

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

- [1] อาโมทย์ สมบูรณ์แก้ว, วิทยา ทิพย์สุวรรณพร และ พุศศักดิ์ ชีวสุวิทย์ , การตรวจสอบหาชนิดวัตถุของหุ่นยนต์โดยอาศัยการเปรียบเทียบแกนหลัก. การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 14, หน้า 4-73 ถึง 4-76, พ.ศ.2534.

ภาษาอังกฤษ

- [2] B. K. P. Horn. Robot vision. New York: McGraw-Hill, 1986.
- [3] R. J. Schilling and R. B. White , Robot manipulation programming and simulation studies with software. New Jersey: Prentice-Hall, 1990.
- [4] D. Vernon. Machine vision: Automated visual inspection and robot vision. UK: Prentice-Hall, 1991.
- [5] A. Low. Introductory computer vision and image processing. UK: Prentice-Hall, 1991.
- [6] K. S. FU, R. C. Gonzalez and C. S. G. Lee. Robotics: Control , sensing ,vision , and intelligenced. Singapore: McGraw-Hill, 1987.
- [7] R. C. Gonzalez and R. Woods, editors. Digital image processing. USA: Addison-Wesley, 1992.
- [8] Y. F. Li, M. H. Lee, M. A. Rodrigues, and J. J. Rowland. Supervisory robotic control under vision guidance. IROS'94 proceeding of the IEEE International conference on Intelligent Robots and System: Advanced Robotic Systems and Real World, vol 3, 1994: pp.2030-2035.
- [9] A. Denker, A. Sabanovic, O. Kaynak, Vision-controlled robotic tracking and acquisition. IROS'94 proceeding of the IEEE International conference on Intelligent Robots and System : Advanced Robotic Systems and Real World, vol 3, 1994: pp.2000-2006.
- [10] D. Ping and D. Fan, Analysis and modeling of a dynamic vision based robotic system. Proceeding TENCON'93 IEEE Computer, Communication, Control and Power Engineering, vol4, 1993: pp.103-106.
- [11] H. Kobayachi, K. Uchida and Y. Matsuzaki. A self-learning robot vision system. IEEE International Joint Conference on Neural Network, vol 3, 1991: pp.2007-2012.
- [12] R. J. Schilling. Fundamental of robotics: Analysis and control. Singapore: Prentice-Hall. 1990.
- [13] I.Pitas. Digital image processing algorithms. UK: Prentice-Hall. 1993.
- [14] P. J. McKerrow. Introduction to robotics. Singapore: Addison-Wesley. 1991.
- [15] S. B. Morriss. Automated manufacturing system: Actuators. controls. sensors. and robotics. Singapore: McGraw-Hill. 1994.
- [16] J. Kieffer. Vision system calibration. <http://robocop.anu.edu.au/ENGN4014/Lab3/L3/L3.html> 1996.

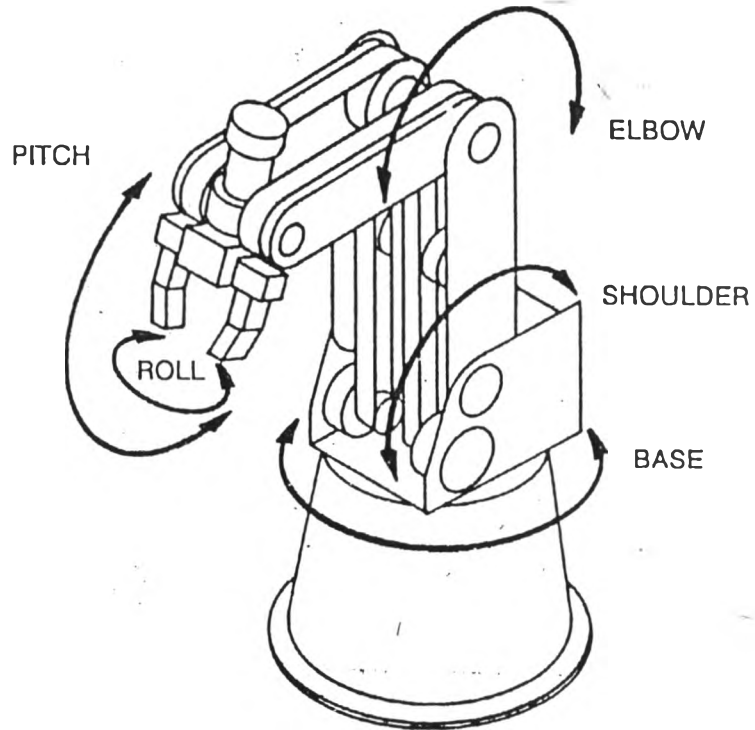
ภาคผนวก

ภาคผนวก ก. รายละเอียดอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในงานวิทยานิพนธ์

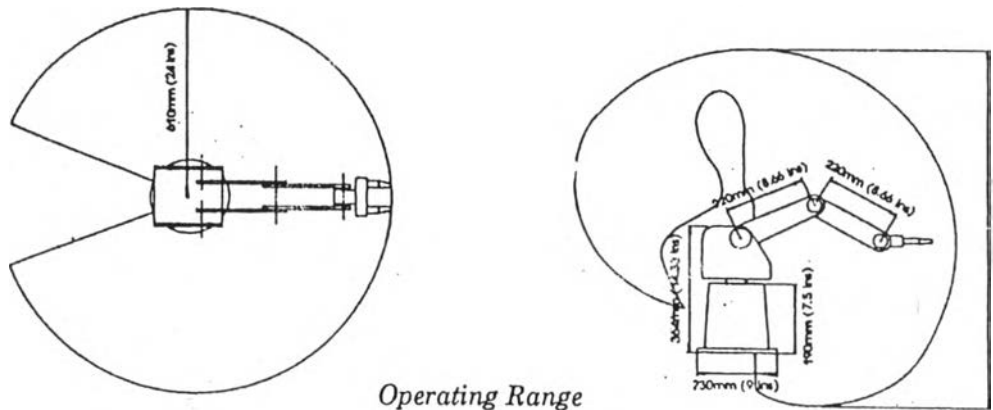
1.รายละเอียดของแขนกล SCORBOT®-ER VPLUS บริษัท ESHED ROBOTEC

Robot Arm Specifications

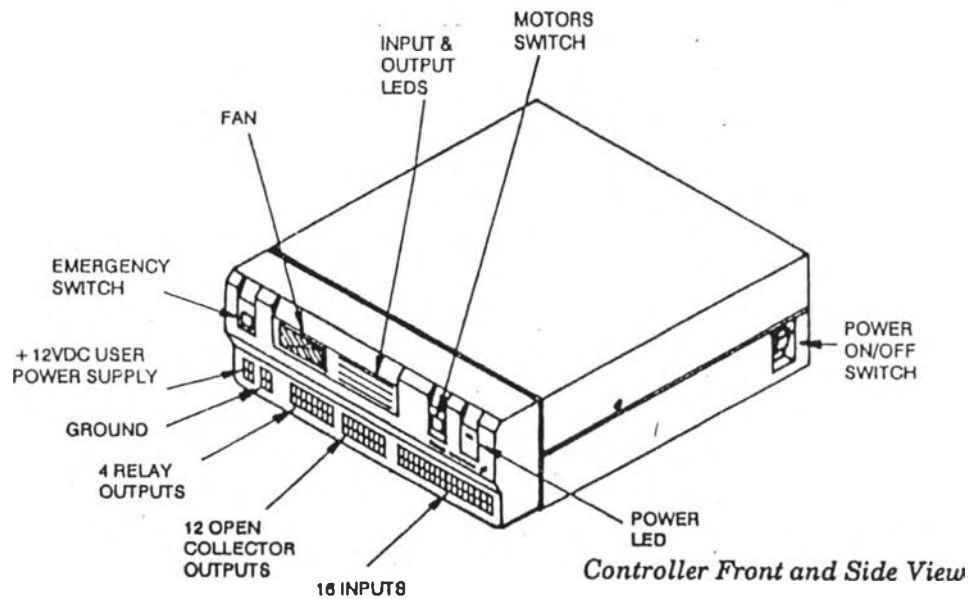
Item	Specification	Remarks
Mechanical structure	Vertical articulated robot	
Operating range:		
Axis 1:	310	Base rotation
Axis 2:	+130 / -35	Shoulder rotation
Axis 3:	± 130	Elbow rotation
Axis 4:	± 130	Wrist pitch
Axis 5:	Unlimited(mechanically) ± 1800 (electrically for ER V) ± 570 (electrically for ER Vplus)	Wrist roll
Radius of operation	610 mm(24.4")	
End effector	DC servo gripper	Include optical encoder; parallel finger motion
Gripper opening	75 mm (2.95") 65 mm (2.56")	Without rubber pads with rubber pads
-Sensors	Gripper can measure object's size;Gripper can sense gripping force	By means of software
Hard home	Fixed reference positions on all axes	By means of microswitch
Feedback	Optical encoders on all axes	
Actuators	Electrical DC servo motors	
Motor capacity (axes 1-5)	15 oz. In 70 w	Peak Torque(Stall) Power for Peak Torque
Transmission	Gears, timing belts, leadscrew	
Maximum workload	1 kg (2.2 lb)	
Repeatability	±0.5 mm. (±0.02")	Roll center,end of gripper surface
Maximum path velocity	600 mm/sec (23.6"/sec)	
Weight	Approx. 11 kg (24 lb) Approx. 11.5 kg (25 lb)	SCORBOT-ER V SCORBOT-ER V plus
Flexible House	For pneumatic end effector applications	Factory installed



