

วิศวกรรม
หุ่นยนต์
Robotics Engineering

รศ.ดร.ภูติส ลักษณะเจริญ

พิมพ์ครั้งที่ ๒

พิมพ์ครั้งที่ ๑

ธันวาคม ๒๕๔๘

พิมพ์ครั้งที่ ๒

ธันวาคม ๒๕๖๔

ราคา ๑๕๐ บาท

Copyright © 2021

ISBN (e-book) 978-616-588-479-2

จัดทำโดย รศ.ดร. ภูติส ลิขณะเจริญ

จำหน่ายโดย ศูนย์หนังสือแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชั้น14 อาคารวิทยกิจดี ซอยจุฬาลงกรณ์ 64

สยามสแควร์ ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กทม.10330

<http://www.ChulaBook.com>

สงวนลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ พ.ศ. 2537 ห้ามลอกเลียนไม่ว่าส่วนหนึ่งส่วนใดของหนังสือเล่มนี้
ไม่ว่ารูปแบบใดๆ นอกจากจะได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษร

To my wife and my eight dogs

คำนำ

วิศวกรรมหุ่นยนต์ เล่มนี้ทางผู้เขียนได้เคยมีการตีพิมพ์ครั้งแรก เมื่อ ธันวาคม พ.ศ.๒๕๔๘ ภายใต้ชื่อ
สถาพร ลักษณะเจริญ [1] ต่อมา ทางผู้เขียนได้เปลี่ยนชื่อมาเป็น ภูติส ลักษณะเจริญ ผ่านมาเป็นเวลา ๑๖
ปี หนังสือเล่มนี้ยังคงพื้นฐานเนื้อหาสำคัญทางหุ่นยนต์ อย่างไรก็ตาม ทาง ผู้เขียนได้เพิ่มเนื้อหาบางส่วน
เพื่อเป็นประโยชน์ เช่น การระบุตำแหน่งของวัตถุ

รศ.ดร. ภูติส ลักษณะเจริญ

สารบัญ

1	บทนำ	1
1.1	ประวัติความเป็นมา	1
1.2	หุ่นยนต์คืออะไร	4
1.3	กฎหลักของหุ่นยนต์	4
1.4	การแบ่งประเภทของหุ่นยนต์	5
1.5	ส่วนประกอบของหุ่นยนต์	5
1.6	ข้อดีและข้อเสียของหุ่นยนต์	6
1.7	หุ่นยนต์ในรูปแบบอื่น	7
1.7.1	หุ่นยนต์เคลื่อนที่ (mobile robots)	7
1.7.2	หุ่นยนต์เดินด้วยขา (walking robots)	7
1.7.3	ชุดเสริมพลัง (exoskeletons)	8
1.7.4	อวัยวะเทียม (prostheses)	8
1.8	บทสรุป	9
2	พื้นฐานทางคณิตศาสตร์	11
2.1	บทนำ	11
2.2	ระบบพิกัด	11
2.2.1	ระบบพิกัดคาร์ทีเซียน	11
2.2.2	ระบบพิกัดเชิงขั้ว	12
2.2.3	ระบบพิกัดเชิงซ้อน	13
2.3	เวกเตอร์	14
2.4	สมการเวกเตอร์บนระนาบ	15
2.5	การคำนวณหาเวกเตอร์ทิศทาง	19
2.6	สมการเวกเตอร์สามมิติ	20
2.7	ผลคูณภายในของเวกเตอร์	20
2.8	ผลคูณภายนอกของเวกเตอร์	21
2.9	บทสรุป	23
3	การระบุตำแหน่งของวัตถุ	25
3.1	บทนำ	25
3.2	ระบบพิกัดคาร์ทีเซียน	25
3.3	การแปลงบนระนาบสองมิติ	27
3.4	เมตริกซ์การแปลงในระนาบสามมิติ	29
3.5	แกนพิกัด	31

3.6	การทราנסฟอร์มแบบสัมผัส	32
3.7	การทราנסฟอร์มแบบทั่วไป	33
3.8	บทสรุป	34
4	จลนศาสตร์	35
4.1	หลักการพื้นฐาน	35
4.1.1	ชิ้นส่วนคู่ทางจลนศาสตร์	35
4.1.2	จลนศาสตร์ของแขนกล	37
4.1.3	ปัญหาจลนศาสตร์ของหุ่นยนต์	37
4.2	ตำแหน่ง	38
4.3	เมตริกซ์การหมุน	40
4.4	การเปลี่ยนระบบพิกัด	43
4.5	สมการจลนศาสตร์	44
4.5.1	มุมออยเลอร์ (euler angles)	45
4.5.2	การหมุนแบบ RPY (roll, pitch, yaw)	46
4.6	denavit-hartenberg parameters	48
4.7	transformation operators	49
4.8	จลนศาสตร์ผกผันของกลไก 2 แกนโยง	54
4.9	บทสรุป	55
5	สถิตยศาสตร์	57
5.1	บทนำ	57
5.2	สมดุลของแรงบนก้านโยง	57
5.3	สมดุลของแรงบิดของข้อต่อแบบหมุน	59
5.4	งานเสมือน	59
5.4.1	สมดุลของอนุภาค	60
5.4.2	สมดุลของวัตถุแข็งเกร็ง	60
5.5	จาโคเบียน	62
5.5.1	จาโคเบียนในขอบเขตของแรง	64
5.5.2	ความเป็นเอกฐาน	64
5.6	บทสรุป	66
6	พลศาสตร์	69
6.1	วิธีแบบนิวตัน-ออยเลอร์	69
6.2	วิธีลากรองจ์	73
6.3	บทสรุป	80
7	การวางแผนการเคลื่อนที่และการควบคุม	83

