สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบรักษาความปลอดภัยผ่านกล้องวิดีโอ

Video Security System

โดย

นายนรกิจ คูหาอภิรมย์

นายอนิรุตต์ ปกสุข

นายอิศวพันธ์ เอี่ยมประเสริฐกุล

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ. อภิเนตร อูนากูล

วพ.
ว62125
2543
เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 42765
วัน, เดือน, ปี 10 มิ.ย. 2545

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

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DIT21406

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2543

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบรักษาความปลอดภัยผ่านกล้องวิดีโอ

Video Security System

ผู้จัดทำ

1. นายนรกิจ คูหาอภิรมย์ รหัสประจำตัว 41013535
2. นายอนิรุตต์ ปกสุข รหัสประจำตัว 41013560
3. นายอิศวพันธ์ เอี่ยมประเสริฐกุล รหัสประจำตัว 41013561

อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ. อภิเนตร อูนากูล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบรักษาความปลอดภัยผ่านกล้องวิดีโอ

นายนรกิจ คูหาอภิรมย์ 41013535
นายอนิรุตต์ ปกสุข 41013560
นายอิศวพันธ์ เอี่ยมประเสริฐกุล 41013561
ผศ. อภิเนตร อูนากูล อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2543

บทคัดย่อ

ระบบรักษาความปลอดภัยผ่านกล้องวิดีโอ คือ ระบบรักษาความปลอดภัยที่นำเทคโนโลยีกล้องวิดีโอซีมอสและเทคโนโลยีบลูทูธมาใช้งาน เพื่อลดอันตรายที่อาจจะเกิดกับผู้ใช้งาน เทคโนโลยีบลูทูธที่นำมาใช้งานนี้เป็นเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายระยะสั้นผ่านคลื่นวิทยุทำให้ลดการเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างด้วยสายเคเบิล ระบบนี้ยังได้นำกล้องวิดีโอซีมอสมาใช้งานด้วยการอินเทอร์เฟซเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ในระดับฮาร์แวร์ ส่งผลให้กล้องวิดีโอหรือเรียกว่า คาเมร่าบ็อกซ์ มีขนาดเล็กและสามารถเคลื่อนย้ายตำแหน่งได้ ทำให้ระบบที่ได้นี้สามารถลดข้อจำกัดบางประการของระบบรักษาความปลอดด้วยกล้องวิดีโอระบบอื่นได้ ระบบนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานรักษาความปลอดภัยในสถานที่ต่างๆ เช่น บ้าน ร้านค้า สำนักงาน โรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น

เทคโนโลยีหลักที่ใช้ในโครงงานนี้ คือ เทคโนโลยีบลูทูธและเทคโนโลยีกล้องวิดีโอซีมอส จากการศึกษา ค้นคว้า และทดลอง ทำให้ได้ข้อมูลทางเทคโนโลยีเพื่อนำไปใช้ในงานด้านการวิจัยและการศึกษาทางวิศวกรรมต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Video Security System

Mr. Norrakit Kuhaapirom
Mr. Anirut Poksuk
Mr. Itsavapan Eiamprasertkul
Mr. Apinetr Unakul Advisor

ABSTRACT

Video Security System is the security system had used CMOS Image sensor and Bluetooth technology to ruduce accident that will occur with the user. Bluetooth is short-range radio technology that can reduce cable connection between the device.. This system used CMOS Image sensor interface to microcontroller in has hardware level. The CameraBox small size So that free to place at anywhere. This system can decrease the limitation of other system. This system can use in a store, office etc.

Bluetooth and CMOS image sensor are the key technology in this project. The information of them will use in area of research and engineering.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ไม่อาจเสร็จได้ด้วยดี หากไม่ได้รับความช่วยเหลือและร่วมมือจากหลายๆ ฝ่ายด้วยกัน บุคคลแรกที่ต้องกล่าวถึงเพราะเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จลงได้ก็คือ อาจารย์อภิเนตร อูนากูล ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ให้ความเอาใจใส่ แนะนำ และช่วยเหลือเสมอมา อีกท่านที่อยากจะกล่าวถึงคือ คุณขนิษฐา ประสารสุข ที่ช่วยสนับสนุนการทำงานต่างๆ ให้ราบรื่น จึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ทุกๆ ท่านที่ให้ความรู้และคำปรึกษามาตลอดระยะเวลา 3 ปี

