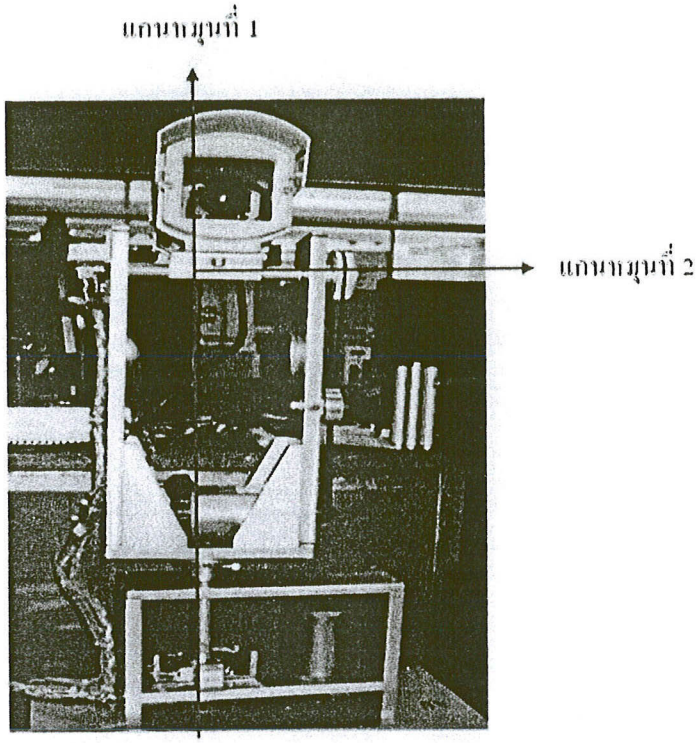
บทที่ 3
โครงสร้างของระบบ

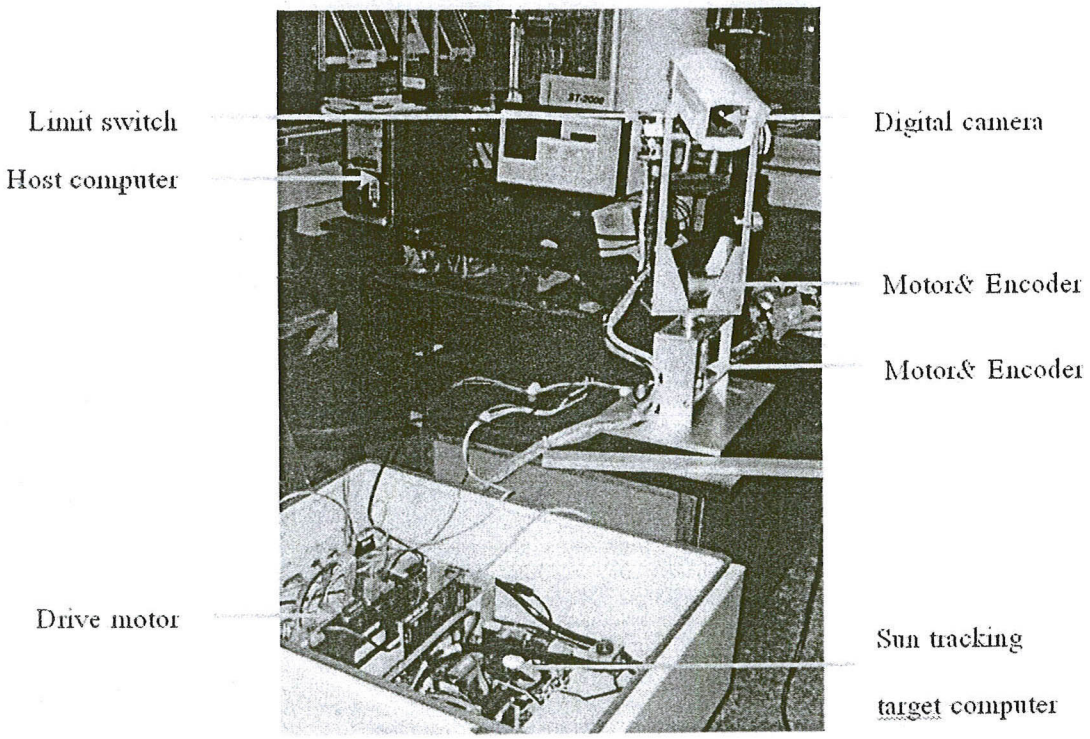
บทนี้จะเป็นการอธิบายถึงโครงสร้างระบบติดตามดวงอาทิตย์และระบบสะท้อนแสงอาทิตย์ที่ใช้ในการทดลองและอุปกรณ์ต่างในการควบคุมการเคลื่อนที่ของระบบทั้งสอง พร้อมทั้งอธิบายระบบควบคุมที่ใช้

3.1 ระบบติดตามดวงอาทิตย์

ระบบติดตามดวงอาทิตย์ที่ใช้ในการทดลอง ได้ออกแบบโครงสร้างให้มีแกนที่เคลื่อนที่ได้ 2 แกน (ดังรูปที่ 3.1) เพื่อให้สอดคล้องกับตำแหน่งของดวงอาทิตย์ที่ปรากฏบนโลกซึ่งจะมีมุมที่เกี่ยวข้อง 2 มุม คือ มุมอซิมุธ และมุมอัลติจูด ตามลำดับ แกนหมุนที่ 1 จะใช้ดีซีเซอร์โวมอเตอร์เป็นตัวขับโครงสร้างผ่านทางสายพานไทม์มิ่ง (Timing belt) อัตราทด 2:1 ระยะพิทช์ 2 mm. มีขอบเขตการเคลื่อนที่ 180 องศา โดยใช้ลิมิตสวิทช์เป็นตัวกำหนดขอบเขตการเคลื่อนที่ ส่วนแกนที่หมุนที่ 2 จะใช้ดีซีเซอร์โวมอเตอร์เป็นตัวขับโครงสร้างผ่านทางสายพานไทม์มิ่ง อัตราทด 3.33:1 ระยะพิทช์ 2 mm. มีขอบเขตการเคลื่อนที่ 200 องศา โดยใช้ลิมิตสวิทช์เป็นตัวกำหนดขอบเขตการเคลื่อนที่ โดยบนเพลาแกนหมุนที่ 2 จะมีกล้องดิจิตอลอุตสาหกรรมติดตั้งอยู่ เพื่อที่ใช้เป็นตัวตรวจจับตำแหน่งของดวงอาทิตย์ โดยระบบติดตามดวงอาทิตย์นี้มีส่วนประกอบสำคัญคือ 1.กล้องดิจิตอลอุตสาหกรรม 2. ไดรว์และมอเตอร์ 3.ลิมิตสวิทช์ 4.คอมพิวเตอร์ โดยมีชุดการทดลองดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.1 โครงสร้างระบบติดตามดวงอาทิตย์

