สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

แบบรายงานความฉบับสมบูรณ์โครงการวิจัย

ประกอบการของบเพื่อการวิจัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2550

.....

ทิศทางของการวิจัย ทิศทางที่ 1 การวิจัยที่จะนำพาประเทศไปสู่การพึ่งตนเอง

แผนการวิจัย แผนที่ 5 แผนการสร้างเทคโนโลยีหรือวิธีการใช้เทคโนโลยีในประเทศ

หัวข้อวิจัย หัวข้อที่ 2 การวิจัยเพื่อพัฒนาเทคโนโลยีทางวิทยาศาสตร์และการแพทย์เพื่อนำไปสู่การผลิตใช้

ส่วนที่ 1 สาระสำคัญของโครงการวิจัย

1. ชื่อโครงการวิจัย และรหัสหรือทะเบียนโครงการวิจัยของหน่วยงาน (ถ้ามี)

(ภาษาไทย) ระบบสร้างภาพ 3 มิติแบบเร็วด้วยเทคนิค Stereoscopy

(ภาษาอังกฤษ) Fast Stereoscopy 3D Modeling Unit

หน่วยงานที่รับผิดชอบงานวิจัยและที่อยู่

ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบัน/มหาวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ที่อยู่ ถ.ฉลองกรุง ลาดกระบัง กรุงเทพ 10520

โทรศัพท์ 7373000 ext. 3378, 3269968 โทรสาร 7392398

3. คณะผู้วิจัยและสัดส่วนที่ทำการวิจัย

ชื่อหัวหน้าโครงการ

ชื่อ นาย ชูชาติ ปิณฑวิรุจน์

คุณวุฒิ Ph.D. (Biomedical Engineering), Drexel University, USA

ตำแหน่งทางวิชาการ อาจารย์ ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบัน/มหาวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ที่อยู่ ถ.ฉลองกรุง ลาดกระบัง กรุงเทพ 10520

โทรศัพท์ 7373000 ext. 3378, 3269968 โทรสาร 7392398

4. เป็นโครงการเดี่ยว

5. ในกรณีที่โครงการวิจัยนี้ ทำการวิจัยร่วมกับหน่วยงานอื่น โปรดระบุชื่อหน่วยงานและลักษณะของการร่วมงานนั้นด้วย -

6. ประเภทของงานวิจัย การประยุกต์วิจัย (Applied Research)

7. สาขาวิชาการ ที่ทำการวิจัย วิทยาศาสตร์การแพทย์

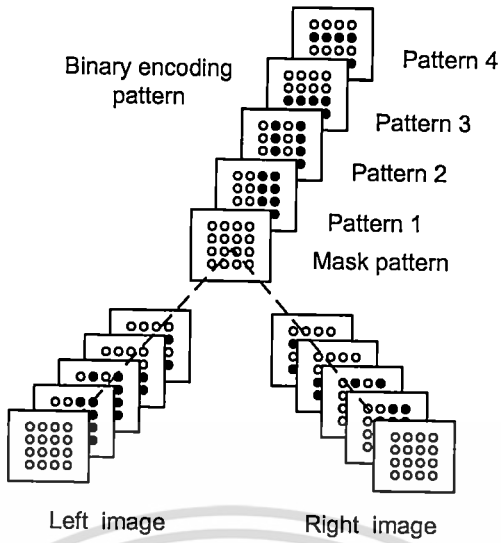
8. คำสำคัญของเรื่องที่ทำการวิจัย (Keywords)

RCH
TR
854
ช64ร

เลขหมู่
เลขทะเบียน 84582
วัน,เดือน,ปี 22 ต.ค. 2551

b 11995762

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4 การเข้ารหัสไบนารี

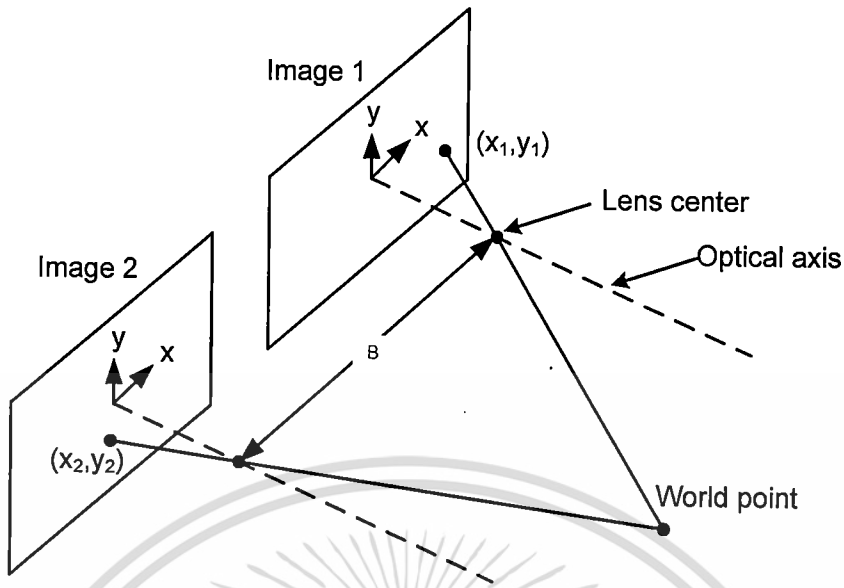
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. ความสำคัญ ที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

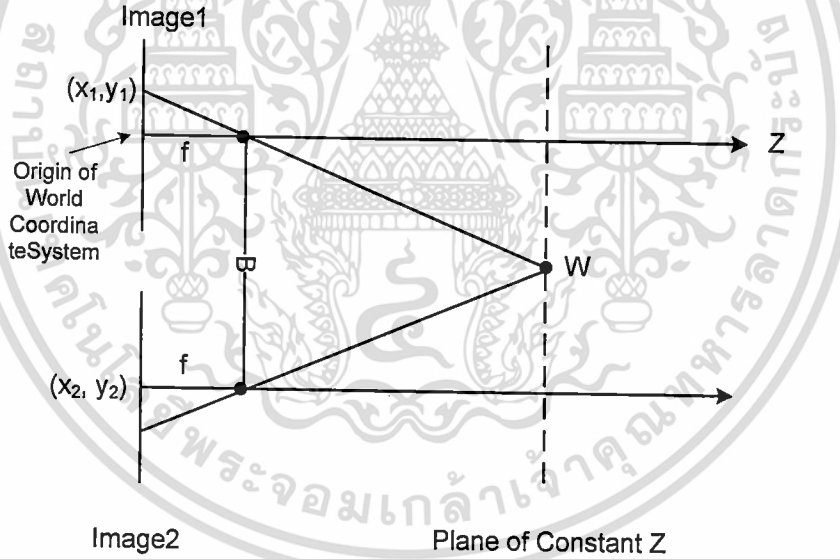
เทคนิคการสร้างภาพ 3 มิติ เป็นหัวข้อวิจัยที่ได้รับความสนใจในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา ภาพ 3 มิติที่สร้างได้นั้นได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้งานในหลายๆด้านด้วยกัน เช่น การควบคุมหุ่นยนต์ การวัดระยะทางและปริมาตรเป็นต้น ได้มีการนำเสนอเทคนิคการสร้างภาพ 3 มิติอยู่หลายเทคนิค เช่น การใช้กล้องสเตริโอ [1-2] การใช้เลเซอร์ในการสแกน [3-5], การฉายวัตถุด้วยแสงที่มีรูปแบบต่างๆ (Structured Light) [6-11] เป็นต้น เทคนิคการใช้กล้องสเตริโอนั้นจะต้องมีการหาจุดสอดคล้องระหว่างภาพซ้ายและภาพขวา ซึ่ งเป็นปัญหาที่ยุ่งยาก และซับซ้อน ร วมทั้งยังต้องการข้อมูลต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายเช่น ตำแหน่งของกล้องและวัตถุ การทำมุมของกล้อง เป็นต้น เทคนิคการฉายวัตถุด้วยแสงที่มีรูปแบบต่างๆสามารถแก้ไขปัญหาที่เกี่ยวกับการหาจุดสอดคล้องได้ ในวิธีนี้วัตถุจะถูกฉายด้วยแสงที่มีรูปแบบต่างๆ เช่น เป็นจุด หรือเส้นกริด เป็นต้น จากนั้นก็จะใช้กล้องจับภาพวัตถุเพื่อทำการวิเคราะห์ต่อไป ปัญหาเกี่ยวกับการหาจุดสอดคล้องในเทคนิคการฉายวัตถุด้วยแสงนั้นเป็นหัวข้อที่ได้รับการสนใจและนำเสนออย่างกว้างขวางเช่น เทคนิค time modulation [12], เทคนิค spatial encoding, [13] and เทคนิค color coding [14] เป็นต้น เทคนิคการใช้แสงเลเซอร์ในการสแกนนั้น ได้ข้อมูลเกี่ยวกับระยะทางของจุด/เส้นสแกน ได้จากการวัดเวลาที่แสงเลเซอร์เดินทาง (Time of Flight) หรือใช้เทคนิคการเทียบรูปสามเหลี่ยม (Triangulation) เทคนิคการใช้แสงเลเซอร์ในการสแกน จะให้ความแม่นยำสูง อย่างไรก็ตามเทคนิคนี้จะต้องใช้เครื่องสแกนที่มีความซับซ้อนและมีราคาแพงมาก

งานวิจัยนี้เกี่ยวกับพัฒนาระบบสร้างภาพ 3 มิติแบบเร็วด้วยเทคนิค Stereoscopy ระบบประกอบด้วยกล้อง 2 ตัวอยู่บนรางเลื่อนที่สามารถปรับระยะได้ ภาพที่ถ่ายได้จากกล้องถูกส่งให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ผ่านการ์ดรับภาพเพื่อทำการวิเคราะห์และสร้างภาพ 3 มิติ ความยุ่งยากในทางปฏิบัติของการหาพิกัด 3 มิติที่ใช้เทคนิค Stereoscopy เกี่ยวข้องกับการหาจุดสอดคล้องของวัตถุในภาพที่เกิดเนื่องจากจุดพิกัด 3 มิติที่เราต้องการไม่ได้มีเพียงจุดเดียวเหมือน แต่มีอยู่มากมายหลายจุด ได้มีงานวิจัยมากมายเกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาเรื่องจุดสอดคล้อง แต่วิธีที่มีประสิทธภาพคือการโปรเจ็คชันแสงเข้ารหัสด้านความถี่ (Frequency Encoding) ลงไปบนวัตถุ แสงที่ถูกโปรเจ็คชันลงไปยังวัตถุที่ตำแหน่งหนึ่งจะมีความถี่ต่างจากตำแหน่งอื่น ความถี่ในที่นี้หมายถึงการกระพริบจากสว่างเป็นมืด และมืดเป็นสว่าง ภาพของวัตถุที่ถ่ายด้วยกล้องสองตัวจะทำการถอดรหัสความถี่เพื่อตรวจดูตำแหน่งที่มีการกระพริบด้วยความถี่เดียวกันซึ่งถือเป็นจุดเดียวกัน ข้อมูลตำแหน่งของจุดดังกล่าวในภาพจะถูกนำไปหาพิกัด 3 มิติต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2 แบบจำลองของขบวนการสร้างภาพสเตอริโอ