7.1	บทนำ	83
7.2	เส้นทางและแผนการเคลื่อนที่	83
7.3	มิติแบบข้อต่อและมิติแบบคาร์ทีเซียน	84
7.4	พื้นฐานการวางแผนทราเจกทอรี	85
7.5	ทราเจกทอรีแบบมิติของข้อต่อ	86
7.5.1	โพลีโนเมียลกำลังสาม	87
7.5.2	วิธีโพลีโนเมียลกำลังสามผ่านจุด	89
7.5.3	วิธีเส้นตรงที่ปลายเป็นพาราโบลา	89
7.6	ทราเจกทอรีแบบคาร์ทีเซียน	92
7.7	การควบคุม	93
7.7.1	หลักการพื้นฐานของการควบคุม	93
7.7.2	ฟังก์ชันการถ่ายโอน	94
7.8	บทสรุป	95
8	ชุดขับ	97
8.1	บทนำ	97
8.2	การขับเคลื่อนด้วยระบบไฟฟ้า	97
8.2.1	มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC motors)	97
8.2.2	มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC motors)	98
8.3	ชุดขับไฮดรอลิก	99
8.4	ชุดขับนิวแมติกส์	100
8.5	ชุดขับแบบพลังแม่เหล็ก	101
8.5.1	shape-memory-type metals	101
8.6	ชุดขับกล้ามเนื้อเทียม	101
8.7	ลักษณะเฉพาะของระบบขับเคลื่อน	102
8.7.1	น้ำหนัก แรงต่อน้ำหนัก ความดัน	102
8.7.2	ความแข็งตึงและความหยุ่น	102
8.7.3	การทดเกียร์	102
8.8	บทสรุป	103
9	เซนเซอร์	105
9.1	บทนำ	105
9.2	ลักษณะเฉพาะของเซนเซอร์	105
9.3	เซนเซอร์วัดตำแหน่ง	106
9.3.1	วงจรรหัส	107
9.3.2	โพเทนทิอوميเตอร์	107
9.4	เซนเซอร์วัดความเร็ว	108

9.4.1	วงจรเข้ารหัส	108
9.4.2	มาตรวัดความเร็ว (tachometers)	108
9.5	เซนเซอร์วัดความเร่ง	108
9.6	เซนเซอร์วัดแรง	108
9.6.1	เพียโซอิเล็กทริก	108
9.6.2	ตัวต้านทานวัดแรง	109
9.6.3	ตัววัดแรงดึง	109
9.7	เซนเซอร์วัดแรงบิด	109
9.8	เซนเซอร์รับแสงและอินฟราเรด	109
9.9	เซนเซอร์แบบสัมผัส	109
9.10	เซนเซอร์พรอกซิมีตี	110
9.11	เซนเซอร์รับภาพ	110
9.11.1	การทำงานของจอร์รับภาพ	111
9.12	บทสรุป	111
เอกสารอ้างอิง		113

สารบัญรูป

1.1	แขนเทียมขับเคลื่อนด้วยกล้ามเนื้อเทียม	9
2.1	แสดงกฎมือขวา และระบบพิกัด 3 มิติ	12
2.2	แสดงระบบพิกัดแบบเชิงขั้ว	12
2.3	ระบบพิกัดแบบทรงกระบอก (cylindrical coordinates)	13
2.4	ระบบพิกัดเชิงซ้อน (complex coordinates)	14
2.5	แสดงการบอกปริมาณเวกเตอร์	14
2.6	แสดงการหาผลรวมของเวกเตอร์	17
2.7	รูปแสดงการหาผลต่างของเวกเตอร์	17
2.8	แสดงการหาผลรวมของเวกเตอร์ด้วยวิธีวาดรูป	19
2.9	รูปแสดงการหาเวกเตอร์ทิศทาง	19
2.10	แสดงการใช้กฎมือขวา	22
3.1	การเคลื่อนที่ตามแนวแกนบวก (A) แกน x (B) แกน y (C) แกน z	26
3.2	การหมุนรอบแกนบวก (A) แกน $x + 90$ (B) แกน $y + 90$ (C) แกน $z + 90$	26
3.3	ถ้า $a > 1, d > 1$ รูปซ้ายมือ การขยายตามแกน x และ รูปขวามือ การขยายตามแกน x และ y	28
3.4	รูปซ้ายมือ การสะท้อนบนแกน x และ รูปขวามือ การสะท้อนบนแกน y	28
3.5	รูปวงกลมรัศมีหนึ่งหน่วย	28
3.6	transformation (A) คิดจาก ขวาไปซ้าย (right to left) (B) คิดจากซ้ายไปขวา (left to right) จากสมการ (3.7)	31
3.7	การทรานส์ฟอร์มแบบสัมบูรณ์ (absolute transformation) (1) การทรานส์ฟอร์มแบบสัมพัทธ์ (relative transformation) (2)	33
4.1	ข้อต่อพื้นฐานทางจลนศาสตร์	36
4.2	สัญลักษณ์ของข้อต่อจลนศาสตร์	36
4.3	รูปแบบการต่อกันของข้อต่อ (ก) แบบลูกโซ่ปลายเปิด (ข) แบบต้นไม้ (ค) แบบสร้อยคอ	37
4.4	แผนภาพ forward and inverse kinematics	39
4.5	แสดงตำแหน่งของจุด p	40
4.6	axis rotation about Z axis	42
4.7	การเปลี่ยนระบบพิกัด	43
4.8	end effector position and orientation	44
4.9	มุมออยเลอร์	45
4.10	D-H notation for revolute joints	48

