ปุ่มและมีการต่อเข้ากับ (Interface) แบบเอาต์พุตเดียว (Single Output) แต่ในปัจจุบันนั้นได้มีผู้ผลิตก้านควบคุมแบบหลายอินพุต (Multi Input) ออกมาเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งาน ดังแสดงในภาพที่ 2-20 แต่ก็สามารถต่อเข้ากับก้านควบคุม ได้ 2 ตัว โดยอาศัยสายยูเอสบี (Universal Serial Bus : USB) เป็นตัวแยกอินพุตว่ามีการแบ่งก้านควบคุม เป็น 2 อินพุตและแยกการทำงานว่าเป็นอินพุต ตัวที่ 1 หรือ ตัวที่ 2 โปรแกรมบางประเภทการใช้แป้นพิมพ์ หรือ เมาส์ อาจไม่เหมาะสม เช่น โปรแกรมประเภทเกมส์ ด้วยเหตุนี้เองจึงได้มีการผลิต ก้านควบคุมขึ้นเพื่อให้สามารถใช้งานได้ง่ายและทำให้การเล่นเกมส์สมจริงมากขึ้น เช่น ถ้าคุณกำลังเล่นเกมขับรถบิน ถ้าหากคุณต้องการให้เครื่องบินเลี้ยวไปทางซ้ายคุณก็โยกคันบังคับไปทางซ้าย ตลอดเวลาที่ผ่านมาเกมส์คอนโทรลเลอร์มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง โดยเริ่มแรกเป็นเพียงกล่องควบคุมขนาดเล็กที่มีปุ่มบังคับไม่กี่ปุ่ม จนในปัจจุบันได้มีการพัฒนาชุดควบคุมขึ้นสำหรับเกมส์ที่เฉพาะเจาะจงกับเกมส์บางประเภทเพิ่มมากขึ้น เช่น ก้านควบคุมสำหรับเกมส์ขับรถบินดังแสดงในภาพที่ 2-2 (ก) พวงมาลัยขับรถสำหรับเกมส์ขับรถดังแสดงในภาพที่ 2-20 (ข) ก้านควบคุมบางอันอาจมีปุ่มเพิ่มเติมเพื่อใช้สั่งงานอื่นๆ



(ก)



(ข)

ภาพที่ 2-30 (ก) ก้านควบคุมแบบคันโยก

(ข) ก้านควบคุมแบบพวงมาลัย

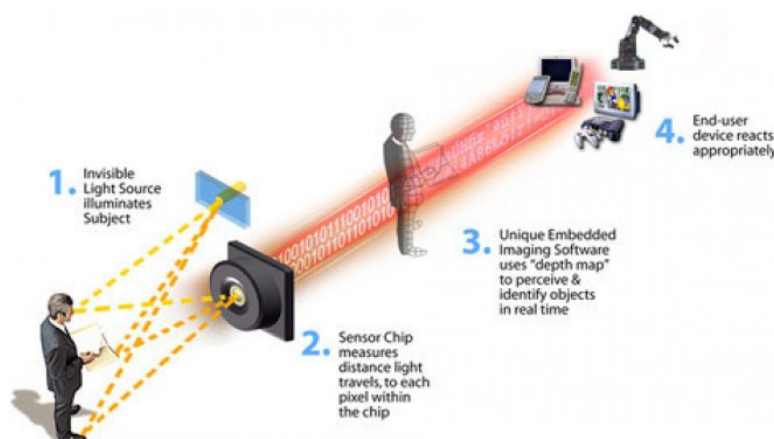
2.12 หลักการของก้านควบคุม

ก้านควบคุมออกแบบมาเพื่อบอกคอมพิวเตอร์ว่าจะจัดทำารตำแหน่งของวัตถุในเวลาหนึ่งๆ ได้อย่างไร วิธีการก็คือก้านควบคุมจะส่งตำแหน่งพิกัดในแนวราบหรือในแนวตั้ง หรือ ตำแหน่งพิกัดในแกน X-Y ไปยังคอมพิวเตอร์เพื่อประมวลผลต่อไปยังโปรแกรมที่กำลังใช้อยู่ ซึ่งด้านล่างของคันบังคับเคลื่อนที่ได้อิสระ เกมสคอนโทรลเลอร์อื่นๆ เช่น พวงมาลัย หรือ เกมส์แพด (Game Pad) อาจจะมีลักษณะแตกต่างจากก้านควบคุม แต่หลักการกำเนิดสัญญาณจะคล้ายกับก้านควบคุมสวิตช์หรือปุ่มต่างๆที่ใช้สำหรับบังคับ เมื่อมีการกดปุ่มก็จะมีการส่งสัญญาณไปยังการ์ดต่อแดปเตอร์ (Adapter Card) เพื่อสร้างข้อมูล เช่น ถ้ากดปุ่มก็จะเปลี่ยนค่าข้อมูลเป็น 1 หรือถ้าไม่ได้กดก็จะมีค่าเป็น 0 เป็นต้น การสร้างข้อมูลเหล่านี้ขึ้นอยู่กับแต่ละเกมส์ ตัวเซนเซอร์จะตรวจจับตำแหน่งและเชื่อมกับแต่ละแกนของก้านควบคุมเพื่อตอบสนองกับพิกัด X-Y และส่งสัญญาณไปที่การ์ดต่อแดปเตอร์ ซึ่งในนั้นจะมีซอฟต์แวร์ที่จะนำข้อมูลสัญญาณที่ได้มาเปลี่ยนให้เป็นตำแหน่งของเกมส์คอนโทรลเลอร์ ซึ่งตัวเซนเซอร์จะตรวจจับการเคลื่อนที่หลายๆทิศทางของก้านควบคุม กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านจากค่าความต้านทานที่ปรับค่าได้ไปยังตัวเก็บประจุ เมื่อประจุเพิ่มขึ้นจนเกิดศักย์ไฟฟ้าถึง 5 โวลต์ ตัวเก็บประจุจะคายประจุ เมื่อก้านควบคุมถูกดันไปในทิศทางหนึ่ง ความต้านทานจะเพิ่มขึ้นทำให้ตัวเก็บประจุใช้เวลาเพิ่มขึ้นในการชาร์จประจุเข้าไปและคลายประจุ และเมื่อถูกดันไปในทิศทางอื่นๆ ค่าความต้านทานจะลดลงกระแสไฟฟ้าจะไหลไปที่ตัวเก็บประจุได้มากขึ้น ทำให้การชาร์จและคลายประจุทำได้เร็วขึ้น การ์ดต่อแดปเตอร์จะจับเวลาในหน่วยมิลลิวินาที (ms) สำหรับการชาร์จและคลายประจุ จากนั้นจะคำนวณตำแหน่งของก้านควบคุม เซ็นเซอร์ตำแหน่งอีกรูปแบบหนึ่งที่ใช้กับก้านควบคุมดิจิตอล เรียกว่า เพียโซอิเล็กทริกเซนเซอร์ (Piezo Electric Sensor) มักใช้กับส่วนด้านบนของก้านควบคุม ภายในประกอบด้วยคริสตัลเพื่อสร้างกระแสไฟฟ้า เมื่อมีการกดหรือปล่อยสวิตช์ ออปติคอลเกรย์สเกลโพสิชันเซนเซอร์ (Optical Grayscale Position Sensor) จะใช้ไดโอดเปล่งแสง (Light - Emitting Diode : LED) และ ซีซีดี (Charge Coupled Device : CCD) ที่เปลี่ยนแสงจากไดโอดเปล่งแสงเป็นกระแสไฟฟ้า ระหว่างไดโอดเปล่งแสงกับซีซีดีเป็นฟิล์มที่มีการไล่สีจากสว่างไปมืดจากปลายด้านหนึ่ง เมื่อก้านควบคุมมีการเคลื่อนไหว ฟิล์มจะเคลื่อนไหวด้วย ปริมาณของแสงที่ผ่านฟิล์มจะเปลี่ยนแปลงด้วยซึ่งสามารถตรวจจับได้ ซีซีดีก้านควบคุมแบบใหม่จะยังคงใช้เซ็นเซอร์ตำแหน่งคล้ายๆ กัน แต่ปริมาณของกระแสไฟที่ได้จากการเคลื่อนที่ของก้านควบคุมนั้นจะส่งต่อไปยัง อนาล็อก ทุ ดิจิตอล (Analog-To-Digital : A2D) เพื่อเปลี่ยนค่าศักย์ไฟฟ้านี้เป็นข้อมูลดิจิตอลที่โปรแกรมสามารถนำไปประมวลผลต่อไปได้ ก้านควบคุมในอนาคตผู้ใช้สามารถบังคับทิศทางได้มากขึ้นจากแนวตั้งแนวนอนและแนวทแยง สิ่งที่สำคัญอีกประการก็คือ การเชื่อมต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์โดยเปลี่ยนจากพอร์ตยูเอสบีมาใช้แบบไร้สาย (Wireless)

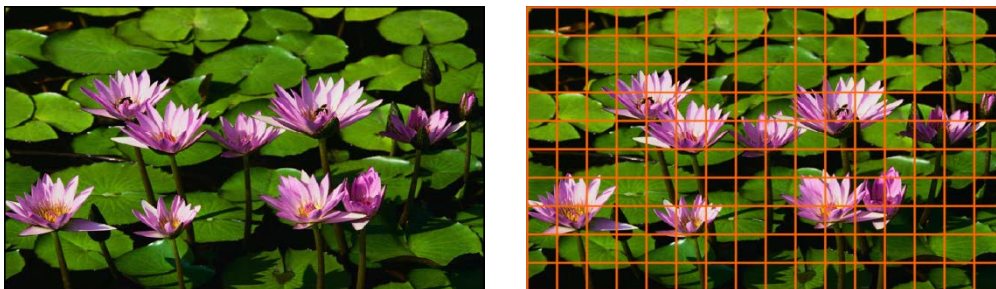
2.13 การประมวลผลภาพ (Image Processing)

เป็นการประยุกต์ใช้งานการประมวลผลสัญญาณบนสัญญาณ 2 มิติ เช่น ภาพนิ่ง (ภาพถ่าย) หรือภาพวิดีโอ (Video) และยังรวมถึงสัญญาณ 2 มิติอื่นๆ ในการประมวลผลสัญญาณ สำหรับสัญญาณ 1 มิตินั้น สามารถปรับมาใช้กับภาพได้ไม่ยากแต่เนื่องจากเทคนิคจากการประมวลผลสัญญาณแล้ว การประมวลผลภาพก็มีเทคนิคและแนวความคิดที่เฉพาะ เช่น Connectivity และ Rotation Invariance ซึ่งจะมีความหมายกับสัญญาณ 2 มิติ เท่านั้น จากการประมวลผลสัญญาณใน 1 มิติ จะค่อนข้างซับซ้อนเมื่อนำมาใช้กับ 2 มิติ เมื่อหลายสิบปีมาแล้วการประมวลผลภาพนั้นจะอยู่ในรูปของการประมวลผลสัญญาณอนาล็อก (Analog) โดยใช้อุปกรณ์ปรับแต่งแสง (Optics) ซึ่งวิธีเหล่านั้นก็ไม่ได้หายสาบสูญหรือเลิกใช้ไป ยังมีใช้เป็นส่วนสำคัญสำหรับการประยุกต์ใช้งานบางอย่าง เช่น ฮอโลกราฟี (Holography) แต่เนื่องจากอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ในปัจจุบัน ราคาถูกลงและเร็วขึ้นมาก การประมวลผลภาพดิจิทัล (Digital Image Processing) จึงได้รับความนิยมมากกว่า เพราะการประมวลผลที่ได้ซับซ้อนขึ้นแม่นยำ และง่ายในการลงมือปฏิบัติ

2.13.1 การได้มาซึ่งภาพ (Image Acquisition) การรับภาพเป็นขั้นตอนแรกของกระบวนการประมวลผลภาพ โดยการแปลงภาพที่เห็นกันทั่วไป ในลักษณะทางกายภาพให้อยู่ในรูปของข้อมูลดิจิทัลผ่านทางอุปกรณ์รับภาพจากแสงหรือซีซีดี ภายในกล้องถ่ายภาพดิจิทัล แล้วส่งข้อมูลเก็บยังคอมพิวเตอร์มนุษย์สามารถที่จะเห็นและเข้าใจความหมายของภาพได้ว่าภาพที่ปรากฏนั้นสื่อถึงอะไร แต่ในคอมพิวเตอร์ไม่สามารถเข้าใจความหมายของภาพได้ คอมพิวเตอร์จะรับรู้และเข้าใจภาพนั้นเป็นเพียงแค่จุดสีเล็กๆหลายๆจุดที่ถูกนำมาเรียงต่อกันเป็นภาพมาแสดงยังหน้าจอคอมพิวเตอร์ ซึ่งจุดสีเล็กๆ เหล่านั้นจะเรียกว่า พิกเซล (Pixel)