รูป 3 มุมบนของรูป 2 โดยที่ระบบพิกัดของกล้องที่หนึ่งซ้อนทับกับระบบพิกัดของโลก

แทนค่าสมการ (11) และ (12) ลงในสมการ (9) และ (8) เราได้ว่า

$$X_1 = \frac{x_1}{f}(f - Z) \tag{13}$$

และ

$$X_1 + B = \frac{x_2}{f}(f - Z) \tag{14}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ทำการลบสมการ (14) จาก (13) และแก้สมการหา Z เราได้ว่า

$$Z = f - \frac{fB}{x_2 - x_1}$$

นั้นหมายความว่าถ้าเราทราบผลต่างของพิกัดภาพ x_2 และ x_1 ระยะ Baseline และความยาวโฟกัสของกล้องเราสามารถคำนวณหาพิกัด Z ของ w ได้ สำหรับพิกัด X และ Y สามารถคำนวณโดยใช้สมการ (13) โดยใช้พิกัด (x_1, y_1) หรือ (x_2, y_2)

13.2 การเข้ารหัสไบนารีเพื่อหาจุดสอดคล้อง

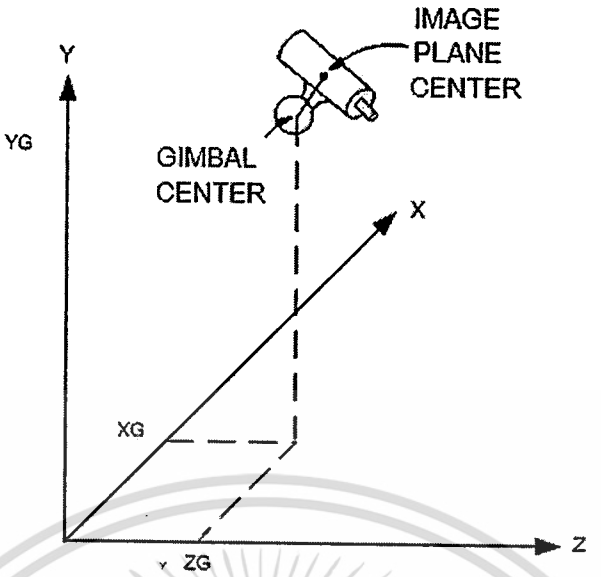
ปัญหาที่ท้าทายที่สุดในการสร้างพิกัด 3 มิติโดยใช้เทคนิคการเกิดภาพสเตอริโอคือการหาจุดที่สอดคล้องกันในภาพซ้ายและขวา ในงานวิจัยนี้เราได้ใช้เทคนิคการเข้ารหัสไบนารี

ขั้นตอนการเข้ารหัสไบนารีภาพทำได้โดยสร้างชุดภาพที่มีจุดภาพที่เรียกว่าติดซึ่งมีจุดแสงและดับซึ่งไม่มีจุดแสงโดยจะใช้แทนรหัส 1 และ 0 ในระบบเลขฐานสองตามลำดับ จากนั้นฉายภาพจุดแสงที่เข้ารหัสไว้ลงบนวัตถุแล้วถ่ายภาพด้วยกล้องซ้ายและกล้องขวาดังรูปที่ 4 โดยภาพแรกเป็นการถ่ายภาพที่เรียกว่า หน้ากาก (Mask pattern) ซึ่งเป็นภาพที่มีจุดแสงครบทุกจุดตามที่ได้กำหนดไว้ ดังภาพตัวอย่างมีจำนวนจุดแสงอยู่ทั้งหมด 16 จุด เมื่อถ่ายภาพแรกจากกล้องทั้งสองได้แล้วจะคำนวณหาจุดกึ่งกลางของจุดแสงทุก ๆจุดของทั้งภาพซ้ายและภาพขวาและจะถือว่าจุดกึ่งกลางจุดหนึ่ง ๆของภาพซ้ายจะมีจุด ๆเดียวของภาพขวาที่เป็นจุดเดียวกันกับภาพซ้าย จากนั้นฉายภาพที่สอง(pattern 1) ด้วยกล้องทั้งสองอีกและจะนับเป็นการเข้ารหัสภาพบิตที่ 1 ไว้ โดยมีลำดับการติดดับของจุดแสงดังรูป นำภาพมาคำนวณหาว่าที่จุดใด ๆของภาพหน้ากากบ้างที่มีการติดและดับโดยการรวมค่าความเข้มแสงของจุดภาพขนาด 5x5 จุดภาพรอบจุดแต่ละจุดถ้าระดับของความเข้มมีค่ามากกว่าระดับขีดขั้นที่ตั้งไว้ก็จะกำหนดสถานะเป็น 1 และถ้าระดับความเข้มมีค่าต่ำกว่าค่าขีดขั้นที่ตั้งไว้ก็จะกำหนดสถานะให้เป็น 0 จากนั้นถ่ายภาพที่สามขณะที่ฉายภาพ(pattern 2) ทำตามขั้นตอนเดิมจนครบทั้ง 5 ภาพ ในกรณีตัวอย่างมีจำนวนจุดภาพทั้งหมด 16 จุด จึงต้องเข้ารหัสด้วยการใช้ภาพ 4 ภาพหรือ 4 บิต(2^4)

เมื่อถ่ายภาพได้ครบตามจำนวนบิตที่ต้องการและแปลงความหมายของจุดติดดับแล้ว ทำให้จุดภาพแต่ละจุดมีรหัสของตนเองที่ไม่ซ้ำกับจุดใดในภาพของตนเองและจะมีเพียงหนึ่งจุดภาพเท่านั้นของอีกภาพหนึ่งที่มีรหัสตรงกัน ซึ่งเป็นจุดภาพบนวัตถุจุดเดียวกันนั่นเอง

84582

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1 แบบจำลองการเกิดภาพจากกล้อง

การส่ายหรือเอียง (Pan and Tilt) สามารถถูกจำลองโดยใช้คูณด้วยเมทริกซ์การหมุน

$$\tilde{\mathbf{w}} = \mathbf{P}\mathbf{R}\,\mathbf{T}_G\tilde{\mathbf{v}} \tag{4}$$

โดยที่ $\mathbf{R} = \mathbf{R}_\phi\mathbf{R}_\theta$

$$\mathbf{R}_\theta = \begin{bmatrix} \cos\theta & -\sin\theta & 0 & 0 \\ \sin\theta & \cos\theta & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \tag{5}$$

และ

$$\mathbf{R}_\phi = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\phi & -\sin\phi & 0 \\ 0 & \sin\phi & \cos\phi & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \tag{6}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ท้ายสุดจุดกึ่งกลางของหัวยึดกล้องและระนาบภาพอยู่ห่างกันด้วยระยะ (X_0, Y_0, Z_0) ดังนั้นแบบจำลองของการเกิดภาพจากกล้องคือ

$$\tilde{w} = P\, T_c R\, T_G \tilde{v} \tag{7}$$

โดยที่

$$T_C = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & -X_0 \\ 0 & 1 & 0 & -Y_0 \\ 0 & 0 & 1 & -Z_0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \tag{8}$$

สมการ (7) คือสมการการเกิดภาพกรณีที่ระบบพิกัดของโลกไม่ซ้อนทับกับระบบพิกัดภาพ

การเกิดภาพสเตอริโอ (Stereo Imaging)

การเกิดภาพสเตอริโอเป็นการสร้างภาพของวัตถุเดียวกันด้วยกล้อง 2 ตัววางอยู่ข้างกัน ภาพที่ได้จากกล้องทั้งสองสามารถนำมาใช้ในการหาพิกัด 3 มิติของวัตถุได้ พิจารณาแบบจำลองการเกิดภาพสเตอริโอในรูป 2 ระยะระหว่างจุดกึ่งกลางของเลนส์ของกล้องทั้งสองเราเรียกว่า Baseline B เราต้องการหาพิกัด (X, Y, Z) ของจุด w ซึ่งมีจุดภาพ (x_1, y_1) และ (x_2, y_2) เราสมมติว่ากล้องทั้งสองนั้นมีลักษณะที่เหมือนกัน และระบบพิกัดของกล้องทั้งสองนั้นวางอยู่ในแนวที่ตรงกัน (Perfectly Aligned) ถ้าระบบพิกัดของกล้องและของโลกซ้อนทับกันพอดี ระนาบ xy ของภาพวางอยู่ในแนวเดียวกับระนาบ XY ของโลก ดังนั้นค่าพิกัด Z ของ w สำหรับระบบพิกัดกล้องทั้งสองมีค่าเดียวกัน

ถ้าระบบพิกัดของกล้องที่หนึ่งและของโลกซ้อนทับกันพอดี ดังแสดงในรูป 3 เราได้ว่า

$$X_1 = \frac{x_1}{f}(f - Z_1) \tag{9}$$

โดยที่ตัวห้อยบน X และ Z เป็นการบอกว่าพิกัดกล้องที่หนึ่งซ้อนทับกับพิกัดของโลก ทำนองเดียวกันถ้าระบบพิกัดของกล้องที่สองและของโลกซ้อนทับกันพอดี เราได้ว่า

$$X_2 = \frac{x_2}{f}(f - Z_2) \tag{10}$$

เนื่องการแยกกันของกล้องทั้งสองและเนื่องจาก w เป็นค่าเดียวสำหรับระบบพิกัดของทั้งสองกล้อง เราได้ว่า

$$X_2 = X_1 + B \tag{11}$$

และ

$$Z_2 = Z_1 = Z \tag{12}$$

โดยที่ B เป็นระยะ Baseline

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

- เพื่อออกแบบและสร้างระบบสร้างภาพ 3 มิติแบบเร็วด้วยเทคนิค Stereoscopy

11. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

- พัฒนานักวิจัยรุ่นใหม่ๆ ให้มีความรู้ความสามารถที่ดีมีความคิดสร้างสรรค์เป็นทรัพยากรทางปัญญาของชาติต่อไป
- การพัฒนาระบบสร้างภาพ 3 มิติแบบเร็วด้วยเทคนิค Stereoscopy สามารถใช้เป็นแนวทางในการผลิตเครื่องมือที่ใช้เทคโนโลยีชั้นสูงไว้ใช้เองในประเทศ

12. หน่วยงานวิจัยที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

ห้องปฏิบัติการด้านสร้างภาพ 3 มิติของรัฐบาลและเอกชน

13. แผนงานวิจัยทั้งโครงการ

กิจกรรมที่ดำเนินการ	ผู้รับผิดชอบ	เดือนที่			
		1-3	4-6	7-9	10-12
1. ออกแบบและสร้างฮาร์ดแวร์สำหรับสร้างภาพ 3 มิติ	รศ. ดร.ชูชาติ ปิณฑวิรุจน์	→	→	→	
2. พัฒนาซอฟท์แวร์	รศ. ดร.ชูชาติ ปิณฑวิรุจน์		→	→	→

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13. **ผลที่ได้รับ**

13.1 แบบจำลองการเกิดภาพจากกล้อง (Camera Imaging Model) [4]

ทฤษฎีพื้นฐานการเกิดภาพ 3 มิติด้วยเทคนิค Stereo เริ่มด้วยการสร้างแบบจำลองการเกิดภาพจากกล้องดิจิตอลซึ่งอธิบายได้โดยรูปที่ 1 รูปที่ 1 แสดงกล้องอิเล็กทรอนิกส์ในสเปซพิกัดของโลก (World Coordinate Space) กล้องนี้ถูกยึดโดยหัวยึดกล้อง (Gimbal) ที่สามารถหมุนส่าย (Pan) มุม θ กับแนวนอน (Horizontal) และเอียง (Tilt) ทำมุม ϕ กับแนวดิ่ง จุดกึ่งกลางของหัวยึดกล้องอยู่ที่จุดพิกัด (X_G, Y_G, Z_G) เทียบกับระบบพิกัดอ้างอิงของโลก จุดกึ่งกลางของหัวยึดกล้องและระนาบภาพอยู่ห่างกันด้วยระยะ (X_0, Y_0, Z_0)