4.11	D-H notation for prismatic joints	49
4.12	a three-bar linkage	50
4.13	a two revolute joint robot arm	51
4.14	PUMA robot	52
4.15	การตั้งแกนบน PUMA robot	53
4.16	two-bar linkage planar	54
4.17	แขนกลชนิด R-P 2 องศาอิสระบนระนาบ	56
4.18	แขนกลชนิด R-P-P 3 องศาอิสระ	56
5.1	สมดุลของแรงบนก้านโยง	58
5.2	ตัวอย่างการหางานเสมือน	61
5.3	type 3 two-link robot	65
6.1	a two-link robot arm	70
6.2	แสดงแผนภาพอิสระ (free body diagram) ของ แขนกลสองก้านโยง	70
6.3	two-link robot with lumped mass	74
6.4	กลไกแขนกลก้านโยง 2 ก้าน	78
7.1	robot movement	84
7.2	sequential motions	84
7.3	joint-space nonnormalized	85
7.4	joint-space normalized	86
7.5	joint-space cartesian	86
7.6	เส้นทางหลายทางเลือกสำหรับจุดหนึ่งจุด	87
7.7	กราฟแสดงระยะขจัด ความเร็ว และความเร่ง	88
7.8	เส้นทางแบบเส้นตรง (linear)	90
7.9	เส้นทางแบบเส้นตรงผสมกันพาราโบลา	90
7.10	การควบคุมตำแหน่งของหุ่นยนต์	94
7.11	มวลต่อกับสปริง	94
8.1	ส่วนประกอบของมอเตอร์ DC	98
8.2	ส่วนประกอบของมอเตอร์ AC	99
8.3	ระบบไฮดรอลิก	100
8.4	ระบบนิวแมติกส์	100
8.5	แสดงการทำงานกล้ามเนื้อเทียม	101
9.1	แสดงวงจรเข้ารหัส	107
9.2	โพเทนทิอوميเตอร์	107
9.3	การทำงานของดวงตามนุษย์เทียบกับกล้องถ่ายรูป	110

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ประวัติความเป็นมา

หุ่นยนต์ (robot) เป็นคำที่มีรากศัพท์มาจาก ภาษาสโลวักประเทศเชโกสโลวาเกีย คำว่า "Robot" นั้น มีปรากฏขึ้นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1921 มาจาก ละครที่มีชื่อว่า Rossum's Universal Robots ที่แต่งขึ้น โดย นักเขียนชาวเชโกสโลวาเกีย ชื่อ Karel Kapek บทละครได้แสดงถึงหุ่นยนต์ที่เป็นเครื่องจักรที่เลียนแบบการเคลื่อนไหวของมนุษย์ และแสดงให้เห็นถึงความสามารถของหุ่นยนต์ที่ทำงานได้ทุกอย่าง [2]

ในอดีตมนุษย์พยายามคิดค้นกลไก เพื่อเลียนแบบการเคลื่อนไหวของร่างกาย ชาวอียิปต์โบราณได้ประดิษฐ์แขนกลเข้ากับรูปบูชา เพื่อให้คนบูชาได้ใช้แสดงปาฏิหาริย์ต่อผู้คน [3] ต่อมาในศตวรรษที่ 18 ได้มีการประดิษฐ์หุ่นเชิดในยุโรป เพื่อเลียนแบบการเคลื่อนไหวของมนุษย์และสัตว์ ประกอบไปด้วย เครื่องต้นแบบแขนกล และส่วนอื่น ๆ ขับเคลื่อนโดย ชุดกลไก (linkages) และลูกเบี้ยว (cams) ในหุ่นยนต์บางตัวสามารถเขียนหรือวาดภาพ หรือมีความสามารถในการเล่นเครื่องดนตรีได้อีกด้วย [4]

เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องทำให้มีการพัฒนา ชุดควบคุมแบบป้อนกลับของชุดขับเคลื่อน ชุดส่งกำลัง และเครื่องมือวัดที่ทันสมัยช่วยพัฒนาหุ่นยนต์ให้มีการเปลี่ยนแปลงการทำงานให้เข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดีขึ้น [5]

ในปี ค.ศ. 1954 George C. Devol ได้สร้างหุ่นยนต์ที่ใช้ในงานอุตสาหกรรม โดยหุ่นยนต์นั้นมีหน้าที่จับวางชิ้นส่วนในโรงงาน โดยมีหลักการเบื้องต้นคือ teach in and play back หรือสอนให้รู้แล้วใช้งานตามที่สอน หรือที่ได้ตั้งโปรแกรมเอาไว้ ซึ่งหลักการควบคุมนี้ได้เป็นที่แพร่หลายมาจนถึงปัจจุบัน [6]

หลักการทำงานเบื้องต้นของ George C. Devol นั้นใช้เทคโนโลยี 2 แบบด้วยกัน คือ การควบคุมเชิงตัวเลข (numerical control) ซึ่งใช้กับเครื่องมือกล และการควบคุมทางไกล (remote manipulation) ซึ่งเป็นการสั่งงานในระยะไกล

การควบคุมเชิงตัวเลขมีหลักการคือ มีการควบคุมบนพื้นฐานของข้อมูลที่มีอยู่อาจเป็นจุดพิกัด (co-ordinate data of points) ที่ต้องการให้แขนกลนั้นขยับไปตามสัญญาณการเริ่มหรือหยุดทำงาน และการควบคุมเชิงตรรก (logical statements) ตามลำดับ ระบบการทำงานเก็บในหน่วยความจำ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงระบบงานใหม่ จะต้องทำให้เปลี่ยนแปลงอุปกรณ์ใหญ่ ๆ หรือ hardware นั้นเกิดขึ้นน้อยที่สุด

ระบบการผลิตรุ่นใหม่มีการผลิตสินค้าจำนวนน้อยขึ้น แต่มีหลายชนิด และมีการเปลี่ยนแปลงบ่อยครั้ง จำเป็นต้องมีการยืดหยุ่น (flexibility) ไปตามการผลิต หุ่นยนต์ที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมมีการตั้งโปรแกรมทำงานได้หลายแบบ โดยการเปลี่ยนแปลงเพียงข้อมูลที่เก็บไว้ก่อน ซึ่งลักษณะนี้เป็นการพัฒนามาจากการควบคุมเชิงตัวเลข

การควบคุมทางไกลเหมาะสมกับงานเสี่ยงอันตรายต่อชีวิต เช่น งานสำรวจกัมมันตภาพรังสี สำรวจใต้ทะเล สำรวจอวกาศ เป็นต้น แขนกลแบบหัวหน้าสั่งลูกน้อง (master-slave manipulator) ได้ถูก

ประดิษฐ์ขึ้นในปี ค.ศ. 1948 โดยมีหลักการคือ การใช้กระแสไฟฟ้าเป็นตัวส่งกำลังไปยังแขนกลที่ติดตั้งอยู่ที่ทำงานระยะไกล และใช้การควบคุมผ่านสวิตช์ควบคุม หรือ joystick เพื่อบังคับให้มีการเคลื่อนไหวเหมือนกับแขนมนุษย์ โดยที่ joystick นั้นมีเครื่องมือวัดติดอยู่ในแต่ละจุดของข้อต่อ เพื่อวัดการเคลื่อนที่ของผู้ควบคุม และส่งผลการวัดไปยังแขนกล ทำให้มีการเคลื่อนที่เสมือนกับผู้ควบคุม

ส่วนผู้ควบคุมเรียกว่า หัวหน้า (master) และที่แขนกล เรียกว่า ลูกน้อง (slave) โดยลักษณะการเคลื่อนไหว คือ การเลียนแบบผู้ควบคุมนั่นเอง โดยแขนกลแบบหัวหน้าสั่งลูกน้องที่ประกอบด้วย 6 องศาการหมุนอิสระ (degrees of freedom : DOF) แต่ละข้อต่อนั้นจะมีการเคลื่อนที่แบบเชิงมุม ซึ่งมีลักษณะคล้ายคลึงกับแขนของมนุษย์ อนึ่งในการรวมกันของการควบคุมเชิงตัวเลข และ การควบคุมทางไกล ทำให้เกิดการศึกษาด้านหุ่นยนต์ซึ่งรวมถึง การออกแบบ (design) และควบคุม (control) ที่แตกต่างไปจากเดิม [6]

