

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบตรวจวัดการเคลื่อนไหวเพื่องานชีวกลศาสตร์

Motion Capture System for Biomechanics Application



T119241

โดย

นายณัฐพล	สุกรมือง	50010495
นายตรรก	การะวะวัฒนา	50010537
นายทิมพร	พลศักดิ์	50010580

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร.สุรเดช ตรีไตรลักษณ์

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน... 119241  
วัน,เดือน,ปี... - 6 S.A. 2554

b.....
i.....

รายงานสำหรับวิชา 01044058 PROJECT 2

สาขาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการภาษาไทย

ระบบตรวจวัดการเคลื่อนไหวเพื่องานชีวกลศาสตร์

ชื่อโครงการภาษาอังกฤษ

Motion Capture System for Biomechanics Application

จัดทำโดย

นายณัฐพล สุกรเมือง 50010495

นายตรรก ภาระวะวัฒนา 50010537

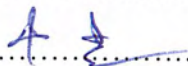
นายทิมมพร พลศักดิ์ 50010580

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร.สุรเดช ศรีไตรลักษณ์



รายงานฉบับนี้ได้ผ่านการตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว

ชื่อ .....  ..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(.....  .....)

วันที่ 30 / 5 / 2557

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายงานปีการศึกษา 2553

ภาควิชา อิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบตรวจวัดการเคลื่อนไหวเพื่องานชีวกลศาสตร์

ผู้จัดทำ

นายณัฐพล	สุกรเมือง	50010495
นายตรรก	การะวะวัฒนา	50010537
นายทินัมพร	พลศักดิ์	50010580

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(.....)

## คำนำ

รายงานเล่มนี้ได้เรียบเรียงขึ้น เพื่อใช้ประกอบการทำโครงการสำหรับนักศึกษาวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ ชั้นปีที่สี่ โดยเนื้อหาในหนังสือ จะกล่าวถึงเรื่องราวที่มาของโครงการ เรื่องการ ตรวจจับการเคลื่อนไหวของร่างกายเพื่อการแพทย์ ที่เป็นที่สนใจอย่างมากในปัจจุบันและในอนาคต หลักการทำงานส่วนต่างๆ โปรแกรมที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลภาพข้อดีและข้อเสียของโปรแกรม การทำงาน ของกล้อง GigE ที่มีคุณภาพสูงในการจัดเก็บภาพ คุณสมบัติของกล้องแก่ผู้ที่มีความสนใจที่จะศึกษาผู้เขียน ได้พยายามจัดหา เรียบเรียงเนื้อหา ที่มีความสำคัญ และมีความเหมาะสมให้แก่ผู้สนใจทั้งผู้เริ่มต้น และผู้ที่ ต้องการศึกษารื่องการเคลื่อนไหวของมนุษย์ โดยหวังว่าผู้ศึกษาจะได้รับความรู้จากหนังสือเล่มนี้ไปอย่าง มากที่สุด หากมีข้อผิดพลาดประการใด ขอ อภัยมา ณ ที่นี้ด้วย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	6
บทคัดย่อภาษาไทย	7
บทที่ 1 บทนำ	8
บทที่ 2 ทฤษฎีอุปกรณ์	10
2.1 รายละเอียดของกล้อง	10
2.2 หลักการทำงานของกล้องดิจิทัล	15
2.3.1 CCD	15
2.3.2 CMOS	16
2.3.3 เปรียบเทียบ CCD กับ CMOS ของกล้องดิจิทัล	17
2.3.4 สาเหตุที่กล้องดิจิทัล CCD มีราคาแพงกว่า CMOS	19
2.3 สาย RJ 45	20
2.1.1 สายแบบ Direct	21
2.1.2 สายแบบ Cross	21
2.4 Gigabit Ethernet	22
2.5 Optical systems	24
2.5.1 Passive markers	25
2.5.2 Active markers	25
2.6 โปรแกรม	27
2.6.1 LabVIEW	28
2.6.2 MATLAB	32
2.7 การวิเคราะห์ผลภาพ (Image Processing)	33
2.7.1 ชนิดของรูปภาพทั่วไป	33
2.7.2 พิกเซล ( Pixel ) และดอต ( Dot )	33
2.7.3 ความละเอียดของภาพ	33
2.7.4 แบบจำลองของสี ( Color Model )	33
2.7.5 โหมดสีต่าง ๆ ของรูปภาพ	34
2.7.6 ไฟล์ฟอร์แมตของรูปภาพดิจิทัล ( Digital Image File Format )	35
2.7.7 มาตรฐานของสี	37
2.7.8 Motion Capture	42
2.7.9 การประมวลผลภาพดิจิทัล	43

2.8 การประมวลผลภาพ 3 มิติ	46
2.8.1 โครงสร้างระบบการประมวลผลภาพ 3 มิติ	46
2.8.2 Direct linear transformation (DLT)	48
บทที่ 3 โครงสร้างของระบบ	50
บทที่ 4 การทดลอง	53
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	62
กิตติกรรมประกาศ	63
เอกสารอ้างอิง	64



## Motion Capture System for Biomechanics Application

Mr. Nattapol Sukronmuang ID.50010495

Mr. Truk Karawawattana ID.50010537

Mr. Thikamporn Phonlasakde ID.50010580

Dr. Suradej Tretriluxana Adviser

Educational Year 2010

### Abstract

Motion Capture is a system to detect movement of human, animals or objects. The recorded data can be used to generate the 2D or 3D animations or used for Biomedical applications.

This project uses three cameras to capture movement of a human body with a passive marker attached on the lower body and uses image processing technique to detect color markers for corresponding positions in 2D from each cameras and records only co-ordinate data of the marker using LabVIEW. In 2D to 3D conversion using MATLAB to analyze and reproduce the lower body model in 3D.

In Biomedical can use this technology to track the lower part of body movement and diagnose deformity patients.

## ระบบตรวจวัดการเคลื่อนไหวเพื่องานชีวกลศาสตร์

นายณัฐพล สุกรมเมือง รหัส 50010495

นายตรรก ภาระวะวัฒนา รหัส 50010537

นายทินัมพร พลศักดิ์ รหัส 50010580

ดร.สุรเดช ตรีไตรลักษณ์ อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2553

### บทคัดย่อ

การบันทึกความเคลื่อนไหว คือระบบการบันทึกการเคลื่อนไหวของร่างกายมนุษย์ ข้อมูลที่บันทึกได้สามารถนำไปสร้างเป็นแอนิเมชัน 2 มิติและ 3 มิติ รวมถึงการนำไปใช้ในแอปพลิเคชันที่เกี่ยวข้องทางการแพทย์

ในโครงการนี้ใช้กล้องความเร็วสูงทั้งหมดสามตัวเพื่อจับภาพและบันทึกความเคลื่อนไหวของร่างกายมนุษย์ ด้วยการติดอุปกรณ์ระบุตำแหน่งไว้ตามจุดต่างๆของร่างกายและเก็บภาพการเคลื่อนไหวของมนุษย์มาจัดเก็บในรูปแบบของพิกัดจุดของตำแหน่งนั้นๆตามเวลาจริง จากนั้นนำพิกัดจุดในกล้องแต่ละตัวทั้งสามตัวมาทำการประมวลผลในระนาบสามมิติ โดยใช้โปรแกรม LabVIEW ในการควบคุมการทำงานและใช้โปรแกรม MATLAB ในการวิเคราะห์ผลเป็นสามมิติ

ซึ่งในทางการแพทย์สามารถนำเทคโนโลยีนี้มาศึกษาการเคลื่อนไหวของผู้ป่วยที่มีความผิดปกติทางการเดินของขาตั้งแต่ช่วงเอวลงไปเพื่อให้สามารถนำผลมาวิเคราะห์ได้อย่างละเอียด

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ความสำคัญและความเป็นมา

เนื่องจากในปัจจุบันการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวของมนุษย์มีบทบาทอย่างมากในวงการแพทย์ทั่วโลก เพราะสามารถที่จะหาอาการบาดเจ็บตามข้อต่างๆของร่างกายได้อย่างแม่นยำและรวดเร็ว ประหยัดเวลาในการวินิจฉัยจากแพทย์โดยตรง และการวินิจฉัยจากแพทย์โดยตรงโดยไม่มีอุปกรณ์ต่างๆช่วยในการวิเคราะห์หาสาเหตุของอาการบาดเจ็บ ก็อาจจะทำให้ผลการวินิจฉัยผิดพลาดไปได้ และทำให้โรคดังกล่าวไม่ได้รับการแก้ไขอย่างถูกวิธี การตรวจจับการเคลื่อนไหว (Motion Capture) ก็ได้มีมาแล้วหลายปี และได้รับการพัฒนามาอย่างต่อเนื่อง แต่ในส่วนมาก การตรวจจับการเคลื่อนไหวที่มาประยุกต์ใช้กับการแพทย์ยังคงมีไม่มากมายเท่าใดนัก และอุปกรณ์ดังกล่าวนั้นแบบครบชุดการวิเคราะห์ ก็ยังไม่มีการผลิตในประเทศไทยต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ซึ่งมีราคาสูงมาก ไม่ว่าจะเป็นกล้องความละเอียดสูงและเฟรมเรตที่มาก เพราะว่าการแพทย์ต้องการผลการเคลื่อนไหวที่ผิดพลาดน้อยที่สุดซึ่งเป็นประโยชน์กับผู้ป่วยคอมพิวเตอร์ที่ต้องการใช้ก็จะต้องมีการประมวลผลที่รวดเร็วมาก เพราะว่าเมื่อกล้องที่มีเฟรมเรตหลายๆจำนวนหลายๆกล้องมาทำการประมวลผลพร้อมกันจะทำให้เกิดข้อมูลจำนวนมหาศาล สถานที่ที่มีความสะดวกในการประมวลผลของภาพและการวิจัย จะต้องมีความพอดีในเรื่องของขนาดและแสง ถ้าหากมีการบวกรวมของแสงมากจะทำให้การวิเคราะห์ผลของภาพมีความผิดพลาดได้ เรื่องดังที่กล่าวมาข้างต้นล้วนทำให้เกิดค่าใช้จ่ายอันมหาศาล ทางกลุ่มของกระผลจึงสนใจในการทำวิจัยเรื่องการประมวลผลภาพเพื่อที่จะนการนำไปใช้งานจริงในวงการแพทย์ไทย ซึ่งกลุ่มกระผลได้ไปศึกษาดูจากกระทรวงสาธารณสุข ซึ่งที่นั่นอุปกรณ์วิเคราะห์ที่ครบวงจรและนับว่าทันสมัยที่สุดในประเทศไทย และระบบทั้งหมดซื้อมาจากประเทศในราคานับล้านบาท ซึ่งกลุ่มกระผลคิดว่าประเทศไทยน่าจะมีการผลิตขึ้นเองในราคาที่ถูกลงกว่าคุณภาพที่เท่ากัน

## 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1.2.1 เพื่อศึกษาการเขียนโปรแกรมกับการวิเคราะห์ผลภาพ
- 1.2.2 เพื่อศึกษาการเคลื่อนไหวของมนุษย์
- 1.2.3 เพื่อให้พัฒนาและนำไปใช้งานจริงกับการแพทย์

## 1.3 ประโยชน์ที่ได้รับจากโครงการ

- 1.3.1 สามารถเขียนโปรแกรมเกี่ยวกับกระวิเคราะห์ผลภาพได้
- 1.3.2 เข้าใจถึงการเขียนโปรแกรม LabVIEW และ MATLAB
- 1.3.3 เข้าใจถึงการเคลื่อนไหวในการเดินของผู้ป่วย
- 1.3.4 สามารถนำการเขียนโปรแกรม ไปประยุกต์ใช้งานได้



## บทที่ 2 ทฤษฎีอุปกรณ์

### 2.1 รายละเอียดของกล้อง

คุณสมบัติและมาตรฐานการทำงานของกล้องGigE

GigE Vision หรือ Gigabit Ethernet Camera เป็นมาตรฐานอินเทอร์เน็ตเฟชที่ถูกแนะนำในปี 2006 เป็นมาตรฐานการเชื่อมต่อกล้องใช้โปรโตคอล Gigabit Ethernet สำหรับงานประสิทธิภาพสูง เร็ว และ ใช้ต้นทุนต่ำ เช่น กล้องอุตสาหกรรม มีกรอบในการส่งผ่านวิดีโอและข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมด้วยความเร็วสูงกว่าEthernetทั่วไป

คุณลักษณะของ GigE Vision มาตรฐาน

- อัตราการถ่ายโอนข้อมูลเร็วถึง 1000Mbit / s (ตาม 1000BASE -T)
- ระยะเวลาการถ่ายโอนข้อมูลถึง 100m (ผู้ผลิตบางอ้างถึง 150m) ใช้สวิตช์ repeaters หรือ ใยแก้วนำแสง สามารถเพิ่มความยาว และ ประสิทธิภาพของการ โอนถ่ายข้อมูล ตามมาตรฐาน GigE Vision แต่ละขึ้นอยู่กับคุณภาพของอุปกรณ์ตามมาตรฐานที่ใช้ การใช้งานบางอย่างจะได้ latency ต่ำมากแม้ในที่ที่มีสวิตช์ repeaters หรือ ใยแก้วนำแสงเป็นอุปกรณ์ส่งผ่าน ในขณะที่อุปกรณ์ตัวอื่นอาจจะไม่เป็น
- กำหนดให้เชื่อมต่อกับอุปกรณ์เครือข่ายอีเธอร์เน็ต และคอมพิวเตอร์อื่น ตามมาตรฐาน
- ให้มีสภาพแวดล้อมที่เป็นมาตรฐานสำหรับการใช้งานระบบรุ่นใหม่เมื่อใช้งานวิดีโอบน หรือ เปลี่ยนเครือข่ายและรองรับสถาปัตยกรรมใหม่ๆ

มาตรฐานของ GigE Vision มี 4องค์ประกอบหลัก

- GigE Vision Control Protocol (GVCP) ทำงานบน UDP protocol เป็นมาตรฐานกำหนดวิธีการควบคุมและกำหนดค่าอุปกรณ์ ระบุกลไกการส่งภาพ ข้อมูล และ การกำหนดค่าระหว่างกล้อง กับ เครื่องคอมพิวเตอร์
- GigE Vision Stream Protocol(GVSP). ทำงานบน UDP protocol ครอบคลุมความหมายของชนิดข้อมูลและวิธีการที่ภาพสามารถโอนผ่านทาง GigE
- GigE กลไก Discovery Device กลไกให้การรับที่อยู่โดยใช้ IP Address
- คำอธิบาย XML file บนของ schema กำหนดโดย European Machine Vision สมาคม GenICam มาตรฐานแผ่นข้อมูลที่ช่วยให้ใช้กล้องเพื่อควบคุมภาพและการใช้งานที่ถูกต้อง

## ประโยชน์ของ Gigabit Ethernet Interface

กล้องที่มี Interface GigE มีคุณสมบัติต่างๆที่มีการใช้งานไม่ได้ในกล้องในหน้าจอเดียวจนถึงปัจจุบัน คุณสมบัติรวมของอัตราการส่งข้อมูลสูง (จำเป็นสำหรับการบีบอัดวิดีโอหรือภาพการใช้งาน), การเชื่อมต่อแพร่หลายอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ต้นทุนต่ำสายและความนิยมอย่างแพร่หลายทำให้ Gigabit Ethernet อินเทอร์เน็ตตัวเลือกที่น่าสนใจสำหรับกล้องมองเห็นของเครื่องจักร ด้วยยังคงแอดเวนซ์ของ GigE Vision, กล้องมาตรฐานโปรโตคอลการสื่อสารจาก Advanced Imaging Association (AIA), GigE เพิ่มเติมจะกลายเป็นที่น่าสนใจ ต่อไปนี้เป็นบางส่วนของผลประโยชน์ที่น่าสนใจของกล้องที่สอดคล้องกับวิสัยทัศน์ GigE :

Gigabit Ethernet พอร์ตจะกลายเป็นสามัญในคอมพิวเตอร์แล็ปท็อปและคอมพิวเตอร์จึงมีไม่ต้องไปหาการ์ดอินเทอร์เน็ตเฟสพิเศษหรือแพง / grabbers กรอบความซับซ้อนในการใช้งานกล้อง GigE Vision

GigE ให้แบนด์วิธสูงพอที่จะส่งข้อมูลที่ไม่มีการบีบอัดภาพจากกล้องไปยังคอมพิวเตอร์ที่เป็นโฮสต์ในเวลาจริงได้ด้วยความเร็วที่เกินความต้องการของการใช้งานส่วนใหญ่มองเห็นของเครื่องจักรอุตสาหกรรม นี้มาก negates ความจำเป็นในการอินเทอร์เน็ตเฟสที่ซับซ้อนและมีราคาแพงเช่น Cameralink

Gigabit Ethernet ให้การเชื่อมต่อกล้องสูงและประสิทธิภาพในการถ่ายถอดข้อมูลภาพสามารถควบคุมความยาวของสายยาว (ไม่เกิน 100 เมตร) โดยใช้ราคาไม่แพง Cat5e หรือ CAT6 สาย ดังกล่าวมีความยาวสายเคเบิลที่มีความยาวไม่เป็นไปไม่ได้โดยทั่วไปกับ Cameralink, FireWire หรือ USB

GigE Vision เข้ากันได้กับมาตรฐาน Gigabit Ethernet ฮาร์ดแวร์ให้เครือข่ายของกล้อง นี้เป็นประโยชน์อย่างยิ่งในสถานการณ์ที่ต้องดูหลาย ๆ และเปิดวิสัยทัศน์การใช้งานเครื่องใหม่ในระบบจราจรอัจฉริยะ (ITS) และภาพการรักษาความปลอดภัยสาธารณะ

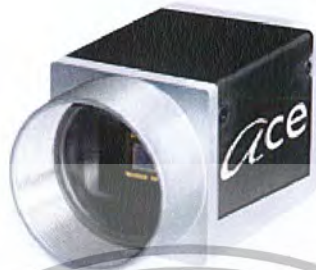
กล้อง GigE Vision เช่นจาก Prosilica อิงค์มีความสามารถในการ multicasting ข้อมูลภาพพร้อมกันกับคอมพิวเตอร์หลายเครื่องสำหรับการกระจายโหลดการประมวลผลภาพในคอมพิวเตอร์แยกต่างหาก

Cat5e หรือ CAT6 สายเคเบิลอีเธอร์เน็ตสามารถผลิตได้ง่ายในเว็บไซด์โดยใช้ต้นทุนต่ำสายและเครื่องมือ คุณลักษณะนี้จะเป็ประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับการติดตั้งกลางแจ้งที่กล้องอาจจะติดตั้งบนเสาหรืออาคารและสถานที่ที่สายเคเบิลจะต้องถูกส่งเป็นความต้องการของเว็บไซด์

ใหม่วิสัยทัศน์มาตรฐาน GigE ให้ความสะดวกในการใช้ว่าแม้เกินกว่าที่สอดคล้องกับข้อกำหนดของ IIDC กล้อง FireWire (IEEE - 1394)

10GigE เร็ว ๆ นี้จะนำเสนอ 10 กิกะบิตต่อวินาที (Gbps) อัตราข้อมูลกล้องความหมายที่อินเทอร์เน็ตเฟสแบบขนานเช่นเว็บไซด์ที่กล้องจะไม่ใช่ที่ต้องการแม้กระทั่งสำหรับการใช้งานความเร็วสูง

รายละเอียดและเทคนิคของกล้องที่ใช้งาน

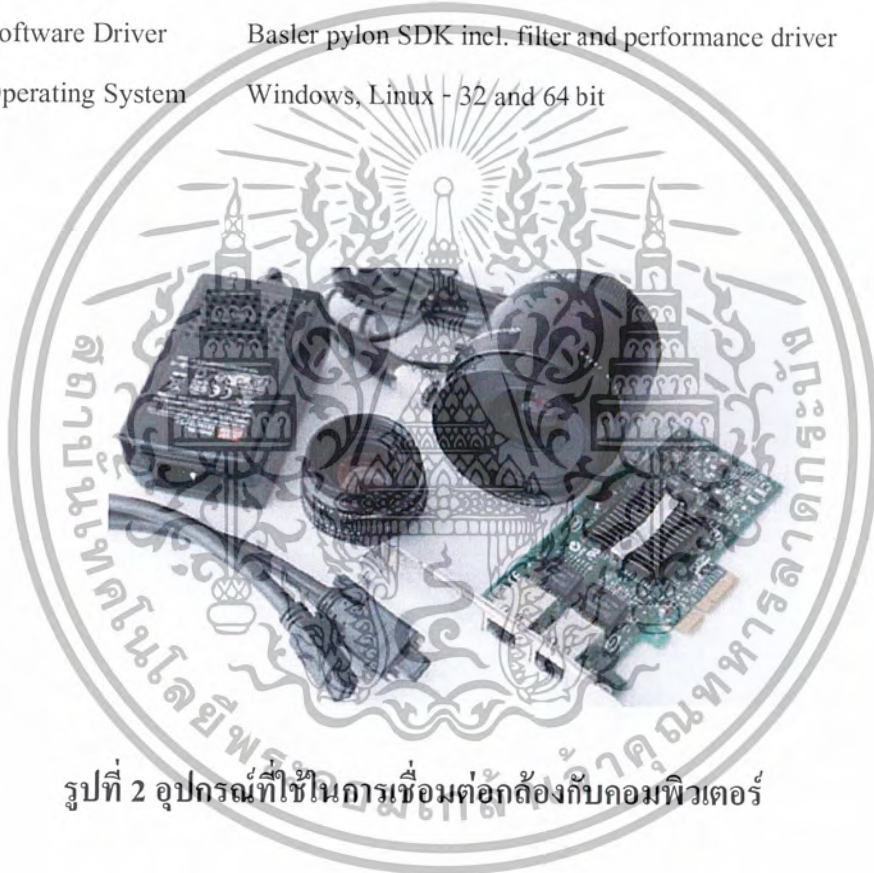


รูปที่ 1 Basher Camera

Specification	acA640-100gm/gc
Sensor Size (H x V pixels)	640 x 480
Sensor Type	Sony ICX618
Sensor Readout	Progressive Scan CCD
Optical Size	1/4"
Pixel Size (in $\mu\text{m}$ )	5.4 x 5.4 $\mu\text{m}$
Max. Frame Rate (at full resolution)	100 frames per second
Mono/Color	Mono / Color
Interface	Fast Ethernet (100 Mb/s) or Gigabit Ethernet (1000 Mb/s)
Video Output Format	Mono 8, Mono 16, Mono 12 packed, YUV 4:2:2, Raw 8, Bayer BG8, Bayer BG16, Bayer BG12 packed
Synchronization	Via external trigger, via the Ethernet connection, or free-run
Exposure Control	Freely programmable
Housing Size (L x W x H in mm)	42 x 29 x 29
Housing Temperature	Up to 50°C
Lens Mount	C-mount

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ห้ามมิให้ C-mount เนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Digital I/O	1 opto-isolated input, 1 opto-isolated output
Power Requirements	Via Power over Ethernet (802.3af) or +12VDC (+/- 10%) via 6-pin Hirose connector
Power Consumption (typical)	2.3 W with PoE, 2.0 W with AUX
Weight (typical)	< 90g
Conformity	CE, FCC, GigE Vision, IP 30, RoHS, PoE (802.3af), UL (in preparation), GenICam
Software Driver	Basler pylon SDK incl. filter and performance driver
Operating System	Windows, Linux - 32 and 64 bit



รูปที่ 2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเชื่อมต่อกล้องกับคอมพิวเตอร์