Robot Arm Axes



Operating Range



Controller Front and Side View

รูปที่ ก.1

ตัวควบคุม

The following table gives the specifications of the SCORBOT-ER V controller. See Figures 1-8 and 1-9

Controller Specifications

Item	Specification	Remark
Controller Type	Real time, multi-tasking, stand alone, PID	Terminal required for programming stage only (PC+ATS software recommended). PID: proportional , integral , differential.
No. of Servo Axes	Standard: 8 Maximum: 11	Each axis can also be used as a user controlled analog output.
Groups of Control	11 axes can be divided into 3 groups: A and B, and group C (independent axes)	Each group is independent. Full flexibility in operation. Axes interpolation in groups A and B.
Axes Drive	PWM, 20 khz	PWM: Pulse Width Modulation
Path Control	PTP, CP, Linear, Circular; path calculated by mathematical formulars; e.g., sine, parabola, (10ms control cycle)	PTP: Point to Point CP: Continuous Path
Path Control Profiles	Paraboloid, Trapezoid, Open Loop free running	With acceleration / deceleration. Can be defined separately for each group of control
Interpolation Functions:	Articulation, linear, circular, mathematical formula	
Motion Speed	Definable either by speed or by travel time between points.	Programmable to a percentage value within speed range
Access to Control Parameters	Open or closed loop; PID constants(Proportional, Intergral, Differential); Offset	
CPU	Motorola 68010	
EPROM	384K bytes	
Work RAM	64K bytes	
User RAM	128K bytes	User RAM is battery

		backed up
No. of program lines and positions	12800 lines or 6375 positions (or any combination); e.g., 4800 lines and 4000 positions.	Each position requires memory space equal to two program lines. See <i>ACL Reference Guide</i> .
No. of programs in User RAM	Hundreds	Depends on length of programs.
Multi-tasking	Runs up to 20 independent programs simultaneously. Programs can be edited while others running.	
Inputs/Outputs	16 Inputs	All inputs with LED displays; 0V-1.5 VDC: Input On 2.5 V-24VDC: maximum
Home	Limit switch for each axis.	Up to 11 Limit Switches.
Communication	RS232 serial port	D25 female connector. XON/XOFF handshake
Programming Methods	<ol style="list-style-type: none"> 1. ACL: Using any terminal or an IBM PC/XT/AT/PS-2 with ATS. Over 100 commands. 2. SCORBASE: Using an IBM PC/XT/AT/PS-2 	ACL: Advanced Control Language; ATS: Advanced Terminal Software; See <i>ACL Reference Guide</i> for details. See SCORBASE Level 5 - ACL Version <i>Reference Guide</i> .
Teaching Position Methods	<ol style="list-style-type: none"> 1. Using ACL or SCORBASE (without a Teach Pendant) 2. Using a Teach Pendant 	
Coordinates Systems	<ol style="list-style-type: none"> 1. Articulated (joints) coordinates 2. XYZ coordinates 	Absolute and relative definitions
Sensors	Sensors interrupt capabilities	Sensors connected by means of input tabs.
Emergency Brake	Red switch for emergency brake	Lights up when activated. Disconnects power to motors and resets the system.
Hardware Protection	<ol style="list-style-type: none"> 1. Current limit on each axis 2. Automatic fuse on each axis 	Factory adjusted; user adjustable.
Software Protection	<ol style="list-style-type: none"> 1. Impact protection 2. Thermic protection 3. Upper and lower range 	Factory set; user definable.