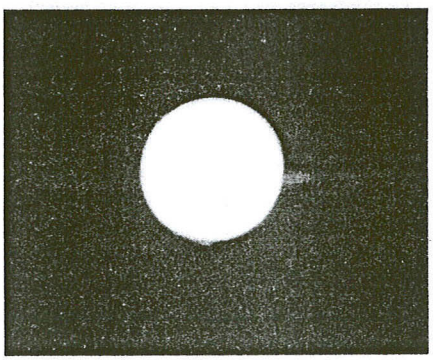


รูปที่ 3.2 ระบบติดตามดวงอาทิตย์

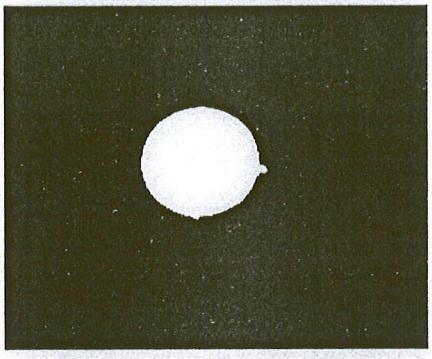
3.1.1 กล้องดิจิตอลอุตสาหกรรม

กล้องดิจิตอลอุตสาหกรรม ผลิตโดย BASLER รุ่น scA1000 – 30 gm/gc (ดังรูปที่ 3.3) ใช้ในการรับภาพดวงอาทิตย์เพื่อหาตำแหน่งของดวงอาทิตย์ โดยตัวกล้องดิจิตอลอุตสาหกรรมติดตั้งอยู่บนโครงสร้างที่สามารถหมุนได้ ดังรูปที่ 3.1 กำหนดกรอบรับภาพขนาด 1034 x 779 พิกเซล อัตราการเก็บภาพ 30 fps. รับข้อมูลภาพเป็นภาพขาวเทา (Gray scale) ดังรูปที่ 3.4 จากนั้นจะทำการแปลงข้อมูลภาพที่ได้ให้เป็นภาพสีขาวกับดำโดยกระบวนการเทรสโฮลด์ (Threshold) เพื่อแยกภาพดวงอาทิตย์ออกจากสิ่งแวดล้อม ดังรูปที่ 3.5 กล้องดิจิตอลอุตสาหกรรมนี้จะเชื่อมต่อกับการ์ดเก็บข้อมูลภายในคอมพิวเตอร์ เพื่อนำข้อมูลภาพที่ได้ไปประมวลผลและหาตำแหน่งกึ่งกลางของรูปภาพ ซึ่งตำแหน่งกึ่งกลางของรูปภาพมีหน่วยเป็นพิกเซล (Pixel)

รูปที่ 3.3 กล้องดิจิตอลอุตสาหกรรม [17]



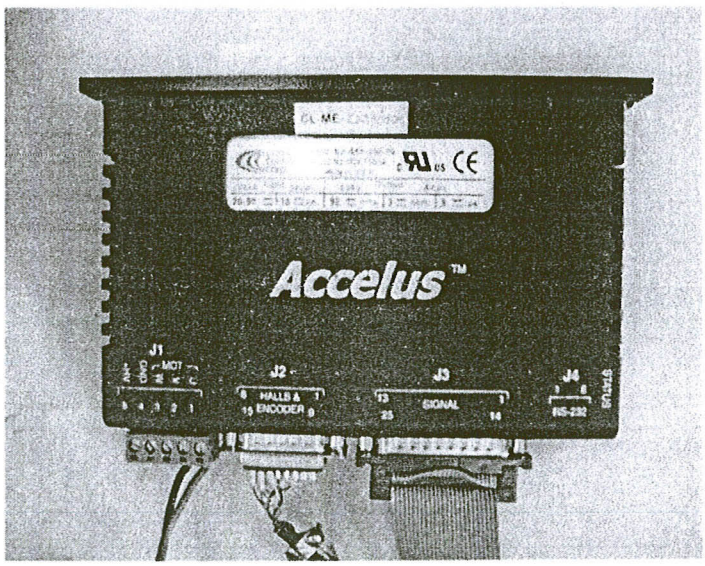
รูปที่ 3.4 ข้อมูลภาพขาวเทา



รูปที่ 3.5 ข้อมูลภาพสีขาวกับดำ

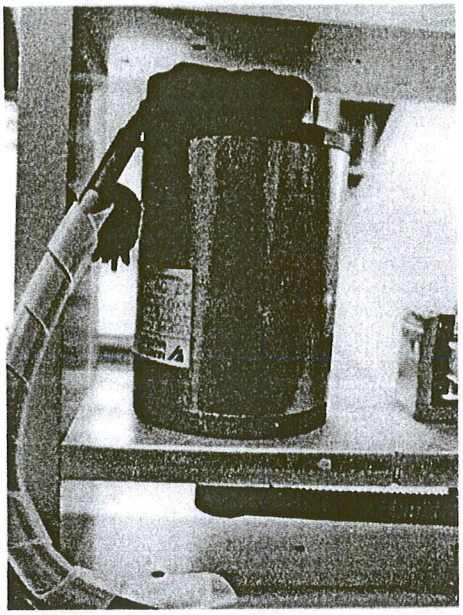
3.1.2 ไดรว์และมอเตอร์

มอเตอร์ไดรว์ผลิตโดย Copley controls corp. รุ่น ASP – 090 – 09 ใช้ในการควบคุมการทำงานของมอเตอร์ โดยจะรับสัญญาณการควบคุมมาจากคอมพิวเตอร์ และมอเตอร์ไดรว์จะควบคุมการจ่ายสัญญาณไฟฟ้าเข้าสู่มอเตอร์ พร้อมทั้งรับสัญญาณเอ็นโคเดอร์ที่ต่อกับตัวมอเตอร์และสัญญาณดิจิตอลจากลิมิตสวิทช์ จากนั้นส่งสัญญาณเอ็นโคเดอร์ที่ได้เข้าสู่คอมพิวเตอร์ ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 มอเตอร์ไดรว์

ในการทดลองจะใช้มอเตอร์แบบ ดีซีเซอร์โวมอเตอร์ (DC Servo motor) 24 โวลท์ ผลิตโดย Yaskawa electric corporation รุ่น Minertia motor F series UGFMED – 03SRT21 ใช้ขับเคลื่อนโครงสร้างผ่านทาง Timing belt โดยในแกนหมุนที่ 1ใช้อัตราทด 2:1 ระยะพิทช์ 2 mm. ส่วนแกนหมุนที่ 2 ใช้อัตราทด 3.33:1 ระยะพิทช์ 2 mm. โดยมีเอ็นโคเดอร์ต่อกับมอเตอร์เพื่อใช้ในการวัดตำแหน่งการหมุนของมอเตอร์ ดังรูปที่ 3.7