กรณีที่กล้องถูกวางไว้ที่จุดกึ่งกลางของระบบพิกัดอ้างอิงของโลก ไม่มีการส่ายหรือเอียงทำมุมกับแกนอ้างอิง จุดกึ่งกลางของหัวยึดกล้องและของระนาบภาพอยู่ที่เดียวกัน แบบจำลองการเกิดภาพ (Imaging Model) ในระบบพิกัดโฮโมจีเนียแทยด้วย

$$\tilde{\mathbf{w}} = \mathbf{P}\tilde{\mathbf{v}} \qquad (1)$$

โดยที่ $\tilde{\mathbf{v}}$ คือเวคเตอร์ของจุดบนวัตถุในระบบพิกัดโฮโมจีเนียส $\tilde{\mathbf{w}}$ คือเวคเตอร์ของจุดบนระนาบภาพในระบบพิกัดโฮโมจีเนียส และ $\mathbf{P}$ คือเมทริกซ์ของ Perspective Transformation ในกรณีนี้แบบจำลองการเกิดภาพจากกล้องสามารถหาได้ง่ายโดยการเปลี่ยนแปลง (Modify) สมการ (1) โดยทำการรวมการแปลงเรขาคณิตแบบการเคลื่อนย้าย (Translation) และ การหมุน (Rotation) ใน 3 มิติ ของระบบพิกัดระบบพิกัดอ้างอิงของโลกให้มาอยู่ซ้อนทับกับระนาบภาพ

การที่ (หัวยึดกล้อง) กล้องอยู่ที่จุดพิกัด (X_G, Y_G, Z_G) เทียบกับระบบพิกัดอ้างอิงของโลก ดังนั้นแบบจำลองใหม่คือ

$$\tilde{\mathbf{w}} = \mathbf{P}\,\mathbf{T}_G\tilde{\mathbf{v}} \qquad (1)$$

โดยที่

$$\mathbf{T}_G = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & -X_G \\ 0 & 1 & 0 & -Y_G \\ 0 & 0 & 1 & -Z_G \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \qquad (3)$$

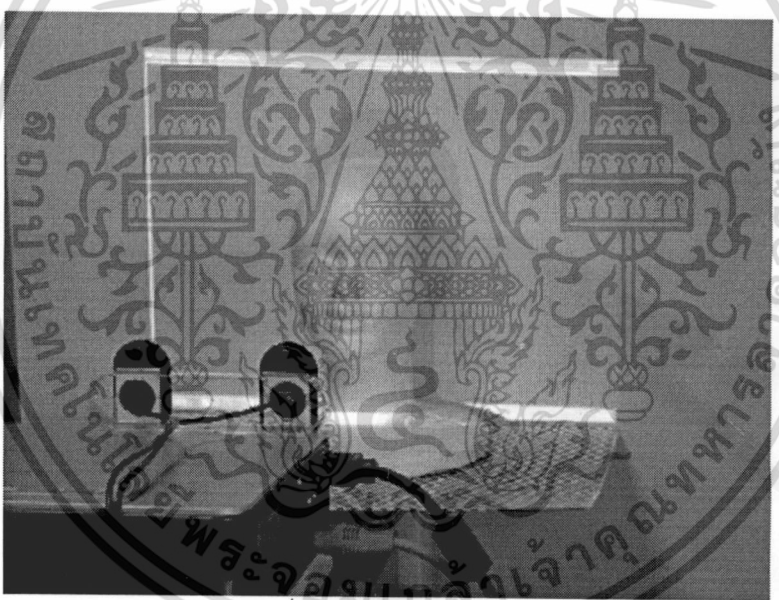
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13.3 การทดลองและผลการทดลอง

การทดลองได้ทดลองกับหุ่นจำลองใบหน้ามนุษย์ในสภาวะแสงปกติดังรูปที่ 5 โดยมีระยะห่างระหว่างกล้องที่ 10 เซนติเมตร และวางใบหน้าหุ่นจำลองที่ระยะ 50 เซนติเมตรจากกล้อง ส่วนเครื่องฉายภาพ (Projector) วางอยู่ตรงกลางระหว่างกล้องทั้งสอง ห่างมาทางด้านหลังประมาณ 10 เซนติเมตร และต่ำกว่ากล้องประมาณ 10 เซนติเมตร

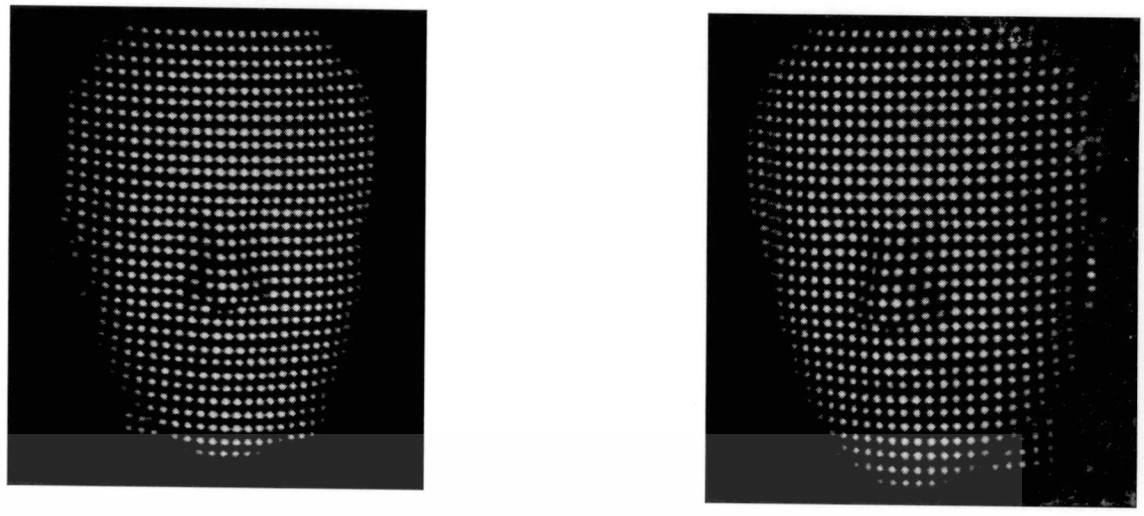
ในการทดลองกับใบหน้าใช้จุดแสงจำนวน 32 x 32 จุด ซึ่งเท่ากับ 1024 จุดแสง ดังรูปที่ 6 ทำให้ต้องใช้ภาพรหัสจำนวน 10 ภาพ หรือ 10 บิตดังรูปที่ 7 ซึ่งแสดงภาพรหัสของจุดแสงที่ฉายและถ่ายได้จากกล้องซ้ายโดยมีขนาดของจุดภาพที่ปรากฏบนใบหน้าหุ่นประมาณ 2 มิลลิเมตร และมีระยะห่างระหว่างจุดกึ่งกลางของจุดในแนวนอนประมาณ 5 มิลลิเมตร และระยะห่างระหว่างจุดกึ่งกลางของจุดในแนวตั้งประมาณ 7.5 มิลลิเมตร

การถ่ายภาพใช้กล้องUSB 2 กล้อง ติดตั้งบนเครื่องคอมพิวเตอร์ Pentium IV ใช้เวลาในการคำนวณในการสร้างภาพของใบหน้าดังรูปที่ 8 ในระบบพิกัด 3 มิติเพียง 2-3 วินาที

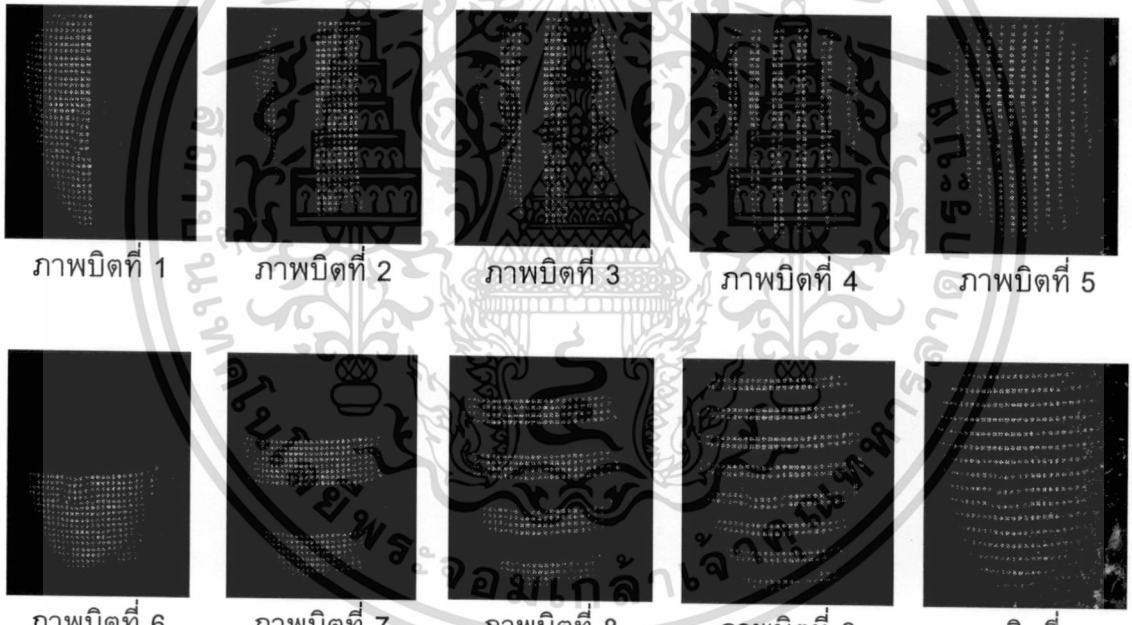


รูปที่ 5 การจัดระบบการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6 ภาพจุดแสงของใบหน้าภาพซ้ายและขวา

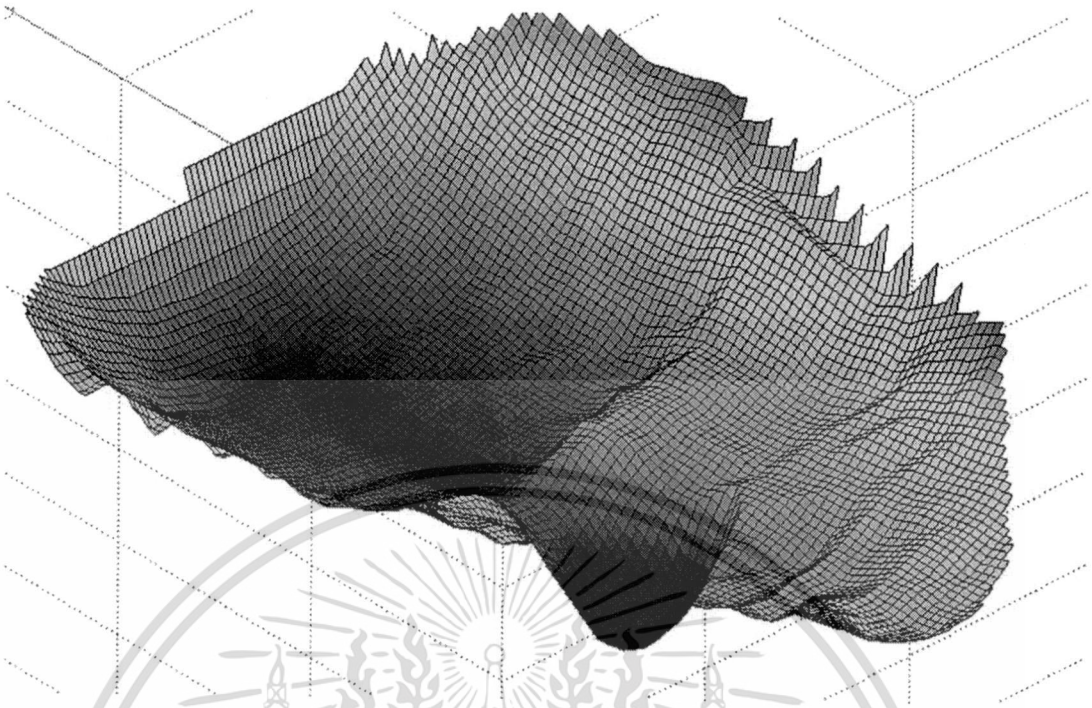


ภาพบิตที่ 1 ภาพบิตที่ 2 ภาพบิตที่ 3 ภาพบิตที่ 4 ภาพบิตที่ 5

ภาพบิตที่ 6 ภาพบิตที่ 7 ภาพบิตที่ 8 ภาพบิตที่ 9 ภาพบิตที่ 10

รูปที่ 7 ภาพจุดแสงที่แสดงตำแหน่งจุดต่างๆ ของแต่ละรหัสภาพไว้ตังแต่บิตที่ 1 -10 ของภาพซ้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ค)