	limits for each axis.	
Troubleshooting	<ol style="list-style-type: none"> 1. Built-in test routine 2. LED indicator on each servo axis and on each input/output 3. Software commands for testing the performance of each motor in open loop and for testing each encoder 	Test activated from terminal/computer or TP; tests servo axes, IOs and limit switches.ACL commands: SET ANOUT [i] and SHOW ENCO
Power Requirements	100/110/230 VAC , 50/60 Hz 500 W max.	± 5 %
Power Switching	Power ON, Motor ON switches	LED indicators for each.
User's Power Supply	+ 12 VDC, 2 amp	Regulated. Two external tabs for each pole.
Motors Power Supply	+ 24 VDC, 18 amp	Not regulated.
Operating Temperature	5 - 40 °C (41 - 104 °F)	
Weight	Approx. 19 kg (42 lb)	
Dimensions	490 mm (L) x 445 mm (W) x 150 mm (H) 19.3" (L) x 17.5" (W) x 5.9" (H)	

2.รายละเอียดของกล้อง CCD

Specifications

Pick Up Device	1/3" CCD image sensor interline transfer type
Picture Elements	512H x 492V (EIA) 500 x 582 (CCIR)
Sensing Area	4.9 mm x 3.71 mm (equipment to 1/3")
Resolution	More than 380 TV line
SYNC. System	Internal SYNC.
Scanning System	525 line / 60 fields (EIA) 625 line / 50 fields (CCIR)
S/N Ration	Better than 46dB (AGC OFF)
Gamma Correct	0.45/1 (set to 0.45 before shipment)
Min. Illumination	0.3 lux/F 1.4
Video Out	Composite 1.0 V _{pp} /75 Ohm
Horizontal Frequency	15.734 KHz (EIA) 15.625 KHz (CCIR)
Vertical Frequency	60 Hz (EIA) 50 Hz (CCIR)
Current	100 mA MAX
Operation Temperature	-10 °C - +55 °C
Lems Mount	C-Mount / Cs-Mount Capable With Adaptor
Shutter Control	Auto 1/60 TO 1/10000 SEC

Auto Shutter/Iris	Optional By Slide Switch	
Input Voltage	117V / 60Hz, 220V / 50Hz	DC 12 V
Dimension	56 (W) x 43 (H) x 140 (D) mm	56 (W) x 43 (H) x 107 (D) mm
Net/Cross Weight	650 g / 765 g	320 g / 810 g

3.รายละเอียดของ การ์ด Frame Grabber

Vision 8

8-Bit Frame Buffer EV-681 (Version 1.0)

Vision 8's features:

- 512 x 484 pixels (plus 2 half lines)
- 8-bits per pixel
- 256 simultaneously displayable colors from a palette of 16.7 million colors, or 256 grey scales
- Supports an Analog Monitor
- Flash monochrome digitizing from NTSC or Monochrome sources
- 3-pass color digitizing from RGB sources
- External Genlock
- Hardware Zoom 1,2,4, or 8 times
- Hardware pan in both X and Y directions
- Hardware maskable bit plane protection on CPU accesses
- Software controllable input gain and offset
- Fast pixel fill write mode: 4 pixels per memory below 1 MB, controllable through software

System Requirements

The following list details the minimum system configuration required to support the Vision 8 frame buffer:

- An IBM Personal Computer PC, XT, AT or compatible
- DOS Version 2.0 or higher
- 512K base memory
- An Analog monitor for graphics
- An RGB, NTSC, or black and white camera (optional)
- 1 MB of EMS memory is required for color frame grabbing