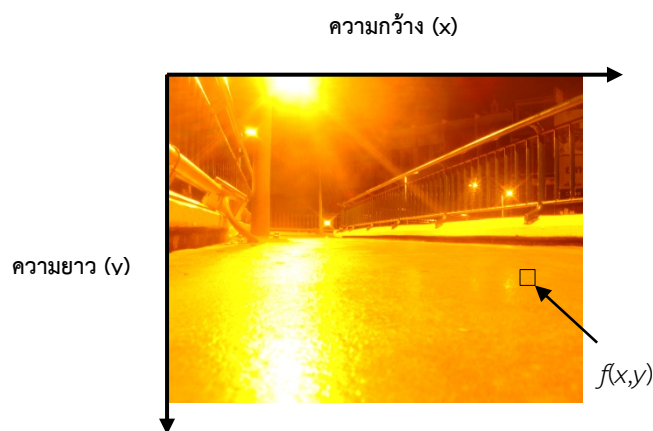
ภาพที่ 2-31 การรับภาพและการประมวลผล



ภาพที่ 2-32 แสดงพิกเซล (Pixel) ของภาพ

2.13.2 ภาพดิจิทัล (Digital Image)

ปกติมนุษย์จะรับรู้และบันทึกภาพเป็น 3 มิติ คือ ความกว้าง ความสูง และความลึก แต่เมื่อคอมพิวเตอร์รับและจัดเก็บข้อมูลเข้ายังเครื่องคอมพิวเตอร์ภาพที่ปรากฏบนหน้าจอ นั้นจะเป็นภาพ 2 มิติ ที่มีแต่ความกว้างและความสูงเท่านั้น เพราะว่าภาพที่มาจากจอคอมพิวเตอร์นั้น ไม่สามารถแสดงความลึกได้



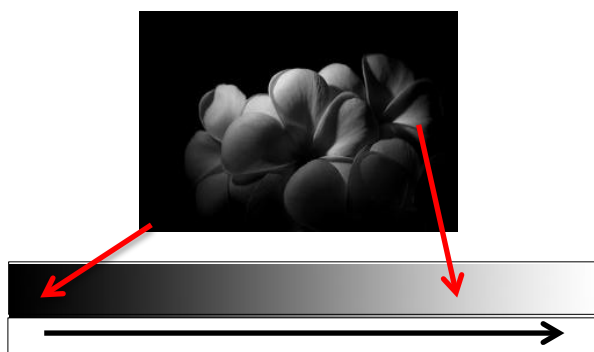
ภาพที่ 2-33 มิติของภาพในเครื่องคอมพิวเตอร์

ซึ่งภาพที่ 2.15 ดังกล่าวจะอยู่ในระนาบ x, y มีฟังก์ชัน $f(x, y)$ เป็นสัดส่วนกับค่าความสว่างหรือความเข้มของแสง โดยมีตัวแปร x และ y เป็นตัวบอกตำแหน่งในระบบพิกัดฉากของภาพ หลังจากที่เราจัดเก็บข้อมูลภาพเข้าคอมพิวเตอร์แล้วระบบของคอมพิวเตอร์จะพยายามหาสิ่งที่ใกล้เคียงกับข้อมูลภาพที่รับเข้ามาก่อนที่จะทำการแสดงผลภาพนั้นออกทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ ซึ่งปกติแล้วสามารถแบ่งภาพได้เป็น 3 รูปแบบ คือระบบภาพแบบโทนสีเทา (GreyScale) ระบบภาพแบบไบนารี (Binary Image) และระบบภาพสี (Color Image) ซึ่งระบบภาพสียังสามารถแบ่งย่อยได้อีก เช่น ระบบภาพสีแบบ RGB (Red Green Blue : RGB) ระบบสีแบบ HSV (Hue Saturation Value : HSV)

และระบบสีแบบ HSL (Hue Saturation Lightness : HSL) แต่ระบบภาพสีเป็นที่นิยมในงานการมองเห็นของเครื่องจักรส่วนมากจะใช้ระบบ RGB และ HSV

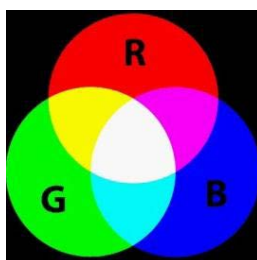
2.13.3 ระบบภาพแบบโทนสีเทา (Grey Scale)

ในส่วนภาพแบบโทนสีเทา ภาพที่รับเข้ามาจะประกอบด้วยสีดำและเฉดสีจางลงไปจนถึงสีขาว ดังภาพที่ 2-24 ระบบคอมพิวเตอร์ก็จะทำการแทนสีดำด้วยค่าสี 0 (0000 0000₂) และสีขาวด้วยค่าสี 255 (1111 1111₂) ดังนั้นเราจะทราบว่าจุดสีแต่ละจุดจะมีค่าความเข้มของแสงอยู่ระหว่าง 0-255 ซึ่งก็คือ 256 สี หรือ 2⁸ ซึ่งตัวเลข 8 ในที่นี้คือ จำนวนบิตที่จุดสีหนึ่งจุดที่ใช้ในการเก็บค่าความเข้มของแสงหรืออาจบอกได้ว่าภาพแบบ 8 บิต ก็คือภาพที่แต่ละจุดสีมีค่าความเข้มของแสงอยู่ระหว่าง 0 – 255



ภาพที่ 2-34 ค่าความสว่างของจุดสีในภาพแบบโทนสีเทา

2.13.4 ระบบภาพสีแบบ RGB สำหรับภาพสีแบบ RGB เป็นระบบนิยมใช้กันทั่วไป เกิดจากการผสมแม่สี 3 สีคือ แดง(Red) เขียว(Green) และน้ำเงิน(Blue) หรือเรียกกันว่า RGB เข้าด้วยกัน ซึ่งแต่ละสีมีค่าความเข้มไม่เท่ากัน เมื่อผสมกันออกมาจะได้จุดสี 1 จุดที่มีสีใกล้เคียงกับภาพต้นแบบ ซึ่งแต่ละสีจะมีความละเอียดมากน้อยแค่ไหน ขึ้นอยู่กับจำนวนบิตที่เราเลือกใช้ในการเก็บค่าความเข้มของแสงต่อจุดสี 1 จุดในภาพดังแสดงในภาพที่ 2-25

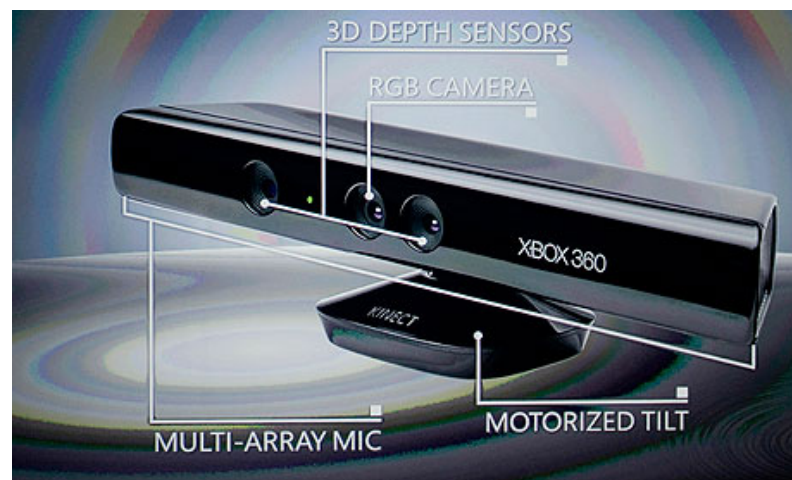


ภาพที่ 2-35 ค่าความสว่างของจุดสีในภาพสี

2.14 กล้องคิเน็กซ์ (Kinect)

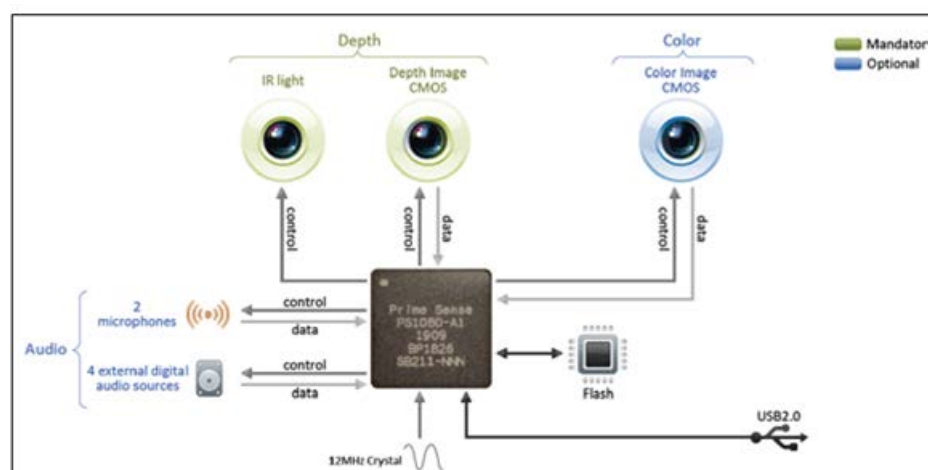
เทคโนโลยีทางการสร้างความเป็นจริงเสมือนจริงสำหรับการเล่นเกมสื่เริ่มเข้ามามีบทบาทมากยิ่งขึ้น โดยที่ใช้การตรวจจับความเคลื่อนไหวของผู้เล่นเกมในระหว่างการเล่นได้อย่างอิสระ และทำให้เกิดความสนุกสนานมากยิ่งขึ้นแทนการใช้ก้านควบคุม โดยใช้เทคโนโลยีโมชันคอนโทรลเลอร์ (Motion Controller Technology) ที่ถูกพัฒนาขึ้นเป็นอุปกรณ์เสริมการใช้งานเครื่องเล่นเกมสื่เอกซ์บ็อกซ์ 360 (Xbox 360) ที่รู้จักกันในชื่อกล้องคิเน็กซ์ โดยประกอบด้วยกล้องเว็บแคมไฮเอนด์ (High-End Webcam) ซึ่งจะต่อเชื่อมกับเครื่องเล่นผ่านทางพอร์ตยูเอสบีการทำงาน of กล้องคิเน็กซ์ จะสามารถมองเห็นโดยใช้อินฟราเรด (Infrared : IR) ในการตรวจจับตำแหน่งต่างๆ ของร่างกายผู้เล่นใน 3 แกน (กว้าง x ยาว x ลึก:ระยะใกล้ไกล) ดังนั้นจึงสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการตรวจจับการเคลื่อนไหวของร่างกาย แบบปราศจากการทำเครื่องหมายตามตำแหน่งต่างๆ บนร่างกายได้ (Markerless Motion Capture) ทุกความเคลื่อนไหวของผู้เล่น จะได้รับการประมวลผล เพื่อส่งเป็นคำสั่งสำหรับการโต้ตอบกับเกมส์บนเครื่องเล่นเอกซ์บ็อกซ์ 360 นอกจากกล้องคิเน็กซ์จะใช้เว็บแคมทำงานร่วมกับระบบตรวจจับด้วยอินฟราเรดรอบทิศแล้วยังมีไมโครโฟนที่สามารถรับอินพุตเสียงได้ 360 องศา และถึงแม้กล้องคิเน็กซ์จะไม่ได้เห็นผู้เล่นผ่านอินฟราเรด แต่กล้องคิเน็กซ์สามารถบันทึกและจำจดใบหน้าของผู้เล่นได้โดยอัตโนมัติ ซึ่งทำให้มอเตอร์ที่อยู่ในแท่นรองรับตัวกล้องและไมค์ทั้งชุดสามารถบิด หรือ หมุนเคลื่อนที่ติดตามใบหน้าของผู้เล่น เมื่อใช้กล้องคิเน็กซ์ในการตรวจจับการเคลื่อนไหวของร่างกายข้อมูลตำแหน่งต่างๆ ของร่างกายที่ได้ จะมีความถูกต้องเฉพาะส่วนที่กล้องตรวจจับได้หากมีบางส่วนของร่างกายถูกบดบังข้อมูลตำแหน่งของส่วนนั้นจะเป็นค่าโดยประมาณ มีความถูกต้องน้อยแต่สามารถแก้ไขได้โดยการเพิ่มมุมกล้องในการตรวจจับซึ่งเป็นการเพิ่มจำนวนกล้องเพื่อทดแทนข้อมูลตำแหน่งที่บางมุมกล้องตรวจจับไม่ได้ด้วยอีกมุมกล้องหนึ่ง ทำให้ทุกส่วนของร่างกายถูกตรวจจับได้ตลอดเวลา แต่การทำเช่นนี้ จะทำให้ได้ข้อมูลตำแหน่งต่างๆ ของร่างกายมากกว่าหนึ่งชุดในการตรวจจับคนหนึ่งคน จึงจำเป็นต้องนำข้อมูลตำแหน่งที่ได้มาประมวลผลรวมกัน เพื่อให้ได้ข้อมูลตำแหน่งต่างๆ ของร่างกายที่มีความถูกต้องสมบูรณ์ สามารถนำไปใช้ในการตรวจจับท่าทางและการเคลื่อนไหวของร่างกายต่อไป