จากหลักการเบื้องต้นของหุ่นยนต์ที่โปรแกรมของ George C. Devol ต่อมาได้มีการพัฒนาด้วยการเพิ่มการควบคุมแบบย้อนกลับ (sensory feedback) โดย H. A. Ernst ได้สร้างมือกลที่สามารถควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ พร้อมเครื่องมือวัดแบบสัมผัส ซึ่งกลไกนี้สามารถตอบสนองความรู้สึก และใช้ความรู้สึกนั้นควบคุมมือกลเพื่อใช้เรียงกล่อง โดยอุปกรณ์วัดค่าความสัมผัสนี้เรียกว่า MH-1 [7] ลักษณะงานดังกล่าวเป็นตัวอย่างหนึ่งของความสามารถ ในการควบคุมหุ่นยนต์ที่ไม่จำเป็นต้องใช้มนุษย์ควบคุม โดยที่หุ่นยนต์มีความสามารถปรับพฤติกรรมเข้ากับสภาพแวดล้อมได้

ในปี ค.ศ. 1969 McCarthy และคณะที่ Stanford Artificial Intelligence Laboratory ได้สร้างหุ่นยนต์ที่ประกอบไปด้วย มือ ตา และ หู ซึ่งก็คือ แขนกล กล้องโทรทัศน์ และไมโครโฟน โดยหุ่นยนต์มีความสามารถ ที่จะรับรู้ ภาษา เห็นวัตถุ และจัดวางให้เข้าที่ตามคำสั่ง [8] ในช่วงนี้เอง Pieper ได้ศึกษาปัญหาจลนศาสตร์ (kinematics) ของแขนกลควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ และ Kahn and Roth ได้วิเคราะห์พลศาสตร์การควบคุมของแขนกลเคลื่อนที่ในวงจำกัด โดยใช้ทฤษฎีแบบ bang (Bang-Bang near minimum time) ใช้ในการควบคุม

ในปี ค.ศ. 1978 บริษัท General Motors ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้สร้างหุ่นยนต์ตั้งชื่อว่า พูม่า (PUMA : Programmable Universal Machine for Assembly) ซึ่งมีขนาดเท่า ๆ กับขนาดของแขนมนุษย์ และหุ่นยนต์สกาล่า (SCARA : Selective Compliance Assembly Robot Arm) ประกอบไปด้วย ชุดข้อต่อเคลื่อนที่ตามแนวแกน (prismatic joint) และ ชุดข้อต่อแบบหมุน (rotational joints) [9]

ในปี ค.ศ. 1969 ได้มีการพัฒนาหุ่นยนต์ในรูปแบบแปลก ๆ โดย บริษัท General Electric ได้สร้างหุ่นยนต์เดินด้วยขาเพื่อใช้ในการทหารของประเทศสหรัฐอเมริกา และในปีเดียวกัน Boston Arm และ Stanford Arm ได้ถูกสร้างขึ้นซึ่งประกอบไปด้วยกล้อง และชุดควบคุมคอมพิวเตอร์ โดยแขนกลนี้มีความสามารถจัดเรียงกล่องในแนวตั้งแบบอัตโนมัติซึ่งมีชื่อเสียงมาก

ต่อมาในปี ค.ศ. 1974 Cincinnati Milacron ได้ริเริ่มใช้หุ่นยนต์ ในอุตสาหกรรม มีชื่อว่า T^3 หรือ The Tomorrow Tool ความสามารถยกวัตถุที่มีน้ำหนักเกินกว่า 100 ปอนด์ (ประมาณ 45 kg) ในขณะที่วัตถุนั้นเคลื่อนที่อยู่บนสายพานลำเลียงวัสดุที่จะไปประกอบชิ้นงาน

ในช่วงปี ค.ศ. 1970 นี้ก็มีการคิดค้นพัฒนาอุปกรณ์เครื่องมือตรวจวัดต่าง ๆ มากมาย เพื่อช่วยในการทำงานของแขนกล เช่น มหาวิทยาลัยสแตนฟอร์ด Bolles และ Paul ใช้การมองเห็น และชุดควบคุม

ป้อนกลับด้วยแรง (force feedback control) ต่อเข้ากับแขนกล Stanford Arm และคอมพิวเตอร์ PDP-10 เพื่อใช้ประกอบปั้มน้ำในรถยนต์

บริษัทไอบีเอ็ม Will และ Grossman ได้พัฒนาชุดควบคุมแขนกลที่ประกอบด้วยระบบสัมผัสและอุปกรณ์วัดแรง โดยหุ่นยนต์แขนกลนี้ใช้ในการประกอบชิ้นส่วนในเครื่องพิมพ์ดีด จำนวน 20 ชิ้นส่วน ในเครื่องพิมพ์ดีด และที่ห้องปฏิบัติการ Artificial Intelligence Laboratory ของสถาบัน Massachusetts Institute of Technology (MIT) ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้ริเริ่มการวิจัยเกี่ยวกับระบบอัจฉริยะของชุดควบคุมป้อนกลับด้วยแรง (force feedback control)

Jet Propulsion Laboratory (JPL) ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้ศึกษาการควบคุมแบบทอร์ก เพิ่มเติมจาก Stanford Arm เพื่อใช้ในการสำรวจอวกาศ ตั้งแต่นั้นมาได้นำเสนอชุดควบคุมในรูปแบบของเซอร์โว (servo control) [10]