ขอขอบคุณสมาชิกทุกท่านในห้องปฏิบัติการ Embedded System Lab ที่ให้คำปรึกษาและช่วยเหลือให้คำแนะนำและห้องปฏิบัติการ Embeded System Lab ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการดำเนินโครงงาน

ขอขอบคุณบริษัท อิริคสัน ประเทศไทยจำกัดที่เอื้อเฟื้อชุดพัฒนาบลูทูธมาใช้ในโครงงานนี้

ขอขอบคุณรุ่นพี่และเพื่อนๆ ทุกคนที่คอยให้คำปรึกษา ช่วยเหลือและให้กำลังใจตลอดมา

สุดท้ายนี้ต้องขอขอบพระคุณบุคคลสำคัญที่สุดที่ทำให้ข้าพเจ้ามีวันนี้ก็คือ บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ซึ่งได้เลี้ยงดูผู้เขียนมาเป็นอย่างดี พร้อมทั้งให้โอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่ และยังให้กำลังใจเอาใจใส่เสมอมา ในทุกๆ ด้านอันหาที่เปรียบมิได้ ข้าพเจ้าขอระลึกในพระคุณอันสุดประมาณและขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

นรกิจ คูหาอภิรมย์
อนิรุตต์ ปกสุข
อิศวพันธ์ เอี่ยมประเสริฐกุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้าที่

บทคัดย่อภาษาไทย I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II
กิตติกรรมประกาศ III
สารบัญ IV
สารบัญภาพ VI
สารบัญตาราง IX
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ 2
1.2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ 2
1.3 ขอบเขต 2
1.4 ขั้นตอนการพัฒนา 3
บทที่ 2 เทคโนโลยีและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง 4
2.1 เทคโนโลยีระบบรักษาความปลอดภัยด้วยกล้องวิดีโอที่มีอยู่ในปัจจุบัน 4
2.1.1 ระบบโทรทัศน์วงจรปิด 4
2.1.2 ระบบภาพผ่านอินเทอร์เน็ต 5
2.2 เทคโนโลยีบลูทูธ 7
2.2.1 ความสำคัญของเทคโนโลยีบลูทูธ 8
2.2.2 จุดเริ่มต้นของเทคโนโลยีบลูทูธ 10
2.2.3 The Bluetooth SIG 10
2.2.4 แอพพลิเคชันที่นำเทคโนโลยีบลูทูธไปใช้งาน 11
2.2.5 ข้อดีและข้อเสียของเทคโนโลยีบลูทูธ 11
2.2.6 ข้อมูลทางเทคนิคของบลูทูธ 12
2.3 กล้องวิดีโอซีมอส 22
2.3.1 ข้อดีของเทคโนโลยี CMOS sensor 22
2.3.2 โมดูลกล้องวิดีโอที่นำมาใช้งาน 22
2.3.3 หลักการในการแสดงภาพ 25
บทที่ 3 การออกแบบและหลักการทำงาน 26
3.1 การออกแบบส่วนฮาร์ดแวร์ 26
3.1.1 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ 28
3.1.2 บอร์ดกล้องวิดีโอซีมอส 30
3.1.3 ส่วนอินเทอร์เฟซบลูทูธโมดูล 33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้าที่

3.1.4 ส่วนแสดงผลจอแอลซีดี 38
3.1.5 บอร์ดสเต็ปมอเตอร์ไดรเวอร์ 40
3.1.6 ภาคจ่ายไฟ 40
3.2 การออกแบบส่วนซอฟต์แวร์ 41
3.2.1 Use Case Diagram 41
3.2.2 Scenario 42
3.2.3 Architectural Design 48
3.2.4 Object Diagram 49
3.2.5 Class Diagram 49
3.2.6 State Diagram 50
บทที่ 4 การทดสอบและผลการทดสอบ 57
4.1 การทดสอบการทำงานของระบบ 57
4.2 การทดสอบการใช้งานของระบบ 63
บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุป 66
5.1 สรุปและวิจารณ์ผลการทำงาน 66
5.1.1 ผลงานโดยรวมของการพัฒนาโครงงาน 66
5.1.2 การออกแบบในส่วนฮาร์ดแวร์ของโครงงาน 66
5.1.3 การออกแบบในส่วนซอฟต์แวร์ของโครงงาน 68
5.1.4 การเลือกเทคโนโลยีที่นำมาใช้ในโครงงาน 68
5.2 ประเมินผลโครงงาน 68
5.3 สรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้ในการพัฒนาโครงงาน 70
ภาคผนวก 71
ภาคผนวก ก. Data Sheet 72
ภาคผนวก ข. วงจรของคาเมร่าบ็อกซ์ 104
ภาคผนวก ค. โปรแกรมทดสอบบลูทูธโมดูล 108
ภาคผนวก ง. การอินเทอร์เฟซบลูทูธโมดูล 115
ภาคผนวก จ. การตรวจสอบบอร์ดวงจรต่างๆ ในคาเมร่าบ็อกซ์ 122
บรรณานุกรม 126