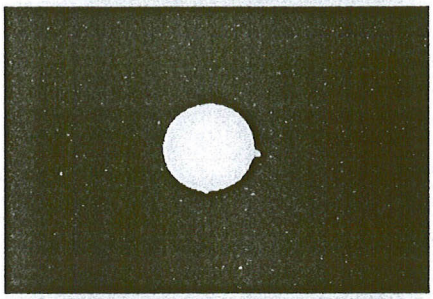
รูปที่ 3.7 มอเตอร์

3.2 การประมวลผลภาพ

ในการทดลองระบบติดตามดวงอาทิตย์ เริ่มต้นระบบรับภาพดวงอาทิตย์มาจากกล้องดิจิตอลอุตสาหกรรมซึ่งภาพที่ได้จะเป็นภาพสี จากนั้นนำภาพสีที่ได้มาเปลี่ยนให้เป็นภาพขาว - ดำ แล้วแยกภาพขาว - ดำ ที่ได้ให้สีขาวเป็นสีของวัตถุที่ต้องการและสีดำเป็นสีของพื้นหลัง โดยที่ภาพที่ได้จากกล้องจะเป็นภาพเคลื่อนไหวที่มีขนาด 24 fps ต่อไปจะนำข้อมูลภาพที่ได้มาแปลงและจัดเก็บอยู่ในรูปแบบของข้อมูลอาร์เรย์ (Array) เพื่อใช้ในการหาจุดศูนย์กลางของดวงอาทิตย์

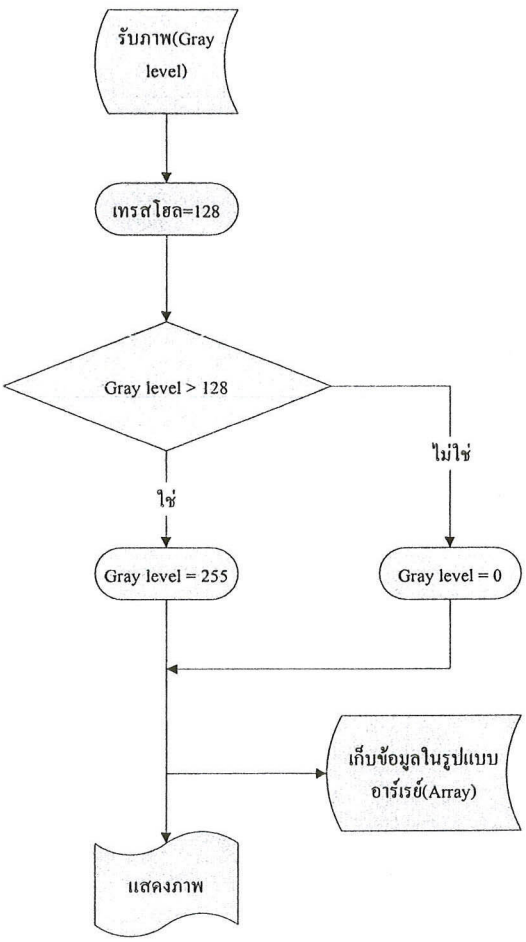
3.2.1 การทำไบนาไรซ์ (Binarization)

การทำไบนาไรซ์ เป็นการนำค่าสีในระดับภาพสีเทา (Gray level) ที่ได้จากกล้องดิจิตอลอุตสาหกรรมของพิกเซลทั้งหมดมาเปรียบเทียบกับค่าเทรสโฮลด์ที่ตั้งไว้และเก็บค่าพิกเซลใหม่ทุกพิกเซล ซึ่งการทดลองนี้จะตั้งค่าเทรสโฮลด์ อยู่ที่ 128 คือ ถ้าค่าสีในระดับภาพสีเทา มีค่าระหว่าง 0 - 127 จะได้ค่าสีในระดับภาพสีเทา ใหม่เป็น 0 และถ้าค่าสีในระดับภาพสีเทา มีค่าระหว่าง 128 - 255 จะได้ค่าสีในระดับภาพสีเทา ใหม่เป็น 255 ดังนั้นเมื่อทำไบนาไรซ์แล้วค่าสีในระดับภาพสีเทา ที่ได้จะมีค่าเป็น 0 หรือ 255 เท่านั้น ดังรูปที่ 3.8 และ 3.9



0000000000000000000000000000000000
0000000000000000255255000000000000
0000000000000255255255255000000000
0000000000000255255255255000000000
0000000000000000255255000000000000
0000000000000000000000000000000000

รูปที่ 3.8 ภาพที่ผ่านการไบนาไรซ์



รูปที่ 3.9 แผนผังการทำไบนาไรซ์

3.2.2 การเก็บข้อมูลในรูปอาร์เรย์ (Array)

การเก็บข้อมูลในรูปของอาร์เรย์ คือการเก็บข้อมูลในลักษณะเมตริก (Matrix) โดยแต่ละพิกเซลจะใช้ (x, y) ในการระบุตำแหน่ง ขนาดของเมตริกจะขึ้นอยู่กับจำนวนพิกเซลของกล้อง เช่น ในการทดลองใช้กล้องที่มีพิกเซล 1024 x 768 ดังนั้นจะได้ขนาดของเมตริกดังแสดงในสมการที่ 3.1

$$f(x,y) = \left[\begin{pmatrix} (0,0) & \cdots & 0,1023 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 767 & \cdots & 767,1023 \end{pmatrix}\right] \quad (3.1)$$