กล้องแต่ละกล้อง ที่ใช้ในการตรวจจับการเคลื่อนไหวของร่างกายในมุมมองที่แตกต่างกันจะทำให้ข้อมูลตำแหน่งต่างๆ ของร่างกายที่ได้มีตำแหน่งอ้างอิงต่างกันในการรวมข้อมูลตำแหน่งให้เป็นข้อมูลชุดเดียวกันหากรู้ทิศทางที่ตรวจจับและตำแหน่งของกล้องแต่ละตัว การรวมข้อมูลตำแหน่งจะสามารถทำได้ง่ายโดยการหมุนข้อมูลตำแหน่งที่ได้ให้อยู่ในมุมกล้องทิศทางเดียวกัน (Rotation) แล้วทำการย้ายตำแหน่งข้อมูลให้อยู่ในตำแหน่งอ้างอิงเดียวกัน (Translation) จะทำให้ได้กลุ่มข้อมูลตำแหน่งที่ใกล้เคียงกันสามารถนำไปประมวลผลเพื่อใช้ข้อมูลตำแหน่งในการตรวจจับการเคลื่อนไหว



ภาพที่ 2-36 ลักษณะและส่วนประกอบของกล้องคิเน็กส์

ภายนอกของอุปกรณ์ กล้องคิเน็กส์ ประกอบด้วยเซนเซอร์ต่างๆ ได้แก่ กล้องวัดความลึกของภาพ (IR Depth Camera Sensor) อุปกรณ์ฉายแสงอินฟราเรด (IR Emitter) กล้องวีดีโอ (Color Camera Sensor) และ ไมโครโฟน การทำงานของเซนเซอร์ดังกล่าวจะประมวลผลสัญญาณและแปลงสัญญาณด้วยเทคโนโลยีชิปการประมวลผลภาพแบบซีมอส (CMOS Image Sensor) ที่ใช้ชิปไพร์เซ็นเซอร์ (Prime Sensor) Camine (PS 1200) ทำหน้าที่เป็นตัวถอดรหัสสัญญาณแสงอินฟราเรดที่ได้รับจากกล้องและเซนเซอร์ต่างๆ



ภาพที่ 2-37 ลักษณะและส่วนประกอบของกล้องคิเน็กส์

2.14.1 อุปกรณ์ของกล้องคิเน็กซ์ (Kinect Hardware)

2.14.1.1 อุปกรณ์ฉายแสงอินฟราเรด เรียกอีกชื่อว่า (Infrared Projector : IR) ทำหน้าที่ฉายแสงหรือคลื่นอินฟราเรดที่มีความเข้มข้นสูงไปยังวัตถุ (Object) ที่อยู่ทางด้านหน้าของกล้องคิเน็กซ์ โดยการฉายแสงอินฟราเรดที่ผู้ใช้งานไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า ทั้งที่แสงอินฟราเรดถูกฉายออกมา นั้นจะมีลักษณะเป็นจุดๆ ตามแนวตั้ง Vertical 480 จุด แนวนอน Horizontal 640 จุด แต่ละจุดห่างกัน 3 มิลลิเมตร

2.14.1.2 กล้องวัดความลึกของภาพ (Infrared Depth Camera Sensor) คือ เซ็นเซอร์ที่ทำหน้าที่วัดความลึกของภาพแบบโมนโครม Monochrome CMOS (Monochrome Complimentary Metal – Oxide Semiconductor) หรือกล้องขาวดำ ที่มีความละเอียดของภาพต่อ 320 x 240 พิกเซล ณ ความเร็ว 30 เฟรมต่อวินาที โดยรับสัญญาณภาพที่ได้จากแสงอินฟราเรดที่ตกกระทบวัตถุ ส่งไปยังหน่วยประมวลผลสัญญาณจากเซ็นเซอร์ เพื่อประมวลผลความลึกของสัญญาณภาพที่รับได้ตามแนวแกน Z (Z Axis) จึงสามารถจำลองสภาพแวดล้อมในสามมิติได้

2.14.1.3 ค่าแสงสว่างที่ได้จากการสะท้อน คือเมื่อค่าความสว่างที่รับได้มีค่ามาก แสดงว่าวัตถุนั้นอยู่ใกล้ ถ้าค่าความสว่างที่ได้มีค่าน้อย แสดงว่าวัตถุนั้นอยู่ไกล โดยแสงที่ค่าแสงสว่างที่ได้จะไม่นำมาพิจารณา โดยระดับความลึกของภาพที่ได้รับจากเซ็นเซอร์คิเน็กซ์สามารถแยกแยะระหว่างผู้เล่นกับสภาพแวดล้อม เช่น ฝาผนังห้อง หรือจำแนกท่ามือของผู้ใช้งานอยู่ด้านหน้าหรือหลัง

2.14.1.4 กล้องวิดีโอ (Color Camera Sensor) คือเซ็นเซอร์ที่ทำหน้าที่รับสัญญาณภาพสี (RGB Camera) แบบปกติ มีหลักการทำงานเหมือนกล้อง web cam โดยทั่วไปที่มีความละเอียด 640 x 480 พิกเซล ณ ที่ความเร็ว 30 เฟรมต่อวินาที ที่ใช้บันทึกใบหน้าของผู้ใช้งานได้

2.14.1.5 ไมโครโฟน (Microphone) ใช้สำหรับผู้ใช้งานสามารถควบคุมด้วยเสียงของผู้ใช้งานได้ นอกจากนี้สามารถแยกเสียงสัญญาณจากผู้ใช้งานออกจากเสียงสัญญาณรบกวนภายในห้องได้ ทั้งนี้ผู้ใช้งานต้องอยู่ห่างจากไมโครโฟนประมาณ 2-3 ฟุต โดยไมโครโฟนแบบอะเรย์ (Multi-Array Microphone) มีจำนวนทั้งหมด 4 ตัว

2.14.1.6 มอเตอร์ปรับความเอียงของกล้องคิเน็กซ์ (Tilt Sensor) ทำหน้าที่ปรับมุมกล้องซึ่งสามารถปรับความเอียงในทิศทางที่หน้าจอกล้องขึ้นและคว่ำหน้าจอกล้องลงประมาณ 27 องศา รวมเป็นองศาสูงสุดไม่เกิน 54 องศา การปรับแต่งการทำงานของเซ็นเซอร์ทั้ง 3 ตัวของกล้องคิเน็กซ์ ไม่ว่าจะเป็นการใช้งานกล้องคิเน็กซ์หนึ่งตัวหรือมากกว่า การปรับแต่ง (Adjustable) จะเชื่อมโยงการทำงานของเซ็นเซอร์ทั้ง 3 ตัว โดยทั่วไปการทำงานของกล้องคิเน็กซ์ มีความละเอียดจริงเท่ากับ 2.5 มิติ (2.5D) เท่านั้น แต่ผู้ใช้งานสามารถสร้างความละเอียดในรูปแบบ 3D แบบสมบูรณ์ (Full 3d mode) ด้วยการต่อใช้งานร่วมกันของกล้องคิเน็กซ์ 3 ตัว

2.14.2 หน้าทีการทำงานของ กล้องคิเน็กซ์ มีการหน้าที่การทำงานใหญ่ๆอยู่ 3 หน้าที ดังนั้นจะเชื่อมระหว่าง Hardware ดังนี้

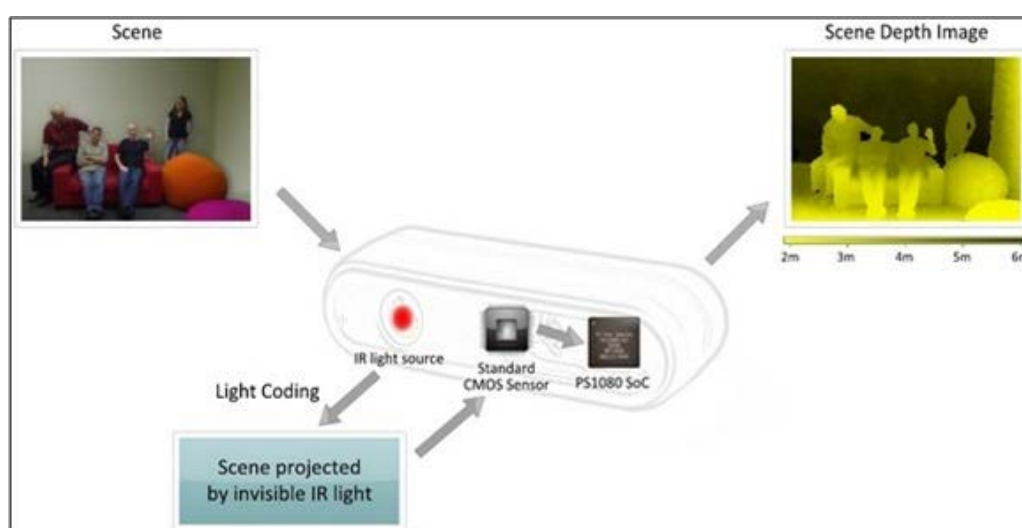
2.14.2.1 จดจำผู้เล่น : จดจำโดยใช้ ข้อมูลจากกล้อง CMOS RGB (ข้อมูล แดง เขียว น้ำเงิน) และประมวลผลโดยวิธี Facial Recognition

2.14.2.2 จดจำการเคลื่อนไหวร่างกายของผู้เล่นเป็นแบบ 3 มิติ : แบ่งเป็น 3 อย่าง

- จดจำวัตถุแบบ 3 มิติ : โดยใช้ตัวส่งแสง IR และกล้อง IR , ตัวส่งแสง IR จะส่งแสงไปกระทบกับวัตถุ ไม่ว่าจะเป็นคนหรือสิ่งของ และแสง IR จะสะท้อนจากวัตถุนั้นๆกลับไปที กล้องอินฟาเรด และกล้องคิเน็กซ์จะใช้ข้อมูลพวก เวลาในการสะท้อนกลับ และ ความยาวคลื่นแสง ในการประมวลผลวัตถุต่างๆเป็น 3 มิติ (ยกตัวอย่างเช่น ใช้เวลานานในการสะท้อนกลับแสดงว่าวัตถุ อยู่ไกล ของที่มีสีต่างกันจะดูดกลืนและสะท้อนแสงกลับไปในความยาวคลื่นที่ต่างกัน)

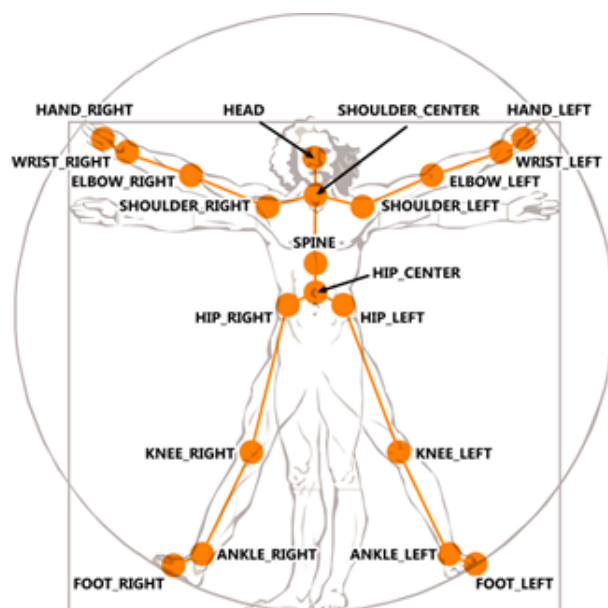
- จดจำการเคลื่อนไหวของคน โดยหลังจากแบ่งแยกประเภทของคนแล้ว จะใช้วิธีการเคลื่อนไหวตามลักษณะกระดูก (Skeletal Movements) เข้าไปวิเคราะห์คน ประเภทนั้นว่าส่วนไหนคือ หัว ตัว แขน ขา ข้อศอก โดยใช้สัดส่วน ลักษณะ หรือข้อจำกัดต่างๆ