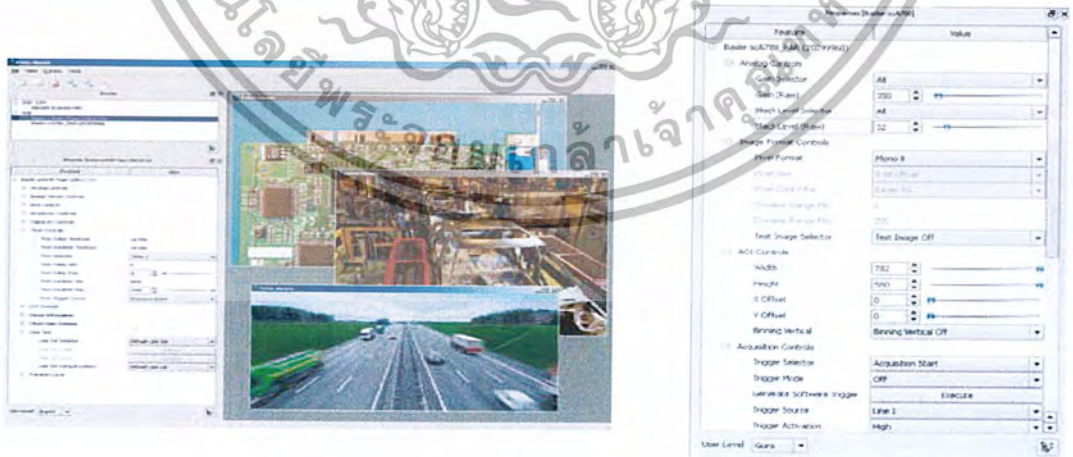
การปรับแต่งแก้ไขค่าต่างๆของกล้องด้วย Pylon

เนื่องจากเทคโนโลยีจาก Interface Gigabit Ethernet นั้นง่ายต่อการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์เข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ ผู้ผลิตกล้องทางด้านงานอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น Basler เป็นต้น ได้ใส่ Driver SDK



รูปที่ 3 Driver ของกล้อง

ซึ่ง Driver Package เป็นโปรแกรมเชื่อมต่อกล้องเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยผ่านโปรแกรม Pylon SDK ซึ่งมีความสามารถในการปรับแต่งค่าต่างๆ ของกล้อง Basler แต่ละรุ่น



รูปที่ 4 โปรแกรม Pylon

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2 หลักการทำงานของกล้องดิจิทัล

หลักการทำงานของกล้องดิจิทัล คือ เมื่อทำการถ่ายภาพที่ถ่ายจะไปตกบน อุปกรณ์รับภาพที่ประกอบด้วยเซลล์ไวแสงจำนวนมาก และเซลล์เหล่านี้จะทำหน้าที่แปลงภาพซึ่งเป็นสัญญาณ Analog ไปเป็นสัญญาณ Digital โดยอุปกรณ์ที่เรียกว่า ATD ( Analog to digital converter) จากนั้นจึงเข้าสู่กระบวนการตรวจสอบความคมชัดของภาพและทำการบีบอัดเพื่อลดพื้นที่ในการจัดเก็บภาพ ก่อนจะส่งไปเก็บที่หน่วยความจำ ของกล้อง

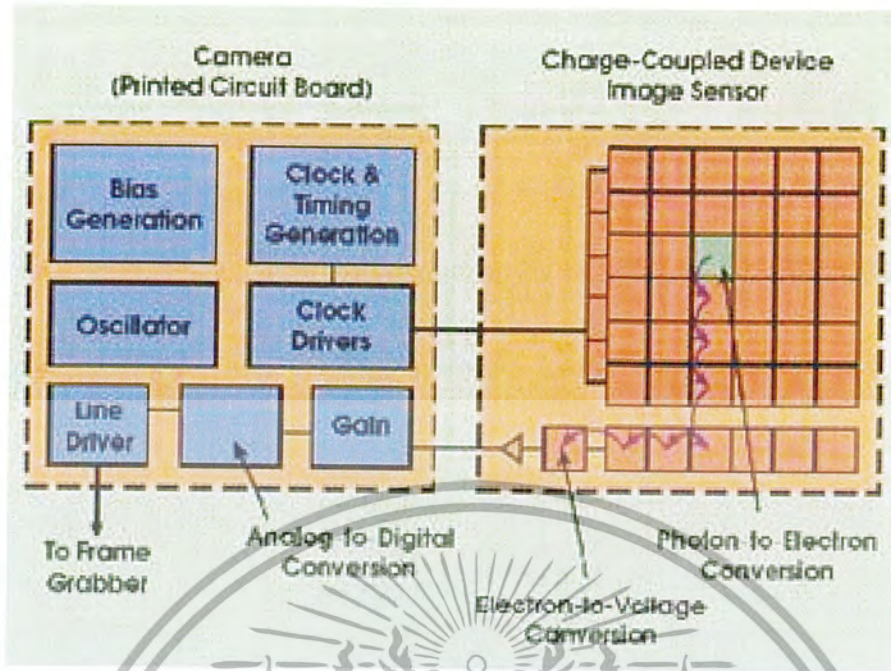
ในกล้องทุกตัว แน่นอนหัวใจสำคัญที่สุดอันหนึ่งที่จะทำให้กล้องตัวนั้นถ่ายทอดรูปออกมาได้คือ Sensor รับภาพ ซึ่งมีหน้าที่รับแสงที่เข้ามาแล้วเปลี่ยนค่าแสงนั้นๆเป็นสัญญาณดิจิทัล ซึ่งในปัจจุบันก็ยังมี Sensor รับภาพอยู่เพียง 2 แบบใหญ่ๆเท่านั้น ซึ่งก็คือ CCD (ซีซีดี) และ CMOS (ซีมอส) ที่เป็นคู่แข่งที่สำคัญในท้องตลาด



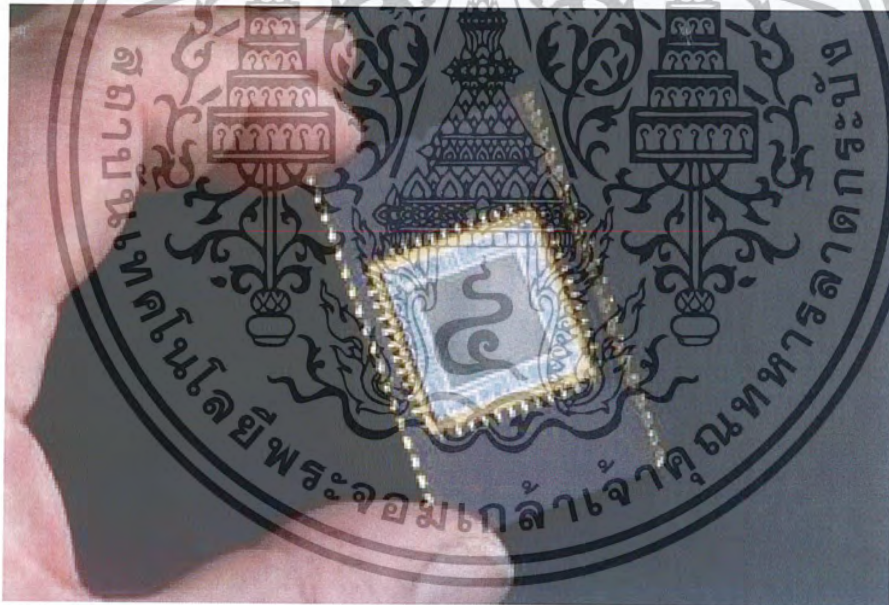
รูปที่ 5 Image Sensor (CCD)

2.2.1 CCD - CCD ย่อมาจาก Charge Coupled Device เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีความไวต่อแสงหรืออาจเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าอิมเมจเซ็นเซอร์ และมีความสำคัญเกี่ยวกับความละเอียดของภาพที่ได้จากการถ่ายภาพด้วยกล้องดิจิทัล เนื่องจากยิ่ง CCD มีพื้นที่ในการรับภาพมากเท่าไรความละเอียดของภาพที่ได้ก็จะสูงมากขึ้นเท่านั้น แต่ในขณะที่เดียวกันราคาของกล้องก็จะสูงขึ้นเช่นเดียวกัน กล้องดิจิทัลส่วนใหญ่จะมี CCD เพียง 1 ตัวและใช้ฟิลเตอร์เพื่อกรองแสง ซึ่งแตกต่างจากกล้องวิดีโอดิจิทัลที่มี CCD ถึง 3 ตัวเพื่อทำหน้าที่รับแสงให้ครบทั้ง 3 สี คือ สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน ( RGB ) โดยส่วนที่เป็น Sensor แต่ละพิกเซล จะทำหน้าที่รับแสงและเปลี่ยนค่าแสงเป็นสัญญาณอนาล็อก ส่งเข้าสู่วงจรเปลี่ยนค่าอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัลอีกที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6 แสดงการทำงานของ CCD

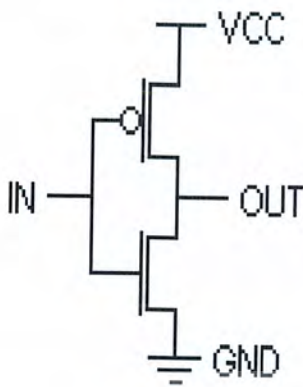


รูปที่ 7 ภาพ CCD Chip ที่ถูกสร้างขึ้นมามาเพื่อใช้กับกล้องถ่ายภาพด้วยรังสี Ultraviolet ตัวชิพบรรจุอยู่ในตัวถัง Wire Bonded แบบ IC ทั่วไปพร้อมใช้งาน

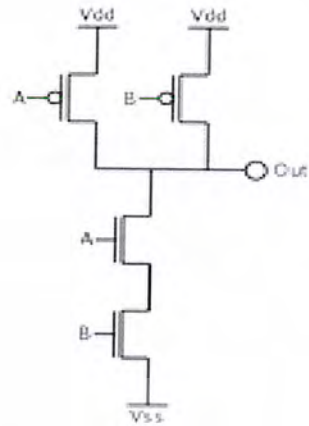
2.2.2 CMOS - CMOS ย่อมาจาก Complementary Metal Oxide Semiconductor ซึ่งมีพื้นฐานมาจาก เทคโนโลยีการผลิตสารกึ่งตัวนำ มีคุณสมบัติเด่นในเรื่องของการบริโภคพลังงานต่ำและมีความร้อนสะสมต่ำ โดยการทำงานอาศัยทรานซิสเตอร์พื้นฐานหลายๆตัว นิยมมากในการนำมาใช้งานกับอุปกรณ์

ประเภท Microprocessor, Microcontroller และ Static RAM

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



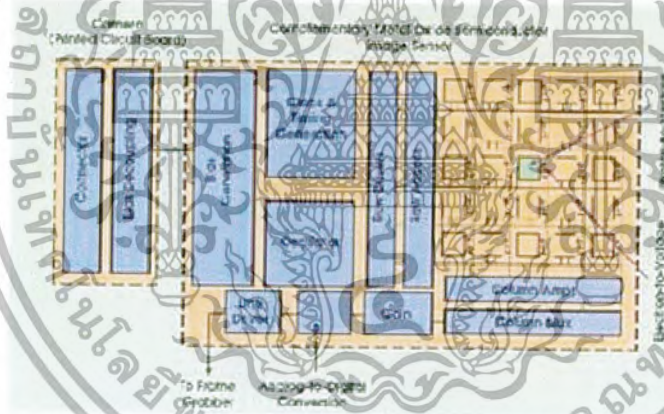
Static CMOS Inverter



CMOS NAND Gate

### รูปที่ 8 CMOS Inverter

CMOS เป็น Sensor ที่มีลักษณะการทำงานโดยแต่ละพิกเซลจะมีวงจรย่อยๆ เปลี่ยนค่าแสงที่เข้ามาเป็นสัญญาณดิจิทัลในทันที ไม่ต้องส่งออกไปแปลงเหมือน CCD



รูปที่ 9 แสดงการทำงานของ CMOS

สรุปคือ CMOS จะมีวงจรแปลงสัญญาณแสงในแต่ละพิกเซลเลย ส่วน CCD ตัวรับแสงจะรับแสงอย่างเดียว และจะส่งค่าที่ได้ออกมาให้วงจรที่มีหน้าที่แปลงสัญญาณอีกที

### 2.2.3 เปรียบเทียบ CCD กับ CMOS ของกล้องดิจิทัล

#### ความเร็วในการการตอบสนอง

ในแง่นี้ CMOS จะเหนือกว่า เนื่องจากตัว CMOS จะแปลงสัญญาณเสร็จในตัวเอง ไม่ต้องส่งข้อมูลไปยังวงจรอื่นอีก

### Dynamic Range (คุณภาพในการรับแสง)

ในแง่ที่ CCD ได้เปรียบอย่างมาก เนื่องจากตัวรับแสงของ CCD มีแต่ส่วนรับแสงเพียงอย่างเดียว ต่างกับ CMOS ที่ต้องมีวงจรแปลงสัญญาณในแต่ละพิกเซลด้วย ดังนั้นถ้าในขนาดที่เท่ากัน ส่วนรับแสงของ CCD จะมีขนาดใหญ่กว่า เนื่องจากไม่ต้องเสียพื้นที่ไปให้วงจรอื่นๆเหมือน CMOS

### ความละเอียด

ตรงนี้ CCD ได้เปรียบอีกเช่นกัน เนื่องจากเหตุผลเดียวกันกับ Dynamic Range

### การใช้พลังงาน

ข้อนี้ CMOS เหนือกว่าเนื่องจากสามารถรวมวงจรต่างๆไว้ในตัวได้เลย ต่างจาก CCD ที่ต้องมีวงจรแปลงค่าเพิ่มขึ้นมา

เทคโนโลยี CMOS จะมีจุดเด่นที่มีราคาถูก ใช้พลังงานต่ำ และทำให้มีขนาดเล็กได้ง่ายกว่า ยิ่งถ้าหากใช้เทคโนโลยีล่าสุดมาใช้ในการผลิตก็สามารถลดสัญญาณรบกวนได้มากกว่าในอดีต (ตัวอย่างเช่นกล้องดิจิทัล Canon หลายรุ่นใช้ CMOS Sensor ในการผลิตตัวรับแสง) แต่สำหรับกล้อง CMOS ที่อยู่ในตลาดกล้องวงจรปิด โดยเฉพาะหากผลิตมาจากประเทศจีน คงคาดหวัง “latter technology” ได้ยาก การใช้งานจึงต้องเน้นรองรับการใช้งานแบบว่ามีคนหรือวัตถุอยู่ตรงหน้ากล้องเท่านั้นจะลงรายละเอียดมากไม่ได้ รวมทั้งการเดินทางยาวๆ ก็จะไม่เหมาะสมทั้งกำลังของสัญญาณที่ต่ำกว่าและการถูกรบกวนของสัญญาณที่ถูกรบกวนได้ง่ายกว่า

ส่วนกรณีของ CCD พบว่ามีจุดเด่นที่ มีความไวแสงสูงกว่า สัญญาณรบกวนต่ำกว่า และมีช่วงกว้างในการรับแสงที่กว้างกว่า คือตั้งแต่ UV จนถึง IR ได้เลยทีเดียว ซึ่งเป็นคุณสมบัติหลักที่อุปกรณ์รับแสงในกล้องควรมี การใช้งานจึงให้ภาพที่สว่างใสมากกว่า ให้รายละเอียดมีดีมากกว่า และสามารถเดินทางไกลได้ยาวกว่ากล้อง CMOS แต่ราคาของกล้อง CCD ก็สูงกว่าด้วยเช่นกัน

ดังนั้นพอจะสรุปได้ว่าในแง่ของการทำงาน (ความเร็ว การใช้พลังงาน) CMOS ได้เปรียบ ส่วนในแง่คุณภาพของภาพ CCD ได้เปรียบ ส่วนเรื่องอายุการใช้งาน แม้ว่ากล้อง CMOS จะมีการสะสมความร้อนที่ต่ำกว่า แต่ด้วยมาตรฐานการผลิตที่สูงกว่า ของ CCD ทำให้อายุการใช้งานของกล้อง CCD ที่ผลิตจากโรงงานที่น่าเชื่อถือ สามารถใช้งานได้ยาวนานกว่าเช่นกัน

### เปรียบเทียบคุณสมบัติอื่นๆ ของกล้องดิจิทัลแบบ CCD กับ CMOS

	CCD	CMOS
Signal Out of Pixel	Electron Packet	Voltage
Signal Out of Chip	Voltage (Analog)	Bits (Digital)
Signal Out of Camera	Bits (Digital)	Bits (Digital)
Fill Factor	High	Moderate
Amplifier Mismatch	N/A	Moderate
System Noise	Low	Moderate to High
System Complexity	High	Low
Sensor Complexity	Low	High
Camera Components	PCB + Multiple Chips + Lens	Chip + Lens
Responsibility	Moderate	Slightly Better
Dynamic Range	High	Moderate
Uniformity	High	Low to Moderate
Uniform Shuttering	Fast, Common	Poor
Speed	Moderate to High	Higher
Windowing	Limited	Extensive
Antiblooming	High to None	High
Biasing and Clocking	Multiple, Higher Voltage	Single, Low-Voltage

#### 2.2.4 สาเหตุที่กล้องดิจิทัล CCD มีราคาแพงกว่า CMOS

เพราะในกระบวนการผลิตของเซ็นเซอร์ CCD มีเทคโนโลยีขั้นสูงในการผลิตทำให้ปราศจากปัญหาสัญญาณรบกวน เมื่อถ่ายภาพ ซึ่ง CMOS ใช้เทคโนโลยีแบบเก่าทำให้เกิดสัญญาณรบกวนส่งผลกระทบต่อโดยตรงกับคุณภาพของภาพถ่าย แต่ละ Photosite ของ CMOS นั้น จะประกอบไปด้วย ทรานซิสเตอร์จำนวนมาก ที่วางเรียง ติดกันอยู่ ทำให้ ปัญหาในการส่งผ่าน ข้อมูล มีความผิดพลาดสูง อีกทั้ง ที่ Cell รับแสงนั้น ยังมีความไวต่อแสง น้อยกว่า เทคโนโลยี CCD อุปกรณ์ CCD นั้น มีอัตรา บริโภคพลังงาน สูงกว่า CMOS นั้น เพราะว่า มันต้องอาศัย การประจุ อิเล็กตรอน โดยตรง เพื่อทำให้เกิดสัญญาณ และค่าดิจิทัล ถ่ายทอดออกไปได้ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบแล้ว มีอัตราสูงกว่า 100 เท่า เลยทีเดียว เมื่อเทียบกับ CMOS การผลิต CMOS sensor นั้น สามารถพิมพ์ลาย วงจร ได้ลงบน แผ่นเวเฟอร์ ซิลิคอน มาตรฐาน แทบทุกชนิด ในขณะที่ CCD นั้น จะต้องอาศัย แผ่นซิลิคอน ที่ถูกผลิตมาเป็นพิเศษ เพื่อทำการผลิต และเป็นอีกสาเหตุหนึ่ง ที่ทำให้อัตราต้นทุนการผลิต แตกต่างกันส่งผลให้ราคากล้องดิจิทัลแตกต่างกัน

### 2.3 สายเชื่อมต่อสัญญาณ Ethernet แบบ UTP



รูปที่ 10 หัวต่อ RJ45

คือ หัวต่อที่ใช้กับสายสัญญาณเชื่อมต่อเครือข่ายแบบสายคู่ตีเกลียว (สาย UTP) ตัวผู้ มี 2 ชนิด ได้แก่

1. หัวต่อตัวผู้ RJ-45 (หรือที่เรียกว่า RJ-45 Connector หรือ RJ-45 Jack Plug) เป็นอุปกรณ์สำหรับใส่ที่ปลายสาย UTP มีลักษณะเป็นพลาสติกสีเหลี่ยมคล้ายหัวต่อ โทรศัพท์ มีช่องสำหรับเสียบสายที่ด้านหลัง ด้านล่างเรียบ ส่วนด้านบนมีตัวล็อก ถ้าหันหน้าเข้าด้านหน้าของหัวต่อพิน 1 จะอยู่ทางด้านซ้ายมือของเราขณะที่พิน 8 จะอยู่ทางขวามือ

2. หัวต่อตัวเมีย RJ-45 (หรือเรียกว่า RJ-45 Jack Face) มีลักษณะเป็นแป้นเรียบสำหรับหัวต่อ RJ-45 ตัวผู้ เมื่อมองจากด้านที่จะนำหัวต่อตัวผู้เสียบ พิน 8 จะอยู่ทางซ้าย ส่วนพิน 1 จะอยู่ทางขวา หัวต่อตัวเมียจะมีลักษณะเป็นกล่องมีช่องสำหรับเสียบหัวต่อ ด้านในกล่องจะมีขั้วซึ่งเป็นส่วนที่เชื่อมกับสายนำสัญญาณ

สายแลน CAT5 คือสายแลนยูทีพี (UTP) ประเภท Category 5 (CAT-5) ผลิตจากสายทองแดงที่มีการบิดตีเกลียวมากขึ้น มีการป้องกันสัญญาณรบกวนได้ดี และสามารถรองรับการส่งข้อมูลที่ความเร็ว 1000 Mbps ที่ความยาว 100 เมตรได้ รองรับการทำงานของอุปกรณ์เครือข่ายในปัจจุบัน เช่น Ethernet, Fast Ethernet โดยมี Bandwidth 100 MHz

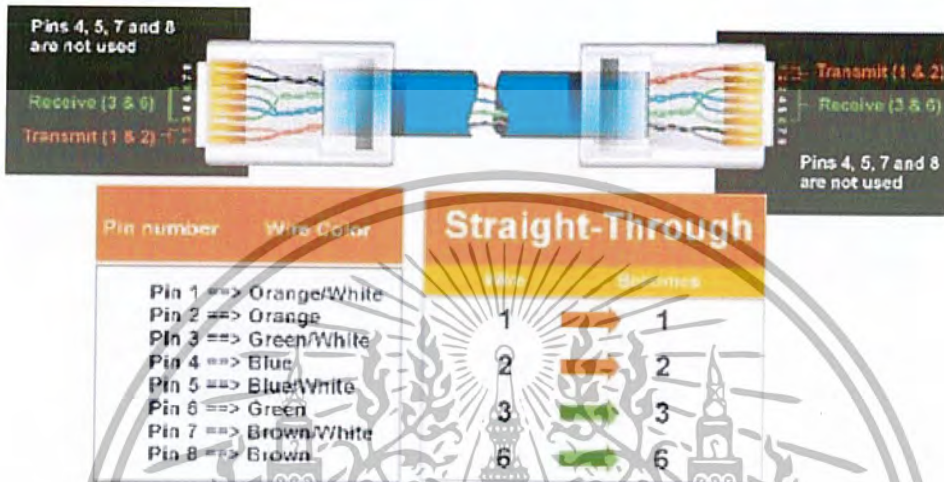


รูปที่ 11 สาย LAN

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.3.1 สาย Direct

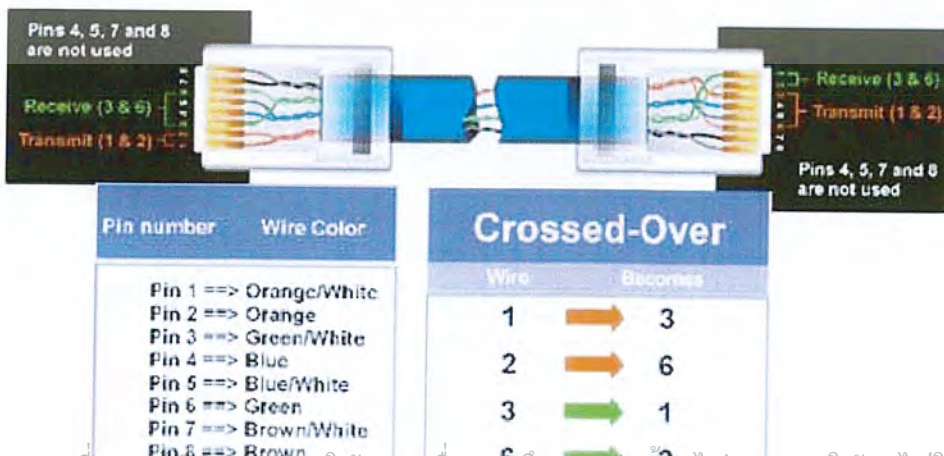
การเข้าสายแบบ Direct จะเป็นการต่อแบบเรียงกันตามลำดับ pin (pin1-pin1, pin2-pin2) ส่วนการได้สีจะเป็นมาตรฐานกลาง ดังที่แสดงอยู่ในรูป โดยจะใช้เชื่อมต่อระหว่าง เครื่องคอมพิวเตอร์มาที่ HUB หรือ Switching