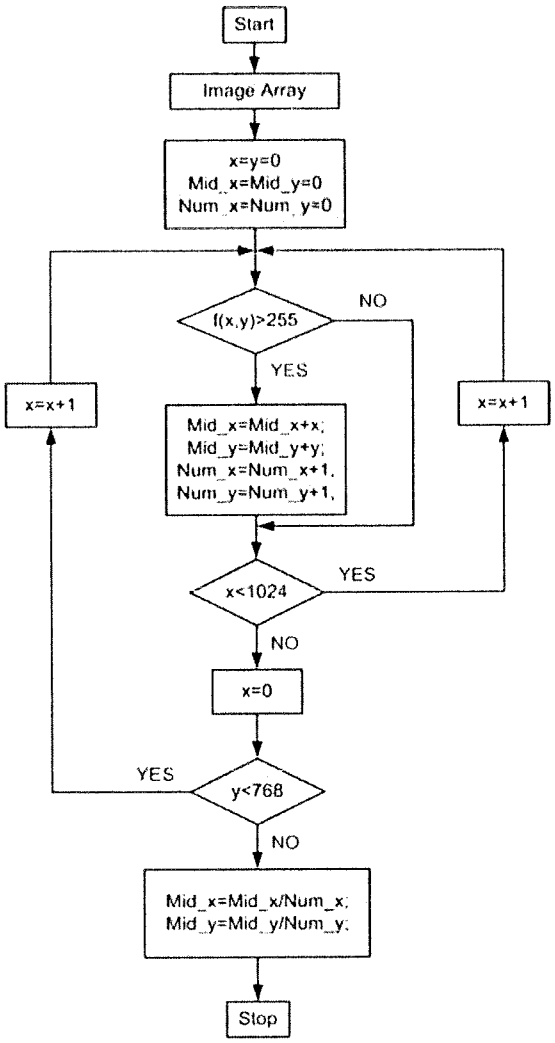
3.2.3 การหาจุดศูนย์กลางของดวงอาทิตย์

ในการหาจุดศูนย์กลางของดวงอาทิตย์จะเริ่มจากการตรวจสอบข้อมูลที่จัดเก็บไว้ในอาร์เรย์ โดยจะทำการตรวจสอบพิกเซลที่ละแถว โดยเริ่มในแกน x ไปจนหมดแถวแล้วค่อยเริ่มแถว y ถัดไป ถ้าข้อมูลในพิกเซลใดมีค่าสีในระดับภาพสีเทาเป็น 255 ให้นับค่า x โดยจะเริ่มทำตั้งแต่พิกเซลที่ 0 - 1023 และทำเช่นเดียวกันในแนว y โดยจะเริ่มทำตั้งแต่พิกเซลที่ 0 - 767 เมื่อทำการนับจำนวนพิกเซลที่เป็นสีขาว (255) ในภาพแล้วก็จะทำการหาค่าเฉลี่ยของภาพออกมาเป็นพิกัดพิกเซลแล้วจะได้พิกัด (x, y) ซึ่งเป็นจุดศูนย์กลางของดวงอาทิตย์ ดังรูปที่ 3.10

3.3 การควบคุมระบบติดตามดวงอาทิตย์

การควบคุมการทำงานของระบบติดตามดวงอาทิตย์ใช้คอมพิวเตอร์จำนวน 2 เครื่อง โดยคอมพิวเตอร์เครื่องแรกเรียกว่า คอมพิวเตอร์เป้าหมายระบบติดตามดวงอาทิตย์ (Sun tracking target - computer) ทำหน้าที่นำข้อมูลภาพดวงอาทิตย์ที่ได้จากกล้องดิจิตอลอุตสาหกรรมมาประมวลผลทางภาพ เพื่อหาจุดศูนย์กลางของดวงอาทิตย์ที่อยู่ในภาพ โดยข้อมูลที่รับมาจากกล้องนั้นมีขนาด 1024 x 768 พิกเซล และมีความเร็วในการเก็บข้อมูล 24 fps ซึ่งขั้นตอนในการประมวลผลภาพเพื่อที่จะหาจุดศูนย์กลางของดวงอาทิตย์ได้อธิบายไว้ในหัวข้อที่ 3.2 จากนั้นจะนำค่าเอ็นโคเดอร์ซึ่งวัดตำแหน่งในการหมุนของมอเตอร์ มาหาเวกเตอร์ตำแน่งของดวงอาทิตย์ (Sun position vector) และหามุมในการหมุนของระบบสะท้อนแสงอาทิตย์ (Azimuth & Altitude angle) หลังจากนั้นคอมพิวเตอร์เป้าหมายระบบติดตามดวงอาทิตย์จะควบคุมการเคลื่อนที่ของระบบติดตามดวงอาทิตย์หรือควบคุมการหมุนของมอเตอร์ทั้งสองตัวให้ขับโครงสร้างของระบบและทำให้จุดกึ่งกลางของดวงอาทิตย์ที่ได้จากการประมวลผลภาพอยู่ ณ ตำแหน่งกึ่งกลางของภาพ คือ x = 512 และ y = 384 สำหรับอัลกอริทึม (Algorithm) ในการควบคุมนั้นได้ใช้ตัวควบคุมแบบพีไอดี คอมพิวเตอร์เป้าหมายระบบติดตามดวงอาทิตย์ จะมีโปรแกรมที่ถูกพัฒนาโดยคอมพิวเตอร์อีกตัวที่เรียกว่า คอมพิวเตอร์หลัก (Host computer) เป็นตัวสั่งการทำงานผ่านทางอีเทอร์เน็ต โดยที่โปรแกรมที่ถูกพัฒนาขึ้นนี้ได้ใช้ซอฟท์แวร์ LabVIEW เป็นเครื่องมือในการพัฒนา สำหรับคอมพิวเตอร์หลักโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นจะทำงานบน MS Windows XP ส่วนคอมพิวเตอร์เป้าหมาย

ระบบติดตามดวงอาทิตย์จะใช้ระบบปฏิบัติการเวลาจริง (Real - time operating system) ของซอฟท์แวร์ LabVIEW ที่เรียกว่า Real - time target OS.