2.14.2.3 จดจำเสียงผู้เล่นโดยใช้ไมโครโฟน 4 ตัว โดยไมโครโฟนนั้นจะเป็นแบบ Wide-Field, conic audio capture รับเสียงในพื้นที่กว้าง และให้ความสำคัญกับเสียงเป็นรูปกรวย (สนใจ เสียงไกลๆ เสียงใกล้ๆอย่างเสียงที่มาจากเอ็กบ็อกเอง กล้องคิเน็กซ์ จะไม่สนใจ) หลังจากนั้นจะใช้วิธี จดจำและแปลความหมาย (Voice Recognition) ของสิ่งที่ผู้เล่นแต่ละคนพูด โดยกล้องคิเน็กซ์ สามารถแยกแยะเสียงของแต่ละผู้เล่นได้



ภาพที่ 2-38 การประมวลผลภาพจากกล้องคิเน็กซ์

2.14.3 การรับรู้การเคลื่อนไหวของผู้ใช้งานกล้องคิเนติกส์ มีระบบการรับรู้การเคลื่อนไหวของผู้ใช้งานอยู่ภายในเซนเซอร์เอง ซึ่งเป็นการนำเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence : AI) เข้ามาช่วย โดยจะมีการส่งข้อมูลการเคลื่อนไหวของผู้ใช้งานในลักษณะต่างๆเข้าไป ไม่ว่าจะเป็นท่าทางการนั่ง ยืนการเอียงตัว การขยับลูกบอล การหยิบสิ่งของ หรือแม้แต่กระทั่งการกวัดมือ ข้อมูลการเคลื่อนไหวเหล่านี้จะถูกประมวลผลเพื่อเพียงการเคลื่อนไหวของโครงกระดูกซึ่ง กล้องคิเนติกส์ จะวิเคราะห์ลักษณะการเคลื่อนไหวของข้อต่อแต่ละข้อรวมทั้งสิ้น 20 ข้อต่อ เพื่อนำไปวิเคราะห์อีกครั้งว่าขณะนี้ผู้เล่นกำลังแสดงท่าทางอะไรอยู่ สิ่งทีระบบการตรวจจับการเคลื่อนไหวผู้เล่นของกล้องคิเนติกส์ จากระบบอื่น คือ กล้องคิเนติกส์สามารถที่จะแยกแยะผู้ใช้งานออกจากสภาพแวดล้อมที่เป็นฉากหลังได้ดีกว่า เนื่องจาก กล้องคิเนติกส์มองภาพที่รับมาเป็นสามมิติ ไม่ใช่ระบบสองมิติ ซึ่งจะต้องใช้อัลกอริทึมอีกจำนวนมากในการแยกผู้ใช้งานออกจากฉากหลัง หรือยากต่อการวิเคราะห์ว่าสิ่งใดบ้างที่เคลื่อนไหวในฉากนั้น โดยส่วนใหญ่จะแสดงออกมาในรูปข้อต่อของร่างกายที่ตัวรับสัญญาณสามารถวิเคราะห์ได้



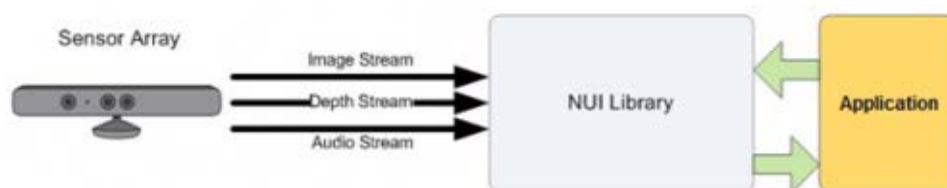
ภาพที่ 2-39 ข้อต่อของร่างกายมนุษย์ทั้ง 20 ข้อต่อ



ภาพที่ 2-40 ตัวอย่างการทำงานแบบโครงกระดูก

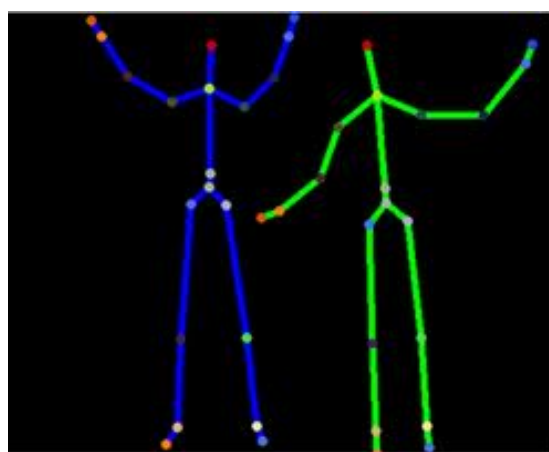
การพัฒนาซอฟต์แวร์เพื่อใช้งานกล้องคิเน็กซ์นั้น ควรทำความรู้จักพื้นฐานต่างๆของกล้องคิเน็กซ์ก่อน เริ่มที่ตัว SDK ที่ทาง Microsoft แจกให้นักพัฒนา (Developer) เอาไปใช้ นั้นจะประกอบไปด้วย ไลบรารี (Library) และเครื่องมือ (Tools) ต่างๆสำหรับการใช้งานอินเทอร์เฟซแบบ Kinect Based Natural Input เช่น Gestures Control หรือ Voice Control เป็นต้น ซึ่งตัว กล้องคิเน็กซ์นั้น จะทำงานเหมือน หน้าต่างผู้ใช้งาน (User Interface : UI) ที่เชื่อมต่อระหว่างผู้ใช้งานกับโปรแกรม ที่พบเห็นเป็นประจำได้แก่ คีย์บอร์ด และ เมาส์ ทั้งสองตัวนี้จัดว่าเป็นอินเทอร์เฟซชนิดสัมผัส (Touched UI) ส่วน กล้องคิเน็กซ์ นั้นจัดว่าเป็นอินเทอร์เฟซชนิดไม่ต้องสัมผัส (Touch less UI) หรือเป็นอินเทอร์เฟซประเภท Natural UI (NUI) คือ ใช้การเคลื่อนไหวของส่วนต่างๆของร่างกาย มนุษย์ ภาพที่ 2-32 นั้นแสดงไดอะแกรมการเชื่อมต่อระหว่าง กล้องคิเน็กซ์ กับ แอปพลิเคชัน จากภาพ ที่ 2-41 จะเห็นได้ว่า กล้องคิเน็กซ์นั้นก็คือ เซนเซอร์ที่มีลักษณะเป็นแบบอาร์เรย์ คือมีเซ็นเซอร์หลายๆ ตัวในตัวเดียว โดยกล้องคิเน็กซ์นั้นจะติดต่อกับแอปพลิเคชันผ่านทาง NUI Library ซึ่งข้อมูล ที่กล้องคิเน็กซ์ บ่อนให้แก่ NUI Library มีสามชนิดด้วยกันคือ

- Image Stream (เซ็นเซอร์ที่จับภาพคือกล้อง VGA และ Monochrome)
- Depth Stream (เซ็นเซอร์ที่ตรวจจับความตื้นลึกคือกล้องอินฟราเรด)
- Audio Stream (เซ็นเซอร์ที่รับสัญญาณเสียงคือไมโครโฟนแบบอาร์เรย์)



ภาพที่ 2-41 ไดอะแกรมการติดต่อระหว่าง กล้องคิเนกส์ กับแอปพลิเคชัน

ส่วนสำคัญของกล้องคิเนกส์ นั้นคือ NUI API ซึ่งเป็นส่วนเชื่อมต่อระหว่าง VGA Camera, Monochrome Camera, IR Camera, and 4 Microphones) กับคอมพิวเตอร์ นอกจากนี้หน้าที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งคือการนำข้อมูลต่างๆ เช่น รูปภาพ ความถี่ของรูป ไปใช้ต่อ โดยข้อมูลเหล่านี้เมื่อถูกประมวลผลแล้วสามารถนำไปใช้งานในรูปแบบการจับภาพโครงกระดูก (Skeletal Tracking) ดังภาพที่ 2-42 ได้

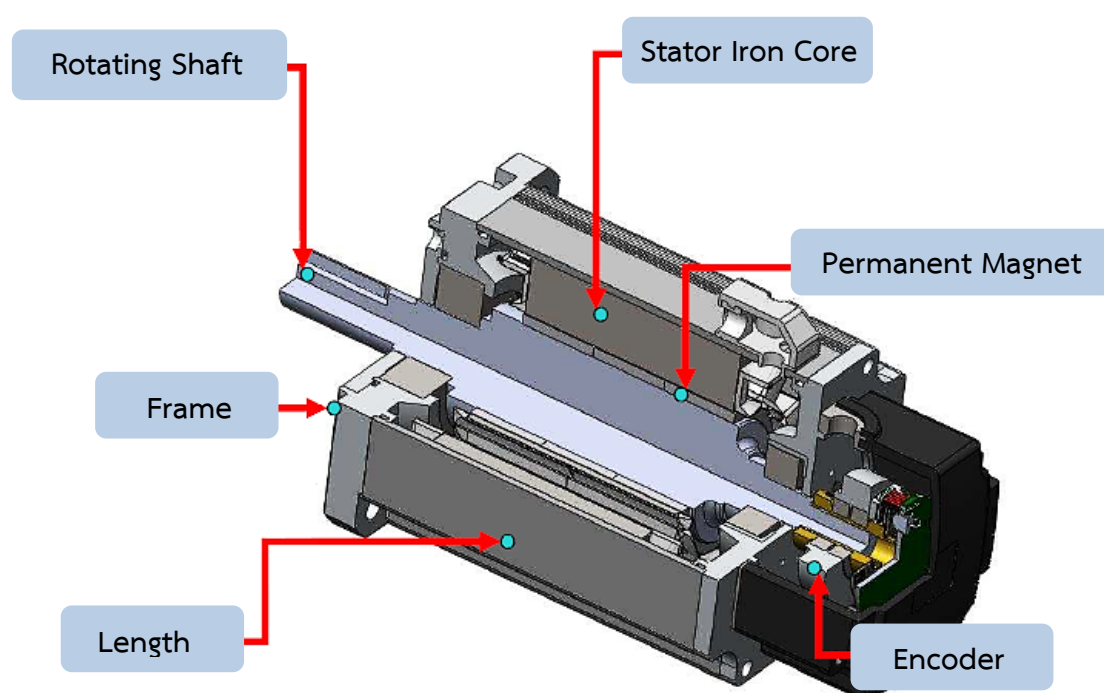


ภาพที่ 2-42 การจับภาพโครงกระดูก

ไดรเวอร์สำหรับกล้องคิเนกส์ที่มาพร้อม NUI API สามารถรองรับการทำงานของ กล้องคิเนกส์มากกว่า 1 เครื่อง ซึ่งจำนวนเครื่องกล้องคิเนกส์นั้นสามารถตั้งได้โดยใช้ฟังก์ชันที่มากับ NUI API นอกจากนี้ยังสามารถกำหนดชื่อให้กล้องคิเนกส์แต่ละตัว แต่ไดรเวอร์ที่มีนี้ไม่รองรับการทำงานมากกว่าหนึ่งแอปพลิเคชัน ในเวลาเดียวกัน