รูปที่ 12 การเข้าสายแบบ Direct

### 2.3.2 สาย Cross

การเข้าสายแบบ Cross จะมีการสลับระหว่าง pin 1,2,3,6 ส่วนสายอีก 4 เส้นที่เหลือคือ 4,5,7,8 ก็ไม่ต้องไปสลับอะไร เนื่องจากไม่ได้ใช้ในการส่งสัญญาณ ซึ่งจะใช้ในกรณีของเชื่อมต่อระหว่าง HUB-to-HUB โดยที่ไม่ผ่านทาง Uplink Port คือ ต่อจาก Port ธรรมดาไป Port ธรรมดา โดยสามารถนำมาดัดแปลง ใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์สองเครื่องที่ต้องการต่อเป็น เครือข่ายโดยผ่านทางสาย UTP ได้โดยการใส่ LAN Card ลงที่เครื่องทั้งสองแล้วใช้สาย Cross ในการเชื่อมต่อเครื่อง ทั้งสองให้เป็นระบบเครือข่ายโดยไม่ต้องใช้ HUB



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิใช้รูปที่ 13 การเข้าสายแบบ Cross

## 2.4 Gigabit Ethernet

ปัจจุบันเครือข่ายคอมพิวเตอร์ได้มีบทบาทต่อชีวิตประจำวันมากขึ้นทุกขณะ การเจริญเติบโตของเครือข่ายคอมพิวเตอร์เหล่านี้เป็นไปอย่างต่อเนื่อง และยังมีสัญญาณบ่งบอกว่าจะมีการ ชลต่อตัวแต่อย่างใด เครือข่ายแบบท้องถิ่นในองค์กรต่างๆ ตลอดจน บริษัท สถานศึกษาส่วนใหญ่มากกว่า 80% จะนิยมใช้เครือข่าย Ethernet ส่วนที่เหลือก็จะเป็นพวก FDDI/CDDI, ATM และอื่นๆ ด้วยความต้องการการส่งผ่านข้อมูลที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วตามขนาดและจำนวน เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ต่ออยู่บนเครือข่าย ตลอดจนการเติบโตของ Internet อย่างรวดเร็ว จึงทำให้เครือข่าย Ethernet แบบดั้งเดิมที่มีความเร็วในการส่งผ่านข้อมูลอยู่ที่ 10 Mbps เริ่มจะไม่สามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

**Gigabit Ethernet (IEEE802.3z)** เป็นมาตรฐานใหม่ ของเทคโนโลยีเครือข่ายท้องถิ่น (LAN: Local Area-Network) ที่พัฒนามาจาก เครือข่ายแบบ Ethernet แบบเก่าที่มีความเร็ว 10 Mbps ให้สามารถรับส่งข้อมูลได้ที่ระดับความเร็ว 1 Gbps ทั้งนี้ เทคโนโลยีนี้ ยังคงใช้กลไก CSMA/CD ในการร่วมใช้สื่อเหมือน Ethernet แบบเก่า หากแต่มีการพัฒนาและดัดแปลงให้สามารถรองรับความเร็วในระดับ 1Gbps ได้

**Gigabit Ethernet** เป็นส่วนเพิ่มขยายจาก 10 Mbps และ 100 Mbps Ethernet (มาตรฐาน IEEE 802.3 และ IEEE802.3u ตามลำดับ) โดยที่มันยังคงความเข้ากันได้กับมาตรฐานแบบเก่าอย่าง 100% Gigabit Ethernet ยังสนับสนุนการทำงานใน mode full-duplex โดยจะเป็นการทำงานในการเชื่อมต่อระหว่าง Switch กับ Switch และระหว่าง Switch กับ End Station ส่วนการเชื่อมต่อผ่าน Repeater, Hub ซึ่งจะเป็นลักษณะของ Shared-media (ซึ่งใช้กลไก CSMA/CD) Gigabit Ethernet จะทำงานใน mode Half-duplex ซึ่งสามารถจะใช้สายสัญญาณ ได้ทั้งสายทองแดงและเส้นใยแก้วนำแสง

หลักการพื้นฐานที่สำคัญของ Gigabit Ethernet (IEEE802.3z) คือการปรับแก้ส่วนของ MAC Layer (Media Access Control Layer) โดยกลไกที่เรียกว่า Carrier Extension โดยกลไกตัวนี้จะทำการเพิ่มความยาวของเฟรมที่มีขนาดน้อยกว่า 512 ไบต์ โดยจะทำการเพิ่มข้อมูลเข้าไปยังส่วนท้ายของเฟรมเพื่อให้เฟรมข้อมูลนั้นมีขนาดเท่ากับ 512 ไบต์ เหตุที่ต้องทำเช่นนี้เนื่องมาจากว่าใน Ethernet แบบแรกที่มีความเร็ว 10Mbps (IEEE802.3) นั้นได้มีการกำหนดออกแบบเอาไว้ว่าจะต้องสามารถ ตรวจจับ (detect) การชนกันของข้อมูล (Collision) ได้เมื่อเครื่องคอมพิวเตอร์เครือข่ายที่อยู่ห่างกัน 2 กิโลเมตร ส่งข้อมูลที่มีความยาว 64 ไบต์ออกมา ในจังหวะเวลาที่ทำให้เกิดการชนกันของข้อมูล (Roundtrip Propagation Delay) ซึ่งเมื่อเกิดการชนกันขึ้น MAC Layer จะเป็นตัวที่ตรวจพบและมันจะทำการส่งสัญญาณเพื่อให้เครื่องที่ส่งข้อมูลชนกันหยุดการส่งข้อมูล และทำการสุ่มเวลาเริ่มต้นเพื่อนที่จะทำการส่งข้อมูลนั้นใหม่อีกครั้ง และใน 100 Mbps (IEEE802.3u) ก็ใช้ข้อกำหนดนี้ แต่ความเร็วที่เพิ่มขึ้นได้มาจากการเพิ่มสัญญาณนาฬิกาในการส่งข้อมูลให้เร็วขึ้นเป็น 10 เท่าจากของเดิม ทำให้เวลาที่ต้องใช้ในการส่งข้อมูลลดลง 10 เท่า ซึ่งทำให้ระยะห่างสูงสุดระหว่างเครื่องในเครือข่ายลดลง 10 เท่าเช่นกัน คือ จาก 2 กิโลเมตรเหลือเพียง 200 เมตรแต่เมื่อมีการเพิ่มความเร็วจนอีก 10 เท่าใน Gigabit Ethernet จึงทำให้ระยะห่างดังกล่าวลดลงเหลือเพียง 20 เมตรบนสาย UTP cat5 ซึ่งไม่

สามารถใช้งานได้ในสภาพการทำงานจริง ดังนั้น Carrier Extension นี้เองที่จะเข้ามาทำให้สามารถตัวจัดการชนกันของข้อมูลเมื่อเครื่องคอมพิวเตอร์บนเครือข่ายอยู่ห่างกันที่ระยะ 200 เมตร

ขนาดของเฟรมที่เล็กที่สุดของ Gigabit Ethernet ซึ่งมีค่าเท่ากับ 512 ไบต์นั้นจะทำให้สามารถตรวจจัดการชนกันของข้อมูลได้ด้วยความเร็วในการส่งข้อมูลเท่ากับ 1 Gbps และระยะห่างสูงสุดที่ 200 เมตร ทั้งนี้ทางคณะกรรมการที่กำหนดมาตรฐาน IEEE802.3z ได้ลดจำนวน repeater hop ลงจาก 10Base-T (IEEE802.3u) ที่อนุญาตให้มีได้ 2 hop (และ 4 hop ใน 10Base-T) ลงเหลือเพียง 1 hop เท่านั้น ทั้งนี้เพื่อเหตุผลในเรื่องการลดเวลาในการตรวจสอบการชนกันของข้อมูล นอกจากนี้ค่าพารามิเตอร์อื่นๆทางวิศวกรรม(ค่าทางไฟฟ้า) ใน IEEE802.3z จะไม่มีการเผื่อ Safety Factor อีกต่อไปดังนั้นถ้าผู้ผลิตแต่ละยี่ห้อไม่ได้ใช้ค่าพารามิเตอร์ที่ตรงกันจริงๆ ก็จะทำให้เกิดปัญหาเมื่อนำเอา อุปกรณ์ Gigabit Ethernet ของต่างผู้ผลิตมาต่อเชื่อมกันได้

การที่ต้องเพิ่มขนาดของเฟรมที่เล็กกว่า 512 ไบต์ด้วยส่วนข้อมูลพิเศษต่อท้ายเพื่อให้มีขนาดเท่ากับ 512 ไบต์นั้นจะทำให้ค่า Throughput ลดลงเมื่อมีการส่งข้อมูลที่มีขนาดน้อยกว่า 512 ไบต์เป็นจำนวนมาก ซึ่งในกรณีที่แย่ที่สุดคือการส่งเฟรมขนาด 64 ไบต์ต่อเนื่องกันด้วยความเร็ว 1 Gbps จะทำให้ throughput ประมาณ 12% หรือ 120Mbps เท่านั้นเอง

แต่ในการใช้งานจริงการคำนวณหาค่า Throughput นั้นจะหาจาก ขนาดเฉลี่ยของเฟรมที่มีการส่งผ่านในเครือข่ายนั้นๆ โดยค่านี้จะได้จากการเก็บสถิติแล้วหาค่าเฉลี่ยออกมา ซึ่งส่วนมากจะได้ค่าเฉลี่ยดังกล่าวอยู่ในช่วง 200-500 ไบต์ ซึ่งจะทำให้ได้ throughput ประมาณ 300-400 Mbps ซึ่งน่าจะเพียงพอต่อความต้องการในเครือข่ายในองค์กรต่างๆ

อนึ่งวิธีการทำ Carrier Extension นั้นจะใช้ในกรณีที่เป็นการรับส่งข้อมูลแบบ Half-Duplex เท่านั้น เพราะในการรับส่งข้อมูลแบบ Full-Duplex นั้นจะมีการใช้สายรับและส่ง แยกกันคนละชุดจึงไม่มีการชนกันของข้อมูลที่วิ่งสวนทางกัน (Collision) จึงทำให้ไม่ต้องกังวลกับการตรวจจัดการชนกัน

**Packet Bursting** เป็นเทคนิคที่จะลดข้อเสียของการใช้ Carrier Extension เทคนิคนี้จะทำงานโดยการเก็บรวบรวม เฟรมที่มีขนาดเล็กกว่า 512 ไบต์หลายๆเฟรมรวมกันให้มีขนาดมากกว่า 512 ไบต์ แล้วจึงทำการส่งออกไป ซึ่งการที่จะทำอย่างนี้ได้ต้องเป็นการทำงานร่วมกันระหว่างตัวแอฟพลิเคชั่นและตัว Gigabit Interface Card ซึ่งแอฟพลิเคชั่นที่มีอยู่ปัจจุบันจะต้องได้รับแก้ไขเพื่อให้มีความสามารถในการจัดการกับข้อมูลโดยลักษณะที่จะมีการเก็บรวบรวมเฟรมข้อมูลให้ได้ขนาดที่ต้องการแล้วส่งออกไปทีเดียว เช่นการขอเปิดเน็ตเวิร์คไพล์ หรือการตอบรับ (Acknowledge) ซึ่งปัญหานี้กำลังอยู่ในระหว่างการตัดสินใจว่าจะให้มีการแก้ไขอย่างไร โดยอาจจะให้เป็นหน้าที่ของ Protocol ที่จะทำหน้าที่แก้ปัญหาให้ส่วนนี้ หรืออาจจะแก้ที่ตัว Packet Bursting ให้มีการกำหนดเวลาในการรวบรวมเฟรมที่มีขนาดเล็กกว่า 512 ไบต์ ซึ่งถ้าเกินเวลาที่กำหนดแล้วแต่ยังไม่สามารถรวบรวมข้อมูลได้มากกว่า 512 ไบต์ ก็ให้ทำการส่งออกไปโดยใช้วิธี Carrier

Extension ทั้งนี้ อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Buffer Distributor** เป็นอุปกรณ์ของ Gigabit Ethernet ที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของระบบได้ โดยลดข้อจำกัดของ Carrier Extension โดยอุปกรณ์นี้จะมีการทำงานที่รวมคุณลักษณะของ Repeater และ Switch เข้าด้วยกัน อุปกรณ์นี้จะใช้การเชื่อมต่อแบบ Full-Duplex และ Flow Control (IEEE802.3x) มันสามารถทำงานเหมือนกับ Repeater คือส่งข้อมูลทุก packet ไปยังทุกๆ Port ที่มีการเชื่อมต่ออยู่ และสามารถทำงานในลักษณะของ Switch คือการรับข้อมูลจากหลาย Port ได้พร้อมกันแล้วนำข้อมูลนั้นไปเก็บไว้ในหน่วยความจำ (Buffer) และเมื่อมีการเขียนลงจนเต็มทางอุปกรณ์นี้ก็จะใช้ Flow Control ส่งสัญญาณให้ โหนดที่ส่งขอมูลนั้นหยุดคอยจนกว่า Buffer นั้นจะว่างลงอีกครั้ง (หลังจากอุปกรณ์ได้ทำการส่งข้อมูลใน Buffer เหล่านั้นไปยังปลายทางเรียบร้อยแล้ว) วิธีนี้ก็จะสามารถให้ Throughput ได้เกือบ 100% แต่ข้อจำกัดของวิธีนี้คือทุกโหนดที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์นี้จะต้องเป็นแบบ Full-Duplex และสนับสนุนมาตรฐาน IEEE802.3x ด้วย

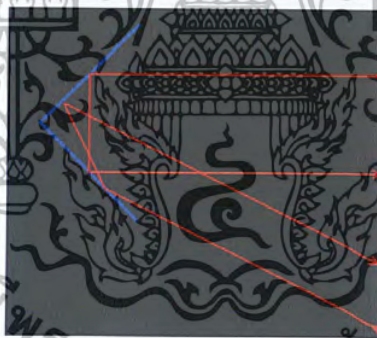


## 2.5 Optical systems



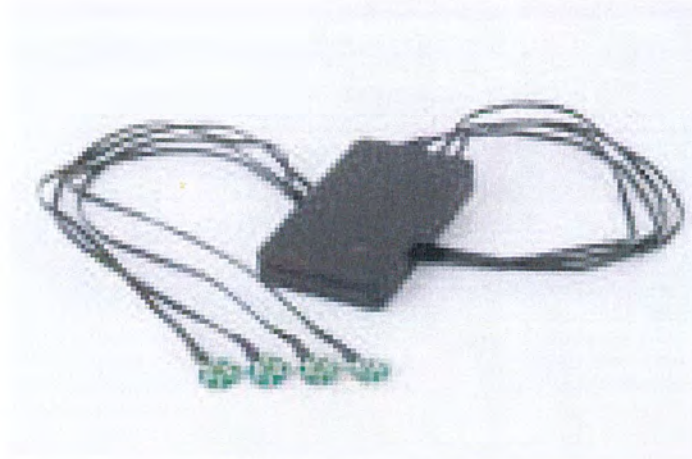
รูปที่ 14 Passive Marker

2.5.1 Passive markers เป็นระบบที่ใช้มาร์คเกอร์ที่เป็นวัสดุในการสะท้อนแสงกลับมายังกล้อง จากนั้นจะใช้กล้องทำการปรับค่า bright หรือทำการฟิลเตอร์ส่วนที่ไม่สนใจออกไปเหลือเฉพาะส่วนที่เราต้องการใช้ในการวิเคราะห์เท่านั้น มีลักษณะเบาและจะมีขนาดต่างๆที่ต่างกันไปแล้วแต่ระยะทางที่ทำการวิเคราะห์ อย่างเช่น ขนาดความกว้างประมาณ 2.5 mm จะสามารถใช้ในการตรวจจับของริมฝีปากได้



รูปที่ 15 การสะท้อนของแสงแบบเป็นมุม ของ Passive Marker

2.5.2 Active markers เป็นระบบที่ใช้มาร์คเกอร์ที่มีการเปล่งแสงออกมา เช่น หลอด LED เป็นต้น และส่งลำแสงไปยังกล้องเพื่อทำการบอกกล้องว่าตำแหน่งต่างๆของมาร์คเกอร์นั้นอยู่ที่ใด และใช้กล้องทำการปรับแต่งเพื่อหาจุดมาร์คเกอร์ที่แท้จริง มาร์คเกอร์ชนิดนี้ เหมาะกับการวัดแบบ real-time สำหรับหาตำแหน่งหรือการหมุน เหมาะสำหรับใช้ใน Biomedical เหมาะกับการวิเคราะห์ในที่มีแสงอื่นเข้ามาเกี่ยวข้อง หรือในสภาพแวดล้อมที่การ reflex ของแสงมีผลต่อการวิเคราะห์ผลภาพ



รูปที่ 16 Active Marker



รูปที่ 17 แสดงการติด Active Marker ที่บริเวณขา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.6 โปรแกรม

### 2.6.1 LabVIEW

Lab view คือ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สร้างขึ้นเพื่อนำมาใช้ในด้านการวัดและเครื่องมือวัดสำหรับงานทางวิศวกรรม Lab View นั้นย่อมาจาก Laboratory virtual Instrument Engineering Workbench หมายความว่า เครื่องมือเสมือนจริงในห้องปฏิบัติการทางวิศวกรรม ซึ่งจุดประสงค์ของการทำงานของโปรแกรมนี้คือการจัดการในด้านการวัดและเครื่องมือวัด อย่างมีประสิทธิภาพ โปรแกรม Lab view มีข้อแตกต่างจากโปรแกรมอื่นคือ เป็นโปรแกรมประเภท GUI (Graphical User Interface) คือเราไม่จำเป็นต้องเขียน Code หรือคำสั่งใดๆ และสัญลักษณ์ภาษาที่ใช้เขียนในโปรแกรมนี้เราจะเรียกว่าเป็น ภาษารูปภาพ หรือ Graphic Language แม้ว่าในเบื้องต้นเราอาจจะไม่คุ้นเคยหรือสับสนกับการจัดเรียงหรือเขียนโปรแกรม แต่เมื่อได้คุ้นเคยการใช้โปรแกรมนี้แล้วจะพบว่า Lab View มีความสะดวกและสามารถลดเวลาในการเขียนโปรแกรมไปได้มาก โดยเฉพาะในงานเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อเชื่อมต่ออุปกรณ์อื่นๆ เพื่อใช้ในการวัดและการควบคุม

#### Introduction to LabVIEW

การประมวลผลสัญญาณดิจิทัล หรือ Digital Signal Processing (DSP) นั้นนับเป็นเรื่องที่สามารถมองได้ทั้งในแง่วิชาการและทั้งในแง่ปฏิบัติ โดยในเชิงวิชาการนั้น DSP จะพูดถึงการศึกษาหาความรู้ความเข้าใจทางทฤษฎี และ โครงสร้างการทำงานของหลักการต่างๆ ซึ่งโดยมากแล้วจะอยู่บนพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ เพื่อให้มีความเข้าใจอย่างลึกซึ้งและจะนำไปสู่การสร้างอัลกอริทึมเพื่อประยุกต์ใช้งานได้อย่างไม่มีขีดจำกัด และถ้าจะพูดถึงซอฟต์แวร์สำหรับเรียนรู้ทฤษฎี DSP ที่นิยมใช้มากที่สุด ณ ตอนนี้ ก็คงจะต้องยกให้เป็น MATLAB และ Simulink อย่างแน่นอน โดยหากมองในเชิงความง่ายในการใช้งานแล้ว Simulink นั้นจะได้เปรียบกว่า MATLAB อยู่เล็กน้อย เพราะ ทุกๆ ฟังก์ชันจะอยู่ในรูป บล็อกไดอะแกรม (blockdiagram) รวมถึงการใช้บล็อกเป็นตัวแทนของเครื่องมือแต่ละชนิด เช่น ฟังก์ชันจูนเนอร์เรเตอร์ สโคป เป็นต้น การลากสายเชื่อมโยงระหว่างบล็อกแทนการเขียนโปรแกรมทำให้ Simulink มีความเหมาะสมมาก สำหรับการเรียนรู้ทฤษฎีทางวิศวกรรมแทบทุกสาขารวมถึงงานจำลองระบบจริงบนคอมพิวเตอร์ที่เรียกว่ากัน ว่าการทำ Simulation ส่วนงาน DSP ในด้านปฏิบัติ อาจจะออกมาในรูปของการใช้ตัวประมวลผล ซึ่งอาจจะเป็นคอมพิวเตอร์ PC ธรรมดาๆ ก็ได้ เพื่องานเก็บข้อมูลจากการ์ด ( Data Acquisition), การวิเคราะห์สัญญาณทั้งทางเวลาและ ความถี่ หรือการดึงลักษณะสำคัญของข้อมูล (Feature Extraction), การเข้ารหัส (coding) และ ถอดรหัส (decoding), การลดขนาดข้อมูล (Compression) และ บางครั้ง ก็อาจจะเกี่ยวข้องกับระบบควบคุม เช่น การส่งข้อมูลที่ได้ออกมาไปสั่งงานมอเตอร์ หรือ หุ่นยนต์ให้ทำงานตามที่ต้องการโดยอัตโนมัติ โดยข้อดีของ LabVIEW ที่เด่นๆ สำหรับงานปฏิบัติการ DSP สามารถแยกแยะได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 1. มีหน้าจอ User Interface ที่ง่ายต่อการพัฒนาโปรแกรม

LabVIEW นั้น จะมีหน้าจอที่ทำหน้าที่สื่อสารกับผู้ใช้งาน โดยเฉพาะ หน้าจอนี้เรียกว่า Front panel โดยมีกลุ่มอุปกรณ์ที่เรียกว่า “Control” ให้เลือกใช้มากมาย ซึ่งจะช่วยให้งานออกมาดูเป็นซอฟต์แวร์มาตรฐานเช่น ปุ่มกดหลากหลายประเภท กราฟและชาร์ต Ring text ที่สำคัญก็คือ การเลือก Control ในหน้าจอ Front panel จะปรากฏบล็อก Function ใน หน้าจอ Block Diagram เพื่อการเขียนโปรแกรมในทันที