รูปที่ 8 ภาพโครงร่างใบหน้าหุ่นมนุษย์ที่สร้างขึ้นได้

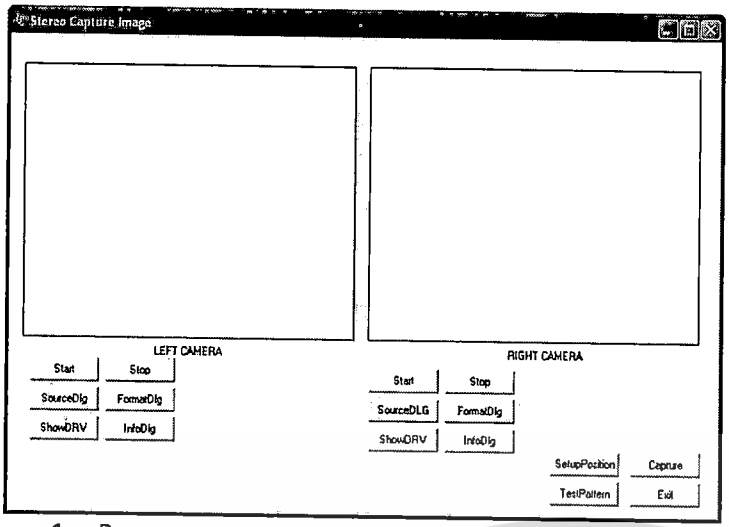
13.4 โปรแกรมการสร้างภาพ 3 มิติ

เราได้พัฒนาโปรแกรมสร้างภาพ 3 มิติเพื่อให้ง่ายต่อการใช้งาน โดยโปรแกรมประกอบด้วย 2 ส่วน ส่วนแรกเป็นส่วนรับภาพ (Image Acquisition) ส่วนนี้ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของการฉายรหัสไบนารีไปบนวัตถุ แล้วทำการเก็บภาพ โปรแกรมควบคุมการรับภาพนี้เขียนโดยใช้ C++-Builder รูปที่ 9 แสดงโปรแกรมควบคุมการรับภาพ (C:\3D\CapBinaryPat.exe) ส่วนที่สองเป็นส่วนสร้างข้อมูล 3 มิติโดยใช้ข้อมูลภาพที่เก็บได้ ส่วนนี้ใช้โปรแกรม Matlab (MainVidioOCX.m) ในการพัฒนา การใช้งานควบคุมการรับภาพต้องทำการติดตั้ง OpenCV Library และ VideoOCX ด้วยรายละเอียดดูได้ที่ภาคผนวก ก.

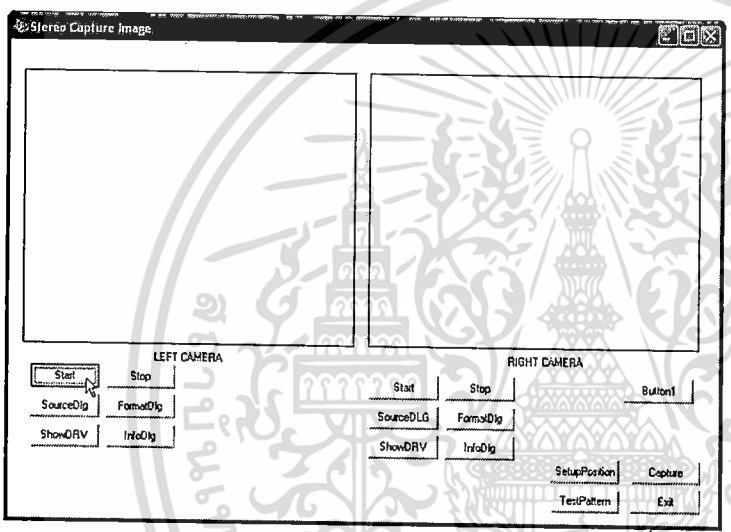
ขั้นตอนการใช้โปรแกรมการสร้างภาพ 3 มิติ

ทำการก๊อปปี้ Directory ชื่อ 3D ลงในไดร์ว C:\\ แล้วทำตามขั้นตอนต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

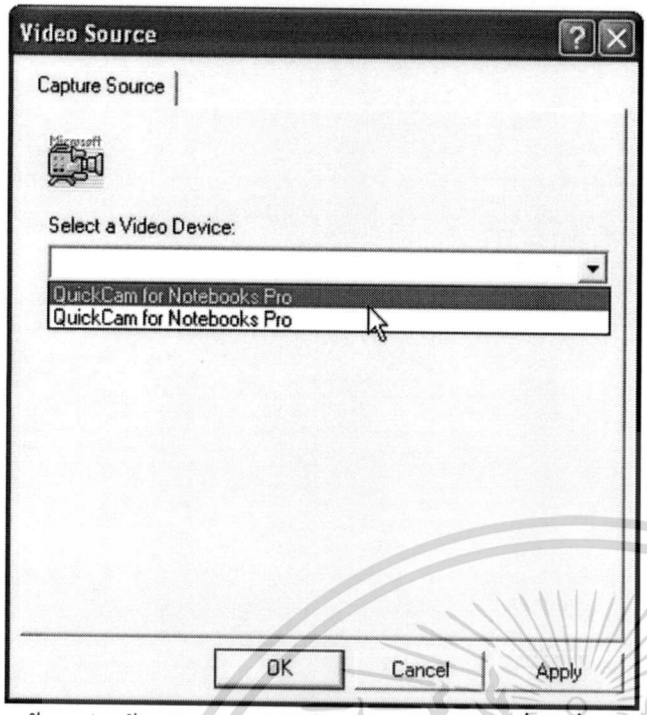


1. Run program .....CapBinaryPattCV.exe

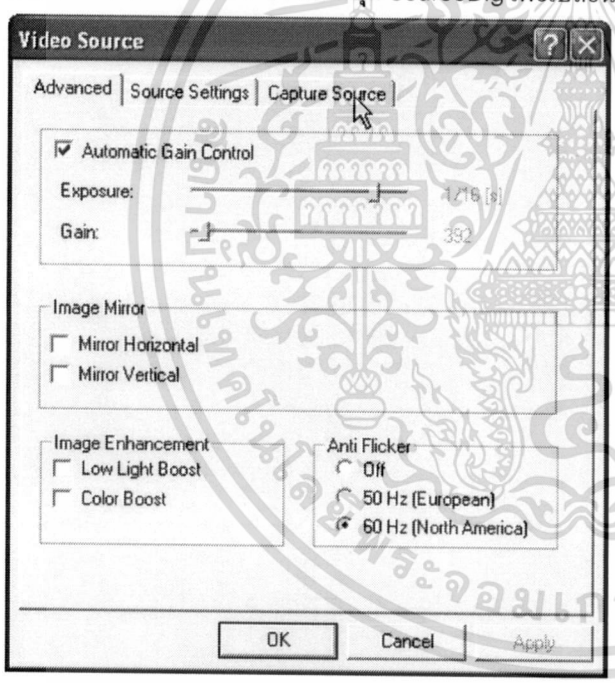


2. กดปุ่ม Start จะปรากฏ Video Source ให้เลือกกล้องที่ต้องการให้สัมพันธ์กับการติดตั้ง เนื่องจากเป็นกล้อง USB ลำดับของกล้องจะถูกกำหนดโดยอัตโนมัติ จึงจำเป็นต้องตรวจสอบก่อนว่ากล้องที่กำลังทำงานอยู่เป็นตัวที่ถูกต้อง โดยการสังเกตุจากไฟแสดงการทำงานที่ตัวกล้อง ถ้าเลือกการทำงานของกล้องซ้ายไฟแสดงการทำงานของกล้องซ้ายจะติดหรือการทดสอบโดยใช้มือหรือวัตถุบังที่หน้ากล้อง

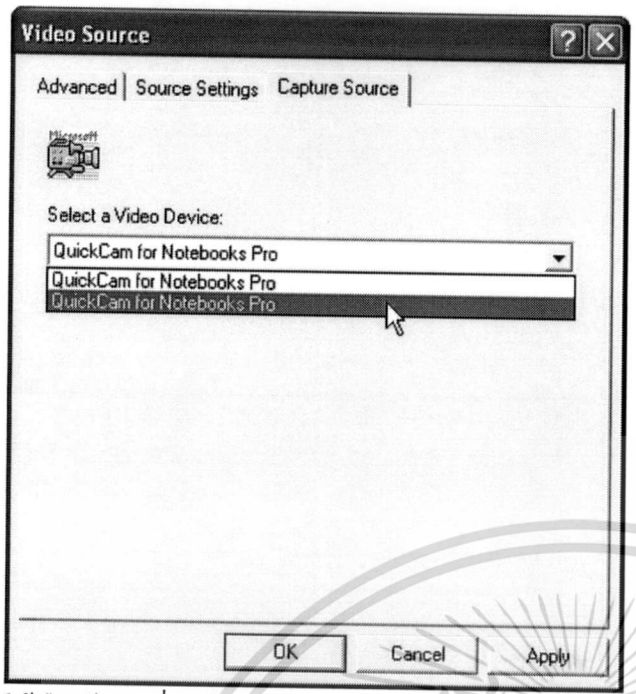
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



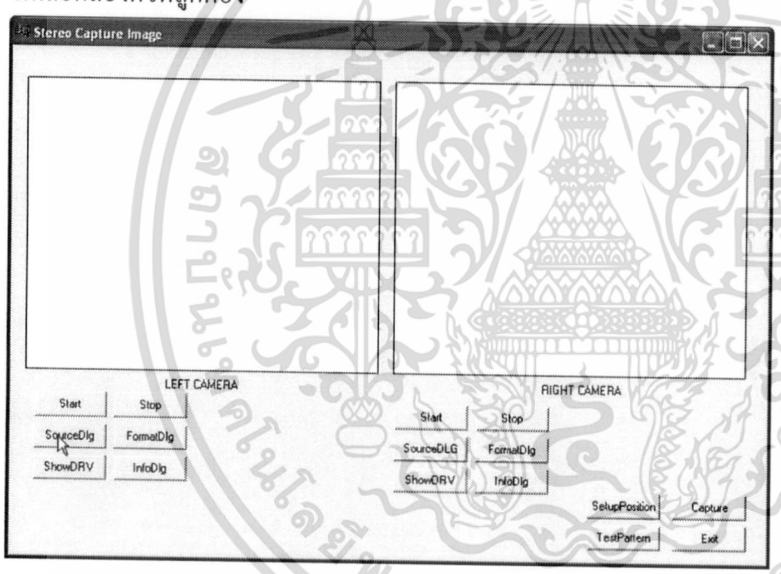
3 ถ้าพบว่ากล้องทำงานผิดตัวให้กดปุ่ม SourceDlg เพื่อเปลี่ยนกล้อง ซึ่งจะปรากฏ