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

หน้าที่

รูปที่ 1-1 ระบบรักษาความปลอดภัยผ่านกล้องวิดีโอ 1
รูปที่ 2-1 ระบบโทรทัศน์วงจรปิด 5
รูปที่ 2-2 ขั้นตอนการทำงานของระบบภาพวิดีโอผ่านอินเทอร์เน็ต 6
รูปที่ 2-3 การต่อระบบรักษาความปลอดภัยผ่านกล้องวิดีโอทดแทนระบบภาพวิดีโอผ่านอินเทอร์เน็ต 7
รูปที่ 2-4 การสื่อสารระหว่างอุปกรณ์บลูทูธ 7
รูปที่ 2-5 กราฟแนวโน้มการใช้งานเทคโนโลยีสื่อสารไร้สาย 8
รูปที่ 2-6 กราฟแนวโน้มทางการตลาดของอุปกรณ์บลูทูธ 9
รูปที่ 2-7 กราฟแนวโน้มทางด้านราคาของคอมโพเน็นต์ของอุปกรณ์บลูทูธ 10
รูปที่ 2-8 บลูทูธไฮราคี 12
รูปที่ 2-9 เฟรมคู่และคี่ 13
รูปที่ 2-10 Link manager protocol usasge 14
รูปที่ 2-11 สถาปัตยกรรมของบลูทูธ 14
รูปที่ 2-12 HCi Command Packet 15
รูปที่ 2-13 HCI Event Packet 15
รูปที่ 2-14 HCI Data Packet 16
รูปที่ 2-15 Point to Point and Point to Multipoint 18
รูปที่ 2-16 สแคเตอร์เน็ต 18
รูปที่ 2-17 พิโคเน็ตที่เกิดจากอุปกรณ์บลูทูธคลาสต่างๆ 20
รูปที่ 2-18 โมดูลกล้องวิดีโอ C3188 22
รูปที่ 2-19 บล็อกไดอะแกรมของอิมเมจเซนเซอร์ OV7610 24
รูปที่ 2-20 หลักการในการแสดงภาพ 25
รูปที่ 3-1 บล็อกไดอะแกรมของระบบ 26
รูปที่ 3-2 คาเมร่าบ็อกซ์ 27
รูปที่ 3-3 บล็อกไดอะแกรมของคาเมร่าบ็อกซ์ 27
รูปที่ 3-4 บล็อกไดอะแกรมโครงสร้างภายในของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ 28
รูปที่ 3-5 บอร์ดกล้องวิดีโอซีมอส 30
รูปที่ 3-6 บล็อกไดอะแกรมบอร์ดกล้องวิดีโอซีมอส 30
รูปที่ 3-7 ลำดับขั้นตอนการเก็บและการดึงข้อมูลภาพวิดีโอของบอร์ดกล้องวิดีโอ 32
รูปที่ 3-8 การติดต่อผ่านพอร์ตอนุกรมระหว่างบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์และบลูทูธโมดูล 33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้าที่