### 2. การเขียนโปรแกรมเป็นกราฟฟิกสมบูรณ์แบบและดัดง่าย

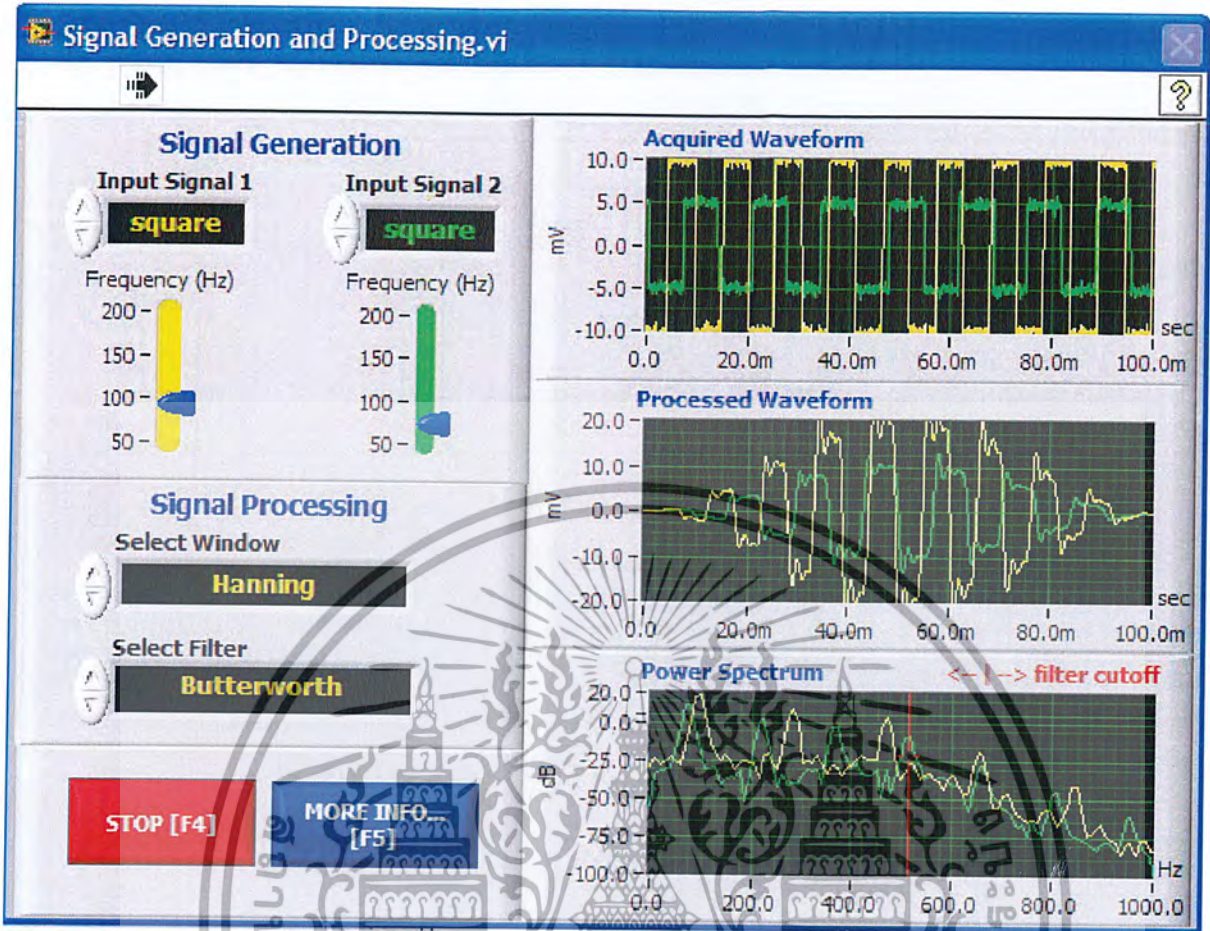
การเขียนโปรแกรมใน LabVIEW จะเป็นแบบกราฟฟิก ทำให้เข้าใจง่ายโดยเฉพาะผู้ที่คุ้นเคยกับงานทางวิศวกรรมที่จะอธิบายระบบต่างๆ ในรูปของบล็อกไดอะแกรมและสัญลักษณ์อยู่เสมอ ข้อดีที่สำคัญก็คือ LabVIEW จะมี ฟังก์ชันบล็อกเฉพาะอย่างที่จะช่วยเร่งระยะเวลาการพัฒนางานลงไปได้มาก โดยฟังก์ชัน บล็อก จะทำงานบนหน้าจอ Block Diagram ซึ่งหน้าจอนี้จะทำงานร่วมกับหน้าจอ Front panel อยู่ ตลอดเวลา การทำงานของโปรแกรมใน LabVIEW นั้นใช้หลักการที่เรียกว่า การไหลของข้อมูลหรือ “Data Flow Programming” ทำให้การดัดโปรแกรมทำได้ง่ายเพราะแต่ละขั้นตอนการทำงานจะแสดงเป็นเส้นทางเดินของลูกบอลสีแดงวิ่งไปตามเส้นทางเชื่อมต่อระหว่างบล็อกเพื่อแสดง การไหลของข้อมูลในขณะนั้น

### 3. การเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ได้หลากหลาย

LabVIEW สามารถ “คุย” กับอุปกรณ์หลายชนิดหลายยี่ห้อได้อย่างมากมาย ซึ่งนับเป็นจุดคิดที่สำคัญอีกจุดหนึ่งของ LabVIEW ฟังก์ชันบล็อกที่ให้เลือกใช้งานกับโปรโตคอลและมาตรฐานต่างๆ มีอยู่มากมาย เช่น Serial, Parallel, GPIB, TCP/IP และ VISA กับ VXI รวมถึงการใช้สภาพแวดล้อมที่เป็น .NET, และ ระบบฐานข้อมูล (Database) ด้วย

### 4. มีเครื่องมือช่วยคำนวณ DSP

ใน LabVIEW มี Toolset เกี่ยวข้องกับ DSP อย่างครบครันไม่ว่าจะเป็น บล็อกการสร้างสัญญาณ บล็อกการทำ Convolution, FFT, Digital Filter Design, Linear Algebra, Wavelet Analysis, Joint Time-Frequency Analysis ทำให้งานที่เกี่ยวกับการวิเคราะห์สัญญาณนั้นเป็นไปได้อย่างสะดวกรวดเร็วมากด้วยคุณสมบัติต่างๆ ข้อข้างต้นทำให้เราสามารถนำ LabVIEW มาพัฒนางาน DSP ที่ใช้ได้จริง เช่น ดังในตัวอย่างในรูปที่ 1 ซึ่งเป็นตัวอย่างงานทาง DSP ที่ทำการสร้างและวิเคราะห์สัญญาณที่มีหน้าจอ HMI ที่สมบูรณ์และสวยงาม



รูปที่ 18 ตัวอย่างของงาน DSP ที่พัฒนาด้วย LabVIEW



Activated User  
http://sharingcentre.info  
Z51M48034  
LabVIEW Evaluation Version

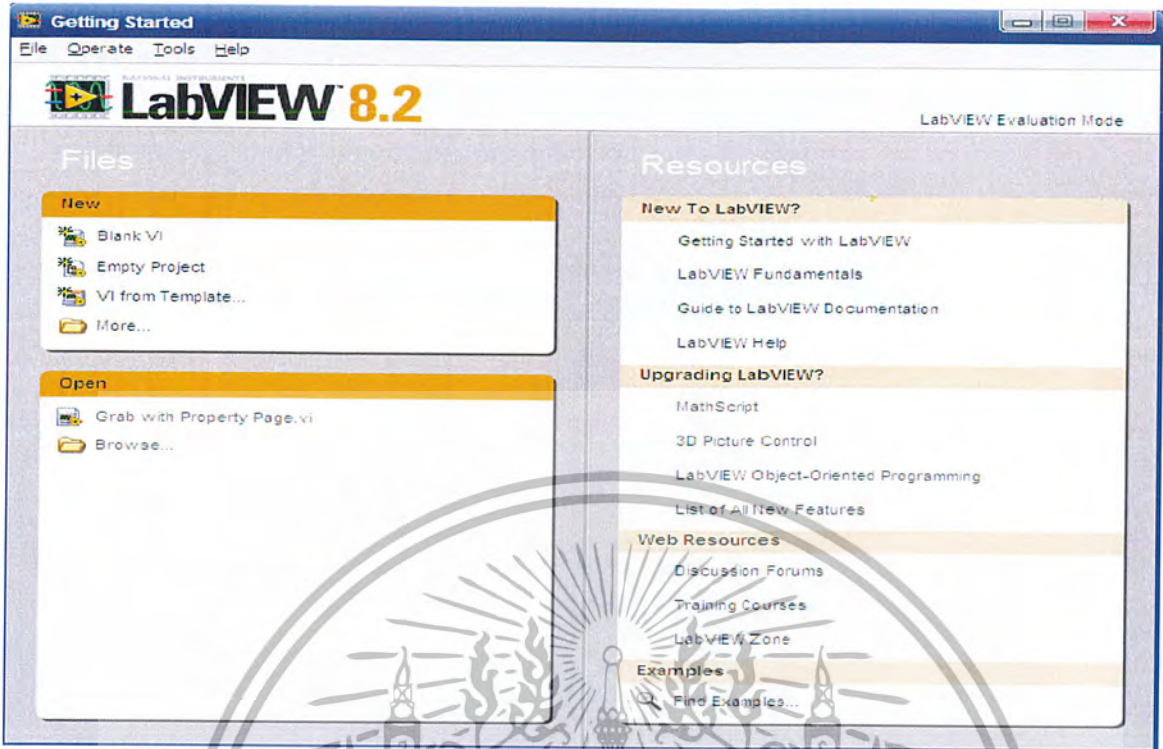


# LabVIEW™ 8.2

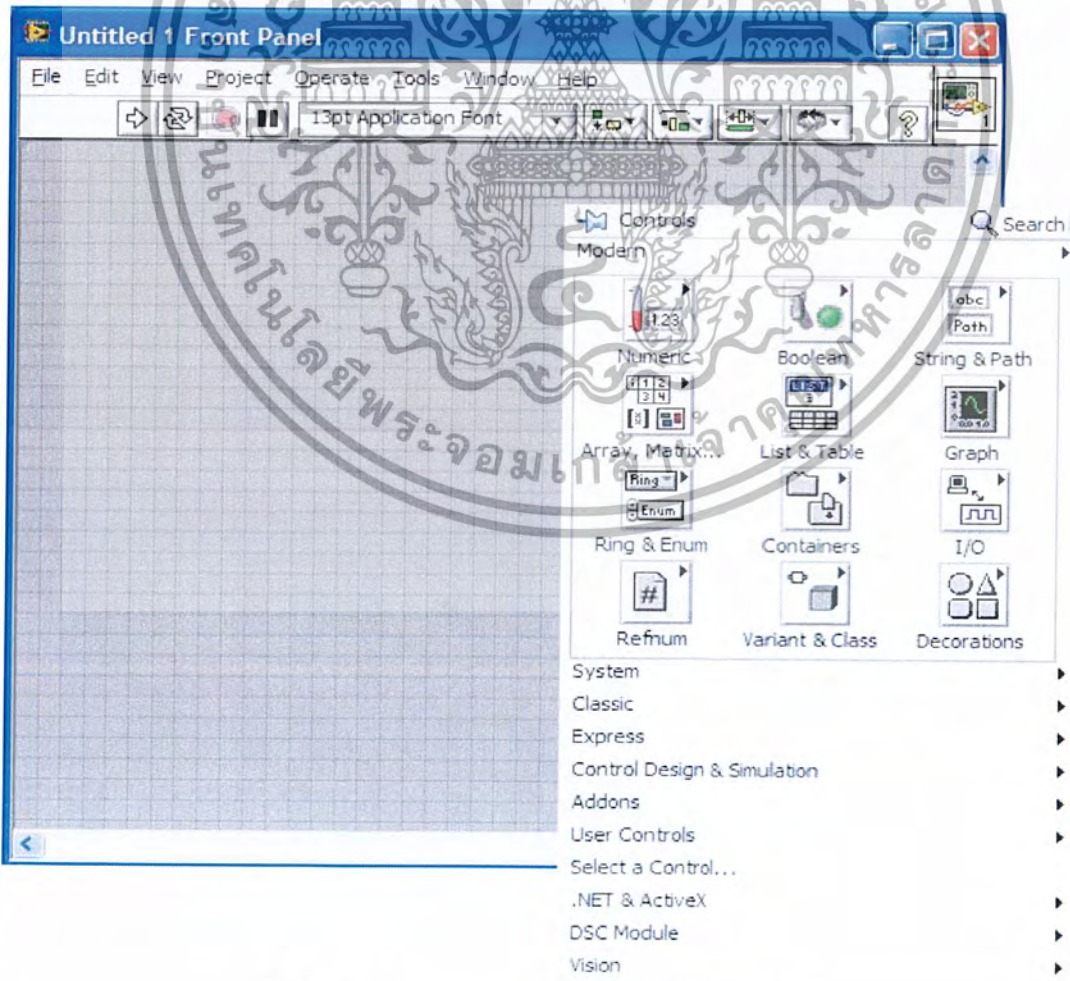
20th Anniversary Edition

[ni.com/labview](http://ni.com/labview)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับรูปที่ 19 หน้าจอของ LabVIEW 8.2 ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

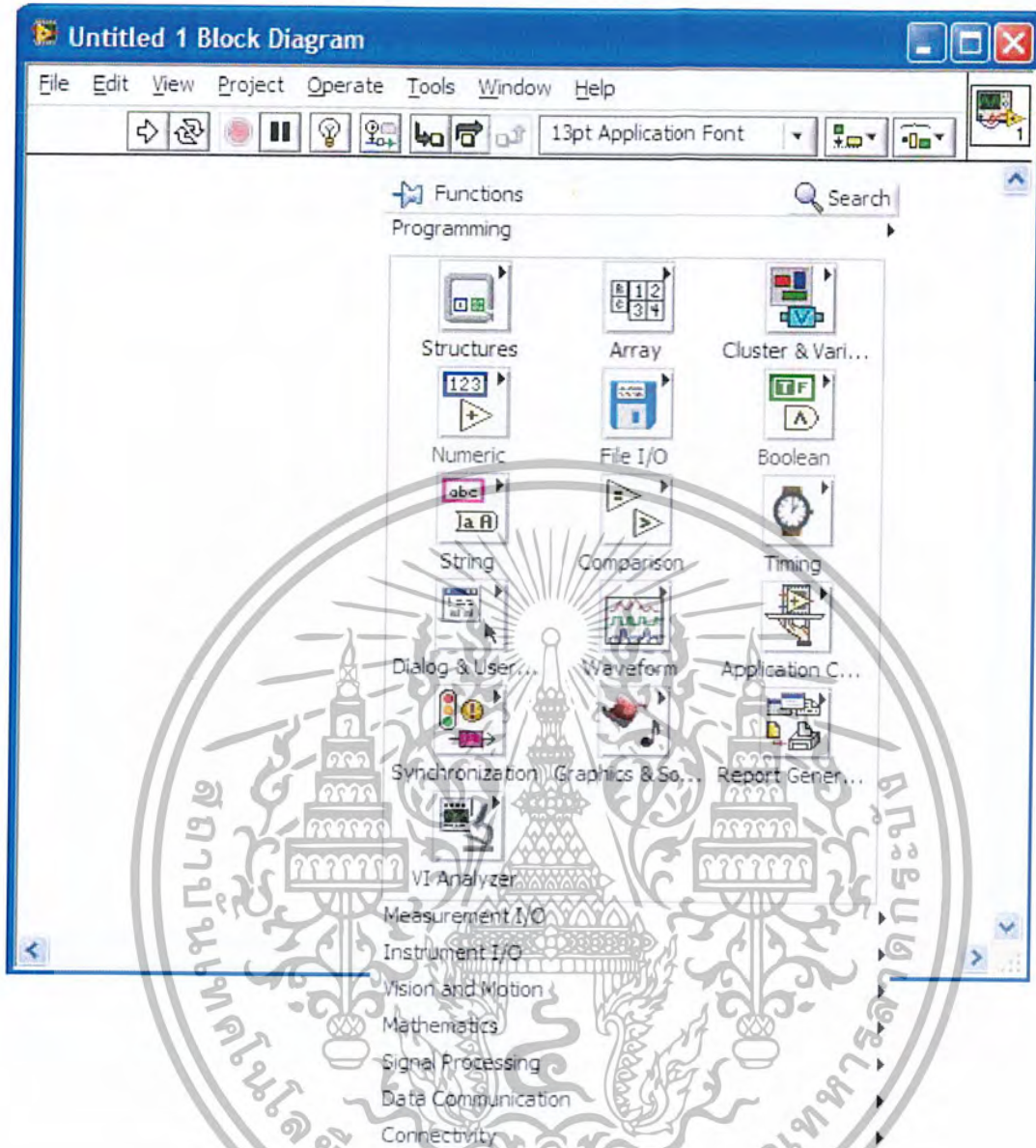


รูปที่ 20 หน้าจอ Getting Started



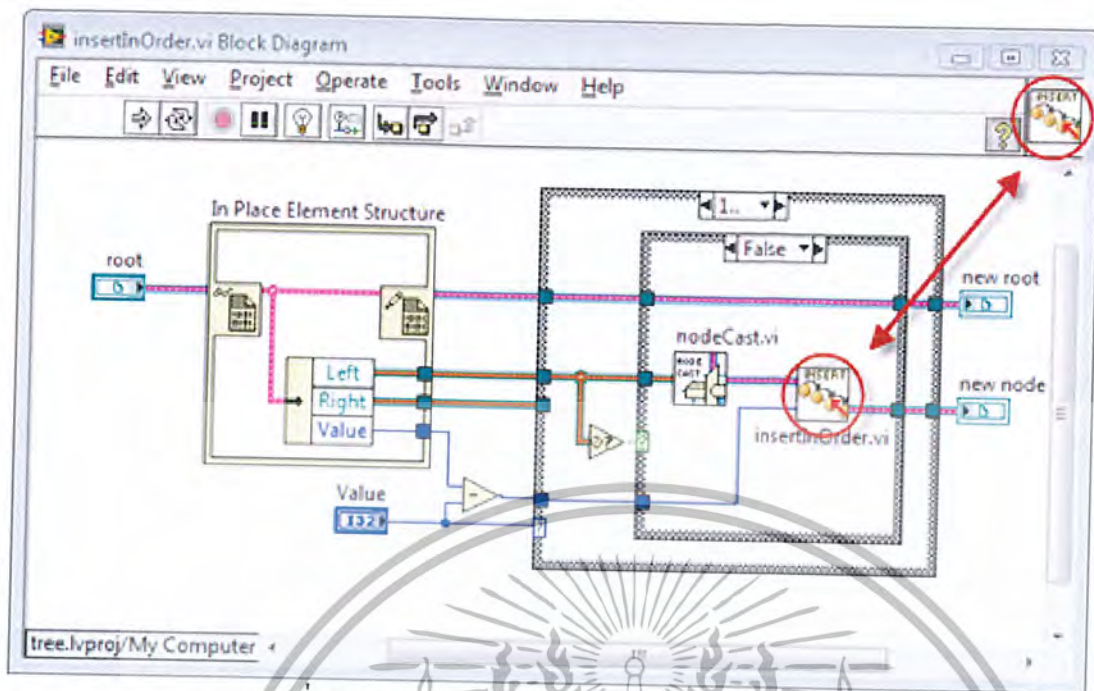
รูปที่ 21 หน้าจอ Front Panel และชุด Controls

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ซึ่งถูกอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 22 หน้าจอ Block Diagram และชุด Functions

ในแง่การทำงาน DSP นั้น LabVIEW ได้เตรียมเครื่องมือการทำงานด้าน DSP ไว้อย่างครบครันในรูปแบบของเครื่องมือช่วยหรือ Tools ซึ่งอยู่ในบล็อกฟังก์ชัน **Signal Processing** ซึ่งรวบรวมฟังก์ชันที่จำเป็นทั้งในด้านโดเมนเวลา เช่น Waveform generation ตั้งแต่ สัญญาณมาตรฐานไซน์ จนกระทั่งสัญญาณที่เป็นมัลติโทน (multitone), Waveform Measure เช่น การวัดค่าเฉลี่ย ค่าทรานเซียนต์ ของรูปคลื่น และ ฟังก์ชันในโดเมนความถี่ เช่น การหาเพาเวอร์สเปกตรัม, การแปลงฟูรีเยร์ การทำตัวกรองดิจิทัลสแตนด์บาย



รูปที่ 23 ภาพตัวอย่างการเขียนโปรแกรมของ LabVIEW

### 2.6.2 MATLAB

MATLAB เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ชั้นสูง (High-level Language) สำหรับการคำนวณทางเทคนิคที่ประกอบด้วย การคำนวณเชิงตัวเลข กราฟที่ซับซ้อน และการจำลองแบบเพื่อให้มองเห็นภาพพจน์ได้ง่าย และชัดเจนชื่อของ MATLAB ย่อมาจาก matrix laboratory เดิมโปรแกรม MATLAB ได้เขียนขึ้นเพื่อใช้ในการคำนวณทาง matrix หรือเป็น matrix software ที่พัฒนาจากโปรแกรมที่ชื่อ LINKPACK และ EISPACK

MATLAB ได้พัฒนามาด้วยการแก้ปัญหาที่ส่งมาจากหลายๆ ผู้ใช้เป็นระยะเวลาหลายปีจึงทำให้โปรแกรม MATLAB มีฟังก์ชันต่างๆ ให้เลือกใช้มากมาย ในบางมหาวิทยาลัยได้ใช้โปรแกรม MATLAB เป็นหลักสูตรพื้นฐานในการศึกษาทางด้านคณิตศาสตร์ วิศวกรรม และวิทยาศาสตร์แขนงต่างตลอดจนใจด้านอุตสาหกรรมได้ใช้โปรแกรม MATLAB เป็นเครื่องมือสำหรับใช้ในงานวิจัย พัฒนาและวิเคราะห์

โปรแกรม MATLAB จะมีกล่องเครื่องมือที่ใช้ในการหาคำตอบเรียกว่า Toolbox โดยโปรแกรม MATLAB จะมี toolbox ในแต่ละสาขา เช่น การประมวลผลสัญญาณ (Signal processing toolbox) การประมวลผลภาพ (image processing toolbox) ระบบควบคุม (control system toolbox) โครงข่ายประสาท (neural networks toolbox) ฟัซซี่ลอจิก (fuzzy logic toolbox) เวฟเลท (wavelet toolbox) การติดต่อสื่อสาร (communication toolbox) สถิติ (Statistics toolbox) และสาขาอื่นๆ มากมาย ภายใน toolbox แต่ละสาขาที่จะมีฟังก์ชันต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาในสาขานั้นๆ ให้เลือกประยุกต์ใช้งานเป็นจำนวนมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.7 การวิเคราะห์ผลภาพ (Image Processing)

### 2.7.1 ชนิดของรูปภาพทั่วไป

รูปภาพสามารถแบ่งตามวิธีการจัดเก็บทั่วไปได้เป็น 2 ชนิด ใหญ่ๆดังนี้ คือ

#### 2.7.1.1 รูปภาพแบบเวกเตอร์ ( Vector Graphic )

เป็นรูปภาพที่ไม่ขึ้นกับความละเอียดของภาพเนื่องจากภาพชนิดนี้ถูกสร้างขึ้นจากสมการของ เส้นต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นเส้นตรง เส้นโค้ง เมื่อทำการย่อขยายรูปภาพแบบนี้คอมพิวเตอร์จะทำการคำนวณรูปภาพใหม่ทำให้ภาพคมชัดเสมอ