Default Settings

Section 3.2 through 3.3.5 define and explain all the jumper and switch settings on the Vision 8 Adapter in more detail. The following Table provides a summary for your convenience

Function	Default setting	Setting at Location:
Termination	75 - ohm	SW1
I/O Port Address	218 HEX	JP5
Memory Address	D400	Software
Input Configuration	1. RGB inputs with separate sync in, 2. Composite in only, 3. RGB and Composite in with no sync on green	JP1/JP2
Output Configuration	4 volt level SYNC for connection to an RGB monitor, a composite monitor, or VCR.	JP3 / JP4
Video Input Connector	Connect the Camera	J3
Video Output Connector	Connect the Monitor	J4

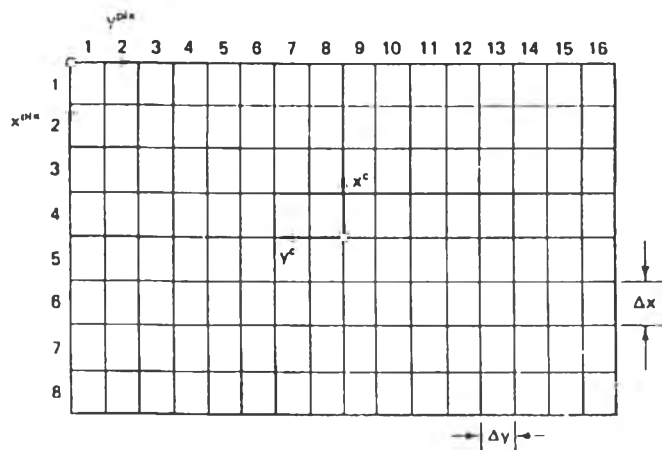
ภาคผนวก ข.

วิธีการแปลงเพอร์สเปคทีฟ

การแปลงค่าที่ได้คือ จุดเซ็นทรอยด์และการวางตัวของภาพให้สอดคล้องกับตำแหน่งของวัตถุในระบบแกนอ้างอิงของแขนกลซึ่งเรียกว่า การแปลงเพอร์สเปคทีฟ (perspective transformation) ในกรณีของวิธีนี้จะกล่าวถึงระบบแกนอ้างอิง 4 แกนอ้างอิงคือ

1. ระบบแกนอ้างอิงของแขนกล (base robot coordinate frame)
2. ระบบแกนอ้างอิงของกล้อง (camera coordinate frame)
3. ระบบแกนอ้างอิงของภาพ (image coordinate frame)
4. ระบบแกนอ้างอิงของพิกเซล (pixel coordinate frame)

จากรูปที่ ข-1 ระบบแกนอ้างอิงของพิกเซลจะอยู่ที่มุมบนซ้ายของพื้นที่ตรวจจับ (sensing area) ระบบแกนอ้างอิงของภาพจะอยู่ที่จุดกึ่งกลางของพื้นที่ตรวจจับ หลังจากที่เราได้ค่าของจุดเซ็นทรอยด์ของภาพซึ่งเป็นค่าที่อ้างอิงในระบบแกนอ้างอิงของพิกเซล ดังนั้นสามารถทำการแปลงค่านี้ให้อยู่ในระบบแกนอ้างอิงของภาพได้



รูปที่ ข-1 พิกเซลขนาด 8*16 พิกเซล [2]

กำหนดให้ T_{image}^{pixel} คือ เมตริกซ์ที่ใช้แปลงจากพิกัดของพิกเซลเป็นพิกัดของภาพ มีสมการดังนี้

$$T_{image}^{pixel} = Translation\left(\frac{m\Delta x i^1 + n\Delta y i^2}{2}\right) * Rotation(\pi, 3)$$

$$= \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 & \frac{m\Delta x}{2} \\ 0 & -1 & 0 & \frac{n\Delta y}{2} \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (ข-1)$$