รูปที่ 3-9 บลูทูธโมดูลและโพรโตคอลสแต็กภายใน 34
รูปที่ 3-10 ลักษณะการพัฒนาแอพพลิเคชันที่ใช้กับบลูทูธโมดูลในบอร์ไมโครคอนโทรลเลอร์ 35
รูปที่ 3-11 ขั้นตอนการอินเทอร์เฟซระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับบลูทูธโมดูล 36
รูปที่ 3-12 โพรโตคอลการทำงานระหว่างโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์และคาเมร่าบ็อกซ์ผ่านบลูทูธโมดูล 37
รูปที่ 3-13 วงจรส่วนต่างๆ ในคาเมร่าบ็อกซ์ 38
รูปที่ 3-14 การอินเทอร์เฟซจอแสดงผลแอลซีดี 39
รูปที่ 3-15 ขั้นตอนการสั่งงานจอแสดงผลแอลซีดี 39
รูปที่ 3-16 วงจรบอร์ดสเต็ปมอเตอร์ไดรเวอร์ 40
รูปที่ 3-17 วงจรภาคจ่ายไฟ 40
รูปที่ 3-18 Use Case Diagram ของระบบรักษาความปลอดภัยผ่านกล้องวิดีโอ 41
รูปที่ 3-19 Sequence Diagram แสดงการ Connect 43
รูปที่ 3-20 Sequence Diagram แสดงการ Disconnect 43
รูปที่ 3-21 Sequence Diagram แสดงการสั่ง Play 44
รูปที่ 3-22 Sequence Diagram แสดงการสั่ง Pause 44
รูปที่ 3-23 Sequence Diagram แสดงการสั่ง Turn Left 45
รูปที่ 3-24 Sequence Diagram แสดงการสั่ง Turn Right 45
รูปที่ 3-25 Sequence Diagram แสดงการสั่ง Record 46
รูปที่ 3-26 Sequence Diagram แสดงการสั่ง Set Directory 46
รูปที่ 3-27 Sequence Diagram แสดงการสั่งกำหนดค่า Time rate 47
รูปที่ 3-28 Sequence Diagram แสดงการตั้งค่า Image's quality 47
รูปที่ 3-29 Architectural design 48
รูปที่ 3-30 Object Diagram 49
รูปที่ 3-31 Class Diagram 50
รูปที่ 3-32 State Diagram ของคาเมร่าบ็อกซ์ 52
รูปที่ 3-33 Initial state ของโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์ 53
รูปที่ 3-34 Connect state ของโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์ 53
รูปที่ 3-35 Disconnect state ของโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์ 54
รูปที่ 3-36 Play and Pause state ของโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์ 54
รูปที่ 3-37 Show image state ของโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์ 55
รูปที่ 3-38 Setting state ของโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์ 56
รูปที่ 3-39 Record state ของโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์ 56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้าที่

รูปที่ 4-1 ตัวอย่างภาพที่ได้จากโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์ 59
รูปที่ 4-2 ส่วนของภาพที่ตัดเอามาใช้งานจริง 60
รูปที่ 4-3 ฟอร์มของโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์ที่ใช้ในการกำหนดค่าต่างๆ 61
รูปที่ 4-4 ส่วนประกอบของโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์ 62
รูปที่ 4-5 ทดสอบอัตราเวลาในการแสดงภาพ 63
รูปที่ 4-6 การทดสอบใช้งานคาเมร่าบ็อกซ์กับโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์ 64
รูปที่ 4-7 การทดสอบใช้งานคาเมร่าบ็อกซ์เป็นระบบโทรทัศน์วงจรปิด 65
รูปที่ ข-1 วงจรขับสเต็ปมอเตอร์ 106
รูปที่ ข-2 วงจรอินเทอร์เฟซกล้องวิดีโอซีมอส 107
รูปที่ ข-3 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์และจอแสดงผลแอลซีดี 108
รูปที่ ง-1 การพัฒนาโปรแกรมอินเทอร์เฟซกับบลูทูธโมดูลและลักษณะการเชื่อมต่อ 117
รูปที่ ง-2 ขั้นตอนการอินเทอร์เฟซระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR กับบลูทูธโมดูล 118
รูปที่ ง-3 สเตทการแปลความหมายอีเวนต์แพ็กเกจและดาต้าแพ็กเกจ 120
รูปที่ ง-4 ขั้นตอนการอินเทอร์เฟซระหว่างคอมพิวเตอร์ (วิดีโอวิวเวอร์) กับบลูทูธโมดูล 121
รูปที่ จ-1 การทดสอบบลูทูธโมดูล 124