#### 2.7.1.2 รูปภาพแบบบิตแมป ( Bitmap Image )

เป็นรูปภาพที่เกิดจากจุดเล็กๆประกอบกันขึ้นมาจนเห็นเป็นภาพคุณภาพของรูปภาพชนิดนี้จะขึ้นอยู่กับความละเอียดหากภาพมีความละเอียดมากก็จะยิ่งชัดเจนมากขึ้นเมื่อทำการย่อขยายรูปภาพคอมพิวเตอร์จะทำการขยายภาพขึ้นด้วยความละเอียดที่มีอยู่ทำให้ภาพที่ได้มีลักษณะหยาบ

### 2.7.2 พิกเซล ( Pixel ) และดอท ( Dot )

พิกเซล คือจุดที่เล็กที่สุดของภาพ พิกเซลหนึ่งสามารถแสดงได้หลายสี ส่วนดอทคือจุดที่เล็กที่สุดที่ใช้ในกระบวนการพิมพ์ การสร้างพิกเซลขึ้นมาหนึ่งพิกเซลจะต้องใช้ดอทหลายดอทเพื่อทำให้เกิดภาพความเข้มและสีต่าง ๆ กัน หน่วยดอทต่อนิ้ว (dpi) จะใช้บอกความละเอียดของเครื่องพิมพ์ ส่วนหน่วยพิกเซลต่อนิ้ว (ppi) จะใช้บอกความละเอียดของเครื่องสแกนและจอภาพ

### 2.7.3 ความละเอียดของภาพ

ความละเอียดของภาพเป็นสิ่งที่บอกถึงคุณภาพของภาพนั้น หน่วยที่นิยมใช้บอกถึงความละเอียดของภาพคือพิกเซลต่อนิ้ว ( Pixel/Inch ) ค่านี้บอกให้ทราบว่าภาพมีจำนวนพิกเซลที่พิกเซลในหนึ่งนิ้ว แล้วยังสามารถคำนวณหาจุดทั้งหมดของภาพได้อีกด้วย

### 2.7.4 แบบจำลองของสี ( Color Model )

เป็นการกำหนดค่าที่เป็นตัวเลขให้กับสีที่แสดงบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ แต่รูปแบบของสีโดยทั่วไปที่พบในรูปภาพแบบบิตแมปมักจะเป็น RGB หรือเรียกว่า Additive Model ซึ่งเป็นรูปแบบสีที่ ถูกใช้ในการควบคุมการแสดงผลออกทางหน้าจอมากที่สุด แต่ละพิกเซลจะประกอบด้วยองค์ประกอบ 3 ส่วนที่แสดงด้วยตัวเลขที่ใช้แทนค่าสีแดง ( Red ) เขียว ( Green ) น้ำเงิน ( Blue ) ค่าสีที่แสดงออกมาแต่ละสีจะถูกสร้าง ขึ้นโดยรวมองค์ประกอบสีทั้ง 3 ส่วนเข้าด้วยกัน ในแต่ละองค์ประกอบค่า 0 หมายถึง ไม่มีสี และค่าที่สูงที่สุดคือ 255 แสดงถึงค่าความเข้มสีทั้งหมดขององค์ประกอบสีนั้น ถ้าในแต่ละองค์ประกอบมี 8 บิต (0,0,0) จะ

หมายถึงสีดำ (255,0,0) หมายถึงสีแดง และ (255,255,255) หมายถึงสีขาว นั่นคือในแต่ละพิกเซลจะถูกเก็บใน

หน่วยความจำด้วยขนาด 24 บิต

## 2.7.5 โหมดสีต่าง ๆ ของรูปภาพ

### 2.7.5.1 อาร์จีบีคัลเลอร์ ( RGB Color )

เป็นโหมดสีที่ใช้แกนแนลสีจำนวน 3 สี คือ แดง เขียว และน้ำเงิน โดยแต่ละสีจะมีการไล่ลำดับสีได้ถึงระดับ 256 ระดับ เมื่อรวมกันทั้ง 3 สีจะสามารถแสดงสีได้สูงถึง 16.7 ล้านสี โหมดนี้เป็นโหมดที่เหมาะสมสำหรับการตกแต่งสีเพราะสามารถแทนสีได้มาก และยังเป็นโหมดสีเดียวที่ใช้ในจอมอนิเตอร์อีกด้วย

### 2.7.5.2 อินเดกซ์คัลเลอร์ ( Indexed Color )

เป็นโหมดสีที่ใช้ในตารางในการเทียบสี โดยใช้ข้อมูลจำนวน 8 บิตต่อพิกเซล นั่นคือภาพในโหมดนี้สามารถแสดงได้สูงสุดได้เพียง 256 สีต่อพิกเซล

### 2.7.5.3 บิตแมพ ( Bitmap )

เป็นโหมดสีที่มีการเก็บข้อมูลของสีเพียง 1 บิตต่อพิกเซล นั่นคือรูปภาพในโหมดนี้สามารถแสดงได้เพียงสีขาวและสีดำ ทำให้ภาพที่ได้มีความหยาบมากที่สุด แต่ข้อดีของโหมดนี้คือได้ไฟล์รูปภาพที่มีขนาดเล็กและเหมาะสมสำหรับภาพลายเส้น

### 2.7.5.4 เกรย์สเกล ( Gray Scale )

เป็นโหมดสำหรับภาพขาวดำ สามารถไล่เฉดสีได้ถึง 256 ลำดับ แม้ว่าโหมดนี้จะมีการใช้ข้อมูล 8 บิต ในการเก็บข้อมูลสำหรับ 1 พิกเซล เหมือนโหมด Indexed Color แต่ก็ไม่ได้ใช้ตารางในการอ้างค่าสี

### 2.7.5.5 ซีเอ็มวายเค ( CMYK )

เป็นโหมดสีที่มีแกนแนลสีจำนวน 4 สี คือ ฟ้า บานเย็น เหลือง ดำ โดยแต่ละสีเก็บข้อมูล 8 บิต นั้นหมายความว่าในโหมดนี้ต้องใช้ถึง 32 บิตต่อพิกเซล โหมดนี้ใช้มากในกระบวนการพิมพ์ แต่ข้อเสียของโหมดนี้คือไม่สามารถแสดงสีทั้งหมดที่มีในธรรมชาติได้

### 2.7.5.6 แอลเอบีคัลเลอร์ ( LAB Color )

เป็นโหมดที่ให้สีเหมือนจริงมากที่สุด โดยโหมดนี้จะใช้ค่า L ( lightness ) แทนความสว่างโดยมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 100 ค่า A แทนสีเขียวถึงสีแดง และค่า B แทนสีน้ำเงินถึงสีเหลือง ค่าทั้งสองจะมีค่าตั้งแต่ -120 ถึง +120

## 2.7.6 ไฟล์ฟอร์แมตของรูปภาพดิจิทัล ( Digital Image File Format )

ไฟล์ฟอร์แมตของรูปภาพจะแบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ คือ Bitmapped Format และ Vector Format แต่ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะ Bitmapped Format ซึ่งเป็นฟอร์แมตของรูปภาพที่เก็บข้อมูลดิจิทัลของรูปภาพทั้งหมด ส่วน Vector Format จะเก็บข้อมูลแต่ละองค์ประกอบของภาพแยกออกจากกัน

### 2.7.6.1 วินโดว์บีเอ็มพีฟอร์แมต ( Window BMP Format )

เป็นรูปแบบไฟล์มาตรฐานที่ใช้กันทั่วไปในวินโดวส์ ดอส ไฟล์รูปแบบนี้รองรับโหมดสีแบบ RGB, Indexed Color, Gray Scale และ Bitmap เป็นรูปภาพในวินโดว์ที่มีการเก็บข้อมูล 4 บิตและ 8 บิต ต่อหนึ่งพิกเซล

### 2.7.6.2 พีซีเอกซ์ฟอร์แมต ( PCX Format )

เป็นรูปแบบที่ใช้กับเครื่อง IBM Compatible ซึ่งโปรแกรมที่ใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ทั่วไป จะรองรับไฟล์ PCX Version 5 ไฟล์ PCX รองรับโหมดสีแบบ RGB, Indexed Color, Gray Scale และ Bitmap

### 2.7.6.3 จีไอเอฟฟอร์แมต ( GIF Format : Graphics Interchange Format )

เป็นไฟล์ที่ใช้กันมากเพื่อแสดงภาพที่อยู่ในโหมด Indexed Color และรูปภาพที่เป็นไฟล์เอกสารแบบ HTML ( Hypertext Markup Language ) ซึ่งใช้กันมากในเว็บไซด์และบริการออนไลน์ต่าง ๆ ไฟล์แบบนี้จะใช้วิธีบีบอัดแบบ LZW ทำให้ไฟล์มีขนาดเล็กและสามารถส่งผ่านระบบเครือข่ายได้รวดเร็ว GIF รองรับโหมดสีแบบ Bitmap Mode, Gray Scale และ Indexed Color

### 2.7.6.4 ทีไอเอฟเอฟ ( TIFF : Tagged-Image File Format )

ถูกใช้ในการแลกเปลี่ยนไฟล์ระหว่างโปรแกรมและแพลตฟอร์มของเครื่องรุ่นต่าง ๆ ไฟล์ TIFF รองรับโหมดสีแบบ CMYK, RGB, Gray Scale, LAB, Indexed Color และ Bitmap

## Image Shape : รูปร่างของภาพ

วัตถุที่มีอยู่ตามธรรมชาติและที่มนุษย์สร้างขึ้นมีรูปร่างที่แตกต่างกันไป ทั้งที่เป็นรูปทรงเรขาคณิต และไม่เป็นรูปทรงเรขาคณิต ในศาสตร์ของการประมวลผลภาพนั้น การกำหนดขอบเขตของภาพทุกภาพให้อยู่ในรูปสี่เหลี่ยม (Rectangular image model) เป็นวิธีที่นิยมใช้กันมากที่สุด เนื่องจากทำให้การอ่านภาพ การจัดเก็บข้อมูลภาพในหน่วยความจำ และการแสดงภาพออกทางอุปกรณ์ต่าง ๆ เป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเก็บข้อมูลภาพลงหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์สามารถทำได้โดยการจองหน่วยความจำของเครื่องไว้ในรูปของตัวแปร Array โดยค่าในแต่ละช่องของ Array แสดงถึงคุณสมบัติของจุดภาพ (pixel) และตำแหน่งของช่อง Array เป็นตัวกำหนดตำแหน่งของจุดภาพ

สมมติให้ Image เป็นตัวแปรแบบ Array ขนาด  $M \times N$  ( $M$  แถว และ  $N$  คอลัมน์) ที่ใช้เก็บภาพขนาด  $M \times N$  จุด ( $M$  จุดในแนวนอน และ  $N$  จุดในแนวตั้ง) ค่าสี (หรือความสว่าง ในกรณีที่เป็นภาพ grey level) ของจุดภาพในแถวที่ 5 คอลัมน์ที่ 4 จะตรงกับค่าของ Image(5,4) จะเห็นว่าเราใช้ตำแหน่งของจุดภาพทั้งสองแกนเป็นตัวชี้ค่าข้อมูลใน Array จากการใช้นี้หน่วยความจำเพื่อการเก็บภาพในลักษณะที่กล่าวมา เนื้อที่ในการเก็บภาพสามารถคำนวณได้จาก  $M \times N \times g$  เมื่อ  $g$  เป็นจำนวนเต็มที่แทนจำนวนบิตของข้อมูลในแต่ละจุดภาพ ตัวอย่างถ้า  $g$  มีค่าเท่ากับ 8 บิต

เราจะสามารถเก็บความแตกต่างของระดับสีที่เป็นไปสูงสุด 256 ระดับ ค่า  $M$  และ  $N$  จะเป็นตัวบอกถึงความละเอียดของภาพ สำหรับคอมพิวเตอร์ทั่วไปในระบบ VGA (Video Graphic Array) จะมีขนาด 640x480, 800x600 และ 1024x768 จุด เป็นต้น การกำหนดความละเอียดจะขึ้นอยู่กับงานที่จะใช้ ในงานบางอย่างใช้ความละเอียดแค่ 30 x 50 จุด ก็พอแล้วแต่ในงานบางชนิด ใช้ความละเอียดถึง 1000 x 1000 จุด ก็ยังไม่พอ

ปกติแล้วในการเก็บข้อมูลภาพโดยเครื่องมือต่าง ๆ จะเก็บตามมาตรฐานของโทรทัศน์ซึ่งมีอัตราส่วน  $x$  ต่อ  $y$  เท่ากับ 4:3 สำหรับเครื่องมือเก็บข้อมูลภาพที่ไม่เป็นไปตามอัตราส่วน 4:3 เมื่อนำภาพนี้ไปแสดงในจอภาพมาตรฐานจะทำให้ภาพที่แสดงนั้นมีขนาดของจุดภาพไม่เป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสเช่น ในบางระบบอาจจะใช้ความละเอียดในการแสดงเท่ากับ 640 x 512 ซึ่งจะทำให้ขนาดของจุดภาพที่ได้มีขนาดของด้านกว้างมีความยาวมากกว่าด้านสูง ซึ่งลักษณะดังกล่าวนี้เป็นหัวข้อที่ต้องสนใจสำหรับการเขียนโปรแกรมทางด้านกราฟิกและการจัดการข้อมูล

จำนวนสีสูงสุดที่เป็นไปได้ของแต่ละจุดภาพขึ้นอยู่กับจำนวนบิตที่ใช้ เมื่อมีการกำหนดให้ขนาดของบิตต่อจุด มากขึ้นจะทำให้จำนวนของสีมากขึ้นด้วย ตัวอย่างเช่น

$$1 \text{ บิต} = 2^1 = 2 \text{ สี}$$

$$2 \text{ บิต} = 2^2 = 4 \text{ สี}$$

$$4 \text{ บิต} = 2^4 = 16 \text{ สี}$$

$$8 \text{ บิต} = 2^8 = 256 \text{ สี}$$

สำหรับการแสดงข้อมูลภาพที่มีขนาด 1 บิตและ 8 บิตนั้นจะมีการทำงานที่จะใกล้เคียงกันเนื่องจากหน่วยประมวลผลจะไม่สามารถจัดการกับข้อมูลที่เป็นบิตเดี่ยว ๆ ได้ดังนั้นในการแสดงข้อมูลออกทางจอภาพตัวโปรเซสเซอร์จะทำการถือปี่ข้อมูลทั้ง 8 บิต(1 Byte) ส่งให้กับจอภาพซึ่งในกรณีที่ Pixel มีขนาด 1 บิต เมื่อโปรเซสเซอร์จะทำงานกับบิตแรกที่ต้องการแล้วก็จะทำการถือปี่ข้อมูลชุดใหม่ทันทีโดยที่ไม่เกี่ยวกับข้อมูลอีก 7 บิตที่เหลือส่วนในกรณี Pixel ที่มีขนาด 8 บิต โปรเซสเซอร์จะทำการถือปี่ข้อมูลชุดใหม่ก็ต่อเมื่อโปรเซสเซอร์ทำงานกับทุกบิตแล้ว

ตัวอย่างสำหรับระบบที่มีความละเอียดเท่ากับ 800x600 และมีขนาด 16 บิตต่อ Pixel จะสามารถแสดงสีได้ทั้งหมด 65536 ระดับและต้องใช้เนื้อที่ในการเก็บเท่ากับ 800x600x16 บิต

### 2.7.7 Standard of Color : มาตรฐานของสี

มาตรฐานของสีที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมีอยู่หลายระบบด้วยกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับนำไปใช้ แต่โดยทั่วไปแล้วทุกมาตรฐานจะมีแนวคิดเดียวกันคือ การแทนจุดสีด้วยจุดที่อยู่ภายใน Space 3 มิติ โดยจะมีแกนอ้างอิงสำหรับจุดสีนั้นใน Space ซึ่งแต่ละแกนจะมีความเป็นอิสระต่อกัน ตัวอย่างเช่นในระบบ RGB จะมีแกนสีคือ แแกนสีแดง เขียว และน้ำเงินในระบบ HLS จะมีแกนเป็น ค่าสี (Hue) ความสว่าง (Lightness) และความบริสุทธิ์ของสี (Saturation)

ตัวอย่างระบบสีที่นิยมใช้กัน ได้แก่ ระบบ RGB HSV (Hue Saturation Value) และ HLS (Hue Lightness Saturation)

#### ระบบสี RGB

ระบบสี RGB เป็นระบบสีที่เกิดจากการรวมกันของแสงสีแดง เขียวและน้ำเงินโดยมีการรวมกันแบบ Additive ซึ่งโดยปกติจะนำไปใช้ในจอภาพแบบ CRT (Cathode ray tube) ในการใช้งานระบบสี RGB ยังมีการสร้างมาตรฐานที่แตกต่างกันออกไปที่นิยมใช้งานได้แก่ RGB CIE และ RGB NTSC

ระบบสีแบบ RGB ของ CIE เป็นระบบสีที่พัฒนาขึ้นโดย CIE (Commission International 'Eclairage) ซึ่งอ้างอิงสีด้วยสีแดงที่ 700 nm สีเขียวเท่ากับ 546.1 nm และสีน้ำเงิน 435.8 nm

ระบบสีแบบ RGB ของ NTSC เป็นระบบที่พัฒนาโดย NTSC (National Television System Committee) เพื่อใช้สำหรับการแสดงภาพของจอภาพแบบ CRT เป็นมาตรฐานสำหรับผู้ผลิตแบบ CRT ให้มีลักษณะเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ระบบสีแบบ CMY

CMY (Cyan Magenta Yellow) เป็นระบบสีที่พัฒนาขึ้นมาใช้สำหรับการพิมพ์ภาพสีโดยมีสีหลักคือสี Cyan Magenta และ Yellow ซึ่งเรียกว่า Subtractive primaries Color (สีแดง เขียวและน้ำเงิน เรียกว่า Additive primaries Color) ระบบสีแบบ CMY สามารถหาได้โดยการนำเอาสีในระบบ RGB ลบกับสีขาว ดังนี้คือ  $C = 1 - R$

$$M = 1 - G$$

$$Y = 1 - B$$

ระบบสี CMY จะนำไปใช้สำหรับการพิมพ์ภาพสีแต่ยังไม่ดีเท่าที่ควรเนื่องจากไม่ยังไม่สามารถสร้างสีดำได้อย่างถูกต้อง ดังนั้นจึงมีการใช้ระบบ CMYK แทนโดย

$K = \min(C, M, Y)$  K เป็นสีที่ 4 แทนสีดำ

$$C = C - K$$

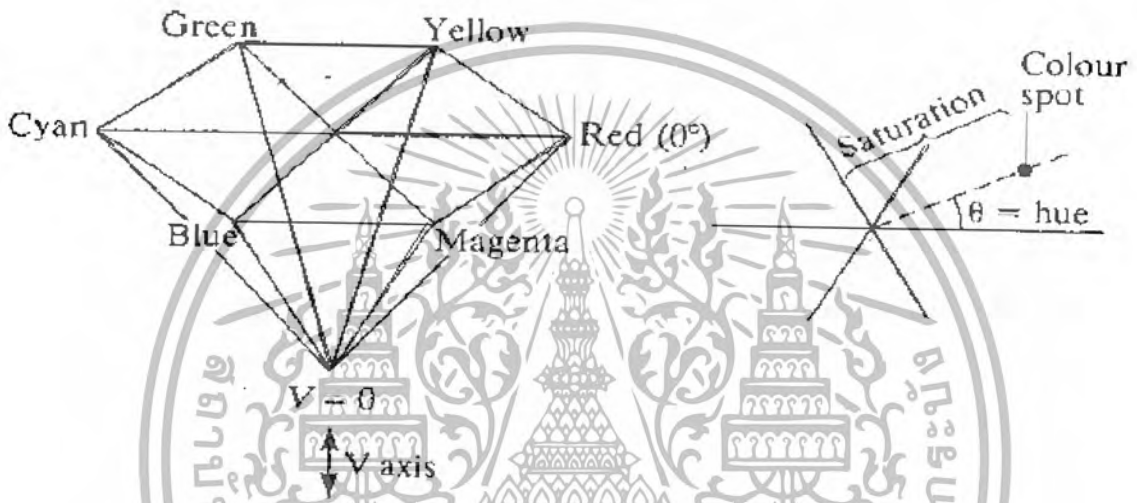
$$M = M - K$$

$$Y = Y - K$$



### ระบบสี HSV

ระบบสี HSV (Hue Saturation Value) เป็นการพิจารณาสีโดยใช้ Hue Saturation และ Value ซึ่ง Hue คือค่าสีของสีหลัก(แดง เขียวและน้ำเงิน)ในทางปฏิบัติจะอยู่ระหว่าง 0 และ 255 ซึ่งถ้า Hue มีค่าเท่ากับ 0 จะแทนสีแดงและเมื่อ Hue มีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ สีก็จะเปลี่ยนแปลงไปตามสเปกตรัมของสีจนถึง 256 จึงจะกลับมาเป็นสีแดงอีกครั้งซึ่งสามารถแทนให้อยู่ในรูปขององศาได้ ดังนี้คือ สีแดง = 0 องศา สีเขียว = 120 องศา สีน้ำเงิน = 240 องศา



รูปที่ 24 แสดงระบบสี HSV

จากลักษณะโมเดลของระบบ Hue พบว่าจะมีค่าอย่างน้อยหนึ่งค่าที่จะเท่ากับ 0 แต่ถ้ามีสองค่าเท่ากับ 0 แล้ว hue จะเป็นมุมของสี(ค่าสี)มีค่าเป็นไปตามสีที่สามและถ้าทั้งสามสีมีค่าเท่ากับ 0 แล้วจะทำให้ไม่มีค่าของ Hue หรือสีที่ได้จะมีค่าเท่ากับสีขาวนั่นเอง ตัวอย่างเช่น จอภาพขาว-ดำ ถ้าเกิดมีสีใดสีหนึ่งมีค่าเท่ากับ 0 จะทำให้ค่าสีที่ได้เป็นไปตามสีที่เหลือ การให้น้ำหนักในการพิจารณาเมื่อสีแดงมีค่าเท่ากับ 0

Saturation คือความบริสุทธิ์ของสีซึ่งถ้า Saturation มีค่าเท่ากับ 0 แล้วสีที่ได้จะไม่มี Hue ซึ่งจะเป็นสี ขาวล้วนแต่ถ้า Saturation มีค่าเท่ากับ 255 แสดงว่าจะไม่มีแสงสีขาวผสมอยู่เลย

Value คือความสว่างของสี ซึ่งสามารถวัดได้โดยค่าความเข้มของความสว่างของแต่ละสีที่ประกอบ กัน

## ระบบสีแบบ HLS

ระบบสีแบบ HLS (Hue lightness saturation) พัฒนาโดย Teletromix Incorporated จะมีลักษณะคล้ายกับ HSV ดังนั้นชื่อของระบบจะขึ้นอยู่กับ Hue Lightness และ Saturation



รูปที่ 25 ภาพแสดงระบบสี HLS

Hue คือค่าของสีหลักซึ่งมีสีน้ำเงินอยู่ที่ 0 องศา สีเขียวอยู่ที่ 120 องศา และสีแดงอยู่ที่ 240 องศา

Lightness คือค่าความสว่างซึ่งจะมีค่าเปลี่ยนแปลงตามแนวแกน L โดยที่  $L = 0$  จะเป็นสีดำ  $L = 1$  จะเป็นสีขาว สามารถคำนวณได้ดังนี้

Saturation คือความบริสุทธิ์ของสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ระบบสีแบบ YUV