ที่ Hirose and Yoneda Robotics Laboratory แห่งสถาบันเทคโนโลยีแห่งโตเกียว ประเทศญี่ปุ่น ได้นำแนวคิดจากธรรมชาติมาประยุกต์ใช้สร้างหุ่นยนต์ให้สามารถมีการเคลื่อนไหวเหมือนสัตว์เลื้อยคลาน เช่น หุ่นยนต์งู หรือการเดินสี่ขาที่นำแนวคิดมาจากการเดินของแมงมุม เป็นต้น และได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องเพื่อนำหุ่นยนต์มาใช้ในการทำงานกู้ภัย

ประเทศญี่ปุ่นได้เล็งเห็นถึงศักยภาพของการพัฒนาหุ่นยนต์อีกมากมายในงานอุตสาหกรรม โดยได้มีการพัฒนาสร้างหุ่นยนต์เพื่อใช้ในงานอุตสาหกรรม เช่น บริษัท Mitsubishi, Yaskawa, Fanuc, Toshiba Seiki, Fanuc เป็นต้น

ประเทศเกาหลีใต้ได้มีการพัฒนาหุ่นยนต์มากกว่า 40 ปี เช่นหุ่นยนต์ HUBO พัฒนาจากทีมของ KAIST of Daejeon ที่ได้รับรางวัลชนะเลิศการแข่งขัน 2015 DARPA Robotics Challenge ที่ได้มีการจำลองสถานการณ์ ภัยพิบัตินิวเคลียร์ฟูกูชิมะไดอิจิ (Fukushima Daiichi nuclear disaster) เป็นอุบัติเหตุด้านพลังงานที่เกิดขึ้นที่โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ฟูกูชิมะไดอิจิ เนื่องมาจาก คลื่นสึนามิ จากเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่ประเทศญี่ปุ่น เมื่อปี ค.ศ.2011 โดยหุ่นยนต์ HUBO สามารถทำภารกิจในการแข่งขันได้เร็วที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับวัฒนธรรมเกาหลีใต้ที่ว่าทุกอย่างเร่งรีบ (ppalli ppalli)

ประเทศไทย ที่ สถาบันวิทยาการหุ่นยนต์ภาคสนาม (FIBO) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่มีการเรียนการสอน ตั้งแต่ระดับปริญญาตรี โท และ เอก ด้านหุ่นยนต์ และได้สร้างหุ่นยนต์เพื่อใช้ในการประชาสัมพันธ์ ใช้ในการเป็นพนักงานต้อนรับ ทางบริษัท เอไอเอส ได้ร่วมกับ ผศ.ดร.กวีดา มณีวรรณ นำหุ่นยนต์ “นะโม” (NAMO : Novel Articulated MObile platform) เป็นหุ่นยนต์ semi humanoid ที่ท่อนบนมีลักษณะเป็น humanoid หรือหุ่นยนต์ที่มีลักษณะคล้ายมนุษย์ ส่วนท่อนล่างเป็นล้อเพื่อเพิ่มความคล่องตัวและเสถียรภาพในการเคลื่อนที่ ซึ่งถือเป็นครั้งแรกของประเทศไทยที่มีการนำหุ่นยนต์เข้ามาให้บริการเพื่อให้ลูกค้าได้สัมผัสนวัตกรรมการให้บริการด้วยหุ่นยนต์ที่ล้ำไปอีกขั้น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ มีชื่อเสียงในการสร้างหุ่นยนต์กู้ภัย ได้เป็นแชมป์โลก จากการแข่งขันหุ่นยนต์กู้ภัยระดับโลกหลายสมัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้มีการเรียนการสอน และวิจัยด้านหุ่นยนต์และยังได้มีการจัดการแข่งขันการออกแบบและสร้างหุ่นยนต์แห่งประเทศไทย (RDC: Robot Design Contest) อย่างต่อเนื่องมากกว่า 10 ปี, มหาวิทยาลัยมหิดล ศาลายา มีการตั้งศูนย์วิจัย BART LAB (Biomedical and Robotics Technology) มีการเรียนการสอนและวิจัยด้านหุ่นยนต์ที่นำมาประยุกต์ใช้ในการแพทย์

1.2 หุ่นยนต์คืออะไร

หุ่นยนต์ หรือ Robot จากพจนานุกรม Merriam-Webster ได้ให้ความหมายดังนี้

Robot : (n) 1 a : a machine that looks like a human being and performs various complex acts (as walking or talking) of a human being; also : a similar but fictional machine whose lack of capacity for human emotions is often emphasized or b : an efficient insensitive person who functions automatically 2 : a device that automatically performs complicated often repetitive tasks 3 : a mechanism guided by automatic controls

จากพจนานุกรม Merriam-Webster ได้ให้ความหมายไว้ 3 แบบ

1. เครื่องจักรกลที่มีลักษณะคล้ายมนุษย์และสามารถกระทำการที่ซับซ้อน เช่น เดินหรือพูดได้คล้ายมนุษย์ หรืออาจหมายถึงบุคคลที่ไม่มีความรู้สึกในการรับรู้
2. กลไกที่สามารถทำงานที่ซับซ้อนและซ้ำ ๆ ได้
3. ชุดกลไกที่ทำงานด้วยการควบคุมแบบอัตโนมัติ