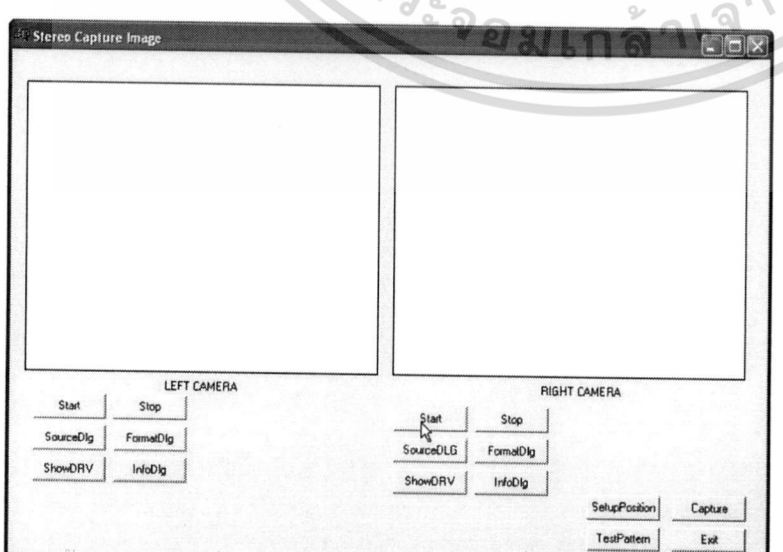


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



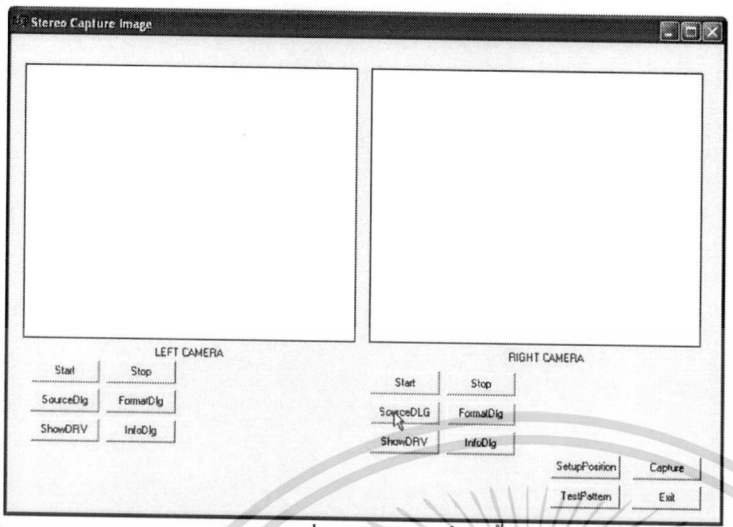
ให้เลือกล้องตัวที่ถูกต้อง



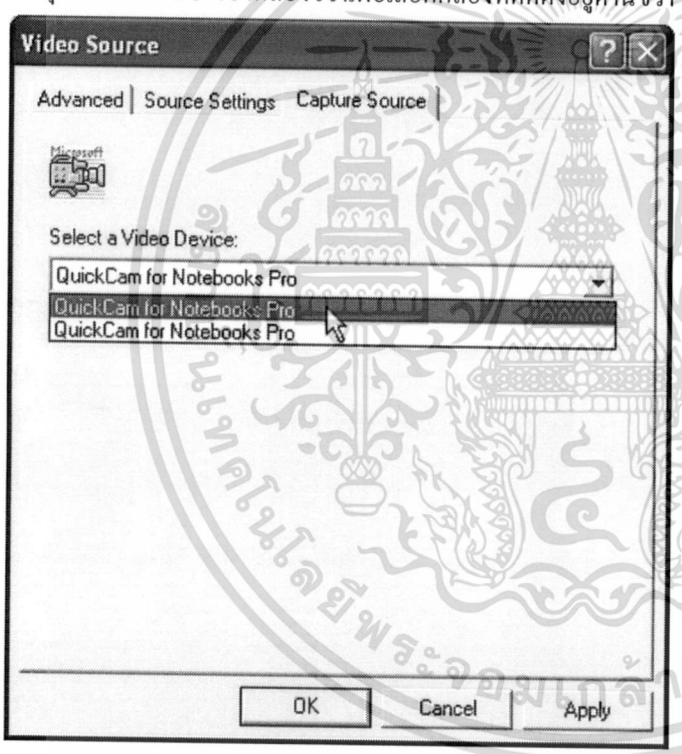


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

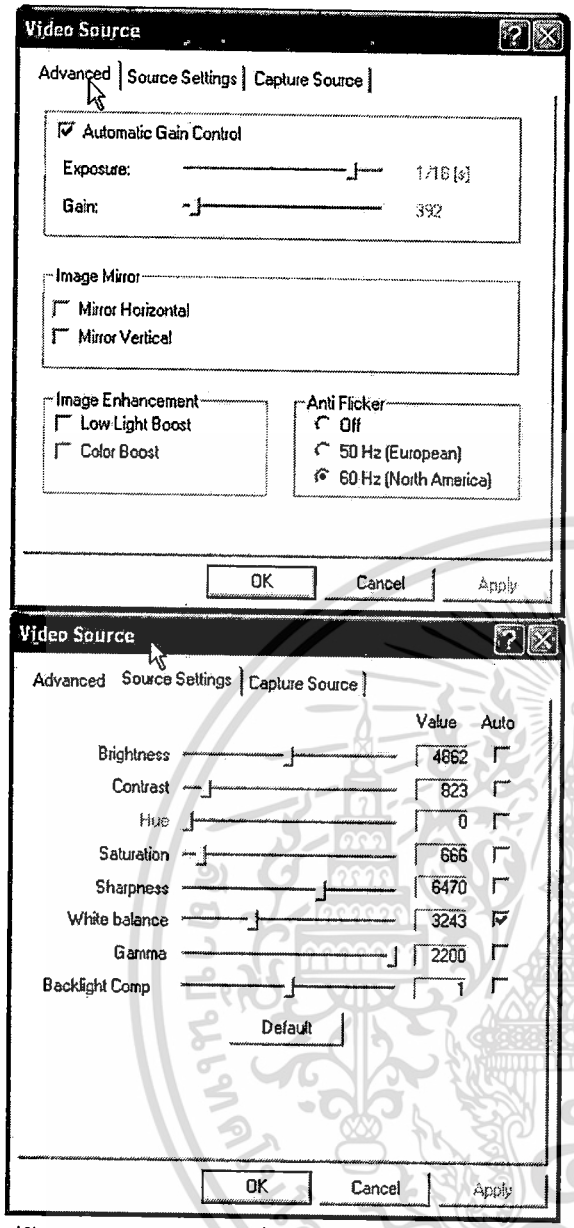
เมื่อกล้องซ้ายทำงานได้ถูกต้องแล้วให้ เริ่มการทำงานของกล้องขวาโดยการกดปุ่ม Start สำหรับ Right Camera



กดปุ่ม SourceDLG ของกล้องขวาเพื่อเลือกกล้องที่ติดตั้งอยู่ด้านขวา

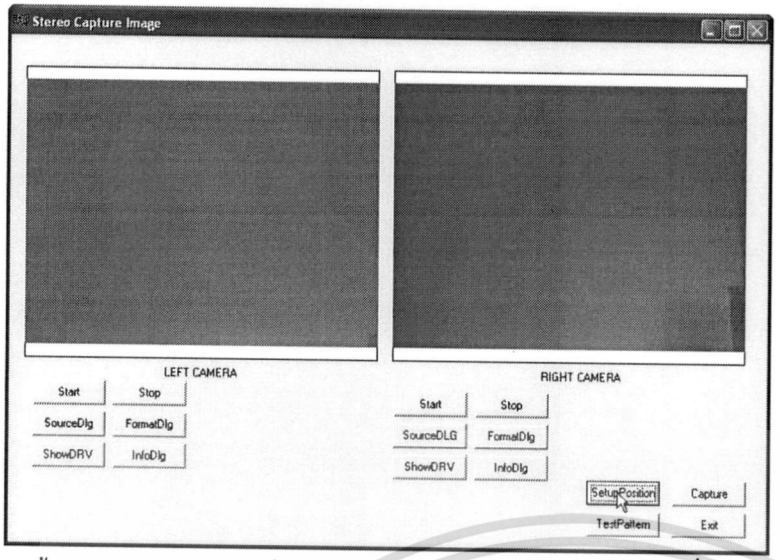


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ปรับ Source Settings ให้แสงเหมาะสมกับการถ่ายภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

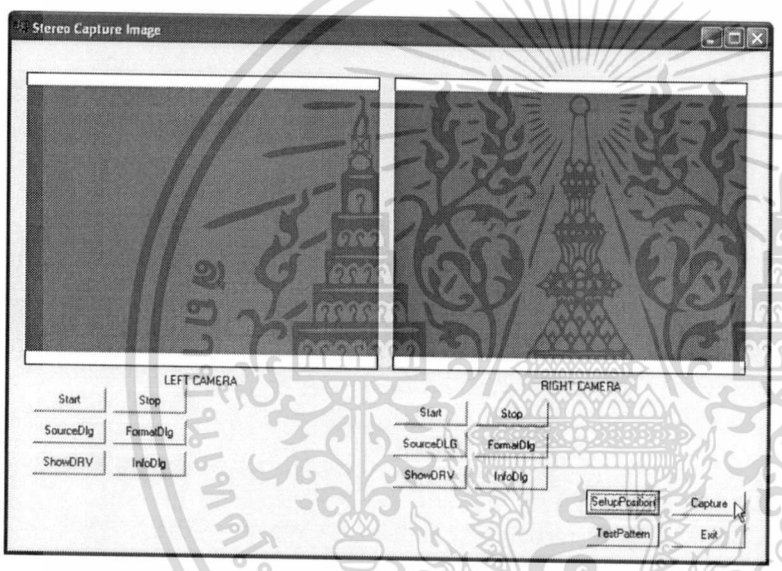


กกปุ่ม Setup Position จะปรากฏภาพ กากบาทตรงจุดศูนย์กลางภาพ เพื่อจัดตำแหน่งของใบหน้า หรือ วัตถุที่ต้องการถ่ายภาพ

หลังจากจัดตำแหน่งใบหน้าแล้วให้กดปุ่มใดก็ได้เพื่อปิดหน้าต่างการจักตำแหน่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