ระบบสีแบบ YUV ใช้สำหรับโทรทัศน์แบบ PAL และ SECAM ซึ่งยังมีใช้อยู่ในหลาย ๆ ประเทศ โดย Y คือ ค่าความสว่างของภาพ ส่วนสัญญาณ U และ V เป็นสัญญาณที่เก็บค่าสีของภาพ ต่อมาได้มีระบบ YIQ มาใช้แทน เนื่องจากพบว่าสัญญาณ I และ Q สามารถลด Bandwidth ได้มากกว่าสัญญาณ U และ V ในขณะที่ได้ภาพที่มีคุณภาพเท่ากัน

## ระบบสีแบบ YIQ

เป็นระบบที่ใช้ใน TV Broadcasting สำหรับ NTSC ประโยชน์หลักก็เพื่อให้ใช้งานได้กับโทรทัศน์แบบขาว-ดำ โดยที่ y คือค่าความสว่างของภาพ ส่วน I และ Q จะเป็นสัญญาณที่เข้ารหัสสีของภาพไว้ ดังนั้นสำหรับโทรทัศน์ขาว-ดำ นั้นสามารถใช้ค่า Y ค่าเดียวก็สามารถได้ภาพที่สมบูรณ์

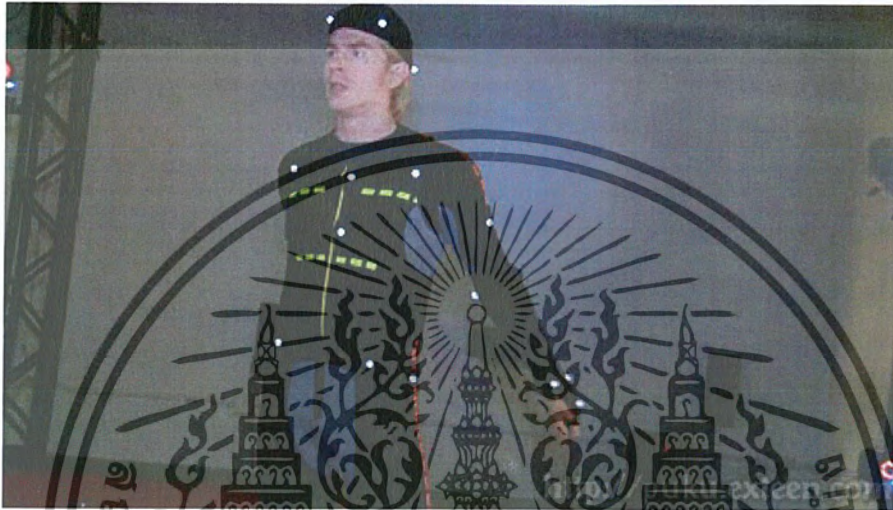
### การแปลงค่าสีระหว่างระบบสีต่าง ๆ

การแปลงค่าสีระหว่างระบบสามารถทำได้โดยการใช้ Matrix ตัวอย่างเช่น การแปลงสีระหว่างระบบ RGB(ICE) กับระบบสีแบบ XYZ จะมีเมตริกสำหรับการแปลงดังนี้คือ

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.490 & 0.310 & 0.200 \\ 0.177 & 0.813 & 0.011 \\ 0.000 & 0.010 & 0.990 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R_{CIE} \\ G_{CIE} \\ B_{CIE} \end{bmatrix}$$

## 2.7.8 Motion Capture

Motion Capture หรือเรียกสั้นๆว่า Mo-Cap เป็นเทคโนโลยีที่ใช้ในการตรวจจับการเคลื่อนไหว ถูกนำมาใช้ในการสร้างภาพยนตร์หรือการ์ตูนสามมิติ หรือเกมสามมิติโดยใช้ตัวเซ็นเซอร์ติดตามร่างกายของนักแสดง เพื่ออ่านและแปลค่าความเคลื่อนไหวเข้าสู่คอมพิวเตอร์



รูปที่ 26 การทำการทดลอง

ต้องใช้กล้องหลายจุด เพื่อจะได้เก็บภาพได้สมบูรณ์และได้ภาพในพื้นที่ยาวมิติ ซึ่งเมื่อผ่านกระบวนการ Image processing มองไม่เห็นตัวนักแสดง จะเห็นเพียงจุดซึ่งตัว Marker เซ็นเซอร์ ที่ติดอยู่ที่ตำแหน่งต่างๆ และจากนั้นจะนำจุดในภาพที่ได้ไปประมวลผลภาพ (Image Processing) ต่อไป



รูปที่ 27 การทำ Image Processing

### 2.7.9 Introduction : แนะนำสู่การประมวลผลภาพดิจิทัล

การมองเห็นของมนุษย์เป็นสิ่งที่สำคัญและเป็นกลไกการรับภาพที่ซับซ้อนอย่างหนึ่ง ซึ่งจะให้ข้อมูลที่มีความจำเป็นสำหรับใช้ในางานง่าย ๆ (ตัวอย่างเช่น การจดจำวัตถุ) และสำหรับงานที่มีความซับซ้อน (ได้แก่ การวางแผน การตัดสินใจ การค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์ การพัฒนาทางด้านความคิด) รูปภาพมีบทบาทมากสำหรับองค์กรต่าง ๆ เช่น หนังสือพิมพ์ โทรทัศน์ ภาพยนตร์ซึ่งได้ใช้ภาพ (ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว) เป็นสื่อนำเสนอข้อมูลข่าวสารต่าง ๆ สิ่งที่น่าสนใจของข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการมองเห็นหรือข้อมูลภาพนั้นก็คือกระบวนการประมวลผลภาพ (Image Processing) โดยใช้คอมพิวเตอร์

ความพยายามทางการประมวลผลภาพได้เริ่มขึ้นในปี 1964 ณ ห้องแลป Jet Propulsion (Pasadena California) ซึ่งได้นำกระบวนการการประมวลผลภาพมาใช้ในการพิจารณาภาพถ่ายดาวเทียมของดวงจันทร์ ต่อมาได้มีการตั้งสาขาทางวิทยาศาสตร์สาขาใหม่มีชื่อว่า Digital image processing หลังจากนั้นงานทางการประมวลผลภาพก็พัฒนาขึ้นเรื่อย ๆ และใช้กันอย่างกว้างขวางสำหรับงานในหลาย ๆ ด้าน ตัวอย่างเช่นทางได้สื่อสาร โทรคมนาคม การสื่อสารทางโทรทัศน์ ทางด้านการพิมพ์ ทางด้านกราฟิก การแพทย์ และการค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์

การประมวลผลภาพด้วยคอมพิวเตอร์หรือที่นิยมเรียกกันว่า การประมวลผลภาพดิจิทัล (Digital Image Processing) เป็นกระบวนการที่มีเทคนิควิธีการประมวลผลข้อมูลตัวเลขของภาพที่มีหลากหลายวิธี ซึ่งสามารถเลือกไปประยุกต์ใช้งานให้เหมาะสมกับข้อมูลภาพที่นำเข้ามาประมวลผล โดยปกติแล้วข้อมูลภาพจะมีลักษณะเด่นทางด้านรูปร่าง พื้นผิว สี สัน และโครงสร้างต่างๆ ที่แตกต่างกัน ไปขึ้นอยู่กับวัตถุและสภาพแวดล้อมโดยรอบของวัตถุ

ภาพในที่นี้ รวมความหมายถึงสัญญาณดิจิทัลใน 2 มิติอื่นๆ โดยทั่วไปคำนี้เมื่อใช้อย่างกว้างๆ จะครอบคลุมถึงสัญญาณวิดีโอ (Video) หรือภาพเคลื่อนไหว ซึ่งจะเป็นชุดของภาพนิ่ง เรียกว่า เฟรม (Frame) หลายๆภาพต่อกันไปตามเวลา



รูปที่ 28 วิดีโอสตรีม (Video stream)

ซึ่งก็คือสัญญาณ 3 มิติ เมื่อนับเวลาเป็นมิติที่ 3 หรือ อาจครอบคลุมถึงสัญญาณ 3 มิติอื่นๆ เช่น ภาพ 3 มิติทางการแพทย์

การประมวลผลภาพดิจิทัลเป็นหลักการทำงานร่วมกันของฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ และหลักทฤษฎีการประมวลผลภาพ โดยมีการทำงานตามขั้นตอนอย่างเหมาะสมและเป็นไปตามเทคนิคทางด้านการประมวลผลภาพ

**Steps in DIP** คือขั้นตอนการทำงานของการประมวลผลภาพว่ามี 10 Steps in DIP

1. Image Acquisition เป็นขั้นตอนแรกที่ต้องจากเรามี Knowledge base แล้วและสามารถรู้ถึงปัญหา ว่าเราอยากทำอะไร หรือจะทำอะไรก็เอาภาพมา
2. Image Enhancement เป็นการปรับปรุงภาพที่เป็น subjective เพราะว่าขึ้นอยู่กับความพึงพอใจของคน
3. Image Restoration เป็นการปรับปรุงภาพที่เป็น objective เอาสมการทางคณิตศาสตร์มาวัดว่าอะไรคือดีไม่ดีอะไรคือปรับปรุงได้ดีแล้ว

4. Color Image Processing สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

5. Wavelets and multi resolution processing ไม่ว่าจะรู้ได้ทุกอย่าง ก็ยังงั้นมาให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. Compression การบีบอัด
7. Morphological processing
8. Segmentation การแบ่งส่วนภาพ
9. Representation and Description
10. Object recognition

งานด้านการประมวลผลภาพดิจิทัลสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลายเช่น

- Biological Research งานวิจัยต่างๆ เช่น งานการจำแนก DNA analysis, Classification
- Bio Mechanic เช่น การตรวจจับการเคลื่อนไหวของมนุษย์
- Defense/Intelligence เช่น ด้านการทหาร นาฬิกา จำแนกแนวมาศึก
- Document Processing เช่น พกงาน OCR (Optical Character Recognition)
- Factory Automation เช่น การคัดแยกสินค้า คัดแยกหรือตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์
- Law Enforcement Forensic เช่น การตรวจสอบผู้กระทำผิดจากลายนิ้วมือ เกี่ยวข้องกับอาชญากรรม
- Medical Diagnosis Imaging เช่น การทำ MRI, CT, PET
- Publishing/ Prepress เช่น งานด้านการพิมพ์เช่นการใช้หลักการของเรื่องสี model CMYK
- Video/ Film Special Effect เช่น การสร้างภาพยนตร์ การสร้างการ์ตูนอนิเมชัน และอื่นๆ อีกมาย

## 2.8 การประมวลผลภาพ 3 มิติ

### 2.8.1 โครงสร้างระบบการประมวลผลภาพ 3 มิติ

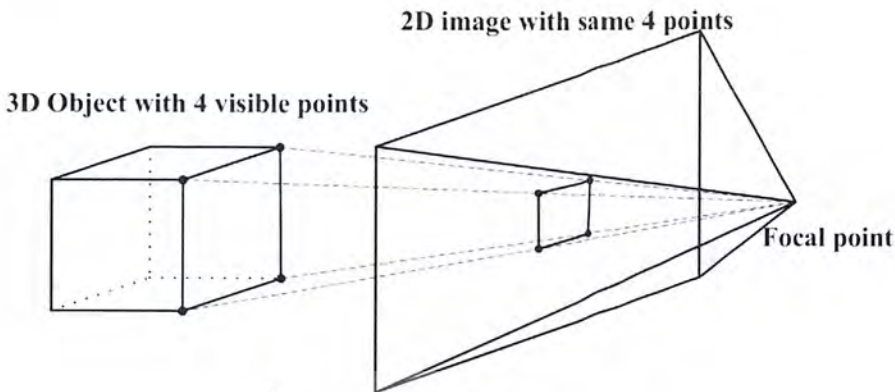
ในการประมวลผลภาพ 3 มิติ จากภาพ 2 มิติ อาศัยหลักการทางคณิตศาสตร์ โดยการนำภาพหนึ่งมาวิเคราะห์เป็นจำนวน 3 ภาพ ซึ่งแต่ละภาพมีความแตกต่างกันของมุมกล้องที่ถ่ายด้านต่างๆ เพื่อนำภาพแต่ละภาพมาวิเคราะห์ภาพผ่านโปรแกรม หาจุดพิกัดร่วมของแต่ละภาพมาวิเคราะห์ในสมการคณิตศาสตร์ เพื่อนำมาประมวลผลเป็นภาพ 3 มิติ

โดยการเห็นใน 3 มิติ เป็นการดึงข้อมูลออกจากภาพ 2 มิติ มีเหตุผลหลายประการที่ทำให้เห็นภาพ 3 มิติ ซึ่งในซึ่งมีความยากอย่างเช่น ระบบภาพของกล้องและตาของมนุษย์มีการมองแบบเพอสเปกทีฟ ซึ่งทำให้มีการสูญเสียอย่างมาก



รูปที่ 29: โปรเจกชันของแสง

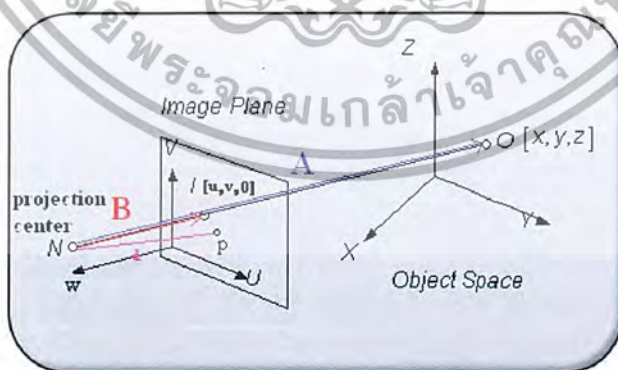
ทุกจุดที่อยู่ในแนวเส้นตรงที่ลากจากจุดกึ่งกลางของการ โปรเจกชันถึงจุดในฉากถูก โปรเจกชันลงบนจุดเดียวกัน การเห็นใน 3 มิติ เป็นกระบวนการย้อนกลับซึ่งเป็นการหาพิกัด 3 มิติ จากข้อมูลที่วัดได้จากภาพ การแปลงแบบ Perspective



รูปที่ 30 : การแปลงแบบ Perspective

ภาพ 2 มิติส่วนใหญ่ได้มาจากการมองวัตถุ 3 มิติ ผ่านเลนส์ของตาหรือเลนส์ของกล้อง อย่างที่สองคือ ความสัมพันธ์ใน 2 มิติ และเรขาคณิต ใน 3 มิติ ของจุดที่สอดคล้องกันในฉากมีความซับซ้อนมาก ทั้งนี้ เนื่องจากค่าความเข้มของพิกเซล จะขึ้นอยู่กับ การวางตัวของผิว ชนิดที่ตำแหน่งของแสงที่ตกกระทบ ตำแหน่งของผู้สังเกต

การแปลงจาก ภาพ 2 มิติ เป็นภาพ 3 มิติ คือการหาพิกัดของจุดที่ถูก โปรเจกชัน  $(x,y,z)$  ในหน่วยพิกัดของ พิกเซลมีการกำหนดให้จุดพิกัดของภาพที่มีจุดกำเนิดที่มุมบนขวาของภาพ การแปลงจากความยาวเป็น พิกเซลเราจำเป็นต้องรู้ค่าการปรับสเกล (Aspect Ratio) ของแต่ละแกนของระบบพิกัดภาพ ค่าการปรับสเกล เป็นค่าที่ระบุจำนวนพิกเซลต่อหนึ่งหน่วยความยาว ในระบบภาพบางระบบพิกเซลของแถวถัดไปอาจมีการ เชื่อมกัน เราจำเป็นต้องรู้ค่าที่เรียกว่าพารามิเตอร์ของการเอียง



รูปที่ 31 : การนำพิกัดในระนาบ 2D แปลงเป็น 3D

การปรับเทียบกล้อง เป็นการหาประมาณเมทริกซ์  $M$  จากจุดในฉาก 3 มิติ ที่รู้ตำแหน่งและภาพที่เกิดขึ้น จากนั้นทำการหาพารามิเตอร์ภายในและพารามิเตอร์ภายนอก พิจารณาการปรับเทียบ ในการหาเมทริกซ์

$M$  เราจะทำการหาจุดในฉาก ที่เรารวมพิกัด  $X = [x,y,z]^T$  และจุดในภาพ 2 มิติ ที่สอดคล้องกัน  $[u,v]^T$  เราจะเห็นว่าเป็นการหาจุดในฉากที่เรารวมพิกัด  $X = [x,y,z]^T$  และจุดในภาพ 2 มิติ ที่สอดคล้องกัน  $[u,v]^T$  เราจะเห็นว่า จะ ได้ตัวแปรที่ไม่ทราบค่า  $n$  ตัวแปร แทนที่จะเป็น 12 ตัวแปร เนื่องจากเฟลคเตอร์การสเกลที่ไม่

ทราบค่าได้ ในการแก้สมการโฮโมจีเนียสเราต้องใช้อย่างน้อย 6 จุด ถ้ามีมากกว่า 6 จุด จะได้สมการ over-determined ซึ่งสามารถแก้ได้โดยใช้วิธี Least Square หรือใช้การหา Singular Value Decomposition (SVD) ของ A เมทริกซ์ M ได้จากแถวสุดท้ายของ V เมื่อได้เมทริกซ์ M แล้วขั้นตอนต่อไปทำการแยกพารามิเตอร์ภายใน (Intrinsic Parameter) ดังนั้นเมทริกซ์ย่อย 3x3 แทนด้วย A เวกเตอร์คอลัมน์ขวามือสุด แทนด้วย b เวกเตอร์ที่มีพารามิเตอร์ระยะเคลื่อนที่สามารถแยกออกมาได้ง่ายโดย  $t = -A^{-1}b$  เวกเตอร์ t ให้ข้อมูลที่บอกถึงตำแหน่งกึ่งกลางของระนาบภาพ (Image Plane) จากนั้นพิจารณา  $A = KR$  โดยที่ K เป็นเมทริกซ์สามเหลี่ยมบน (Upper Triangle) และเมทริกซ์ R เป็นเมทริกซ์ออร์โธกอนอล การแยกเมทริกซ์ K และ R สามารถทำได้โดยใช้เทคนิค QR Decomposition สำหรับเมทริกซ์ A

### 2.8.2 Direct linear transformation

การแปลงเชิงเส้นตรง (DLT) เป็นวิธีการหาความสัมพันธ์ ขั้นตอนที่จะแก้ชุดของตัวแปรความคล้ายคลึงกันจากการตั้ง :  $x_k \propto A y_k$  สำหรับ  $k = 1, \dots, N$  เวกเตอร์ที่ทราบค่า  $x_k$  และ  $y_k \propto$  หมายถึงการคูณสเกลามี unknown และ A เป็นเมทริกซ์ (หรือการแปลงเชิงเส้น) ซึ่งจะแก้สมการหาค่า unknown ได้

ประเภทของความสัมพันธ์นี้จะปรากฏขึ้นบ่อยครั้งใน เรขาคณิตฉาย ตัวอย่างที่เป็นประโยชน์ รวมถึงความสัมพันธ์ระหว่าง 3 มิติในฉากของพวกเขาและการฉายภาพลงบนระนาบของ กล้อง pinhole และ homographies.

#### สมการเชิงเส้นสามัญ

$x_k = A y_k$  สำหรับ  $k = 1, \dots, N$  จะสามารถแก้สมการได้ เช่น โดยการเขียนเป็นสมการเมทริกซ์  $X = AY$  ที่เมทริกซ์ X และ Y มีพาหะ  $x_k$  และ  $y_k$  ในคอลัมน์ของตน ระบุว่าไม่มีทางออกที่ไม่ซ้ำกันอยู่ก็จะได้รับโดย  $A = XY^T (YY^T)^{-1}$ .

ที่ทำให้ต้องใช้การแปลงเชิงเส้นเพราะมีปัญหาตรงที่ด้านซ้ายและขวาของสมการเป็นเมทริกซ์ เป็นผลให้ A ไม่สามารถคำนวณโดยย้ายข้างสมการตามปกติได้ แต่สามารถแก้สมการหาค่า A ได้ โดยกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่เรียกว่า การเปลี่ยนแปลงเส้นตรง หรือ ขั้นตอนวิธี DLT.

#### ตัวอย่าง

ให้  $x_k \in \mathbb{R}^2$  และ  $y_k \in \mathbb{R}^3$  เป็นสองชุดของเวกเตอร์ที่ทราบค่าและต้องการหาค่าเมทริกซ์ A ( $2 \times 3$ ) ดังกล่าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ส่วนบุคคลเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่  $\alpha_k \neq 0$  เป็นสเกลาร์ไม่ทราบค่าเกี่ยวกับสมการ  $k$ . เพื่อที่จะกำจัดค่าของสเกลาร์ที่ทราบค่าและได้รับสมการที่เป็นแบบเดียวกันให้กำหนดเป็นเมทริกซ์สมมาตร

$$\mathbf{H} = \begin{pmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}$$

และคูณทั้งสองด้านของสมการด้วย  $\mathbf{x}_k^T \mathbf{H}$

$$\alpha_k \mathbf{x}_k^T \mathbf{H} \mathbf{x}_k = \mathbf{x}_k^T \mathbf{H} \mathbf{A} \mathbf{y}_k \text{ สำหรับ } k = 1, \dots, N.$$

ตั้งแต่  $\mathbf{x}_k^T \mathbf{H} \mathbf{x}_k = 0$ , สมการเป็นแบบเดียวกันซึ่งไม่ได้มีสเกลาร์ไม่ทราบค่าอยู่

$$0 = \mathbf{x}_k^T \mathbf{H} \mathbf{A} \mathbf{y}_k \text{ สำหรับ } k = 1, \dots, N.$$

เพื่อที่จะแก้  $\mathbf{A}$  จากชุดของสมการนี้ให้พิจารณาองค์ประกอบของเวกเตอร์  $\mathbf{x}_k$  และ  $\mathbf{y}_k$  และเมทริกซ์  $\mathbf{A}$ :

$$\mathbf{x}_k = \begin{pmatrix} x_{1k} \\ x_{2k} \end{pmatrix} \quad \mathbf{y}_k = \begin{pmatrix} y_{1k} \\ y_{2k} \\ y_{3k} \end{pmatrix} \quad \mathbf{A} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \end{pmatrix}$$

และสมการข้างต้นจะกลายเป็นแบบเดียวกัน

$$0 = a_{11} x_{2k} y_{1k} - a_{21} x_{1k} y_{1k} + a_{12} x_{2k} y_{2k} - a_{22} x_{1k} y_{2k} + a_{13} x_{2k} y_{3k} - a_{23} x_{1k} y_{3k} \text{ สำหรับ } k = 1, \dots, N.$$

เขียนเป็น

$$0 = \mathbf{b}_k^T \mathbf{a} \text{ สำหรับ } k = 1, \dots, N$$

ที่  $\mathbf{b}_k$  และ  $\mathbf{a}$  ทั้งคู่เป็นพหุนาม 6 มิติตามที่ระบุไว้

$$\mathbf{b}_k = \begin{pmatrix} x_{2k} y_{1k} \\ -x_{1k} y_{1k} \\ x_{2k} y_{2k} \\ -x_{1k} y_{2k} \\ x_{2k} y_{3k} \\ -x_{1k} y_{3k} \end{pmatrix} \quad \mathbf{a} = \begin{pmatrix} a_{11} \\ a_{21} \\ a_{12} \\ a_{22} \\ a_{13} \\ a_{23} \end{pmatrix}.$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรณศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