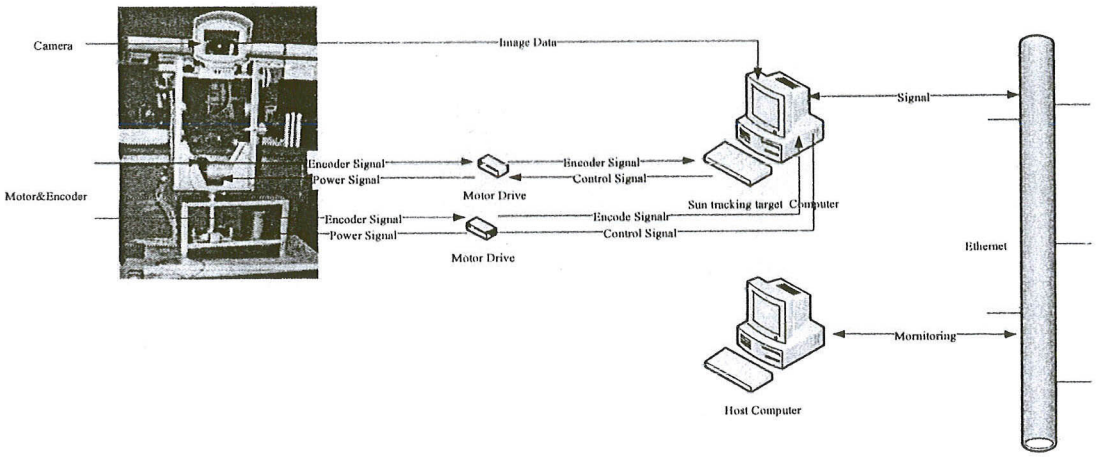


รูปที่ 3.10 แผนผังการหาจุดศูนย์กลางของดวงอาทิตย์

3.4 ระบบสัญญาณการควบคุมของระบบติดตามดวงอาทิตย์ที่ใช้ในการทดลอง

ระบบสัญญาณการควบคุมของระบบติดตามดวงอาทิตย์ที่ใช้ในการทดลอง เริ่มต้นเมื่อกล้องดิจิตอลอุตสาหกรรมรับข้อมูลภาพดวงอาทิตย์และส่งข้อมูลภาพ (Image data) สู่ Tracking target - computer เพื่อประมวลผลภาพดวงอาทิตย์และหาตำแหน่งกึ่งกลางของดวงอาทิตย์ หลังจากนั้น Tracking target computer จะส่งสัญญาณการควบคุม (Control signal) สู่มอเตอร์ไดรว์เพื่อควบคุมการจ่ายสัญญาณกำลัง (Power signal) ให้กับมอเตอร์เพื่อเลี้ยงให้ตำแหน่งกึ่งกลางภาพดวงอาทิตย์ที่ได้อยู่ที่ตำแหน่ง x = 512 และ y = 384 โดยในการเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงานจะเขียนที่คอมพิวเตอร์หลัก และส่งสัญญาณผ่านอีเทอร์เน็ต (Ethernet) ไปยังคอมพิวเตอร์เป้าหมายระบบ

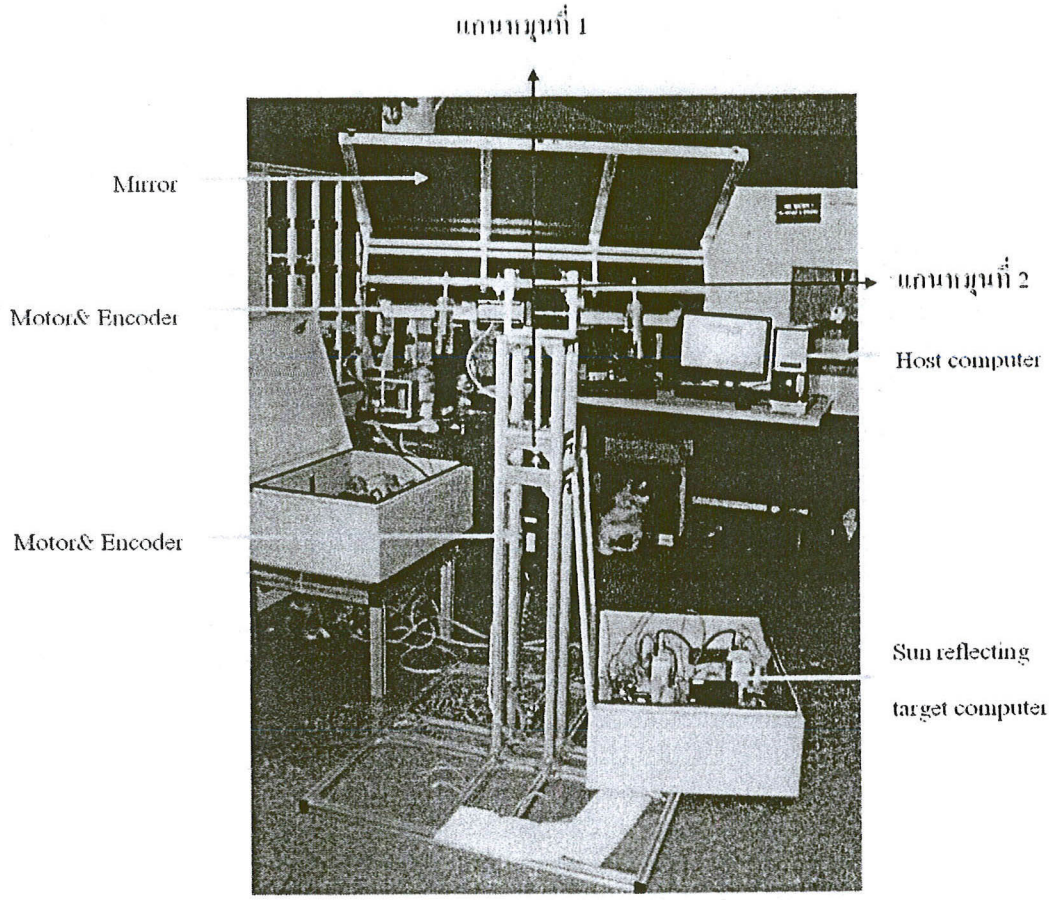
ติดตามดวงอาทิตย์ โดยที่ตำแหน่งการหมุนของมอเตอร์จะถูกวัดโดยเอ็นโคเดอร์ ซึ่งติดตั้งอยู่ที่มอเตอร์ เพื่อนำค่าตำแหน่งการหมุนของมอเตอร์ที่ได้มาหาเวกเตอร์ตำแหน่งของดวงอาทิตย์ ดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 ระบบสัญญาณการควบคุมของระบบติดตามดวงอาทิตย์ที่ใช้ในการทดลอง

3.5 ระบบสะท้อนแสงอาทิตย์ที่ใช้ในการทดลอง

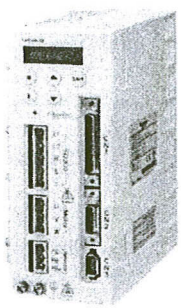
ระบบสะท้อนแสงอาทิตย์ที่ใช้ในการทดลอง ได้ออกแบบโครงสร้างให้มีแกนที่เคลื่อนที่ได้ 2 แกน (ดังรูปที่ 3.12) โดยแกนหมุนที่ 1 จะใช้เอซีเซอร์โวมอเตอร์ในการขับเคลื่อนโครงสร้างผ่านทางคัปปลิ้ง (Coupling) มีขอบเขตการเคลื่อนที่ 180 องศา โดยใช้ลิมิตสวิทช์เป็นตัวกำหนดขอบเขตการเคลื่อนที่ ส่วนแกนหมุนที่ 2 จะใช้เอซีเซอร์โวมอเตอร์ในการขับเคลื่อนโครงสร้างผ่านทางสายพานไทม์มิ่ง อัตราทด 1.33:1 ระยะพิทช์ 2 mm. มีขอบเขตการเคลื่อนที่ 180 องศา โดยใช้ลิมิตสวิทช์เป็นตัวกำหนดขอบเขตการเคลื่อนที่ ซึ่งบนเพลาแกนหมุนที่ 2 นี้จะติดตั้งแผ่นกระจกไว้ด้านบนเพื่อเป็นตัวสะท้อนแสงอาทิตย์โดยระบบสะท้อนแสงอาทิตย์นี้มีส่วนประกอบสำคัญ คือ 1.ไดรว์และมอเตอร์ 2. แผ่นกระจก 3. คอมพิวเตอร์ โดยมีชุดการทดลองดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 ระบบสะท้อนแสงอาทิตย์ที่ใช้ในการทดลอง