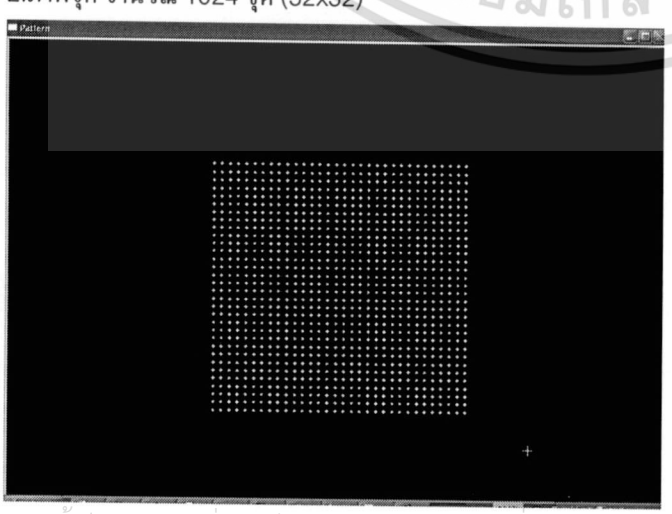
\



กดปุ่ม Capture เพื่อเริ่มการบันทึกภาพจำนวน 12 คู่ซ้ายขวา ประกอบด้วย

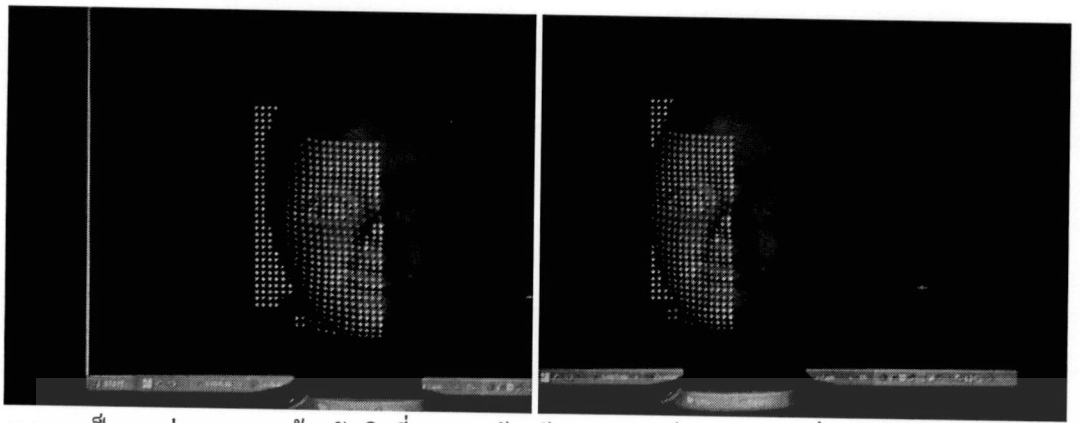
1.ภาพ Background เพื่อนำไปลบฉากหลังที่ไม่ต้องการออกจากภาพ

2.ภาพจุด จำนวณ 1024 จุด (32x32)

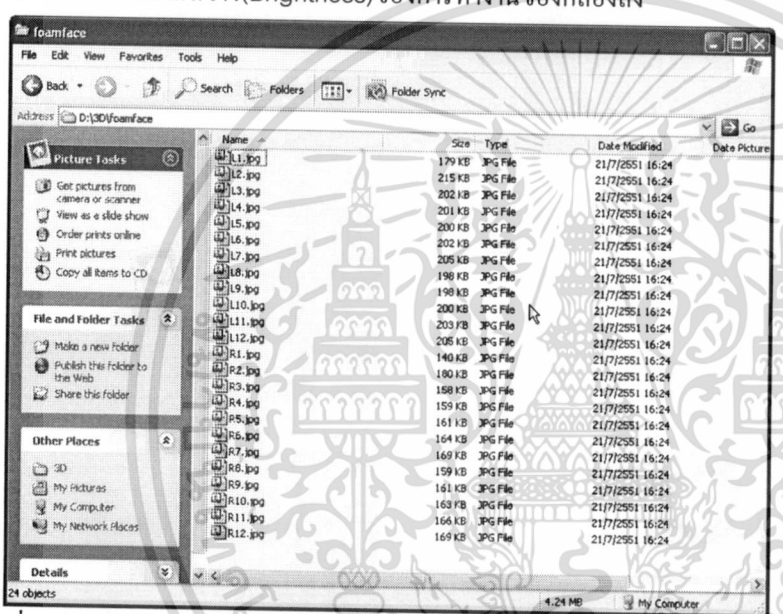


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

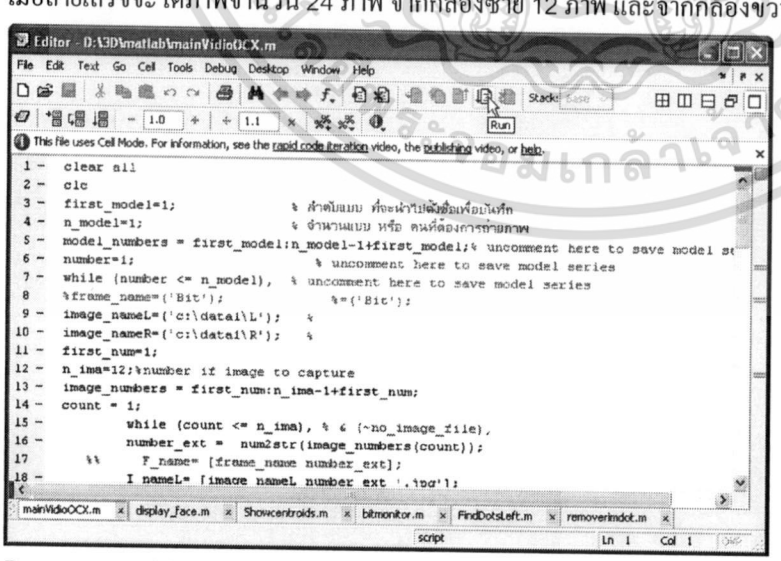
3.ภาพการเข้ารหัสใบนารีจำนวน 10 ภาพ(10 บิต)



จากภาพเป็นการถ่ายภาพการเข้ารหัสบิตที่ 1 ของกล้องซ้ายและขวา เป็นการทำงานที่สภาพของแสงปกติของห้องทำงานแต่ลดความสว่าง(Brightness)ของการทำงานของกล้องลง



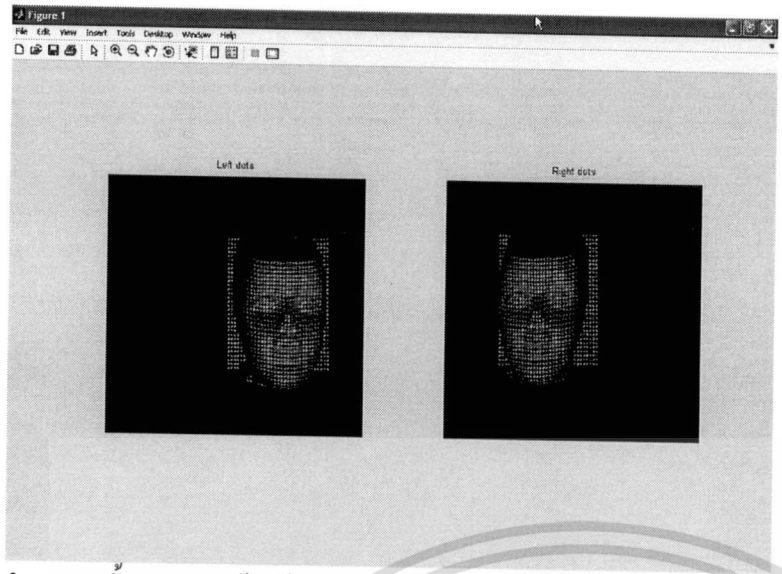
เมื่อถ่ายเสร็จจะได้ภาพจำนวน 24 ภาพ จากกล้องซ้าย 12 ภาพ และจากกล้องขวา 12 ภาพ