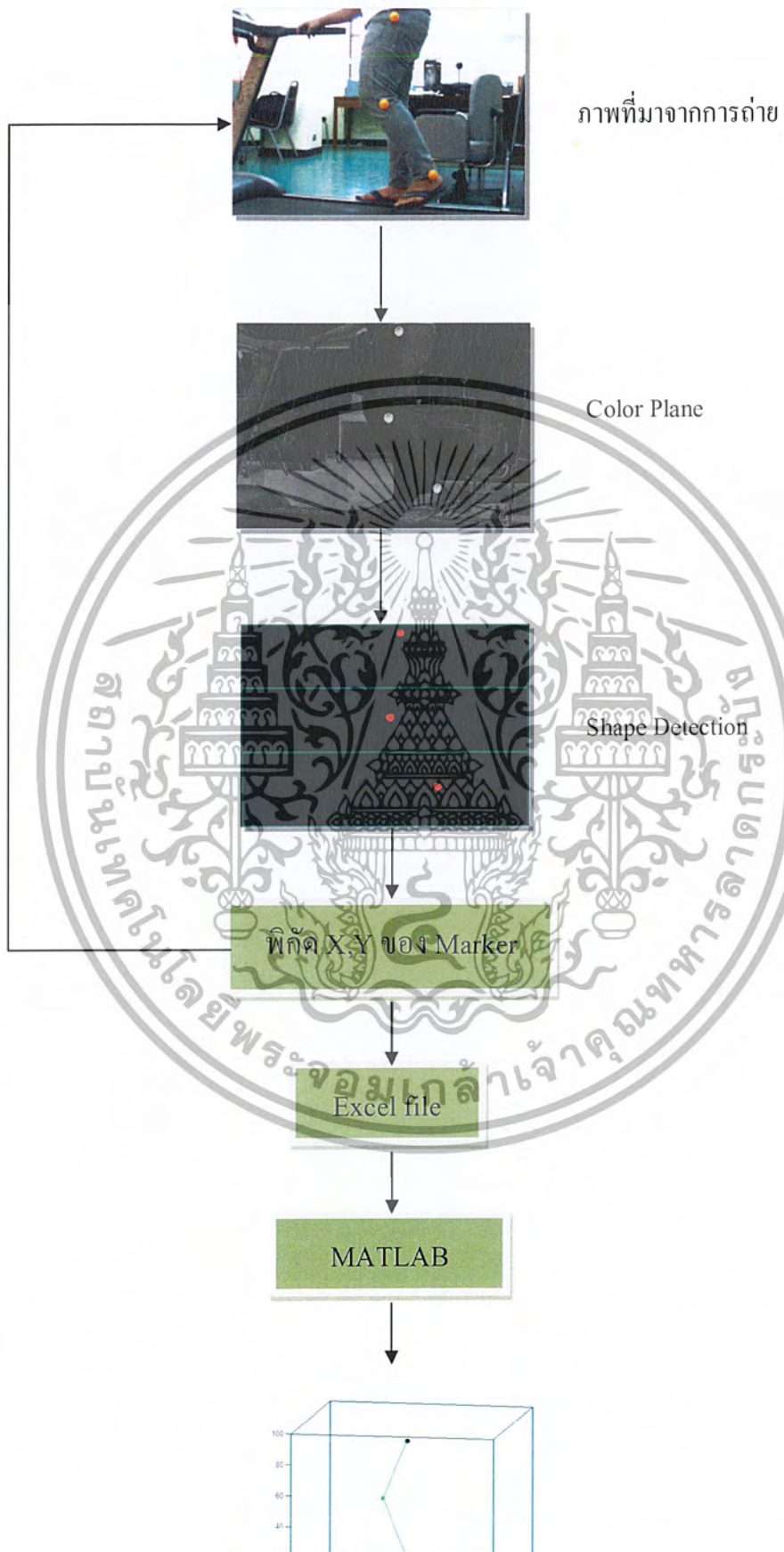
### บทที่ 3

### โครงสร้างของระบบ



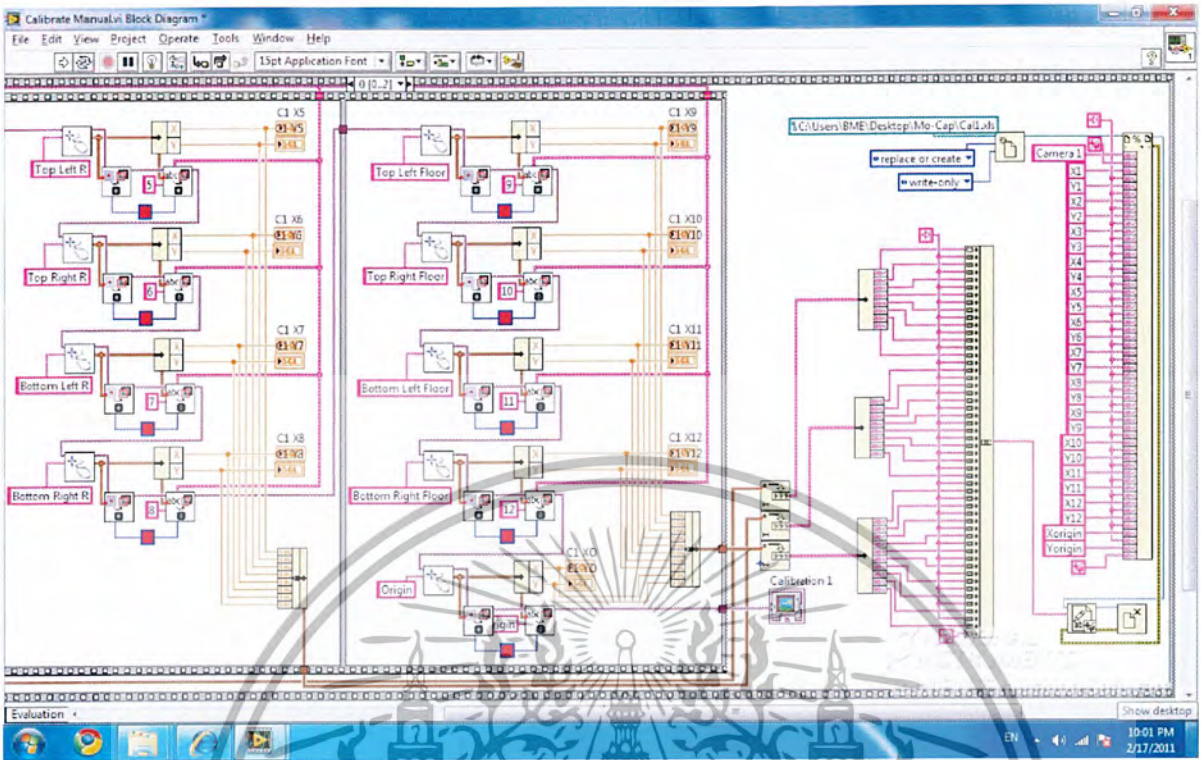
รูปที่ 32: ผังวงจรการตรวจจับการเคลื่อนไหว

จากผังวงจรการตรวจจับการเคลื่อนไหว เริ่มต้นทำการติด Active Marker ที่ตำแหน่งสำคัญทั้งหมด 3 ตำแหน่ง คือ สะโพก หัวเข่า และข้อเท้า จากนั้นทำการเก็บภาพจากกล้องทั้ง 3 ตัวพร้อมกันในมุมที่แตกต่างกันโดยใช้โปรแกรม LabVIEW และทำการ Image Processing เพื่อหาตำแหน่ง Marker ในภาพ และ Co-ordinate จากนั้นนำ Co-ordinate ที่ได้ไปคำนวณผ่านสมการ DLT และจำลองเป็นภาพสามมิติต่อไปโดยใช้โปรแกรม MATLAB

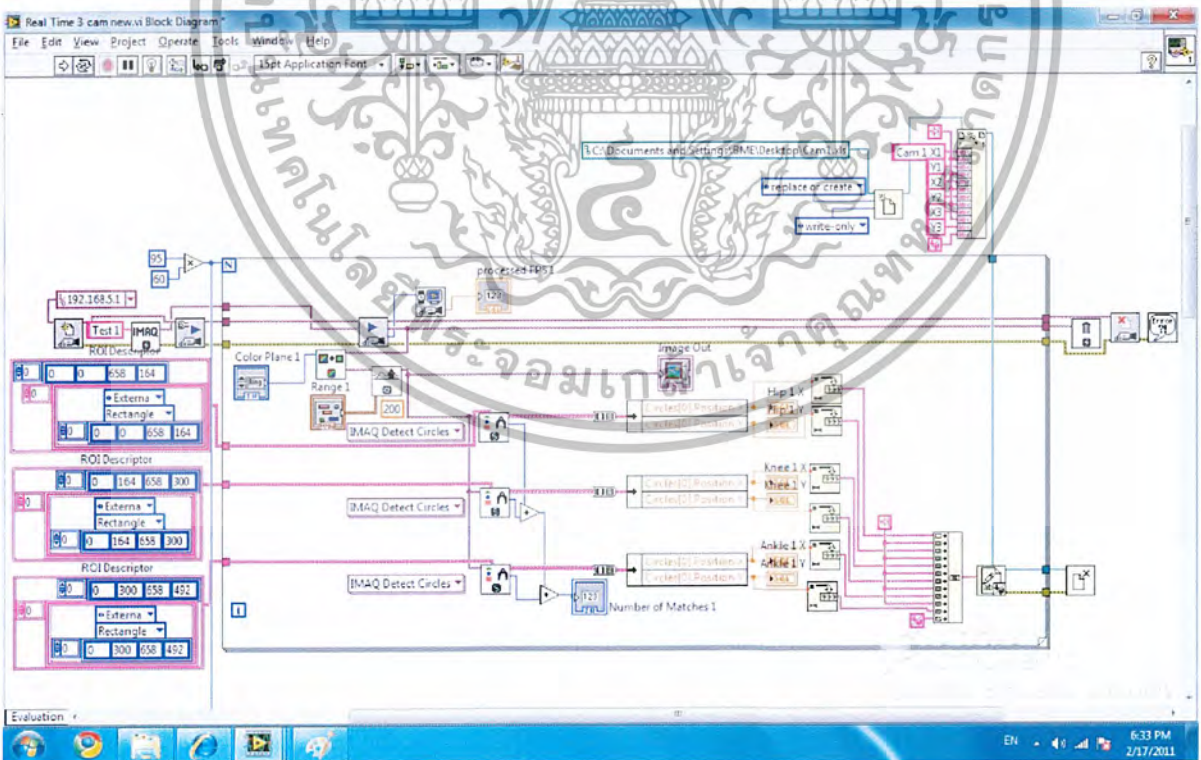


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 33 : ขั้นตอนในการกำจัดจุดจากโปรแกรม LabVIEW



รูปที่ 34 : Code LabVIEW ที่ใช้ในการ Calibration

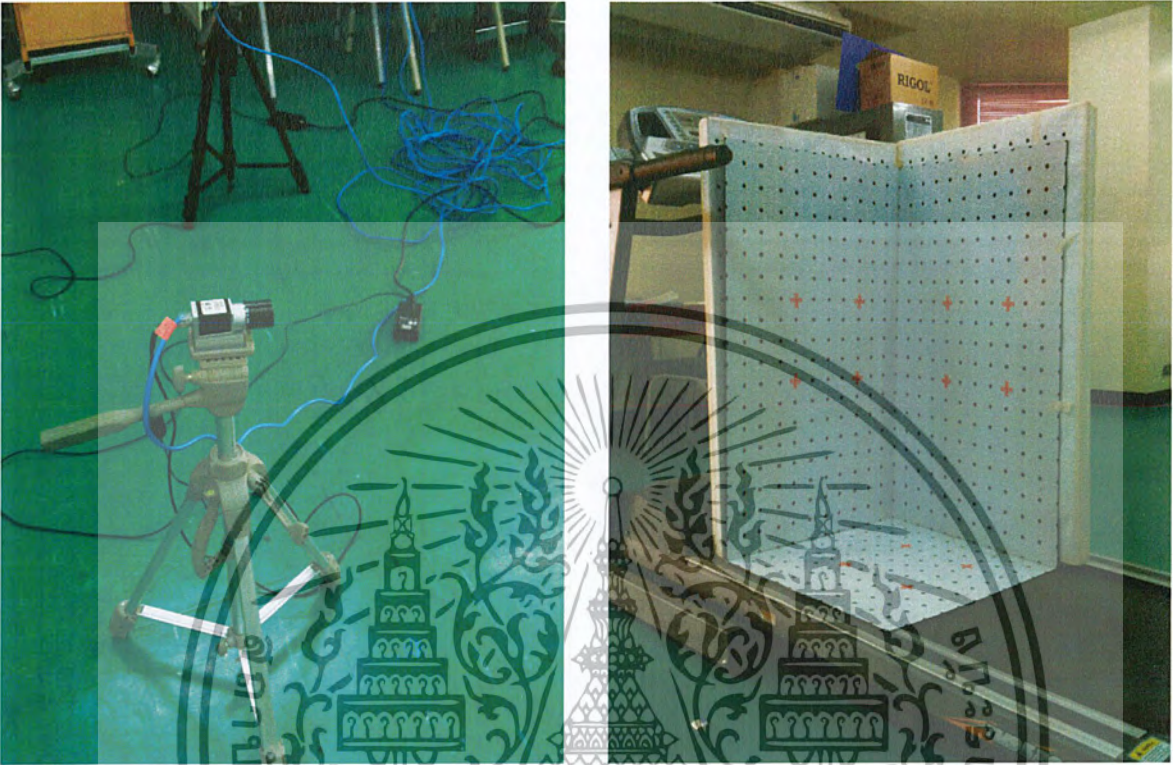


รูปที่ 35 : Code LabVIEW ที่ใช้ในการทำ Image Processing

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### การทดลอง

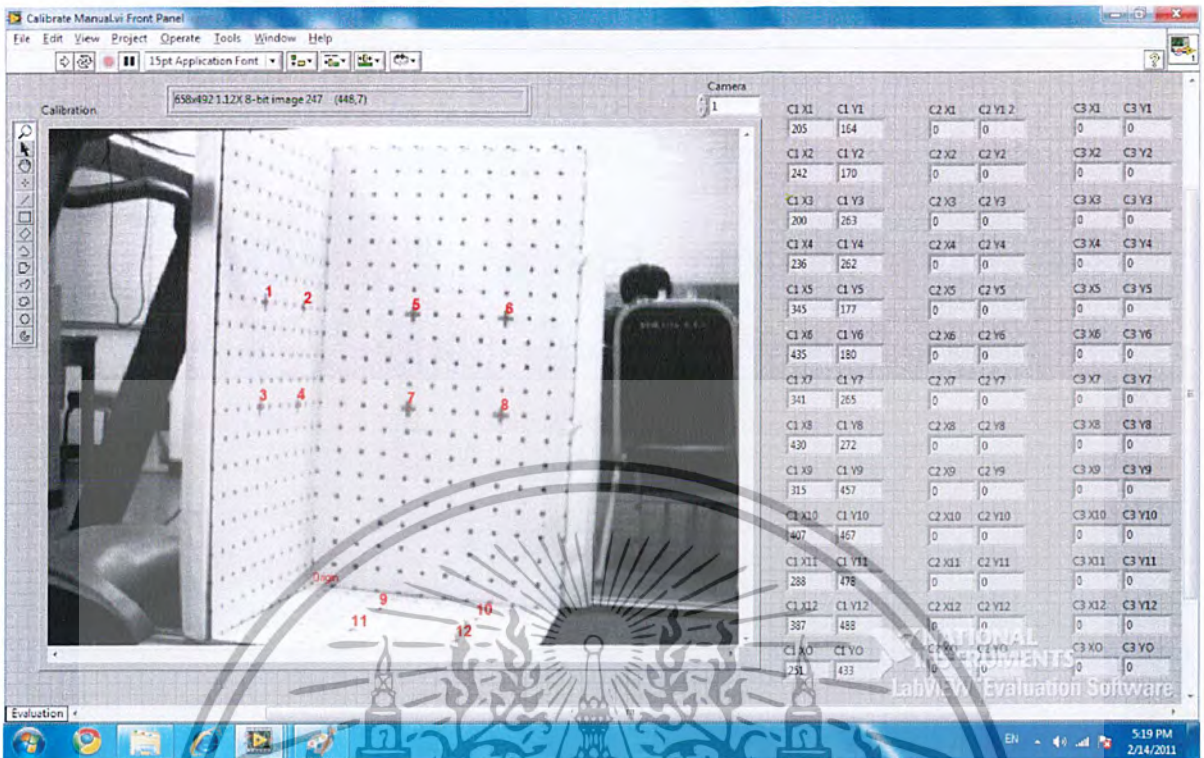


รูปที่ 36 : ก.ภาพกล้องเชื่อมต่อกับ Computer (ซ้าย) ข.ภาพPattern วางบน Treadmill (ขวา)



รูปที่ 37: ภาพผู้ทดลองที่ติดมาร์คเกอร์แล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามทำซ้ำหรือดัดแปลงของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 38 : Front panel ของโปรแกรมที่ใช้ในการ Calibration

The image shows three separate Excel spreadsheets, each representing the calibration data for a different camera. The data is organized in columns for X and Y coordinates for each of the 12 points.

Point	Cam1 X	Cam1 Y
1	173	177
2	205	182
3	170	273
4	203	271
5	304	185
6	390	187
7	303	272
8	388	275
9	282	456
10	372	464
11	258	476
12	353	484
13	220	435

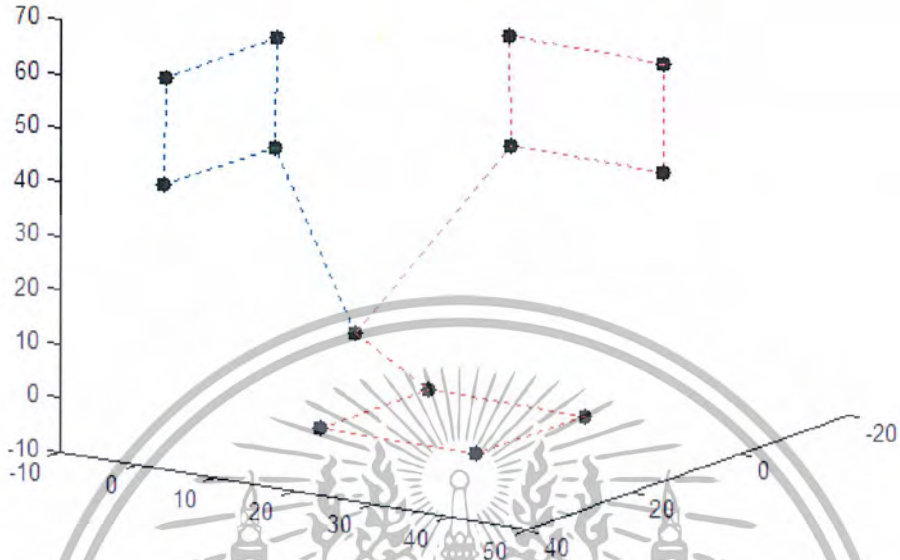
  

Point	Cam3 X	Cam3 Y
1	247	168
2	333	171
3	245	252
4	329	256
5	410	171
6	433	167
7	407	261
8	407	261
9	430	266
10	338	442
11	356	464
12	248	442
13	258	465
14	384	422

Point	Cam2 X	Cam2 Y
1	242	172
2	316	171
3	246	265
4	319	260
5	421	165
6	488	160
7	425	256
8	492	257
9	384	449
10	452	463
11	312	466
12	379	482
13	374	424

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้รูปที่ 39 : พิกัดที่ได้จากการ Calibration ของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

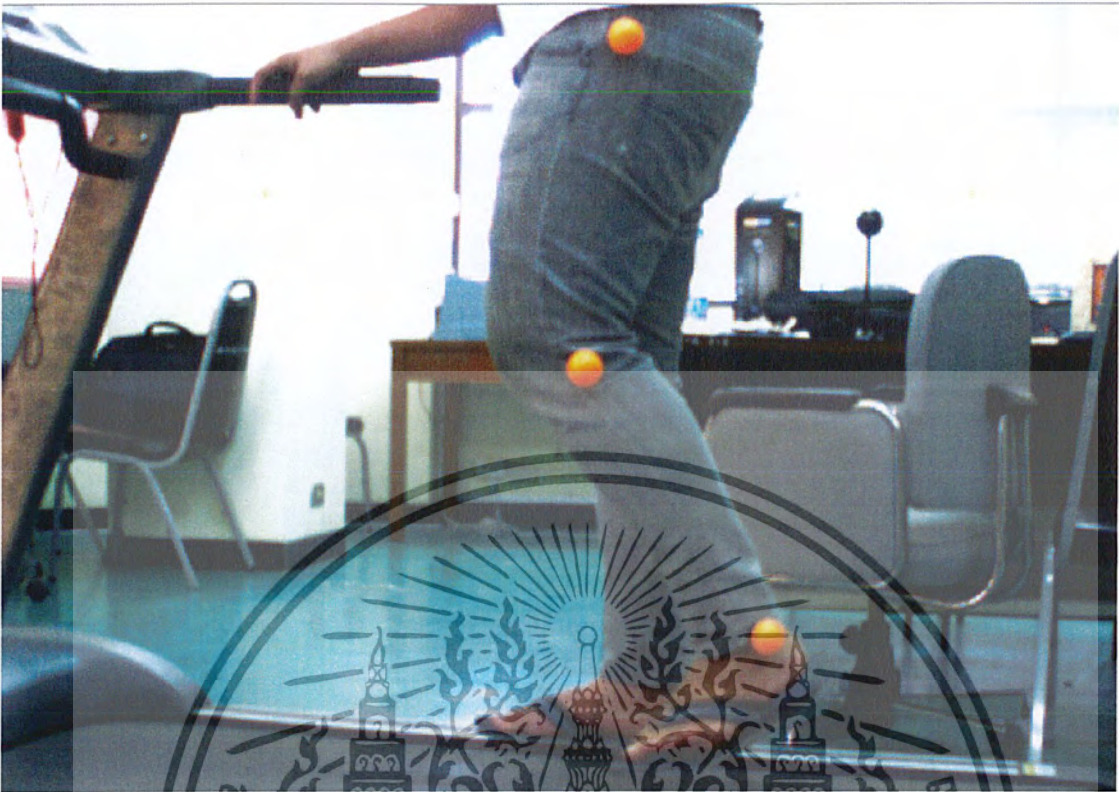


รูปที่ 40 : ภาพ 3 มิติ ของ Pattern ที่ได้จากการ Calibration

พิกัดจริง X-Y-Z		
35	0	60
15	0	60
35	0	40
15	0	40
0	20	60
0	40	60
0	20	40
0	40	40
15	20	0
15	40	0
35	20	0
35	40	0
0	0	0



พิกัด X-Y-Z ได้จากคำนวณ		
35.225	0.146	59.877
14.435	-0.063	60.040
35.176	-0.097	40.109
14.888	0.074	39.895
-0.064	19.715	60.153
0.100	40.082	59.975
0.169	20.004	39.999
0.193	40.137	39.957
15.033	19.836	-0.169
14.815	40.057	-0.087
35.205	20.171	0.034
34.744	39.871	0.093
0.081	0.070	0.126