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้าที่

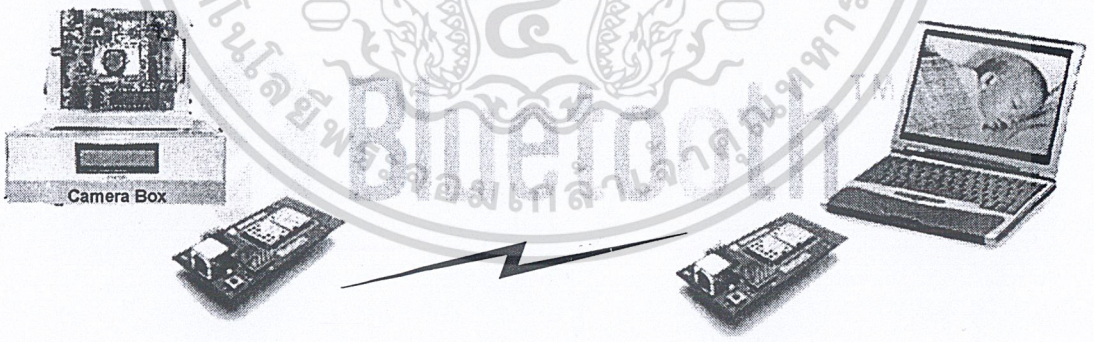
ตารางที่ 3-1 การกำหนดค่า Baudrate ของไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR 33
ตารางที่ 4-1 ผลการทดสอบการทำงานของระบบ 57
ตารางที่ 4-2 เปรียบเทียบขนาดของไฟล์ที่เปอร์เซ็นต์การบีบอัดค่าต่างๆ 60
ตารางที่ 4-3 ผลการทดสอบการใช้งานของระบบ 63
ตารางที่ 5-1 ความเร็วของภาพที่สามารถส่งได้ทั้งแบบที่มีการบีบอัดและไม่มีการบีบอัดข้อมูล 69
ตารางที่ ก-1 Reference Data sheet ของไอซีเบอร์ต่างๆ ที่ใช้ในโครงงาน 74

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ระบบรักษาความปลอดภัยผ่านกล้องวิดีโอเป็นระบบรักษาความปลอดภัยที่ได้นำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยทำให้สามารถหลีกเลี่ยงจากการเกิดอุบัติเหตุหรืออันตรายที่จะเกิดกับผู้ใช้งานโดยตรง เทคโนโลยีที่นำมาใช้คือ เทคโนโลยีบลูทูธและเทคโนโลยีกล้องวิดีโอซีมอส เทคโนโลยีบลูทูธเป็นเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายระยะสั้นผ่านคลื่นวิทยุที่ความถี่ 2.45 กิกะเฮิรตซ์สามารถส่งได้ทั้งข้อมูลที่เป็นข้อมูลและเสียงมีระยะในการส่ง 10 เมตร เทคโนโลยีบลูทูธนำมาใช้สำหรับการส่งข้อมูลภาพวิดีโอจากคาเมร่าบ็อกซ์ (Camera Box) ไปให้วิดีโอวิวเวอร์ (Video Viewer) และการส่งข้อมูลการควบคุมกล้องจากส่วนการแสดงภาพกลับไปยังกล้องวิดีโอ ในส่วนของกล้องวิดีโอได้ใช้เทคโนโลยีกล้องวิดีโอซีมอสซึ่งได้ใช้วิธีการอินเทอร์เฟซกับซีมอสโมดูลในระดับฮาร์ดแวร์ ทำให้สามารถใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการอินเทอร์เฟซได้โดยไม่จำเป็นจะต้องใช้เครื่องคอมพิวเตอร์อีกต่อไป ส่งผลให้กล้องวิดีโอมีขนาดเล็กเมื่อได้รวมเอาเทคโนโลยีทั้งสองเข้าด้วยกันแล้ว ทำให้กล้องวิดีโอที่ได้มีขนาดเล็กสามารถเคลื่อนย้ายตำแหน่งของกล้องวิดีโอและส่วนแสดงผลได้อย่างอิสระ (ไร้สาย) ซึ่งเป็นการลดข้อจำกัดบางประการของระบบอื่นลงได้



รูปที่ 1-1 ระบบรักษาความปลอดภัยผ่านกล้องวิดีโอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1 ความเป็นมา และความสำคัญ