หุ่นยนต์ยังรวมถึงเครื่องจักรที่ทำงานอย่างง่าย ๆ เช่น แขนกลใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมไปจนถึงหุ่นยนต์ที่มีเทคโนโลยีสูง เช่น ในภาพยนตร์เรื่อง I-Robot ที่มีหุ่นยนต์สามารถทำงานได้เช่นมนุษย์ หรือในภาพยนตร์เรื่อง A. I. (Artificial Intelligence) ที่มีหุ่นยนต์ที่มีความสามารถในการรับรู้ถึงความรู้สึกคล้ายกับมนุษย์

หุ่นยนต์จะต้องมีความสามารถเคลื่อนที่ได้ดี (high mobility) และมีความคล่องแคล่ว (dexterity) มากกว่าเครื่องจักรกลทั่วไป และสามารถทำงานได้ในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ รวมถึงการทำงานที่ต้องมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา

วิชาหุ่นยนต์ หรือ robotics จึงเป็นศาสตร์ที่มีขอบเขตกว้าง รวมไปถึงแขนงวิชาอื่น ๆ เช่น ฟิสิกส์ เคมี คณิตศาสตร์ วิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ วิศวกรรมเครื่องกล วิศวกรรมควบคุมและวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

1.3 กฎหลักของหุ่นยนต์

ปี ค.ศ. 1940 มีนักเขียนชื่อ ไอแซค อสิมอฟ (Issac Asimov) ได้บรรยายถึงลักษณะของหุ่นยนต์ในนิยายวิทยาศาสตร์ที่เขียนขึ้นว่า มีลักษณะคล้ายมนุษย์ แต่ไม่มีความรู้สึก โดยหุ่นยนต์ถูกนำมาใช้งานแทนมนุษย์ หุ่นยนต์ในนิยายนี้ได้ออกแบบอย่างดีไม่มีข้อบกพร่อง (fail-safe machine) และสมองหุ่นยนต์ได้ถูกตั้งโปรแกรมไว้ด้วยมนุษย์ และได้กำหนดกฎหลัก 3 ข้อของหุ่นยนต์ คือ

1. หุ่นยนต์ต้องไม่ทำร้ายมนุษย์ หรือปล่อยให้มนุษย์รับอันตราย

2. หุ่นยนต์ต้องเชื่อฟังคำสั่งมนุษย์เว้นแต่จะขัดแย้งกับกฎข้อ 1
3. หุ่นยนต์ต้องปกป้องสภาพแวดล้อมของตัวเองที่เป็นอยู่ตราบที่ไม่ขัดแย้งกับกฎข้อ 1 และข้อ 2

1.4 การแบ่งประเภทของหุ่นยนต์

มาตรฐานของ Japanese Industrial Robot Association (JIRA) แบ่งได้ดังนี้

- class 1 : manual-handling device : กลไกอันประกอบไปด้วยหลาย ๆ องศาอิสระ (degrees of freedom) ที่ถูกควบคุมด้วยมนุษย์
- class 2 : fixed-sequence robot : เป็นกลไกที่ทำงานให้สำเร็จตามแผนล่วงหน้าโดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงวิธีการ อันเป็นการยากต่อการเปลี่ยนแปลง
- class 3 : variable-sequence robot : คล้ายกับ class 2 แต่สะดวกต่อการดัดแปลง
- class 4 : playback robot : มนุษย์เป็นผู้สอนงานให้กับหุ่นยนต์ แล้วบันทึกการทำงานลงในโปรแกรมของหุ่นยนต์เพื่อทำงานตามทีบันทึกไว้
- class 5 : numerical control robot : ผู้ควบคุมให้ตัวเลขการเคลื่อนที่กับโปรแกรมของหุ่นยนต์ เพื่อให้หุ่นยนต์ทำงานได้เองโดยไม่ต้องทำการสอนงาน
- class 6 : intelligent robot : หุ่นยนต์สามารถเรียนรู้สภาพแวดล้อมได้เอง และสามารถปฏิบัติงานต่อเนื่อง

สถาบันหุ่นยนต์แห่งสหรัฐอเมริกา (RIA : The Robotics Institute of America) พิจารณาเพียง class 3-6 เท่านั้นที่เป็นหุ่นยนต์ [11]

1.5 ส่วนประกอบของหุ่นยนต์

ในหุ่นยนต์นั้นจะประกอบไปด้วยส่วนประกอบหลายส่วน ดังต่อไปนี้

- manipulator หรือ rover เป็นส่วนประกอบหลักของหุ่นยนต์ ประกอบด้วยชิ้นส่วน (links) ข้อต่อ (joints) และโครงสร้างของตัวหุ่นยนต์
- end effector เป็นส่วนปลายสุดท้ายต่อกับข้อต่อส่วนสุดท้ายของแขนกล โดยปกติจะใช้หยิบจับวัตถุ หรือทำงานเฉพาะทาง เช่น ที่ติดตั้งเครื่องเชื่อม หรือเครื่องพ่นสี โดยปกติการควบคุมโดยใช้ชุดควบคุม PLC (programmable logic controller)
- ชุดขับ (actuators) เปรียบเสมือนกล้ามเนื้อ หรือชุดขับเคลื่อนของหุ่นยนต์ รูปแบบที่ใช้โดยทั่วไปได้แก่ มอเตอร์ กระจบบอล กระจบบอกไฮดรอลิก