2.15 เอซีเซอร์โวมอเตอร์

เอซีเซอร์โวมอเตอร์ ซึ่งมีขนาดตั้งแต่ 30 วัตต์ ขึ้นไปจนถึงกว่า 370 กิโลวัตต์ โครงสร้างภายในจะแตกต่างจากมอเตอร์เหนี่ยวนำโดยที่โรเตอร์ (Rotor) จะเป็นแม่เหล็กถาวร (Permanent Magnet) การออกแบบลดแรงเฉื่อยให้มากที่สุดซึ่งจะเห็นจากรูปทรงเหลี่ยมและยาวซึ่งมีผล ทำให้การตอบสนองต่ออัตราเร่ง (Accelerate) ความเร็ว (Speed) และอัตราหน่วง (Decelerate) ทำได้ดีมากๆ เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับมอเตอร์เหนี่ยวนำ หรือ มอเตอร์ทั่วไป การออกแบบจะมีสัญญาณป้อนกลับทั้งความเร็วและตำแหน่งสุดท้ายของมอเตอร์



ภาพที่ 2-43 โครงสร้างภายในของเอซีเซอร์โวมอเตอร์

ชุดควบคุมเอซีเซอร์โวมอเตอร์ เป็นตัวขับเคลื่อนเอซีเซอร์โวมอเตอร์ใช้เอซีเซอร์โวมอเตอร์โดยต่อไฟฟ้าโดยตรงเหมือนกับมอเตอร์ธรรมดาไม่ได้ต้องต่อผ่านชุดวงจรขยาย ซึ่งจะเป็นตัวจ่ายไฟและรับสัญญาณป้อนกลับจากตัวเซ็นเซอร์ (Encoder feedback) ถ้ามีเฉพาะเอซีเซอร์โวมอเตอร์ และ ชุดควบคุมเอซีเซอร์โวมอเตอร์ สามารถควบคุมได้แค่ความเร็วและแรงบิด เท่านั้นคล้ายๆกับการใช้ อินเวอร์เตอร์ แต่แตกต่างกันที่จะควบคุมรอบได้เที่ยงตรงแม่นยำและมีแรงบิดคงที่ตลอดช่วงความเร็วของมอเตอร์

เอซีเซอร์โวมอเตอร์ซึ่งมีขนาดตั้งแต่ 30 วัตต์ ขึ้นไปจนถึงกว่า 370 กิโลวัตต์ โครงสร้างภายในจะแตกต่างจากมอเตอร์เหนี่ยวนำ โดยที่โรเตอร์จะเป็นแม่เหล็กถาวร การออกแบบลดแรงเฉื่อยให้มากที่สุด

ที่สุดซึ่งจะเห็นจากรูปทรงเหลี่ยมและยาวซึ่งมีผล ทำให้การตอบสนองต่ออัตราเร่ง ความเร็วและอัตรา
 หนึ่งทำได้ดีมาก เมื่อเทียบกับมอเตอร์เหนี่ยวนำหรือมอเตอร์ทั่วไปการออกแบบจะมีสัญญาณป้อนกลับ
 ทั้งความเร็วและตำแหน่งที่เอ็นโค้ดเดอร์ของมอเตอร์

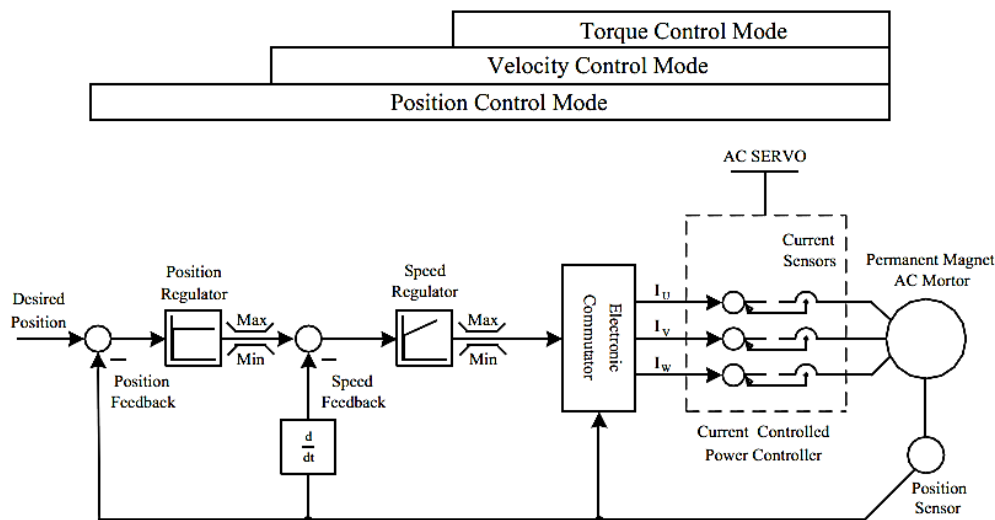
ตารางที่ 2-1 จำแนกระบบควบคุมแบบลูปปิด (Closed Loop Control)

ระบบควบคุมแบบลูปปิด		
ระบบไฟฟ้า	ระบบไดนามิกส์	ระบบกระบวนการ (recess)
การสร้างแรงดันไฟฟ้า ป้อนกลับ	ควบคุมความเร็ว (Speed Control)	ควบคุมอุณหภูมิ (Temp Control)
	ควบคุมแรงบิด (Torque Control)	ควบคุมแรงดัน (Pressure Control)
	ควบคุมตำแหน่ง (Position Control)	ควบคุมอัตราการไหล (Flow Control)
	ควบคุมอัตราเร่ง (Velocity Control)	ควบคุมความหนาแน่น (Density Control)

จากตารางสรุปได้ว่า ระบบเซอร์โวมอเตอร์ คือ การควบคุมเครื่องจักรกลให้ทำงานตอบสนอง
 ด้านไดนามิกส์เช่น ความเร็ว อัตราเร่ง แรงบิด และตำแหน่ง ให้ได้ดีที่สุดและใช้เวลาน้อย

2.15.1 โครงสร้างระบบควบคุมเซอร์โวมอเตอร์

ระบบควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ จะเป็นระบบควบคุมแบบลูปปิดประกอบด้วย 3 โหมด
 การควบคุม คือ โหมดการควบคุมแรงบิดซึ่งอยู่วงรอบหรือลูปในสุด โหมดการควบคุมอัตราเร่ง และ
 โหมดการควบคุมตำแหน่ง ซึ่งอยู่ลูปด้านนอกสุดโดยมีอุปกรณ์ที่สำคัญ



ภาพที่ 2-44 ระบบควบคุมเซอร์โวมอเตอร์

2.15.2 ประเภทของเซอร์โวมอเตอร์

เซอร์โวมอเตอร์จะมี 2 ชนิดคือดีซีเซอร์โวมอเตอร์ และ เอซีเซอร์โวมอเตอร์ โดยดีซีเซอร์โวมอเตอร์จะมีการควบคุมที่กระแสวิกขัย ดังนั้น จะต้องใช้อุปกรณ์ เอสซีอาร์แต่ปัจจุบันอุปกรณ์กำลังได้พัฒนาขึ้นมาให้มีขีดความสามารถในการควบคุมกระแสวิกขัยเพิ่มขึ้น และใช้ในงานได้ที่มีความถี่สูงได้มีประสิทธิภาพดังนั้นทำให้เอซีเซอร์โวมอเตอร์ถูกนำมาใช้งานมากขึ้น โดยเฉพาะเครื่องจักรรุ่นใหม่จะมีระบบควบคุมที่ใช้เอซีเซอร์โวมอเตอร์

2.15.3 เซอร์โวมอเตอร์ชนิดที่มีแปรงถ่าน (Brush Type = Mit Bürsten)

เซอร์โวมอเตอร์ชนิดนี้ที่สเตเตอร์จะเป็นแม่เหล็กถาวร ส่วนโรเตอร์ยังใช้แปรงถ่านและคอมมิวเตเตอร์เรียงกระแสเข้าสู่ขดลวดอาร์เมเจอร์เหมือนกับดีซีมอเตอร์ทั่วไป

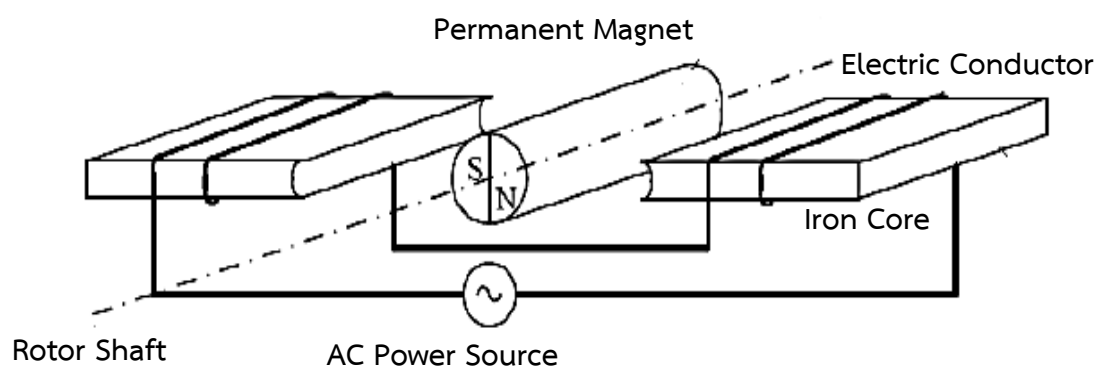
2.15.4 เซอร์โวมอเตอร์ชนิดที่ไม่มีแปรงถ่าน (Brush Type)

เซอร์โวมอเตอร์ในกลุ่มนี้ประกอบด้วยดีซีเซอร์โว (DC Brushless Servo) โรเตอร์ทำด้วยแม่เหล็กถาวร เอซีเซอร์โวมอเตอร์ ซึ่งมีทั้งแบบซิงโครนัสเซอร์โวมอเตอร์และอะซิงโครนัสเซอร์โวมอเตอร์การนำอินดักชั่นมอเตอร์มาใช้ทำเป็นระบบขับเคลื่อนเซอร์โวมอเตอร์

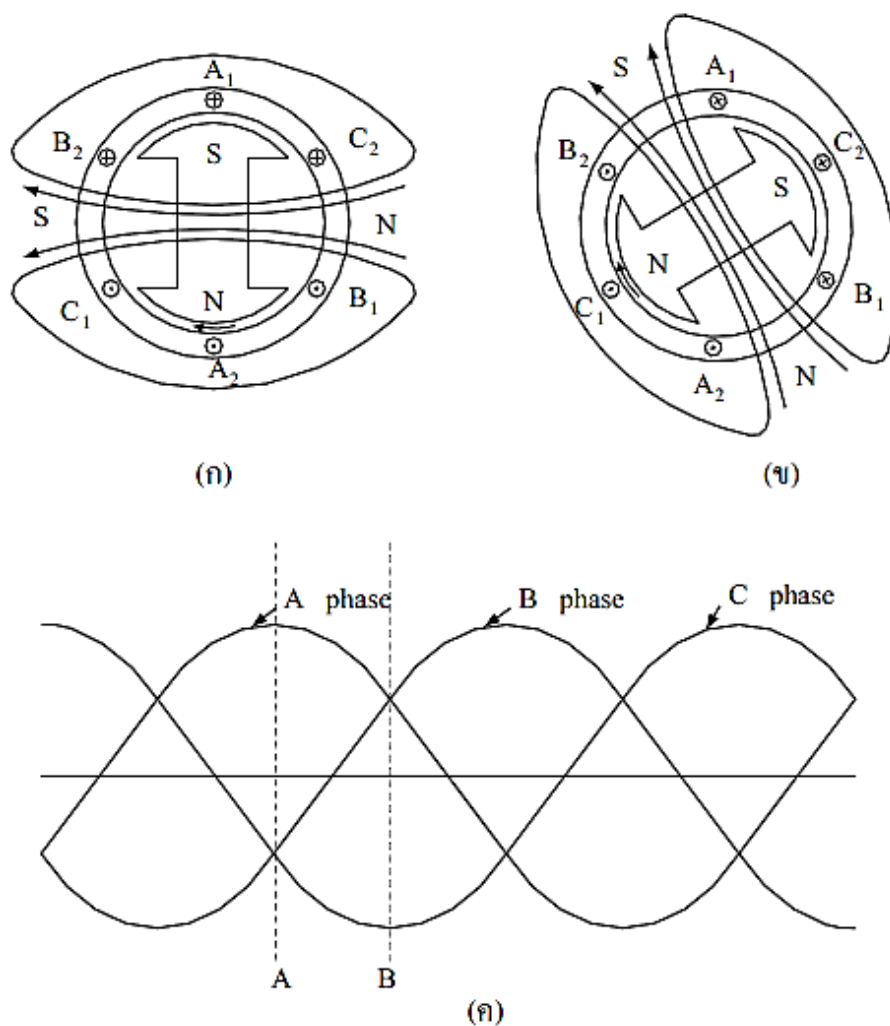
2.15.5 โครงสร้างของเซอร์โวมอเตอร์

ระบบควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ โดยทั่วไปต้องใช้งานในระบบลูปปิด (Close Loop) เท่านั้นไม่สามารถเลือกให้เป็น ลูปเปิด (Open Loop) เหมือนกับระบบเอซีไดรฟ์เซอร์โวมอเตอร์ (AC Drive Servo Motor) ไม่สามารถควบคุมการทำงานได้ หากไม่มีสัญญาณจากเอ็นโค้ดเดอร์ป้อนกลับไปยังชุดขับเคลื่อนเอซีเซอร์โวมอเตอร์ระบบจำเป็นต้องใช้เอ็นโค้ดเดอร์ส่วนเกี่ยวข้องใน