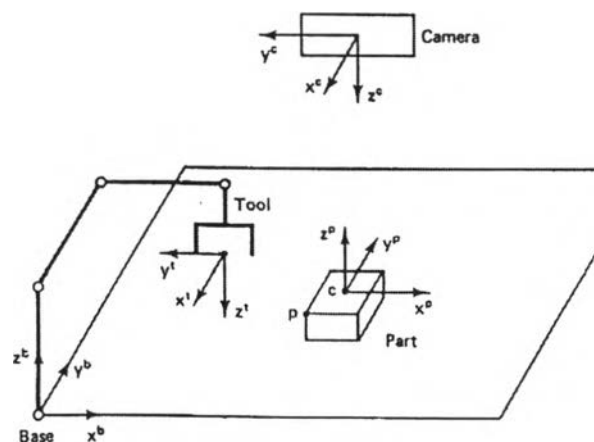
โดยที่ m คือ จำนวนพิกเซลในแนวแกน x n คือ จำนวนพิกเซลในแนวแกน y
 $\Delta x, \Delta y$ คือความกว้างความยาวของพิกเซล

และกำหนดให้

$$Translation\left(\frac{mi^1 + ni^2 + oi^3}{2}\right) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & m \\ 0 & 1 & 0 & n \\ 0 & 0 & 1 & o \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (ข-2)$$

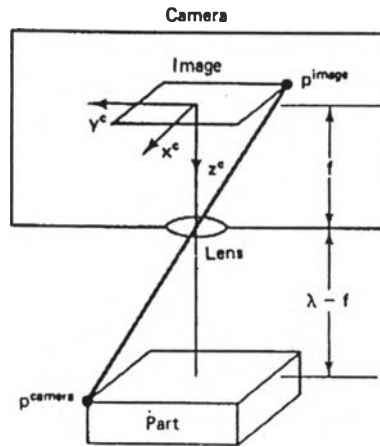
และ

$$Rotation(\alpha, 3) = \begin{bmatrix} \cos \alpha & -\sin \alpha & 0 & 0 \\ \sin \alpha & \cos \alpha & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (ข-3)$$



รูปที่ ข-2 พิกัดโดยรวมของระบบหุ่นยนต์ [2]

หลังจากที่ทำการแปลงจากพิกัดของพิกเซลเป็นพิกัดของภาพแล้ว ขั้นตอนต่อมาคือการแปลงค่าจากพิกัดภาพเป็นค่าในระบบพิกัดกล้องโดยมีเมตริกซ์ที่ใช้ในการแปลงคือ $T_{camera}^{image}(\lambda)$



รูปที่ ข-3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งวัตถุกับตำแหน่งภาพ [2]

จากรูปที่ ข-3 กำหนดให้

จุด p^{camera} คือ จุดบนวัตถุที่มีพิกัดเป็น $(p_1^{camera}, p_2^{camera}, p_3^{camera})$ ในระบบแกนอ้างอิงของกล้อง

จุด p^{image} คือ จุดบนภาพที่มีพิกัดเป็น $(p_1^{image}, p_2^{image}, p_3^{image})$ ในระบบแกนอ้างอิงของกล้อง

จากรูปที่ ข-3 ใช้ทฤษฎีสามเหลี่ยมคล้ายวิเคราะห์ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} -\frac{p_1^{image}}{f} &= \frac{p_1^{camera}}{(p_3^{camera} - f)} \\ -\frac{p_2^{image}}{f} &= \frac{p_2^{camera}}{(p_3^{camera} - f)} \\ p_3^{image} &= 0 \end{aligned} \quad (ข-4)$$

สามารถเขียนอยู่ในรูปเวกเตอร์ได้ดังนี้

$$p^{image} = \begin{bmatrix} -\frac{f \cdot p_1^{camera}}{(p_3^{camera} - f)} \\ -\frac{f \cdot p_2^{camera}}{(p_3^{camera} - f)} \\ 0 \end{bmatrix} \quad (ข-5)$$

การแปลงจาก P^{camera} เป็น P^{image} เป็นการแปลงแบบไม่เป็นเชิงเส้น (nonlinear mapping) ซึ่งสามารถเขียนให้อยู่ในรูปของพิกัดเอกพันธ์ (homogeneous coordinates) ได้ คือ

ให้ $p^{camera} \in R^4$ เป็นพิกัดเอกพจน์ของจุดบนวัตถุในระบบแกนอ้างอิงของกล้อง

ให้ $p^{image} \in R^4$ เป็นพิกัดเอกพจน์ของจุดบนภาพในระบบแกนอ้างอิงของกล้อง

จากรูปที่ ข-3 เขียนสมการแสดงความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$p^{image} = \left(T_{image}^{camera} \right) * p^{camera} \quad (ข-6)$$