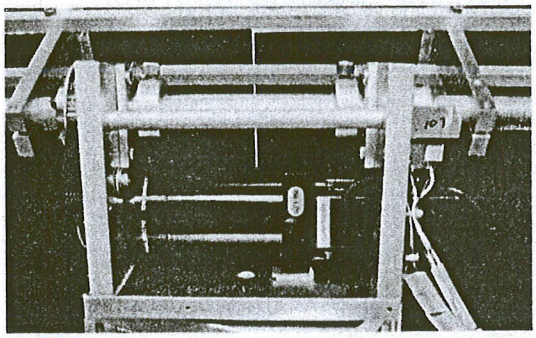
3.5.1 ไดรว์และมอเตอร์

มอเตอร์ไดรว์ผลิตโดย Schneider electric รุ่น LXM23CU04M3X ใช้เพื่อควบคุมการทำงานของมอเตอร์ โดยมอเตอร์ไดรว์จะรับสัญญาณการควบคุมมาจากคอมพิวเตอร์ และมอเตอร์ไดรว์จะควบคุมการจ่ายสัญญาณไฟฟ้าเข้าสู่มอเตอร์ พร้อมทั้งรับสัญญาณเอ็นโคเดอร์ที่ต่อกับตัวมอเตอร์และสัญญาณดิจิตอลจากลิมิตสวิทช์ ดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 มอเตอร์ไดรว์

ในการทดลองใช้มอเตอร์แบบ เอซีเซอร์โวมอเตอร์ (AC Servo motor) 220 โวลท์ ผลิตโดย Schneider electric รุ่น Lexium 23 C BCH0602011A1C และต่อเข้ากับเกียร์เฮด (Gear head) อัตราทด 15:1 เพื่อขับเคลื่อนโครงสร้าง โดยแกนหมุนที่ 1 ใช้คัปปลิ้งเป็นตัวส่งกำลัง ส่วนแกนหมุนที่ 2 ใช้สายพานไทม์มิ่ง อัตราทด 1.33:1 ระยะพิทช์ 5 mm. เป็นตัวส่งกำลัง โดยมีเอ็นโคเดอร์เพื่อวัดตำแหน่งการหมุนของมอเตอร์ ดังรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 มอเตอร์ AC Servo

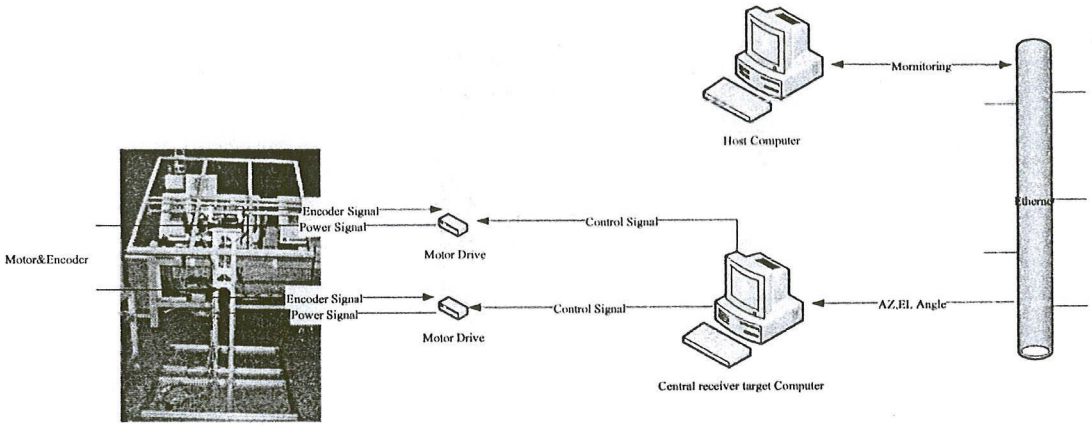
3.6 การควบคุมระบบสะท้อนแสงอาทิตย์

การควบคุมการทำงานของระบบสะท้อนแสงอาทิตย์ ใช้คอมพิวเตอร์จำนวน 2 เครื่อง โดยคอมพิวเตอร์เครื่องแรกเรียกว่า คอมพิวเตอร์เป้าหมายระบบสะท้อนแสงอาทิตย์ (Central receiver - target computer) ทำหน้าที่รับข้อมูลมุมในการหมุนของระบบสะท้อนแสงอาทิตย์จากอีเทอร์เน็ต และคอมพิวเตอร์เป้าหมายระบบสะท้อนแสงอาทิตย์จะควบคุมการเคลื่อนที่ของระบบสะท้อนแสงอาทิตย์หรือควบคุมการหมุนของมอเตอร์ทั้งสองตัวให้ขับโครงสร้างของระบบ เพื่อให้แสงอาทิตย์ที่สะท้อนจากกระจกอยู่ ณ ตำแหน่ง $x = 15.8$ m., $y = 12$ m. และ $z = 3.2$ m. ซึ่งเป็นตำแหน่งเป้าหมายของการทดลอง สำหรับอัลกอริทึ่มในการควบคุมนั้นได้ใช้ตัวควบคุมแบบพีไอดี คอมพิวเตอร์เป้าหมายระบบสะท้อนแสงอาทิตย์ จะมีโปรแกรมที่ถูกพัฒนาโดยคอมพิวเตอร์อีกตัวที่เรียกว่า คอมพิวเตอร์หลัก เป็นตัวสั่งการทำงานผ่านทางอีเทอร์เน็ต โดยโปรแกรมที่ถูกพัฒนาขึ้นนี้ได้ใช้ซอฟท์แวร์ LabVIEW เป็นเครื่องมือในการพัฒนา สำหรับคอมพิวเตอร์หลักโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นจะทำงานบน MS Windows XP ส่วนคอมพิวเตอร์เป้าหมายระบบติดตามดวงอาทิตย์จะใช้ระบบปฏิบัติการเวลาจริง (Real - time operating system) ของซอฟท์แวร์ LabVIEW ที่เรียกว่า Real - time target OS.