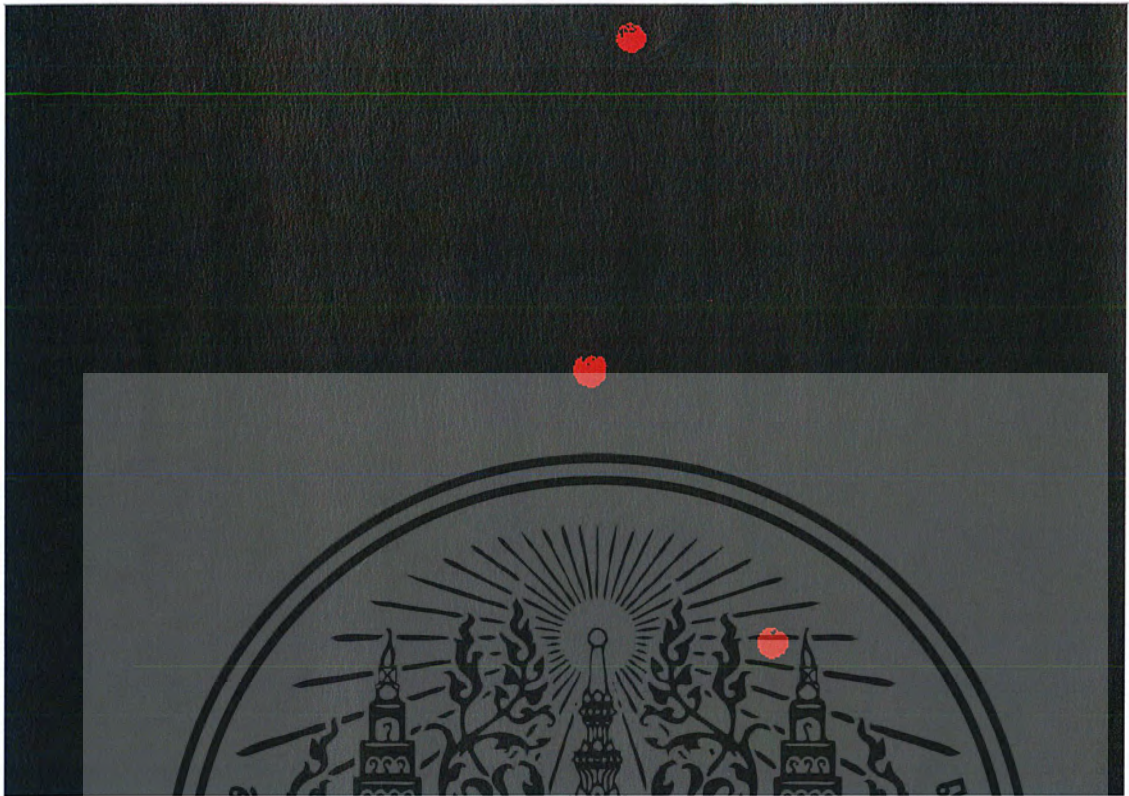


รูปที่ 42 : ข้อมูลที่ทำการเก็บมาจากกล้อง

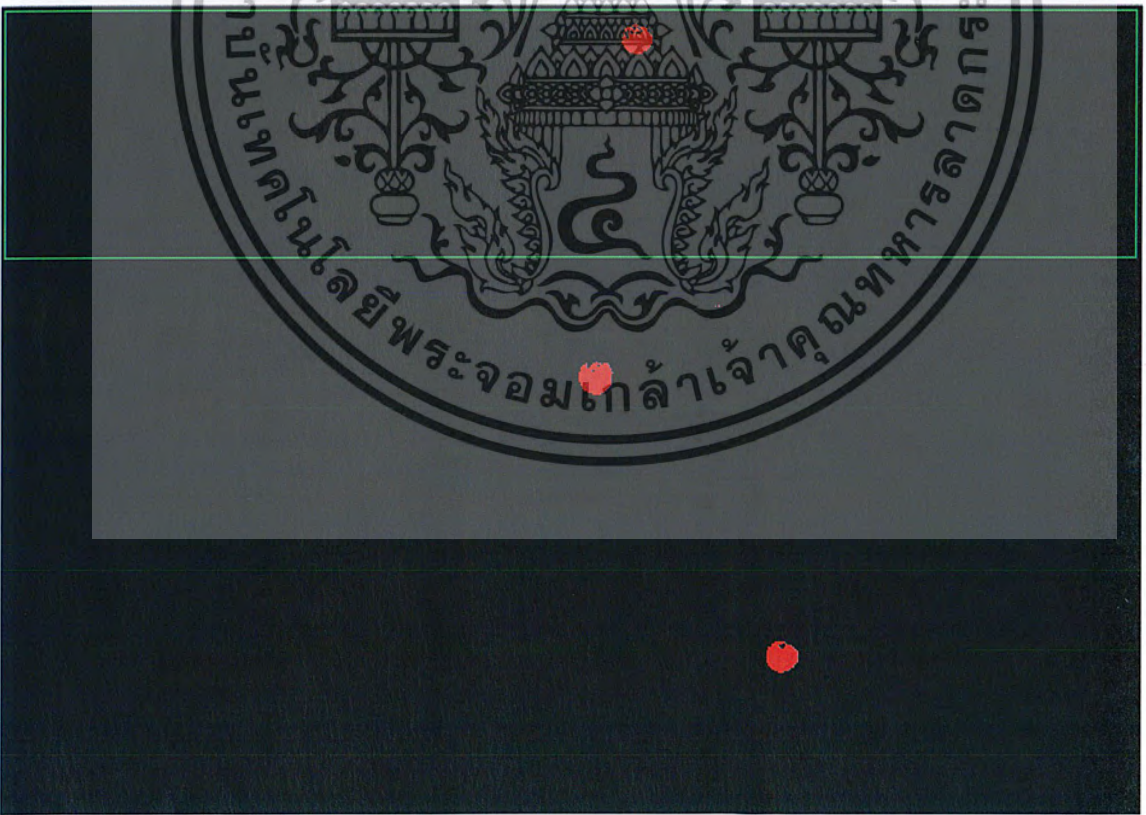


รูปที่ 43 : ทำการColor Plane

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

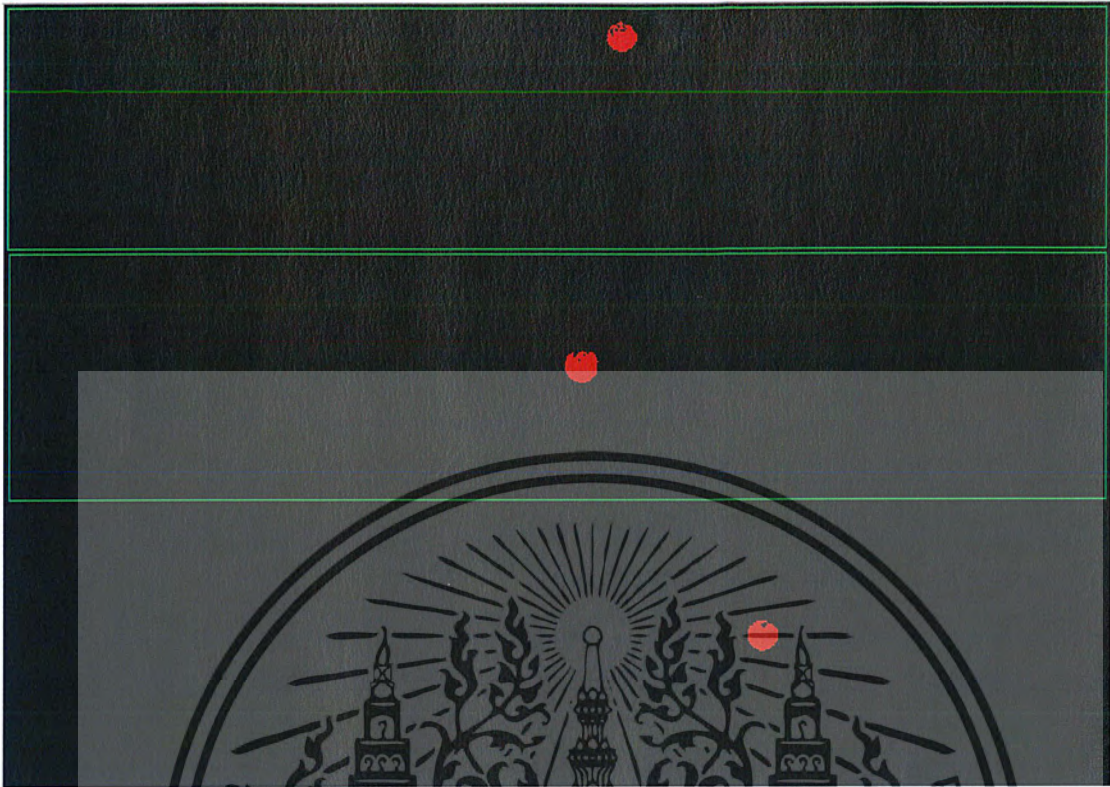


รูปที่ 44 : ทำการ Threshold ของภาพเพื่อให้เหลือแต่ Marker



รูปที่ 45 : ทำการ Marker Detection 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

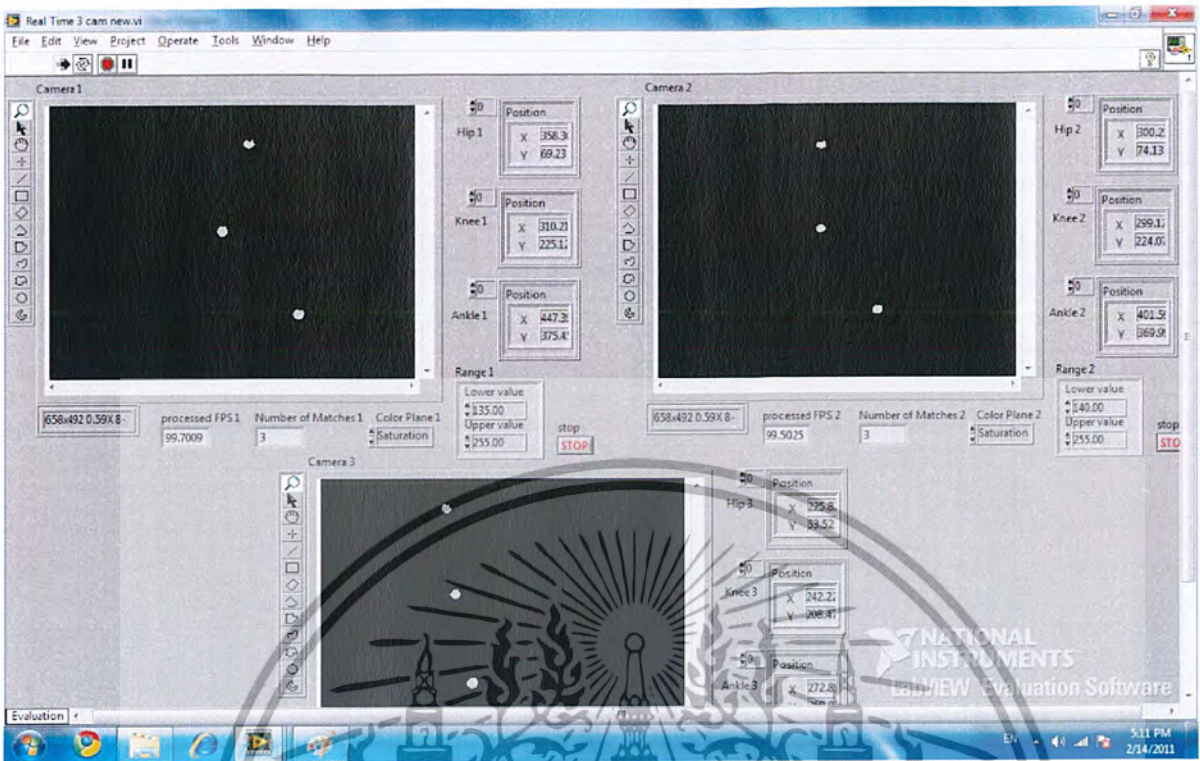


รูปที่ 46 : ทำการ Marker Detection 2



รูปที่ 47 : ทำการ Marker Detection 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



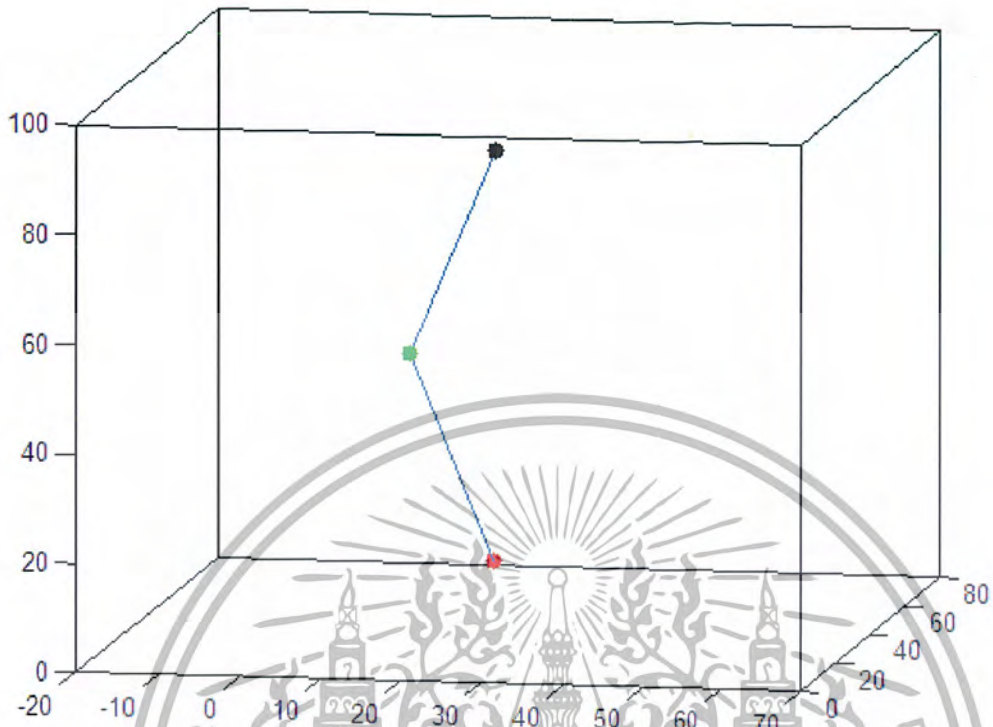
รูปที่ 48 : Front panel ของโปรแกรมที่ใช้ในการเก็บค่าพิกัดของ Marker

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following data:

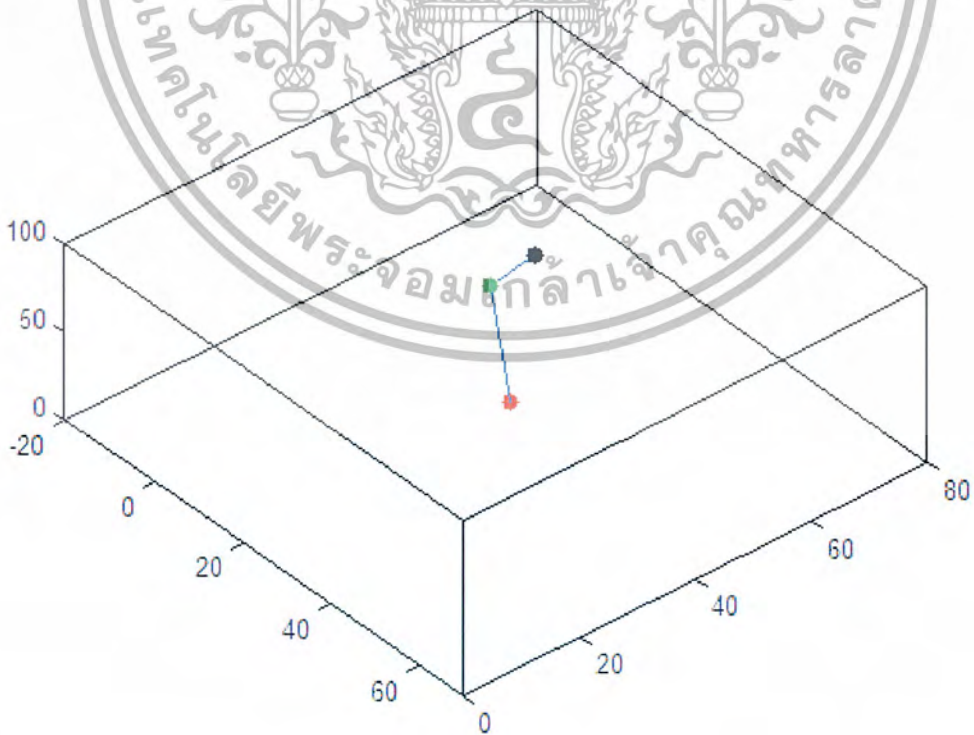
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Cam 1 X1	Y1	X2	Y2	X3	Y3			
1	214	71	160	269	201	463			
2	214	70	162	270	205	463			
3	214	70	164	271	209	463			
4	215	70	166	272	213	464			
5	215	69	169	272	216	464			
6	215	69	172	272	220	465			
7	216	68	175	272	224	465			
8	216	67	179	272	228	465			
9	217	66	183	271	232	464			
10	218	65	187	271	236	464			
11	219	65	192	271	241	464			
12	220	64	196	271	245	464			
13	222	63	200	271	249	464			
14	223	63	204	270	253	465			
15	224	62	208	270	257	465			
16	226	62	212	270	261	465			
17	227	61	217	270	266	465			
18	229	61	221	270	270	465			

รูปที่ 49 : พิกัดที่ได้จากการ Detection

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

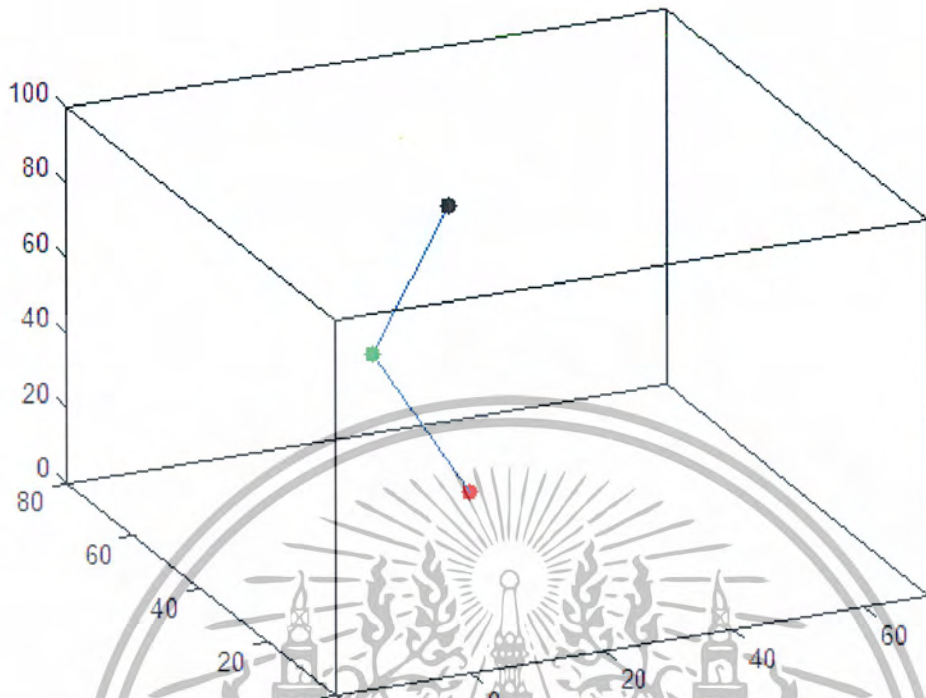


รูปที่ 50 : ภาพที่ได้จากการนำค่าพิกัดมาแปลงเป็น 3 มิติ (1)



รูปที่ 51 : ภาพที่ได้จากการนำค่าพิกัดมาแปลงเป็น 3 มิติ (2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การใช้งานเพื่อการศึกษาดูงานนี้ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 52 : ภาพที่ได้จากการนำค่าพิกัดมาแปลงเป็น 3 มิติ (3)

## บทที่ 5

### สรุปผลการทดลอง

จากการทดลอง ในการเก็บค่าพิกัดของการ Calibration ผ่าน LabVIEW โดยใช้มนุษย์เป็นผู้กำหนด จุดที่จะนำมา Calibrate ทั้ง 13 จุดต่อกล้อง รวมทั้งหมด 39 จุดและนำไปคำนวณผ่านสมการ DLT เพื่อหาค่า Matrix สัมประสิทธิ์ของการแปลงภาพจาก 2 มิติ ไปเป็น 3 มิติและพล็อตเป็นภาพ 3 มิติโดยใช้ MATLAB หลังจากการตรวจสอบแล้วพบว่าพิกัดใน 3 มิติมีความคลาดเคลื่อนจากพิกัดจริงโดยเฉลี่ย  $\pm 0.6\%$  ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

ในส่วนของการเก็บค่าพิกัดของ Marker ทั้ง 3 จุด โดยเก็บตามเวลาจริงจากทั้ง 3 กล้องพร้อมกันผ่าน LabVIEW พบว่า หากทำการเก็บภาพที่ 100 fps จะเกิดความไม่เสถียรหรือเฟรมเรทที่ได้ไม่คงที่ เช่น 98 fps หรือ 99 fps จึงกำหนดให้ถ่ายภาพที่ 95 fps เพื่อให้ทั้ง 3 กล้องมีเฟรมเรทที่คงที่เท่ากัน หลังจากนั้นทำการหา จุด Co-ordinate ของ Marker ที่ติดอยู่ที่ขาได้ทั้ง 3 ตำแหน่ง โดยผ่านกระบวนการ Image Processing เพื่อเอา เฉพาะค่าของ Co-ordinate X Y มาบันทึกไว้ใน Excel ทำให้ลดพื้นที่ในการเก็บข้อมูลลงอย่างมาก จากนั้นนำ ข้อมูลพิกัดของ Marker ที่บันทึกอยู่ในไฟล์ Excel ไปทำการประมวลผลในโปรแกรม MATLAB โดยใช้ค่า Matrix สัมประสิทธิ์ที่ได้จากขั้นตอนการ Calibration เพื่อนำเอาค่าพิกัดจากแต่ละเฟรมไปพล็อตเป็นภาพ 3 มิติต่อเนื่องกัน ทำให้ได้เป็นภาพที่เคลื่อนไหวได้และบันทึกเป็นไฟล์วิดีโอ จำลองการเดินของคนไข้ตามที่ต้องการ

## กิตติกรรมประกาศ

การทำโครงการ Human Motion capture นี้สำเร็จได้ด้วยดี ทั้งนี้ได้รับความช่วยเหลือ ให้คำปรึกษา ทั้งทางด้านวิชาการและการปฏิบัติการตลอดจนช่วยเหลือสนับสนุนทางด้านต่างๆจาก  
ดร.สุรเดช ตรีไตรลักษณ์

ขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.กิตติพล ชิตสกุล กรรมการสอบที่กรุณาให้ความช่วยเหลือ  
แนะนำสิ่งที่ดีที่สุด และตรวจแก้ไขโครงการฉบับนี้ให้ถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น



## เอกสารอ้างอิง

- [1] <http://www.ni.com>
- [2] <http://www.simi.com/en/>
- [3] <http://digital.ni.com/manuals.nsf/websearch>
- [4] <http://zone.ni.com/devzone/cda/tut/p/id/8007>
- [5] [http://teacher.en.rmutt.ac.th/ktw/04-720-101/intro\\_matlab.html](http://teacher.en.rmutt.ac.th/ktw/04-720-101/intro_matlab.html)
- [6] Christopher G. Relf, “ Image Acquisition and Processing with LabVIEW,” 2004
- [7] Thomas Klinger , “ Image Processing with LabVIEW™ and IMAQ™ Vision,” June 11 2003
- [8] รศ.ดร. ชูชาติ ปิณฑวิรุจน์. การประมวลผลภาพดิจิทัลขั้นสูงด้วย MATLAB. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : วีเจพริ้นติ้ง , 2551.