- เซนเซอร์ (sensors) คือ อุปกรณ์ที่วัด เพื่อใช้วัดข้อมูลของหุ่นยนต์ในการรับรู้สภาพแวดล้อม เช่น ชุดควบคุมต้องการที่จะทราบตำแหน่งของชิ้นส่วนของแขน ว่าอยู่ที่ ณ ตำแหน่งใด เทียบกับมนุษย์ที่สามารถหยั่งรู้ได้ว่าแขนหรือขาของเราอยู่ที่ใดแม้ในที่มืด เพราะชุดเครื่องมือวัดย้อนกลับของมนุษย์ที่อยู่ในกล้ามเนื้อ แล้วส่งข้อมูลผ่านระบบประสาทไปยังสมอง โดยสมองรับรู้ได้ว่าขณะนี้แขนหรือขาอยู่ที่ใด หลักการเหมือนในหุ่นยนต์ โดยชุดเครื่องมือวัดป้อนกลับ (feedback sensors) ส่งข้อมูลจากแต่ละข้อต่อไปยังชุดควบคุมต่อไป
- ชุดควบคุม (processor and controller) คล้ายสมองในมนุษย์ โดยได้รับข้อมูลจากเซนเซอร์ และสั่งการไปยังชุดขับ (actuators) เพื่อให้เคลื่อนที่ตามที่ได้ตั้งโปรแกรมไว้
- โปรแกรม (software) แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม โดยกลุ่มแรกเป็นระบบปฏิบัติการพื้นฐาน (operating systems) กลุ่มที่ 2 เป็นโปรแกรมของหุ่นยนต์ (robotic software) ซึ่งทำการคำนวณการเคลื่อนที่ของข้อต่อจากสมการจลนศาสตร์ จากนั้นข้อมูลถูกส่งต่อไปยังชุดควบคุม และกลุ่มที่ 3 เป็นโปรแกรมควบคุมที่ใช้งานเฉพาะทาง เช่น ระบบวิทัศน์ (vision systems) เป็นต้น
- แหล่งพลังงาน (power supply) เป็นส่วนสำคัญที่จ่ายพลังงาน ไปชุดควบคุม และ manipulator แบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือ แหล่งจ่ายไฟฟ้า และแหล่งจ่ายพลังงานในการขับเคลื่อน เช่น ในหุ่นยนต์ที่ใช้ระบบนิวแมติกส์จะต้องมีแหล่งจ่ายลมอัด เป็นต้น

1.6 ข้อดีและข้อเสียของหุ่นยนต์

ข้อดีและข้อเสียของหุ่นยนต์สามารถสรุปได้ดังนี้

- เพิ่มผลผลิตและประสิทธิภาพ รวมถึงคุณภาพความเที่ยงตรงและความแน่นอนของผลผลิต แต่อาจเกิดปัญหาของแรงงานขึ้นเมื่อนำหุ่นยนต์มาใช้ทดแทนแรงงานมนุษย์ อาจทำให้เกิดการว่างงาน ซึ่งผู้รับผิดชอบด้านแรงงานควรมีการวางแผนแก้ปัญหาล่วงหน้า
- ทำงานในบริเวณที่เสี่ยงอันตราย ในบริเวณที่อัปซัน หรือบริเวณเสี่ยงดัง โดยไม่คำนึงถึงเครื่องช่วยชีวิต หรือความปลอดภัย แต่ข้อเสียคือหุ่นยนต์ไม่สามารถตอบสนองหรือคิดได้เองในสถานการณ์ฉุกเฉิน ยกเว้นแต่จะได้ถูกตั้งโปรแกรมควบคุมเอาไว้
- ทำงานได้อย่างต่อเนื่องโดยไม่มีการเมื่อยล้า หรือเบื่อหน่าย สามารถทำงานซ้ำ ๆ ได้ตลอดเวลา อีกทั้งไม่มีวันหยุด แต่ข้อเสีย คือ หุ่นยนต์ไม่มีความรับผิดชอบหรือการตัดสินใจเช่น ในกรณีที่มีข้อผิดพลาดเกิดขึ้น
- ทำงานที่ต้องอาศัยความละเอียดได้ดี เพราะสามารถใช้อุปกรณ์ตรวจวัด หรือ เซนเซอร์ ที่มีความสามารถตรวจจับ ได้มากกว่ามนุษย์หลายเท่า
- ทำงานหลายประเภทได้ในเวลาเดียวกัน แต่มีข้อจำกัดในกรณีของความคล่องแคล่ว รวมไปถึงการตอบสนองที่อาจมีการล่าช้า