3.7 ระบบสัญญาณการควบคุมของระบบสะท้อนแสงอาทิตย์ที่ใช้ในการทดลอง

ระบบสัญญาณการควบคุมของระบบสะท้อนแสงอาทิตย์ที่ใช้ในการทดลอง เริ่มต้นเมื่อคอมพิวเตอร์เป้าหมายระบบสะท้อนแสงอาทิตย์ รับข้อมูลมุมในการหมุนของระบบสะท้อนแสงอาทิตย์จากคอมพิวเตอร์เป้าหมายระบบติดตามดวงอาทิตย์ผ่านอีเทอร์เน็ต จากนั้นคอมพิวเตอร์เป้าหมาย

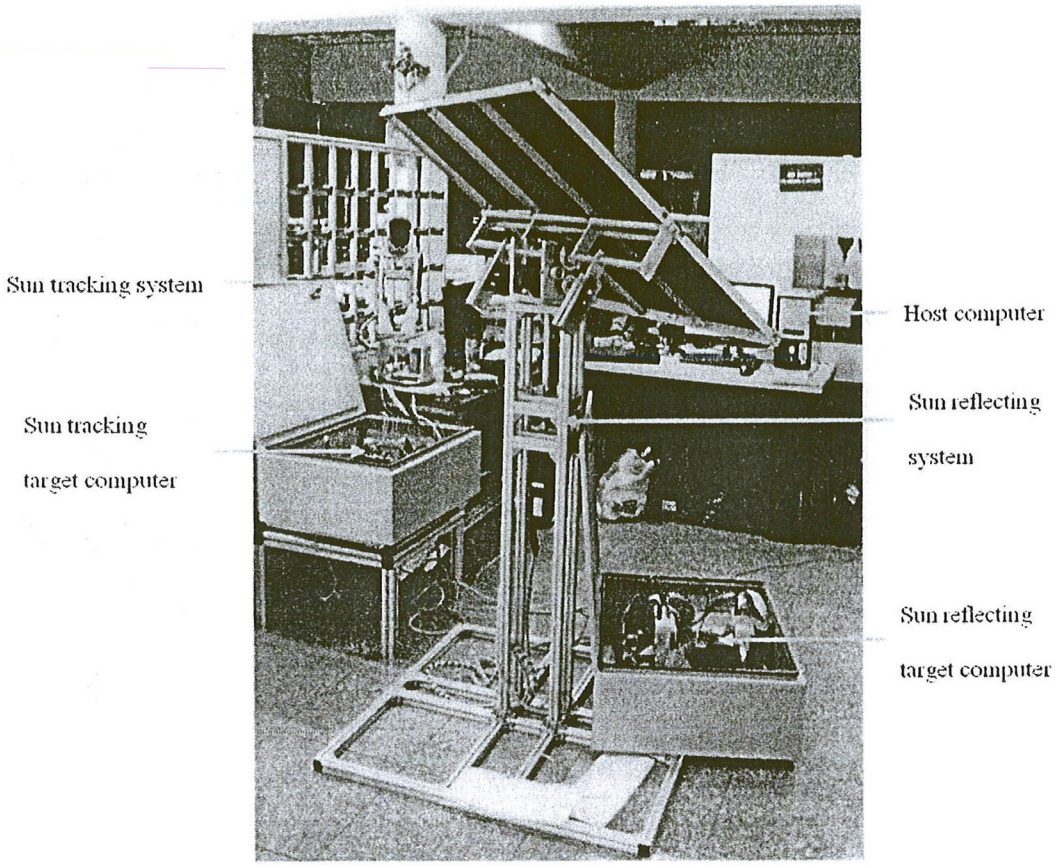
ระบบสะท้อนแสงอาทิตย์ จะส่งสัญญาณการควบคุมสู่มอเตอร์ไดรว์ เพื่อควบคุมการจ่ายสัญญาณกำลังให้กับมอเตอร์เพื่อควบคุมการหมุนของมอเตอร์ให้ได้ตามข้อมูลที่ส่งมา โดยที่ตำแหน่งการหมุนของมอเตอร์จะถูกวัดโดยเอ็นโคเดอร์ ซึ่งติดตั้งอยู่ที่มอเตอร์ และส่งข้อมูลตำแหน่งของมอเตอร์สู่มอเตอร์ไดรว์ เพื่อประมวลผลต่อไป ดังรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 ระบบสัญญาณการควบคุมระบบสะท้อนแสงอาทิตย์ที่ใช้ในการทดลอง

3.8 ระบบติดตามดวงอาทิตย์และระบบสะท้อนแสงอาทิตย์ที่ใช้ในการทดลอง

ระบบติดตามดวงอาทิตย์และระบบสะท้อนแสงอาทิตย์ที่ใช้ในการทดลอง เป็นการนำเอาระบบการติดตามดวงอาทิตย์ที่ได้กล่าวแล้วในหัวข้อ 3.1 มาทำการหาเวกเตอร์ตำแหน่งของดวงอาทิตย์ และหามุมในการหมุนของระบบสะท้อนแสงอาทิตย์ หลังจากนั้นส่งข้อมูลดังกล่าวเพื่อควบคุมการทำงานของระบบสะท้อนแสงอาทิตย์โดยจะมีโครงสร้าง ดังรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.16 ระบบติดตามดวงอาทิตย์และระบบสะท้อนแสงอาทิตย์ที่ใช้ในการทดลอง

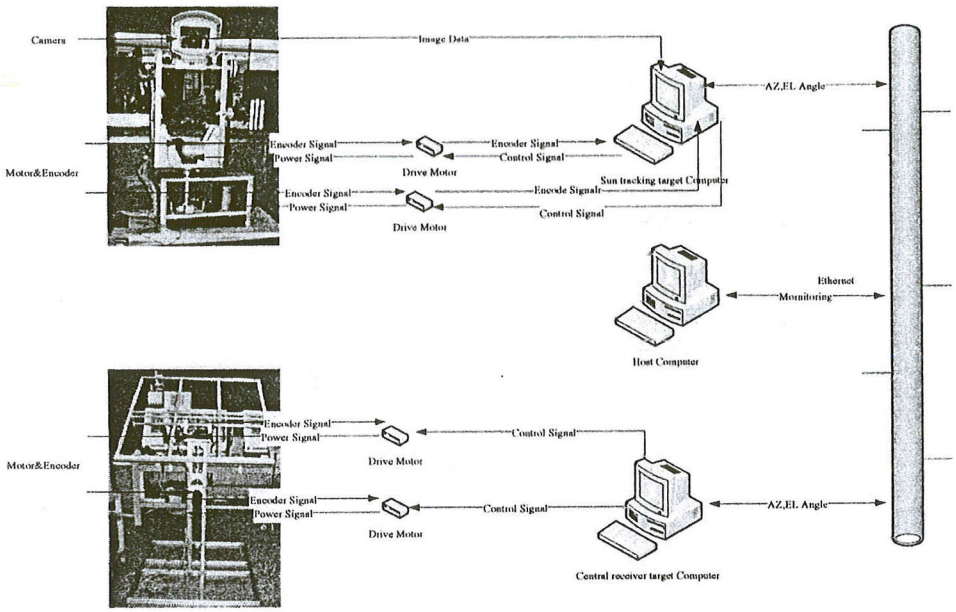
3.9 การควบคุมระบบติดตามดวงอาทิตย์และระบบสะท้อนแสงอาทิตย์