ระบบควบคุมเหมือนกับเป็นของคู่กันระหว่างเอซีเซอร์โวมอเตอร์และเอ็นโค้ดเดอร์ ทำให้บริษัทผู้ผลิต ออกแบบโครงสร้าง เอซีเซอร์โวมอเตอร์ และ เอ็นโค้ดเดอร์รวมด้วยกันจึงทำให้มีลักษณะโครงสร้างที่ใช้ งานได้ง่ายโดยรวมของเอซีเซอร์โวมอเตอร์ พบเห็นในเชิงพาณิชย์จะมีลักษณะรูปแบบเป็นแพคเกจ ประกอบด้วยเอซีเซอร์โวมอเตอร์ และ เอ็นโค้ดเดอร์ติดอยู่ที่ส่วนท้ายเอซีเซอร์โวมอเตอร์ และ เอซีมอเตอร์จะมีโครงสร้างเอซีเซอร์โวมอเตอร์ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ สเตเตอร์และโรเตอร์ ซึ่งคล้ายกับมอเตอร์ 3 เฟสทั่วไป โดยสเตเตอร์จะประกอบด้วยขดลวด 3 ชุดที่สมดุลกันขดลวด ภายในจะต่อเป็นแบบสตาร์หรือเดลต้าและมีสายต่อมาที่ขั้วต่อสายด้านนอก 3 เส้น ส่วนโรเตอร์ ทำด้วยแม่เหล็กถาวร ไม่มีขดลวดพัน ไม่มีคอมมิวเตเตอร์และไม่มีแปรงถ่าน



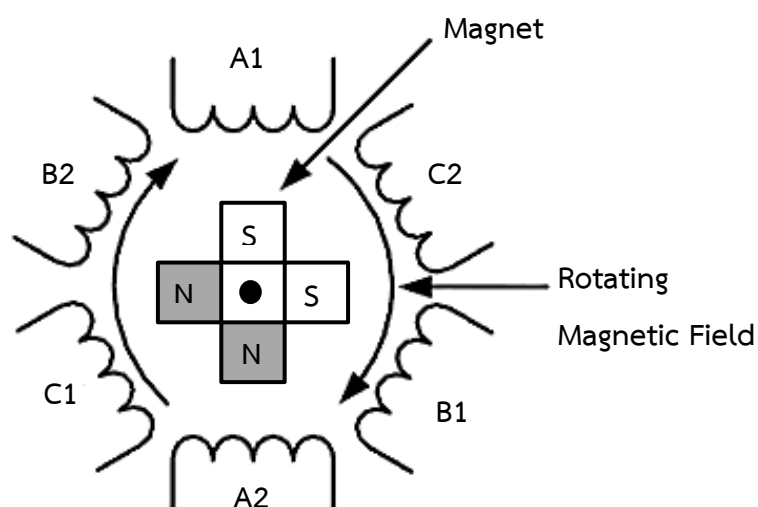
ภาพที่ 2-45 ภาพส่วนประกอบของ เอซีเซอร์โวมอเตอร์



ภาพที่ 2-46 การจ่ายไฟและทิศทางการเกิดสนามแม่เหล็ก

2.15.6 นิยามของความเร็วและตำแหน่งการวัดตำแหน่งและความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้า

โดยทั่วไปกำหนดในรูปแบบของทางกลและไฟฟ้าตำแหน่งในทางกลมีความสัมพันธ์กับการหมุนของโรเตอร์ซึ่งมีค่า 360 องศา ทางกลตำแหน่งทางไฟฟ้าของโรเตอร์ มีความสัมพันธ์กับการหมุนของสนามแม่เหล็กจากใน ภาพที่ 2-36 โรเตอร์ต้องเคลื่อนที่ไป 180 องศาทางกลจึงจะได้รูปร่างแม่เหล็กเหมือนกันเมื่อครั้งที่โรเตอร์เริ่มหมุนและตำแหน่งไฟฟ้าของโรเตอร์ มีความสัมพันธ์กับจำนวนคู่ของโพลแม่เหล็กบนโรเตอร์



ภาพที่ 2-47 โครงสร้างเอซิงโครไวมอเตอร์ที่มี 4 โพลหรือโพลมี 2 คู่

2.15.7 ข้อแตกต่างระหว่างเซอร์โวมอเตอร์กับมอเตอร์ชนิดอื่นๆ

เซอร์โวมอเตอร์ได้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อประยุกต์ใช้กับงานที่มีการควบคุมตำแหน่งเป็นหลัก ซึ่งต้องการคุณสมบัติการตอบสนองด้านไดนามิกส์สูง (High Dynamics Response) ต้องการความละเอียดและความแม่นยำสูงในการควบคุมสูงในทางปฏิบัติให้ได้ ซึ่งคุณสมบัติดังกล่าวจึงได้พยายามออกแบบให้โรเตอร์มีเส้นผ่านศูนย์กลางและรัศมีเล็กๆ รวมถึงการทำให้โรเตอร์เป็นแม่เหล็กถาวร เพื่อเป็นการลดแรงเฉื่อยของโรเตอร์ (Rotor Moment of Inertia) และ ชดเชยแรงบิดหรือทอร์กที่หายไปเนื่องจากโรเตอร์มีขนาดเล็กลงด้วยการเพิ่มความยาวของโรเตอร์ ดังนั้นรูปร่างโครงสร้างทางกายภาพของเซอร์โวมอเตอร์ ที่พบเห็นทั่วไปจึงมีลักษณะบาง และ มีความยาวมากกว่ามอเตอร์ที่ใช้งานทั่วไป นอกจากนั้นยังมีแรงบิดสูงกว่ามอเตอร์

2.16 การ์ด ดีเอคิว (Data Acquisition : DAQ)

การ์ดอินเตอร์เฟซ (Card Interface) เป็นแบบปลั๊กอิน (Plug-In) เสียบเข้าไปในช่องการขนถ่ายข้อมูลจากอุปกรณ์หนึ่งไปยังอุปกรณ์หนึ่งของระบบคอมพิวเตอร์ (Computer Bus) ภายในเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะทำให้ได้ความเร็วในการส่งถ่ายข้อมูลสูงขึ้น โดยการ์ดนี้ทำหน้าที่เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์กับสัญญาณวัดที่ส่งมาจาก Signal Conditioning Module แต่ละการ์ดที่ติดตั้งในคอมพิวเตอร์ จะมีที่อยู่ (Addressed) ของตัวมันเองโดยระบุที่อยู่ในตำแหน่ง Input / Output Memory Map

การ์ดดีเอคิวทำหน้าที่ประมวลผลและแปลความหมายหรือเปลี่ยนสัญญาณในลักษณะอนาล็อก (Analog) ให้มาอยู่ในรูปของสัญญาณดิจิทัล (Digital Signal) เพื่อประโยชน์ในการตีความหมายและใช้ในการควบคุมหน้าที่ของบอร์ดการ์ดดีเอคิว (Data Acquisition Board) ซึ่งอาจจะเป็นการอ่านสัญญาณอนาล็อก (A/D Conversion) การสร้างสัญญาณอนาล็อก (D/A Conversion) เขียนและอ่านสัญญาณเพื่อเชื่อมต่อกับตัวแปลงสัญญาณโดยข้อกำหนด (Specification) ของการ์ดอินเตอร์เฟซ จะถูกระบุไว้อยู่บนการ์ดดีเอคิว ข้อกำหนดเบื้องต้นของฮาร์ดแวร์การ์ดดีเอคิวที่สำคัญๆมีดังนี้

2.16.1 จำนวนช่องสัญญาณอินพุต

อนาล็อกอินพุต (Analog Input) ของการ์ดดีเอคิว มักจะได้รับการระบุไว้ทั้ง 2 กรณี ดังนี้

- Single-Ended โดยอินพุตของการ์ดดีเอคิวที่เป็น Single-Ended นั้นจะอ้างอิงกับกราวด์จุดเดียวกันทั้งหมดและอินพุตแบบนี้จะใช้ในกรณีสัญญาณอินพุตมีระดับสูงมากกว่า 1 โวลต์ และใช้สายวัดสั้นๆไม่เกิน 15 ฟุต
- Differential Input แต่ละอินพุตจะมีกราวด์ของตัวเอง ซึ่งถือเป็นข้อดีเพราะเป็นการลดสัญญาณรบกวน Common-Mode ได้

2.16.2 อัตราการสุ่มวัด (Sampling Rate)

เป็นพารามิเตอร์ที่จะกำหนดว่าการ์ดดีเอคิว จะสามารถวัดสัญญาณอินพุตได้ละเอียดมากเท่าใด โดยปกติการ์ดดีเอคิว แบบปลั๊กอินจะมีอัตราการสุ่ม 30,000 ถึง 250,000 ครั้งต่อวินาที เนื่องจากการสุ่มวัดด้วยความถี่สูงๆ จะทำให้สามารถติดตามการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณอินพุตได้ในทันทีทันใด (ทฤษฎีของ Nyquist จะต้องทำการสุ่มอ่านค่าความถี่เสียงด้วยความถี่อย่างน้อย 1.5 เท่าของความถี่สัญญาณอินพุต) ในทางกลับกันหากยังคงใช้อัตราการสุ่มวัดที่ไม่เหมาะสมแล้ว การตีความสัญญาณอินพุตก็จะผิดเพี้ยนไป โดยปกติแล้วการ์ดดีเอคิวจะต้องทำการวัดสัญญาณอินพุตหลายช่องสัญญาณพร้อมกัน การ์ดดีเอคิวจึงจำเป็นต้องมีวงจรมัลติเพล็กซ์ เพื่อเลือกสัญญาณเข้ามาวิเคราะห์ที่ละช่องสัญญาณ

2.16.3 ระดับการแยกแยะสัญญาณ

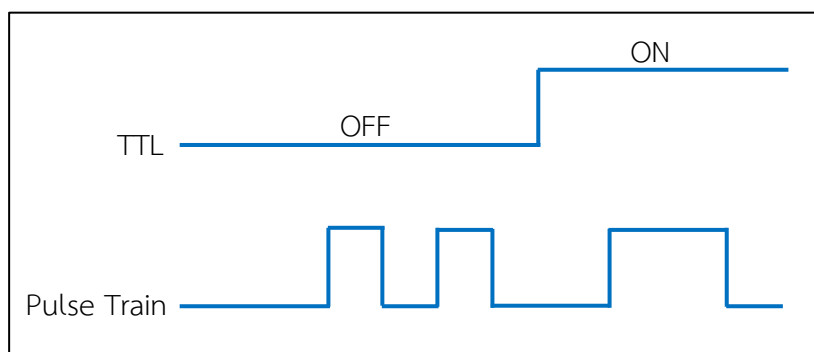
เกิดจากการแปลงสัญญาณจากสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัลของการวัดใดตัว ซึ่งจะใช้จำนวนบิตในการแทนค่าของสัญญาณอนาล็อกในแต่ละช่วงเวลา เช่น การแทนด้วยรหัสเพียง 3 บิต นั้นให้ค่าความแยกแยะเพียง 8 ระดับ หากต้องการเพิ่มค่าความแยกแยะเพื่อป้องกันข้อมูลของสัญญาณที่วัดได้ขาดหายไป ก็จะต้องเพิ่มการแทนบิตสูงขึ้น เช่น การแทนบิตด้วยรหัส 8 บิต จะสามารถแทนระดับสัญญาณอินพุตได้สูงถึง 255 ระดับ ซึ่งจะเป็นการเพิ่มความแม่นยำให้กับการวัดอย่างมากเลยทีเดียว