Run program MATLAB

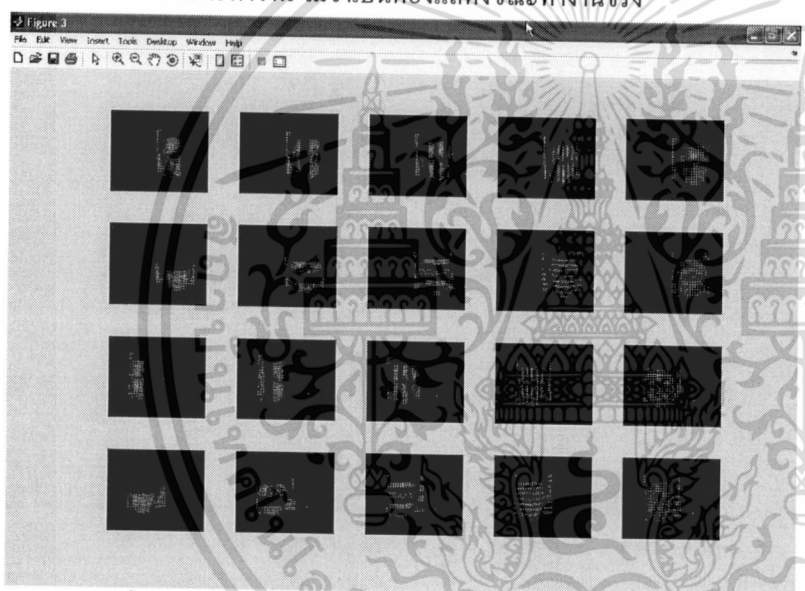
mainVideoOCX.m

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

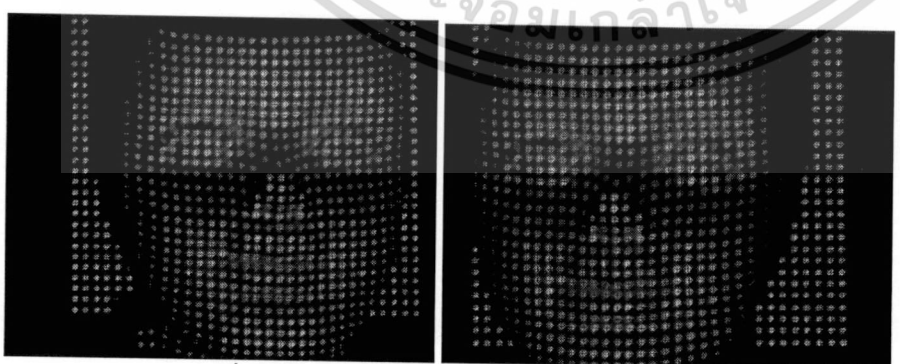


จำนวนจุดทั้งหมดจากกล้องซ้าย ขวา

ภาพแสดงขั้นตอนการทำงาน ไม่จำเป็นต้องแสดงขณะทำงานจริง



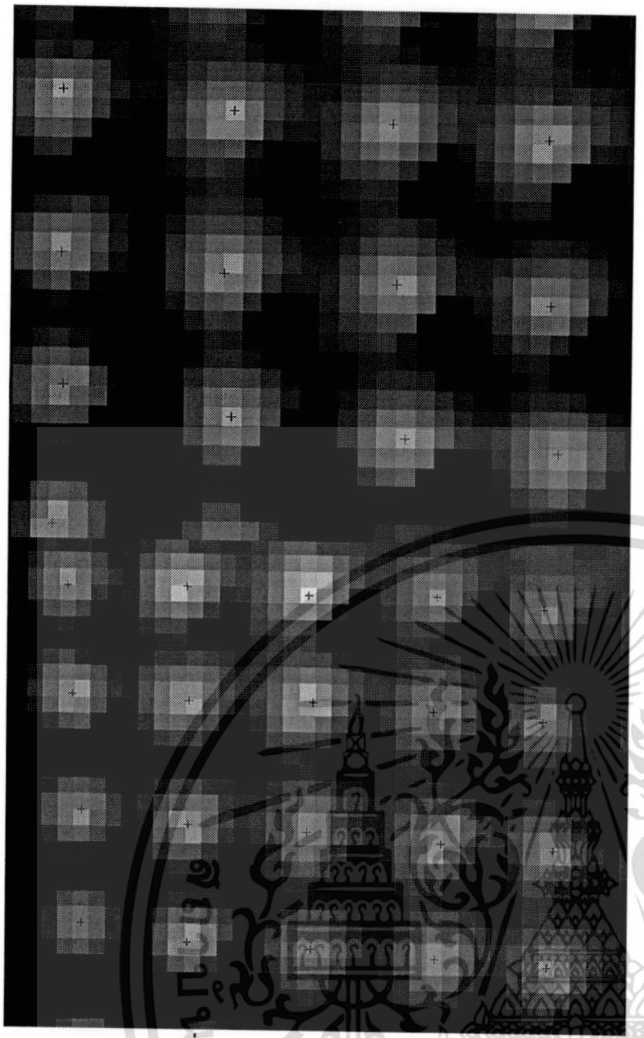
รหัสใบนารีที่ใช้จำนวน 10 บิต



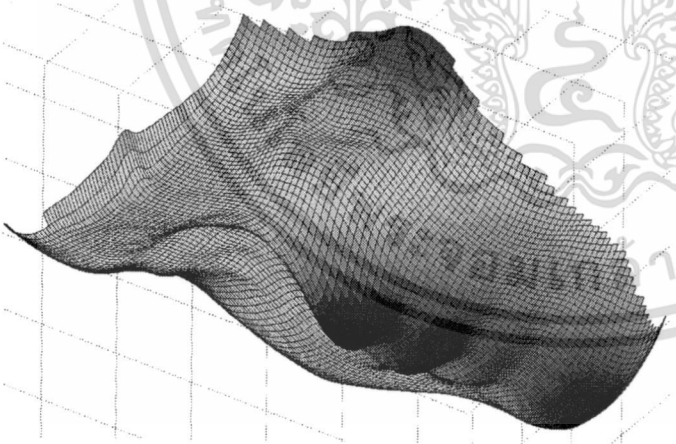
จุดที่ตรวจพบจากกล้องซ้าย

จุดที่ตรวจพบจากกล้องขวา

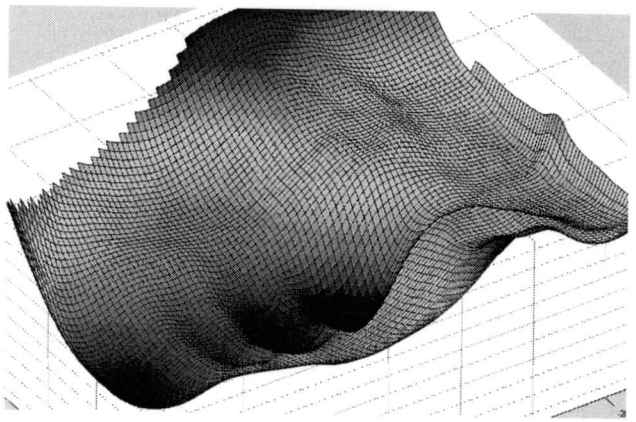
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพขยายแสดงจุดที่ตรวจพบ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



13.5 สรุป

งานวิจัยนี้นี้เป็นการนำเสนอเทคนิคการหาพิกัดของวัตถุโดยหาตำแหน่งที่ปรากฏในภาพเป็นจุดเดียวกันนำมาคำนวณหาพิกัดในระบบโคออดิเนตของโลกโดยใช้เทคนิคการถ่ายภาพสเตอริโอ และใช้วิธีการเข้ารหัสการถ่ายภาพแบบไบนารีโดยฉายชุดของภาพจุดแสงที่เข้ารหัสไว้เมื่อนำภาพมาวิเคราะห์สามารถจำแนกจุดแสงของภาพจากภาพซ้ายและภาพขวาที่มีรหัสตรงกันได้แล้วนำผลไปคำนวณพิกัด 3 มิติได้ วิธีการนี้คาดว่าจะนำไปประยุกต์เข้ากับการใช้งานที่ต้องการความรวดเร็วได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

14. เอกสารอ้างอิง

[1] Barnard, S. T. and Fischler, M. A., " Computational Stereo", *ACM Computing Surveys,* vol. 14, no. 4, pp. 553-572, 1982.

[2] Dhond, U. R. and Aggarwal, J., " Structure from Stereo- A Review," *IEEE Trans. On Syst. Man. and Cybern.*, vol. 19, no. 6, pp. 1489-1510, 1989.

[3] Bosch, T., Servagent, N., Chellali, R. and Lescure, M., "Three-Dimensional Object Construction Using a Self-mixing Type Scanning Laser Range Finder, *IEEE trans. Instrum. and Meas.*, vol. 45, no. 5, pp. 1326-1329, 1998

[4] Beheim, G. and Frisch, K., " Range Finding using Frequency-modulated Laser Diode," *Appl. Opt.*, vol. 25, pp. 1439-1442, 1986.

[5] Okada, N., Kondo, E., Zha, H., Morooka, K. and Nagata, T., " 3-Dimensional Object Model Construction from Range Images Taken by a Range Finder on a Mobile Robot," *Proc. of the 1998 IEEE/RJS Int. Conf. Of Intell. Robot. and Sys.*, pp. 1853-1858, 1998.

[6] Sato, Y., Hattori, K. and Otsuki, M., "Real-time Handy Rangefinder Cubicscope," *Proc. Int. Conf. ICARCV'94*, vol. 2, pp. 1148-1152, 1994.

[7] Sasoni, G., Carocci, M. and Rodella, R., " Calibration and Performance Evaluation of 3-D Imaging Sensor Based on the Projection of Structured Light," *IEEE Trans. on Instrum. Meas.*, vol. 49, no. 3, pp. 628-636, 2000.

[8] Meadows., D. M. , Johnson, W. O. and Allen. J. B., "Generation of Surface Contours by Moiré Pattern," *Appl. Opt.*, vol. 9,pp. 942-947, 1970.

[9] Krattenthaker, W., Mayer, K. J. and Duwe, H. P., " 3D-Surface Measurement with Coded Light Approach", *Proc. □esterr. Arbeitsgem. MusterKennung*, vol. 12, pp. 103-1114, 1993.

[10] Sansoni, G., Carocci, M. and Rodella, R., "3D Vision based on the Combination of Gray Code and Phase Shift Light Projection: Analysis and Compensation of the Systematic Errors," *Appl. Opt.*, vol. 36, pp. 6565-6573, 1999.

[11] Hu. G. and Stockman, G., " 3-D Surface Solution using Structured Light and Constraint Propagation", *IEEE. Trans. Pattern Anal. Machine Intell.*, vol. 11, no.4, pp. 390-402, 1989.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[12] Alitschuler, M. D., " The Numerical Stereo Camera", *Proc. Soc. Photo-Opt. Eng. Conf. 2-D Math. Perception*, SPIE, WA, vol. 283. 1981.

[13] Sato, K. and Inokuchu, S., " Three Dimensional Surface Measurement by Space Coding ranfeimaging", *Journal of Robotic Systems,* vol.2 no. 1, pp. 27-39, 1985.

[14] Boyer, K. L. and Kak, A. C., " Color-coded Structured Light gor Rapid active ranging, *IEEE. Trans. Pattern Anal. Machine Intell.,* vol. 9, no.1, pp. 14-28, 1987.

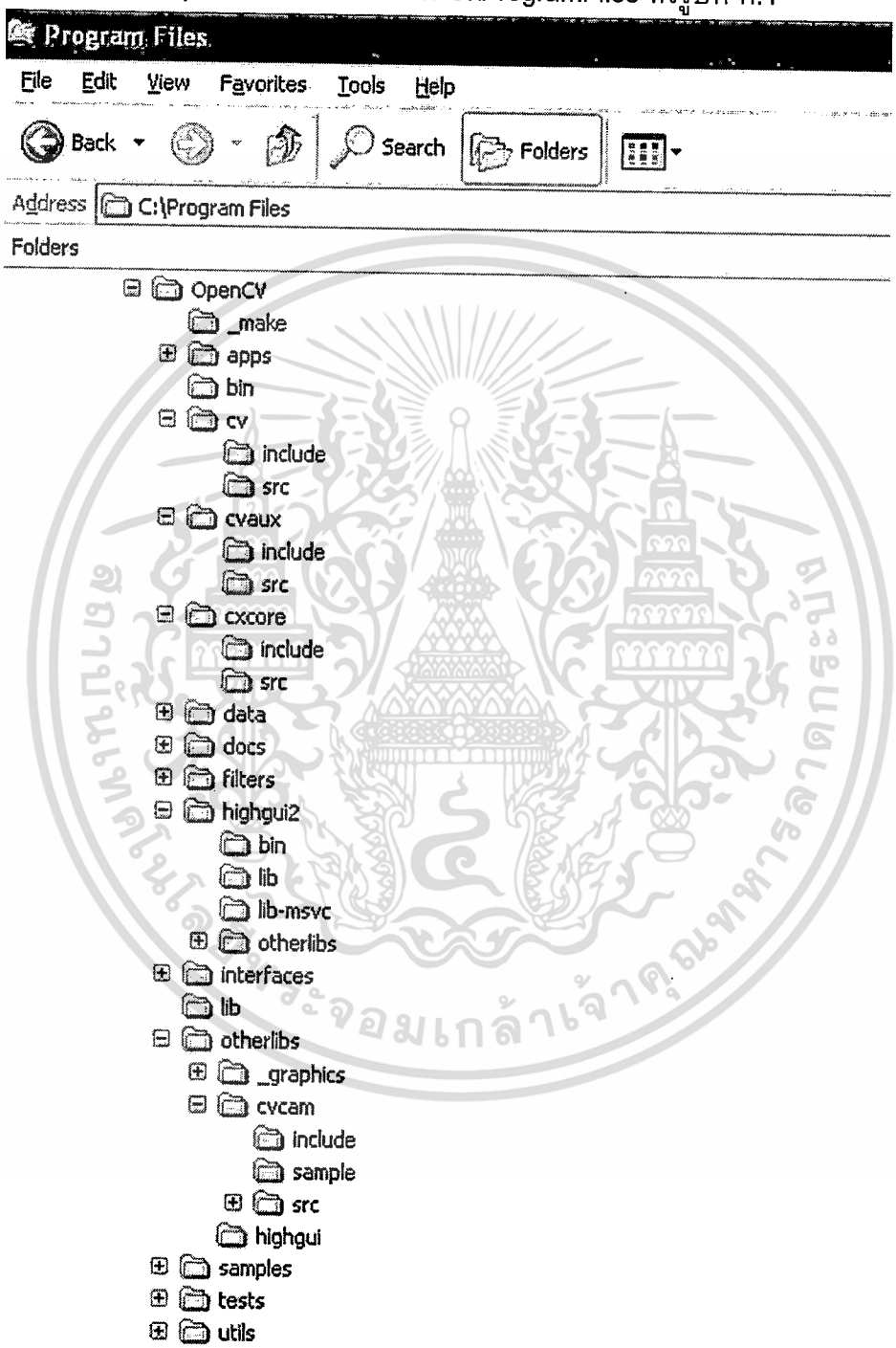
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