เรียกเมตริกซ์ T_{image}^{camera} ว่า เพอร์สเปคทีฟทรานส์ฟอร์มเมชัน (perspective transformation) ซึ่งเป็นการแปลงจากพิกัดของกล้องเป็นพิกัดของภาพ แต่ในการวิเคราะห์ที่ในความเป็นจริงนั้นจะกระทำกลับกันคือ อินเวอร์สเพอร์สเปคทีฟทรานส์ฟอร์มเมชัน (inverse perspective transformation) คือ T_{camera}^{image} เป็นการวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของแขนกลและสามารถแสดงด้วยสมการที่ ข-7

$$T_{camera}^{image}(\lambda) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & f & \frac{f\lambda}{(f-\lambda)} \\ 0 & 0 & 1 & \frac{f}{(f-\lambda)} \end{bmatrix} \quad (ข-7)$$

โดยที่ λ คือ ระดับความสูงของกล้องเทียบกับผิววัตถุ

f คือ ค่า effective focal length

การพิสูจน์

$$T_{camera}^{image}(\lambda) * p^{image} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & f & \frac{f\lambda}{f-\lambda} \\ 0 & 0 & 1 & \frac{f}{f-\lambda} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} p_1^{image} \\ p_2^{image} \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$\begin{aligned}
&= \left[p_1^{image} \quad p_2^{image} \quad \frac{f * \lambda}{f - \lambda} \quad \frac{f}{f - \lambda} \right]^T \\
&= \left[\frac{(f - \lambda) * p_1^{image}}{f} \quad \frac{(f - \lambda) * p_2^{image}}{f} \quad \lambda \quad 1 \right]^T \\
&= \left[p_1^{camera} \quad p_2^{camera} \quad p_3^{camera} \quad 1 \right]^T \\
&= p^{camera}
\end{aligned}$$

เมื่อได้ค่าที่อยู่ในระบบแกนอ้างอิงของกล้อง ขั้นตอนสุดท้ายคือการแปลงจากพิกัดกล้องเป็นค่าในระบบพิกัดของแขนกลโดยเมตริกซ์ที่ใช้ในการแปลงคือ T_{base}^{camera}

$$T_{base}^{camera} = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 & x_o \\ -1 & 0 & 0 & y_o \\ 0 & 0 & -1 & z_o \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (ข-8)$$

โดยที่ x_o, y_o, z_o คือตำแหน่งของกล้องอ้างอิงกับฐานแขนกล

ดังนั้นการคำนวณหาตำแหน่งของวัตถุอ้างอิงกับฐานของแขนกล แสดงดังสมการที่ (ข-9)

$$p^{base} = T_{base}^{camera} * T_{camera}^{image}(\lambda) * T_{pixel}^{image} * p^{pixel} \quad (ข-9)$$

ดังนั้นในการหาค่าของตำแหน่งของวัตถุที่อ้างอิงกับฐานของแขนกลสิ่งที่เราต้องรู้คือ $x_o, y_o, z_o, f, \lambda, m, n, \Delta x, \Delta y$

เนื่องจากปัญหาที่เกิดจากค่าพารามิเตอร์ต่างๆและค่าความผิดพลาดอันเกิดจากเลนส์ซึ่งเรียกว่าการบิดเบือนของเลนส์อันเป็นเหตุผลสำคัญที่ทำให้ตำแหน่งเกิดการผิดพลาดขึ้นพิจารณาที่ตารางที่ ข-1

ผลการทดลองวิธีการแปลงเพอร์สเปคทีฟ

จากการทดลองเมื่อเราได้ตำแหน่งของภาพ (มีหน่วยเป็นพิกเซล) และเมื่อเราทำการแปลงกลับเป็นตำแหน่งของวัตถุที่อ้างอิงกับฐานของแขนกลแสดงผลดังตารางที่ ข-1