2.16.4 การแบ่งประเภทสัญญาณ

สามารถแยกประเภทของสัญญาณได้ตามลักษณะของมันได้เป็น 2 แบบใหญ่ คือ แบบสัญญาณดิจิทัล และแบบสัญญาณอนาล็อก (Analog Signal) สำหรับปริมาณที่เกิดขึ้นตามปรากฏการณ์ธรรมชาติต่างๆ จะเป็นสัญญาณประเภทอนาล็อกแทบทั้งสิ้น ส่วนสัญญาณดิจิทัลนั้นโดยมากแล้วจะเป็นสัญญาณที่มนุษย์สร้างขึ้น และมักใช้ประโยชน์ในงานควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ โดยปกติแล้วเมื่อสัญญาณผ่านออกจากตัวแปลงสัญญาณ (Signal Conditioner) จะมีลักษณะเป็นสัญญาณไฟฟ้าแต่ยังคงเป็นสัญญาณอนาล็อกอยู่ การที่จะนำปริมาณนั้นเข้าสู่คอมพิวเตอร์เพื่อประมวลผลจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า A/D (Analog to Digital Converter: ADC) เมื่อสัญญาณเข้าสู่ A/D จะได้รับการเปลี่ยนลักษณะให้เป็นสัญญาณดิจิทัล จากนั้นจึงสามารถให้คอมพิวเตอร์จะสามารถดึงข้อมูลของสัญญาณนั้นออกมาได้ ข้อมูลที่สำคัญที่บรรจุอยู่ในสัญญาณนั้น เช่น รูปร่าง ปริมาณ ความถี่ เป็นต้น ถ้าแบ่งประเภทของสัญญาณแล้ว สัญญาณทุกแบบเป็นอนาล็อกแทบทั้งสิ้น และมักเปลี่ยนแปลงไปตามเวลา อย่างไรก็ตามในการพิจารณาเรื่องการวัดสัญญาณจะแบ่งสัญญาณออกย่อยจาก ดิจิตอล และ อนาล็อก ออกเป็นทั้งหมด 5 ประเภทคือ

2.16.4.1 สัญญาณดิจิทัล แบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ

- ON-OFF Signal หรือ TTL (Transistor to Transistor Logic)
- Pulse Train Signal



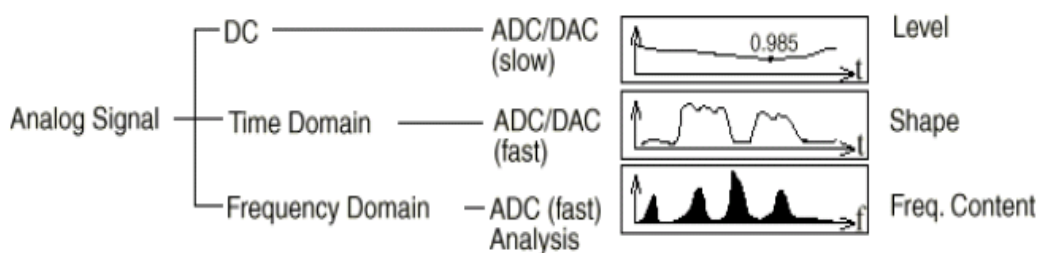
ภาพที่ 2-48 สัญญาณดิจิทัล 2 ชนิด

สำหรับ ON-OFF Signal มักจะเป็นสัญญาณที่มีข้อมูลที่เป็นสถานะ (State) ว่าขณะนี้สัญญาณเกิดขึ้น (ON) หรือไม่มีสัญญาณ (OFF) อุปกรณ์ที่ใช้วัดจึงเป็นอุปกรณ์ประเภท digital State Detector เช่น หลอดไฟ หรือ ไดโอดเปล่งแสง ก็สามารถบอกสถานะขณะนั้นได้ ส่วน Pulse Train Signal จะเป็นสัญญาณที่ประกอบด้วยการเปลี่ยนแปลงสถานะออกอย่างต่อเนื่อง ข้อมูลที่สำคัญที่สัญญาณนี้มีคือ จำนวนการเปลี่ยนแปลงสถานะหรือระยะเวลาระหว่างการเปลี่ยนแปลงสถานะสำหรับตัวอย่างของสัญญาณในลักษณะนี้ก็ เช่น การสะท้อนของแสงจากแผ่นโลหะที่ติดอยู่บนเพลลา เพื่อใช้ในการวัดความเร็วรอบ หรือสำหรับในงานด้านการควบคุมสัญญาณในลักษณะนี้จะใช้ในการควบคุมสเตปป์มอเตอร์ (Stepping Motor)

2.16.4.2 สัญญาณอนาล็อก สามารถแบ่งแยกย่อยออกเป็น 3 ชนิดคือ

- สัญญาณไฟตรง (DC Signal) สัญญาณที่เปลี่ยนแปลงอย่างช้าๆ
- สัญญาณไฟสลับ (AC Signal) สัญญาณที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วเทียบกับเวลา (Time Domain)

- Frequency Domain Signal สัญญาณที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วแต่เป็นการพิจารณาว่าสัญญาณนั้น มีความถี่ใดบ้างที่บรรจุอยู่



ภาพที่ 2-49 สัญญาณอนาล็อกทั้ง 3 ชนิด

2.16.4.3 สัญญาณไฟตรง สัญญาณนี้จะเปลี่ยนแปลงไปอย่างช้าๆ เทียบต่อเวลา

คุณลักษณะที่สำคัญของสัญญาณไฟตรง ก็คือปริมาณหรือขนาดของสัญญาณที่ได้ขณะนั้น เนื่องจากสัญญาณไฟตรง เปลี่ยนแปลงไปอย่างช้าๆ ความแม่นยำในการวัดจึงสำคัญมากกว่าอัตราการเก็บข้อมูล ลักษณะของสัญญาณไฟตรง นี้มักได้จากอุปกรณ์การวัดทางกลชิ้นพื้นฐาน เช่น อุณหภูมิ ความดัน อัตราการไหลในท่อปกติ เป็นต้น ลักษณะของระบบ ดีเอคิว ควรจะมีลักษณะดังต่อไปนี้

- Accuracy/Resolution คือมีความแม่นยำและละเอียด
- Low Bandwidth คือมีอัตราการเก็บข้อมูลที่ต่ำ

2.16.4.4 สัญญาณไฟสลับ ลักษณะของสัญญาณไฟสลับ ที่สำคัญก็คือจะส่งผ่าน

ขนาดของสัญญาณและการเปลี่ยนแปลงขนาดของสัญญาณเทียบกับเวลา ในการวัดปริมาณและแสดงผลของสัญญาณในลักษณะนี้มักเรียกสัญญาณนี้ว่าอยู่ในรูปของ รูปคลื่น (Waveform) ในการวัดสัญญาณไฟสลับ ใน Time Domain จำเป็นจะต้องวัดข้อมูลต่อเนื่องกันเพื่อจะหาขนาดของสัญญาณในแต่ละเวลา การวัดจะต้องกระทำบ่อยครั้งเพื่อให้เพียงพอต่อการนำข้อมูลนี้ไปแปลความหมายได้อย่างถูกต้องแต่ต้องไม่มากจนเกินไปเพราะไม่มีทรัพยากรในคอมพิวเตอร์เพียงพอที่จะบรรจุข้อมูลเหล่านี้ตลอดเวลา ลักษณะของการวัดดีเอคิว ที่เหมาะสมกับงานประเภทนี้ควรเป็นดังนี้

- High Bandwidth เพื่อสามารถสุ่มเก็บตัวอย่างข้อมูลได้ในอัตราที่สูง
- Accurate Sample Clock เพื่อสามารถสุ่มเก็บตัวอย่างได้ในเวลาที่แม่นยำ
- Triggering เพื่อที่จะได้เริ่มเก็บข้อมูลในเวลาที่เหมาะสม

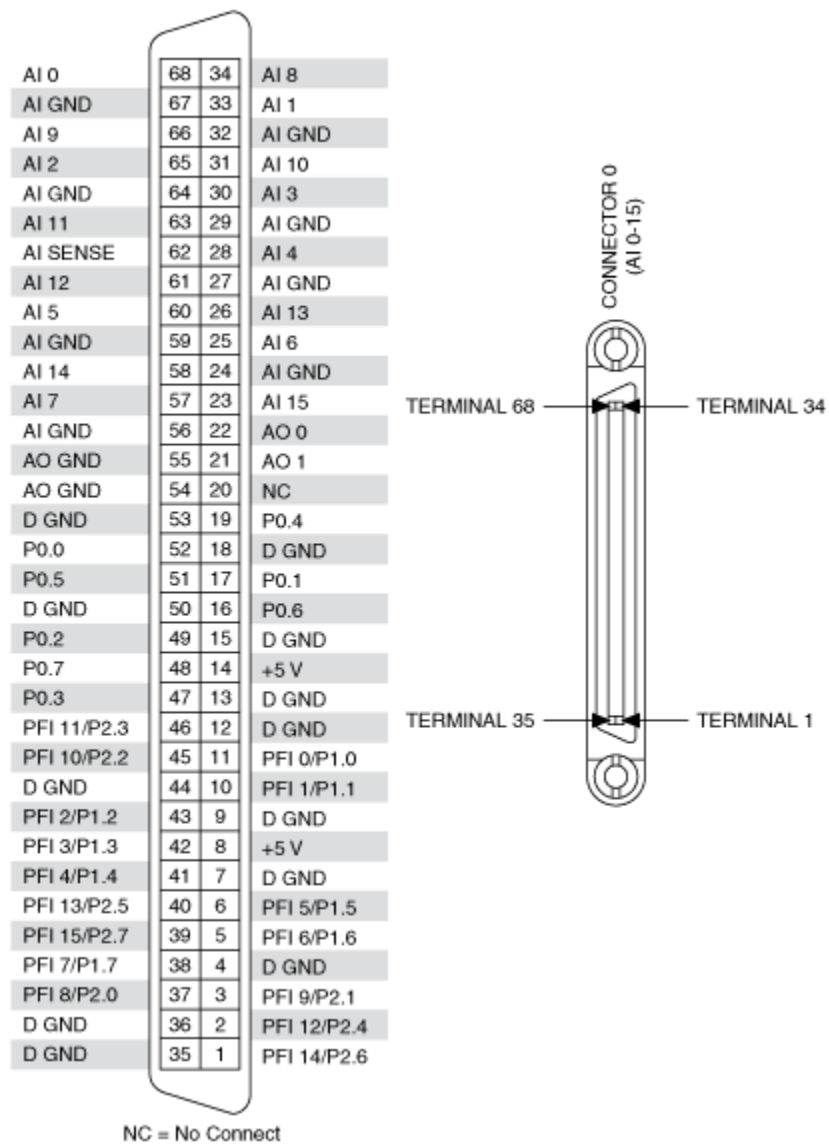
2.16.4.5 Frequency Domain Signals

ในความจริงแล้วสัญญาณอนาล็อกทุกรูปแบบจะอยู่ใน Time Domain ทั้งสิ้นเพียงแต่ว่าข้อมูลที่สำคัญที่อยู่ในข้อมูลนั้นคืออะไร สำหรับสัญญาณประเภทนี้นั้นมีความแตกต่างจากสัญญาณไฟสลับ ตรงที่ต้องการทราบว่าในสัญญาณที่วัดโดยรวมนั้นมีสัญญาณที่มีความถี่เท่าใดบ้างบรรจุอยู่ด้วย และแต่ละความถี่มีปริมาณเท่าใด แต่ในสัญญาณไฟสลับ ปกติทั่วไปจะให้ความสำคัญกับรูปทรงของสัญญาณมากกว่าความถี่ที่บรรจุอยู่ ดังนั้นอุปกรณ์ที่ใช้วัดสัญญาณประเภทนี้จึงคล้ายกับสัญญาณไฟสลับ แต่ต้องเพิ่มฟังก์ชันที่เข้าไปมีส่วนร่วมในการเปลี่ยนสัญญาณที่วัดออกมาจาก Time Domain ให้อยู่ใน Frequency Domain ซึ่งจะใช้วิธีการของการแปลงฟูเรียร์ (Fourier Transform) ส่วนประกอบที่สำคัญของระบบดีเคคิว มีดังนี้

- High Bandwidths สุ่มตัวอย่างด้วยอัตราสูง
- Accurate Sample Clock สามารถสุ่มตัวอย่างเป็นช่วงๆด้วยความแม่นยำ
- Triggering เริ่มสุ่มตัวอย่างด้วยเวลาที่แม่นยำ
- Analysis Function เปลี่ยนข้อมูลใน Time Domain ให้อยู่ใน Frequency Domain