การใช้งาน OpenCV ร่วมกับ Borland C++ Builder

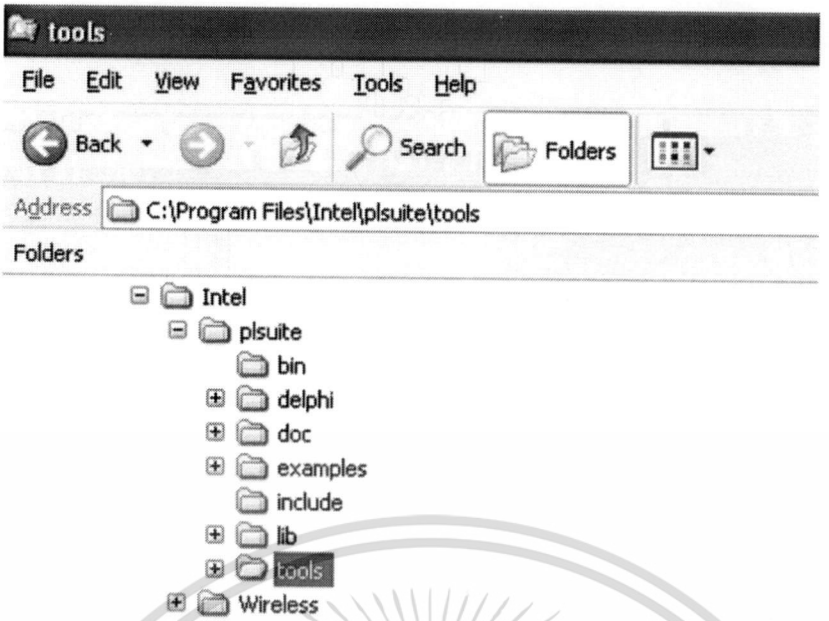
ในการนำ OpenCV มาใช้งานกับ Borland C++ Builder ต้องทำตามขั้นตอนดังนี้

1) ทำการติดตั้ง OpenCV ปกติจะติดตั้งที่ C:\ProgramFiles ดังรูปที่ ก.1



รูป ก.1 OpenCV ติดตั้งที่ C:\ProgramFile

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป ก.2 Intel Image Processing Library ติดตั้งที่ C:\ProgramFile

Folder HighGUI2 ต้องทำการติดตั้งเพิ่มเติม โดยทำการก๊อปปี้มาไว้ที่ไดเร็กทอรี C:\ProgramFile\OpenCV

2) ติดตั้ง Intel Image Processing Library ที่ C:\ProgramFile ดังรูปที่ ก.2

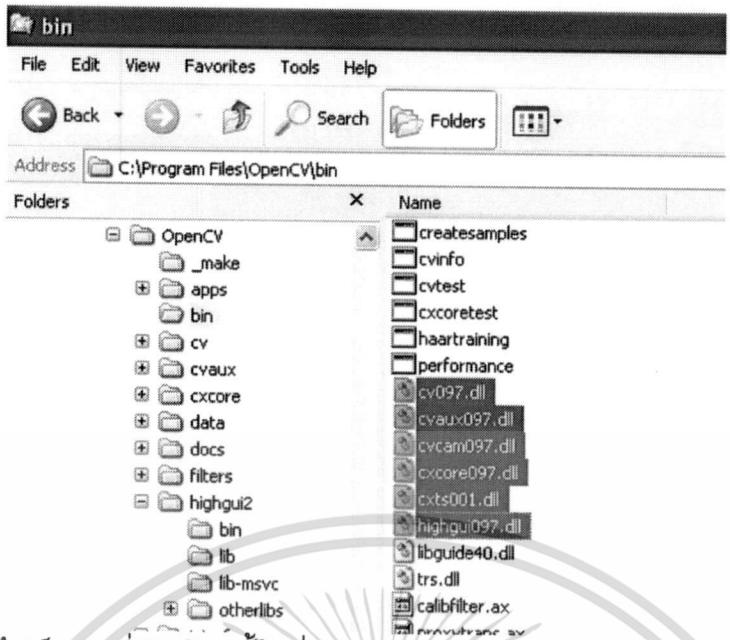
3. ทำการก๊อปปี้ไฟล์ *.dll จากไดเร็กทอรี C:\ProgramFile\OpenC\bin ดังแสดงในรูป ก.3 และไฟล์ highgui0972.dll จาก C:\Program Files\OpenCV\highgui2\bin มาไว้ที่ C:\WINDOWS\system32

4. ทำการตั้ง path ของไฟล์ *h ใน Borland C++ Builder ที่เมนู

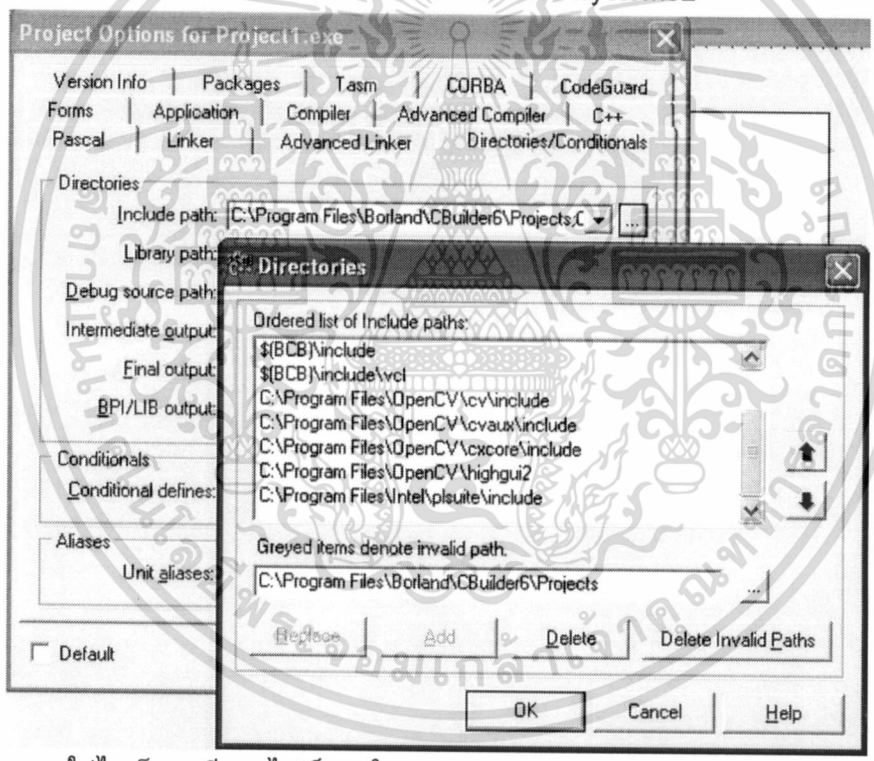
Projects-> Option->Directory/Conditionals ->Include path

ดังแสดงในรูป ก.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



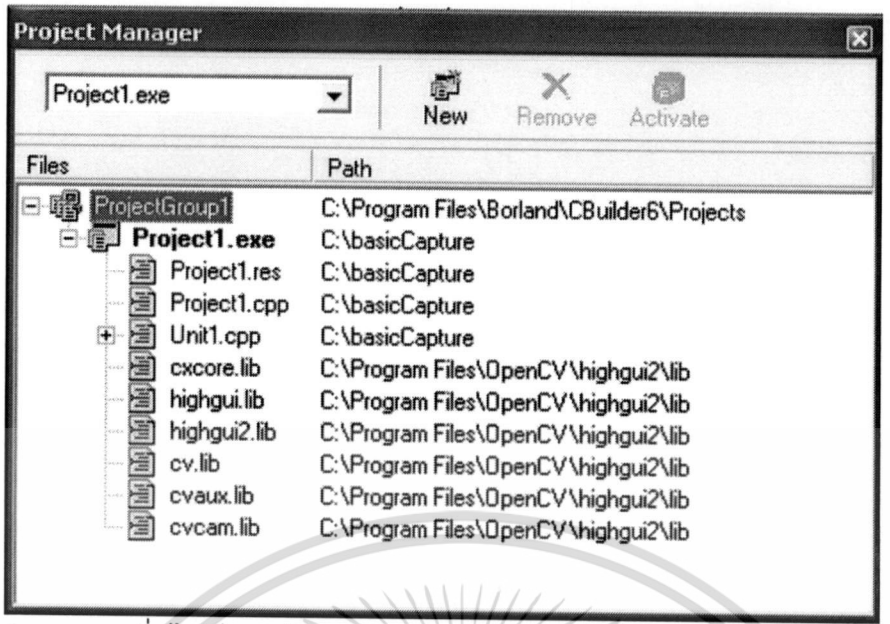
รูป ก.3 ไฟล์ *.dll ที่ต้องก๊อปปี้ไปที่ C:\WINDOWS\system32



รูป ก.4 การใส่ไดเร็กทอรีของไฟล์ *.h ใน Borland C++ Builder

1. ทำการ Add *.lib เข้าไปใน Project ที่เมนู Project-> Add to Project ผลของการเพิ่มไฟล์ใน Project แสดงในรูป ก.5

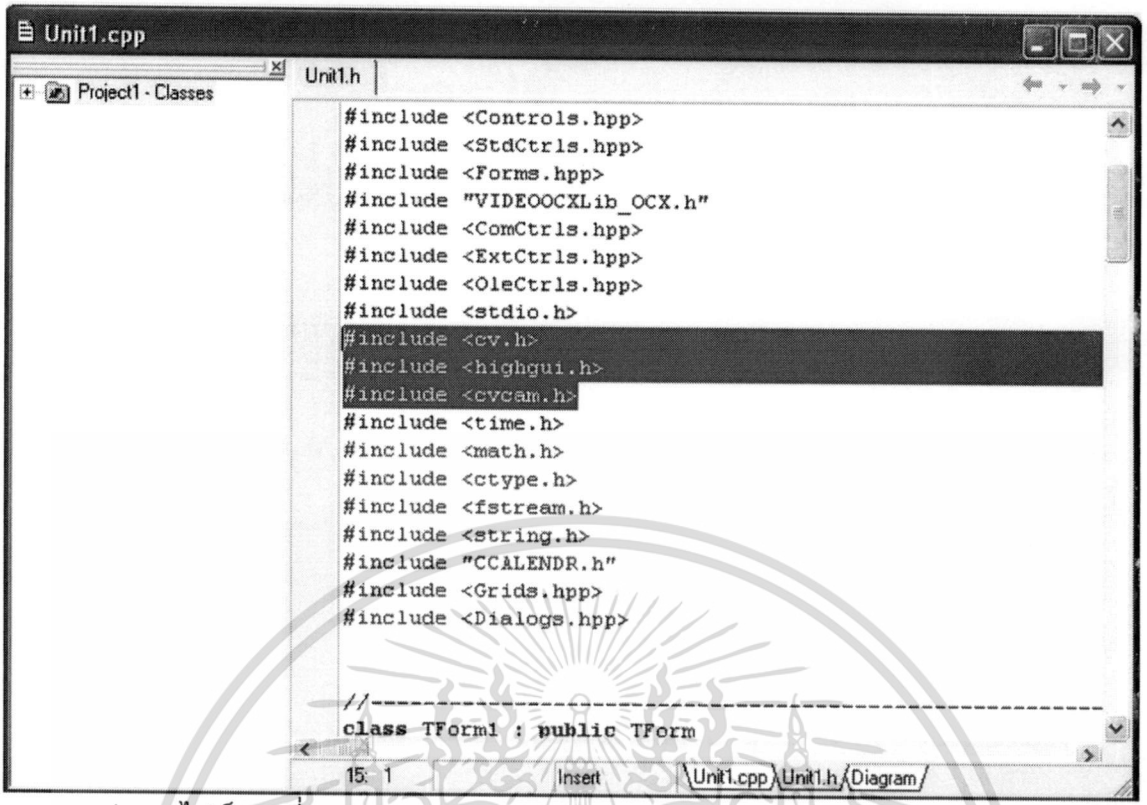
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป ก.5 การเพิ่มไฟล์ *.lib ใน Project ของ Borland C++ Builder

6. ทำการ Include *.h ที่ต้องการที่ Header Filer ดังแสดงในรูป ก.6 ก็พร้อมใช้งานคำสั่งใน OpenCV ได้ทันที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป ก.6 ไฟล์ *.h ที่ Hearder File

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้