การควบคุมการทำงานของระบบติดตามดวงอาทิตย์และระบบสะท้อนแสงอาทิตย์ ใช้คอม - พิวเตอร์จำนวน 3 เครื่อง โดยคอมพิวเตอร์เครื่องแรกเรียกว่า คอมพิวเตอร์เป้าหมายระบบติดตามดวงอาทิตย์ ทำหน้าที่นำข้อมูลภาพดวงอาทิตย์ที่ได้จากกล้องดิจิตอลอุตสาหกรรมมาประมวลผลทางภาพเพื่อหาจุดศูนย์กลางของดวงอาทิตย์ที่อยู่ในภาพ โดยข้อมูลที่รับมาจากกล้องนั้นมีขนาด 1024 x 768 พิกเซล และมีความเร็วในการเก็บข้อมูล 24 fps ซึ่งขั้นตอนในการประมวลผลภาพเพื่อหาจุดศูนย์กลางของดวงอาทิตย์ได้อธิบายไว้ในหัวข้อที่ 3.2 จากนั้นจะนำค่าเอ็นโคเดอร์ซึ่งวัดตำแหน่งในการหมุนของมอเตอร์มาหาเวกเตอร์ตำแหน่งของดวงอาทิตย์ และนำเวกเตอร์ตำแหน่งของดวงอาทิตย์มาหามุมในการหมุนของระบบสะท้อนแสงอาทิตย์ พร้อมทั้งส่งค่ามุมดังกล่าวผ่านทางอีเทอร์เน็ตไปสู่ คอมพิวเตอร์เป้าหมายระบบสะท้อนแสงอาทิตย์ หลังจากนั้นคอมพิวเตอร์เป้าหมายระบบติดตามดวงอาทิตย์จะควบคุมการเคลื่อนที่ของระบบติดตามดวงอาทิตย์ หรือควบคุมการหมุนของมอเตอร์ทั้งสองตัวให้ขับโครงสร้างของระบบและทำให้จุดกึ่งกลางของดวงอาทิตย์ที่ได้จากการประมวลผลภาพอยู่ ณ ตำแหน่งกึ่งกลางของภาพ คือ x = 512 และ y = 384 คอมพิวเตอร์เครื่องที่

สองเรียกว่า คอมพิวเตอร์เป้าหมายระบบสะท้อนแสงอาทิตย์ สำหรับอัลกอรึทึม ในการควบคุมนั้นได้ใช้ตัวควบคุมแบบพีไอดี คอมพิวเตอร์เป้าหมายระบบติดตามดวงอาทิตย์จะมีโปรแกรมที่ถูกพัฒนาโดยคอมพิวเตอร์อีกตัวที่เรียกว่า คอมพิวเตอร์หลักเป็นตัวสั่งการทำงาน ผ่านทางอีเทอร์เน็ต โดยโปรแกรมที่ถูกพัฒนาขึ้นนี้ได้ใช้ซอฟท์แวร์ LabVIEW เป็นเครื่องมือในการพัฒนา สำหรับคอมพิวเตอร์หลักโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นจะทำงานบน MS Windows XP ส่วนคอมพิวเตอร์เป้าหมายระบบติดตามดวงอาทิตย์และคอมพิวเตอร์เป้าหมายระบบสะท้อนแสงอาทิตย์ จะใช้ระบบปฏิบัติการเวลาจริง (Real - time operating system) ของซอฟท์แวร์ LabVIEW ที่เรียกว่า Real - time target OS.

3.10 ระบบสัญญาณการควบคุมของระบบติดตามดวงอาทิตย์และระบบสะท้อนแสงอาทิตย์

ระบบสัญญาณการควบคุมของระบบติดตามดวงอาทิตย์และระบบสะท้อนแสงอาทิตย์ เริ่มต้นเมื่อกล้องดิจิตอลอุตสาหกรรมรับข้อมูลภาพดวงอาทิตย์ และส่งข้อมูลภาพสู่คอมพิวเตอร์เป้าหมายระบบติดตามดวงอาทิตย์ เพื่อประมวลผลภาพดวงอาทิตย์และหาตำแหน่งกึ่งกลางของดวงอาทิตย์ หลังจากนั้นคอมพิวเตอร์เป้าหมายระบบติดตามดวงอาทิตย์จะส่งสัญญาณการควบคุม สู่มอเตอร์ไดรว์เพื่อควบคุมการจ่ายสัญญาณกำลังให้กับมอเตอร์ เพื่อเลี้ยงให้ตำแหน่งกึ่งกลางภาพดวงอาทิตย์ที่ได้อยู่ที่ตำแหน่ง x = 512 และ y = 384 โดยที่ตำแหน่งการหมุนของมอเตอร์จะถูกวัดโดยเอ็นโคเดอร์ ซึ่งติดตั้งอยู่ที่มอเตอร์ และคอมพิวเตอร์เป้าหมายระบบติดตามดวงอาทิตย์ จะนำค่าตำแหน่งการหมุนของมอเตอร์ที่ได้มาหามุมในการหมุนของระบบสะท้อนแสงอาทิตย์ และส่งสัญญาณค่ามุมดังกล่าวไปยังคอมพิวเตอร์เป้าหมายระบบสะท้อนแสงอาทิตย์ผ่านทางอีเทอร์เน็ต เมื่อคอมพิวเตอร์เป้าหมายระบบสะท้อนแสงอาทิตย์รับสัญญาณค่ามุมแล้ว จะส่งสัญญาณการควบคุมสู่มอเตอร์ไดรว์ เพื่อควบคุมการจ่ายสัญญาณกำลังให้กับมอเตอร์หรือควบคุมการหมุนของมอเตอร์ให้ได้ตามข้อมูลที่ส่งมา โดยที่ตำแหน่งการหมุนของมอเตอร์จะถูกวัดโดยเอ็นโคเดอร์ซึ่งติดตั้งอยู่ที่มอเตอร์ และส่งข้อมูลตำแหน่งของมอเตอร์สู่มอเตอร์ไดรว์เพื่อประมวลผลต่อไป ดังรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.17 ระบบสัญญาณการควบคุมระบบติดตามดวงอาทิตย์
และระบบสะท้อนแสงอาทิตย์ที่ใช้ในการทดลอง