ภาพที่ 2-50 CARD DAQ รุ่น PCI-6221 (68 pin)



ภาพที่ 2-51 ขาต่อใช้งานของ CARD DAQ รุ่น PCI-6221 (68 pin)

2.16.4.6 การเชื่อมต่อด้วยพีซีไอ (Peripheral Component Interconnect : PCI)

พีซีไอคือกระบวนการอ่านค่าสัญญาณ ทางไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ แล้วนำมาเก็บไว้บนคอมพิวเตอร์เพื่อการวัด การวิเคราะห์ จัดเก็บ หรือแสดงผลด้วยซอฟต์แวร์ สัญญาณทางไฟฟ้ามีสองประเภทคือ สัญญาณอนาล็อก และสัญญาณดิจิทัล

- สัญญาณแบบอนาล็อก จะคงอยู่ในรูปแบบของแรงดันไฟฟ้า (Voltage) หรือกระแสไฟฟ้า (Current) แบบต่อเนื่อง ถ้าสัญญาณนั้นมีการเปลี่ยนแปลงระดับไปมาอย่างรวดเร็ว จะเรียกว่า สัญญาณแบบไฟสลับ (Alternating Current: AC) และสัญญาณที่มีระดับคงที่หรือเปลี่ยนแปลงช้าลงจะเรียกว่า สัญญาณแบบไฟตรง (Direct Current: DC)

- สัญญาณแบบดิจิทัล คือสัญญาณแรงดันไฟฟ้าที่มีค่าอยู่สองระดับ คือ ระดับต่ำ 0 โวลต์ กับระดับสูงโดยสัญญาณดิจิทัลแบบลอจิก TTL/CMOS จะใช้แรงดันระดับสูงเป็นแบบ 5 โวลต์ และมีลอจิกแบบอื่นๆ ที่ใช้ในอุตสาหกรรมอีก เช่น 12 โวลต์, 24 โวลต์ และ 60 โวลต์ เป็นต้น

2.16.4.7 หน้าที่ของพีซีไอ อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์พีซีไอ แบบพื้นฐานจะสามารถทำงานได้หลายหน้าที่พร้อมกันโดยมีหน้าที่หลักสี่อย่าง คือ

- อนาล็อกอินพุต (Analog Input) สำหรับสัญญาณอนาล็อก ซึ่ง พีซีไอ จะรับได้หลายช่องสัญญาณพร้อมกัน ตั้งแต่ไม่กี่ช่องจนถึงหลายร้อยช่อง ซึ่งใช้ในการวัดค่าสัญญาณแรงดันจากเซนเซอร์ต่างๆ เป็นต้น ปกติจะวัดได้ตั้งแต่ -10 โวลต์ จนถึง +10 โวลต์ แต่ก็มีรุ่นพิเศษที่สามารถวัดได้มากกว่านั้น

- อนาล็อกเอาต์พุต (Analog Output) สำหรับสร้างสัญญาณอนาล็อก ทั้งแบบกระแสตรง (DC) และกระแสสลับ (AC) ที่เป็นรูปคลื่น (Waveform)

- ดิจิตอลไอโอ (Digital I/O) ใช้ทำหน้าที่ในการรับหรือสร้างสัญญาณดิจิทัล หรือทำงานร่วมกับอุปกรณ์ภายนอกอย่างเช่น สวิตช์ หรือ รีเลย์ เป็นต้น

- เคาน์เตอร์ ไอโอ (Counter I/O) ทำหน้าที่สำหรับใช้วัดสัญญาณจาก เอนโค้ดเดอร์ หรือสร้างสัญญาณพัลส์ (Pulse)

2.17 เอ็นโค้ดเดอร์ (Encoder)

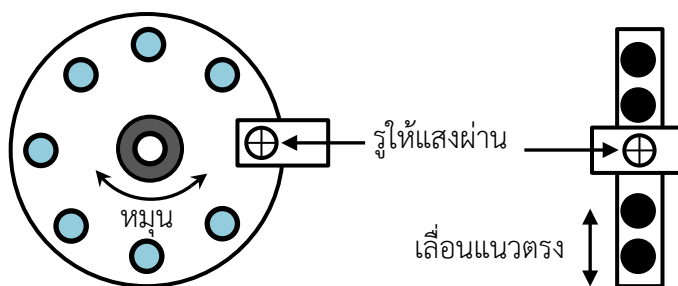
ในกรณีที่ต้องการวัดระยะทางยาวๆ มักนิยมใช้ตัวตรวจจับ (Sensor) ตำแหน่งแบบดิจิทัล โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าเป็นระบบการวิเคราะห์แบบดิจิทัล เนื่องจากตัวตรวจจับชนิดนี้จะไม่ถูกจำกัดช่วงของการวัดด้วยกลไก แต่ความสามารถในการวัดจะขึ้นอยู่กับซอฟต์แวร์ที่ใช้เป็นหลัก

ตัวตรวจจับตำแหน่งแบบดิจิทัลใน ที่นี้จะกล่าวถึง เอ็นโค้ดเดอร์ตรวจรู้ตำแหน่ง (Position Encoder) ซึ่งสามารถแบ่งตามโครงสร้างการเคลื่อนที่ออกได้เป็นสองแบบด้วยกันคือ เอ็นโค้ดเดอร์ตำแหน่งแบบหมุน (Rotation Position Encoder) และเอ็นโค้ดเดอร์ตำแหน่งแบบเคลื่อนที่แนวเส้นตรง (Linear Position Encoder)

ถ้าจำแนกตัวตรวจรู้แบบเอ็นโค้ดเดอร์ออกตามลักษณะของสัญญาณเอาต์พุต จะได้เป็น 2 แบบหลัก ๆ คือ แบบเอ็นโค้ดเดอร์แบบเพิ่มค่า (Incremental Encoder) และแบบเอ็นโค้ดเดอร์แบบสมบูรณ์ (Absolute Encoder)

2.17.1 เอ็นโค้ดเดอร์แบบเพิ่มค่า (Incremental Encoder)

เอ็นโค้ดเดอร์แบบเพิ่มค่า ประกอบด้วยแผ่นกลมหรือแผ่นบรรทัดแนวตรง ที่เคลื่อนที่ตามกลไกที่ต้องการวัดระยะทาง ในกรณีของออปติคอลเอ็นโค้ดเดอร์ (Optical Encoder) จะมีการเจาะรูเพื่อให้แสงผ่านไปเป็นระยะๆ เพื่อบอกตำแหน่งของแผ่นหมุน โดยจะให้สัญญาณเอาต์พุตเป็นสัญญาณพัลส์ออกมาทุกครั้งที่มีการหมุนแกนเอ็นโค้ดเดอร์ ทำให้สามารถทราบมุมที่หมุนหรือระยะทางเคลื่อนที่ไปได้ โดยเอาต์พุตปกติจะมีแค่เพียงบิตเดียวหรือสองบิตเพื่อให้บอกทิศทางได้

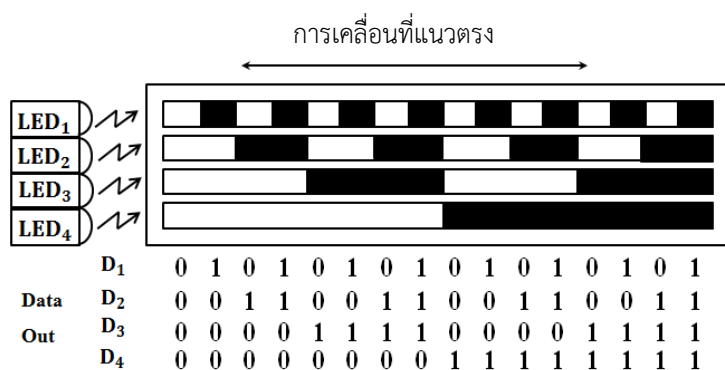


ภาพที่ 2-52 เอ็นโค้ดเดอร์แบบเพิ่มค่าด้านซ้ายแบบหมุน ด้านขวาแบบเคลื่อนที่เชิงเส้น

เอ็นโค้ดเดอร์แบบนี้มีข้อเสียตรงที่ข้อมูลของการเคลื่อนที่จะหายไปหมดเมื่อ แหล่งจ่ายไฟฟ้าดับหรือมีการแยกสายสัญญาณออกแม้เพียงชั่วขณะเดียวหรือเมื่อมีการรบกวนของสัญญาณเกิดขึ้น ทำให้ต้องมีการเปรียบเทียบกับจุดอ้างอิงอยู่ตลอดเวลาเพื่อความถูกต้อง นอกจากนี้ข้อมูลที่จะนำไปใช้ยังมักจำเป็นที่จะต้องผ่านวงจรนับ (Counter) เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงขนานที่ใช้ในระบบคอมพิวเตอร์

2.17.2 เอ็นโค้ดเดอร์แบบสับบูรณ์

เอ็นโค้ดเดอร์แบบสับบูรณ์จะให้เอาต์พุตในรูปแบบที่เป็นรหัส ที่ตรงกับตำแหน่งที่กลไกเคลื่อนที่ไป หลักการทำงานโดยรวมจะเหมือนกับเอ็นโค้ดเดอร์แบบเพิ่มค่า แต่ในตัวเอ็นโค้ดเดอร์แบบสับบูรณ์ จะมีหัวอ่านหลายชุดเท่ากับจำนวนบิตเอาต์พุต การเจาะรูบนแผ่นแต่ละชุดก็จะมีระยะห่างเป็นทวีคูณทำให้สามารถทราบตำแหน่งของ การหมุนโดยทันที



ภาพที่ 2-53 เอ็นโค้ดเดอร์แบบสับบูรณ์แบบเคลื่อนแนวตรงขนาด 4 บิต

ตัวอย่างในภาพที่ 2-53 จะเป็นเอ็นโค้ดเดอร์แบบเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง ขนาด 4 บิตข้อมูล ซึ่งจะมีหัวอ่านข้อมูล 4 หัวด้วยกัน คือ D1, D2, D3 และ D4 ทำให้สามารถอ่านข้อมูลได้ทั้งสิ้น 16 ระดับขึ้น ตั้งแต่ 0000, 0001 .. ไปเรื่อย ๆ จนถึง 1111 เอ็นโค้ดเดอร์แบบนี้จะมีข้อดีตรงที่ข้อมูลยังคงถูกต้องถึงแม้สัญญาณจะหายไปชั่วขณะ เนื่องจากข้อมูลที่ได้อาจหมายถึงตำแหน่งของการเคลื่อนที่นั้น ๆ กล่าวคือ สามารถบอกได้ทันทีว่าการเคลื่อนที่ถึงไหนแล้วโดยดูจากข้อมูลดิจิทัลที่ได้ ต่างจากเอ็นโค้ดเดอร์แบบเพิ่มค่า ซึ่งจะต้องทราบวก่อนหน้านี้การเคลื่อนที่อยู่ที่ตำแหน่งใดแล้วบวกเพิ่มค่าตำแหน่งขึ้นไปจากเดิม จึงจะทราบว่าเคลื่อนที่ถึงไหนแล้ว เมื่อเป็นเช่นนี้ทำให้เอ็นโค้ดเดอร์ชนิดนี้บอกถึงทิศทางการเคลื่อนที่ของกลไกได้ทันที เพราะข้อมูลเอาต์พุตที่ได้จะมีการเพิ่มหรือลดตามทิศทางการเคลื่อนที่โดยตรงอย่างไรก็ตาม เนื่องจากความซับซ้อนของอุปกรณ์ ทำให้เอ็นโค้ดเดอร์แบบนี้มีราคาแพงกว่าแบบเพิ่มค่ามาก สำหรับเอ็นโค้ดเดอร์แบบสับบูรณ์แล้ว การเรียงรูปแบบของข้อมูลหรือการเข้ารหัสดังภาพที่ 2-53 จะเป็นการเข้ารหัสแบบเลขฐานสองตามธรรมชาติ (Natural Binary Code) ปกติ แต่ในทางปฏิบัติยังมีการเข้ารหัสอีกหลายแบบ เช่น แบบเลขฐานสิบเข้ารหัสเลขฐานสอง(Binary Code Decimal : BCD) และรหัสเกรย์ (Gray Code) ดังนั้นการใช้งานต้องทราบถึงชนิดของการเข้ารหัสด้วย