ตารางที่ ข-1 แสดงผลของตำแหน่งวัตถุที่ได้จากการคำนวณเปรียบเทียบกับตำแหน่งจริง

ตำแหน่ง ที่	x_c (pixel)	y_c (pixel)	$X_b(\text{cm})$ จริง	$Y_b(\text{cm})$ จริง	$Z_b(\text{cm})$ จริง	$X_b(\text{cm})$ ทดลอง	$Y_b(\text{cm})$ ทดลอง	$Z_b(\text{cm})$ ทดลอง
1	254.1	201.2	39.42	2.68	19.62	43.689	1.7380	19.699
2	415.1	42.94	43.91	-1.46	19.72	46.466	-0.769	19.700
3	55.44	62.54	43.24	8.64	19.69	46.075	4.9846	19.700
4	109.1	489.6	30.87	-1.6	19.85	35.896	-1.616	19.699
5	264	241.7	38.16	2.43	19.72	42.595	1.5238	19.699

หมายเหตุ (x_c, y_c) คือ ตำแหน่งของจุดเซ็นทรอยด์ของภาพ

(X_b, Y_b, Z_b) จริง คือ ตำแหน่งจริงของวัตถุที่อ้างอิงกับฐานของแขนกล

(X_b, Y_b, Z_b) การทดลอง คือ ตำแหน่งของวัตถุที่ได้จากการแปลงโดยใช้สมการด้านบนที่อ้างอิงกับฐานของแขนกล

จากการทดลองกรณีวิธีการแปลงเปอร์สเปคทีฟ พบว่าตำแหน่งของวัตถุที่ได้มีค่าผิดพลาดไปจากตำแหน่งจริงๆ ของวัตถุดังนั้นทำให้แขนกลไม่สามารถจับวัตถุได้ถูกต้องซึ่งสาเหตุที่สำคัญคือ

1. ปัญหาที่เกิดจากการบิดเบือนของเลนส์ (radial lens distortion)
2. ตำแหน่งที่ตั้งของกล้อง CCD ที่ตั้งอยู่เหนือวัตถุไม่ตั้งฉากกับผิววัตถุทำให้ตำแหน่งที่ถูกต้องของวัตถุเกิดการผิดพลาด
3. ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในส่วนของโปรแกรมมีการผิดพลาดทำให้ผลที่ได้มีการผิดพลาด

ตำแหน่งของภาพที่เกิดขึ้นบนกล้องและทำให้ตำแหน่งของวัตถุถูกต้องสามารถแสดงได้ดังตารางที่ ข-2

ตารางที่ ข-2 แสดงตำแหน่งที่ถูกต้องของภาพที่เกิดขึ้นที่กล้อง CCD

ตำแหน่ง ที่	$x_c(cm)$ จริง	$y_c(cm)$ จริง	$x_c(cm)$ ทดลอง	$y_c(cm)$ ทดลอง	$X_b(cm)$ ทดลอง	$Y_b(cm)$ ทดลอง	$Z_b(cm)$ ทดลอง
1	0.1614	0.3436	0.1948	0.1926	39.42	2.68	19.62
2	0.3081	0.1848	0.3182	0.0411	43.91	-1.46	19.72
3	-0.0496	0.2085	0.0425	0.0499	43.24	8.64	19.69
4	0.3134	0.6479	0.3136	0.1686	30.87	-1.6	19.85
5	0.1703	0.3885	0.2024	0.2313	38.16	2.43	19.72

หมายเหตุ

$(x_c(cm)$ จริง , $y_c(cm)$ จริง) คือตำแหน่งของจุดเซ็นทรอยด์ที่เกิดขึ้นและเมื่อทำการแปลงกลับเป็นตำแหน่งที่อ้างอิงกับฐานของแกนกลแล้วถูกต้องสอดคล้องกับค่าพารามิเตอร์ที่ใช้

ประวัติผู้เขียน

นายกิตติ เถลิงเกียรติขจร เกิดที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับปวชจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ สาขาอิเล็กทรอนิกส์ เมื่อปี พ.ศ. 2533 และเข้าศึกษาต่อระดับปริญญาตรีที่สถาบันเดียวกันสำเร็จ ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ เมื่อปี พ.ศ. 2537 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สาขาระบบควบคุม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปี พ.ศ.2537 ปัจจุบันปฏิบัติราชการเป็นข้าราชการประจำ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ รังสิต