เนื่องจากระบบรักษาความปลอดภัยโดยกล้องวิดีโอ หรือที่เรียกว่าระบบโทรทัศน์วงจรปิด มีข้อจำกัดบางประการที่ไม่เหมาะสมกับการใช้งาน เช่น การติดตั้งกล้องที่คงที่ทำให้ไม่สามารถเคลื่อนย้ายกล้องได้สะดวก ระยะทางในการรับชมภาพใกล้และการใช้สายเคเบิลส่งสัญญาณภาพวิดีโอ จากข้อจำกัดเหล่านี้ทำให้เกิดแนวความคิดในการนำเอาเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายผ่านคลื่นวิทยุมาใช้ในการส่งสัญญาณภาพวิดีโอ และยังสามารถเคลื่อนย้ายตำแหน่งของกล้องวิดีโอไปยังตำแหน่งต่างๆ ได้สะดวก

ทำให้ต้องมีการศึกษาเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายผ่านคลื่นวิทยุที่เหมาะสมเพื่อนำมาใช้ในระบบนี้ซึ่งเทคโนโลยีบูลทูธเป็นเทคโนโลยีที่มีความเหมาะสมด้วยปัจจัยในหลายๆ ด้าน ได้แก่ มีความเป็นมาตราฐานที่ผู้นำทางเทคโนโลยีของโลก (Ericsson, IBM, 3COM, Intel ect.) ให้การยอมรับและผลักดันให้มีการใช้งานกันอย่างแพร่หลาย ราคาถูก ใช้กำลังงานไฟฟ้าต่ำ ฯลฯ อีกทั้งเทคโนโลยีบูลทูธเป็นเทคโนโลยีใหม่ซึ่งเป็นโอกาสที่ดีในการศึกษาเพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในงานด้านอื่นๆ

ระบบรักษาความปลอดภัยผ่านภาพวิดีโอได้ใช้กล้องวิดีโอซึมอสมาเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อรับสัญญาณภาพ ทำให้ไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ ทำให้เกิดประโยชน์ในการนำกล้องวิดีโอซึมอสไปประยุกต์ใช้งานด้านอื่นๆ เช่น งานวิจัยด้านหุ่นยนต์

1.2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. เพื่อให้ได้ระบบรักษาความปลอดภัยผ่านภาพวิดีโอ เพื่อใช้ในการรักษาความปลอดภัยในสถานที่ต่างๆ เช่น บ้าน ร้านค้า สำนักงาน โรงงานอุตสาหกรรม ฯลฯ
2. เพื่อลดข้อจำกัดบางประการของระบบรักษาความปลอดภัยด้วยกล้องวิดีโออื่นๆ
3. เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาระบบรักษาความปลอดภัยผ่านภายวิดีโอให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น
4. เพื่อให้ได้ข้อมูลทางเทคโนโลยีในการนำมาใช้ในงานด้านการวิจัยและ การศึกษา ทางวิศวกรรม เพื่อใช้พัฒนาประเทศ
5. เพื่อลดการนำเข้าระบบรักษาความปลอดภัยผ่านภาพวิดีโอจากต่างประเทศ

1.3 ขอบเขต

การพัฒนาระบบรักษาความปลอดภัยผ่านกล้องวิดีโอจะได้ต้นแบบระบบรักษาความปลอดภัยผ่านภาพวิดีโอซึ่งประกอบด้วยการทำงานหลักดังนี้

1. ส่งสัญญาณภาพวิดีโอผ่านการสื่อสารไร้สายผ่านคลื่นวิทยุ โดยใช้เทคโนโลยีบูลทูธ
2. รับชมภาพวิดีโอโดยแอพพลิเคชันที่รันอยู่บนเครื่องคอมพิวเตอร์
3. แอพพลิเคชันที่รันอยู่บนเครื่องคอมพิวเตอร์สามารถทำงานได้ดังนี้
   - กำหนดคุณภาพของภาพที่ทำการบันทึก
   - กำหนดไดเรกทอรีที่ใช้ในการบันทึกภาพ
   - กำหนดอัตราเวลาในการบันทึกภาพ
   - ควบคุมการหมุนกล้องได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ขั้นตอนการพัฒนา

1. ศึกษาและค้นคว้าเทคโนโลยีบูลทูธ บูลทูธโมดูล
2. ศึกษาและค้นคว้าการทำงานของกล้องวิดีโอซีมอส
3. ศึกษาโครงสร้างทางสถาปัตยกรรมและการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์
4. วิเคราะห์หาข้อสรุปที่จะใช้ในการพัฒนา
5. พัฒนาโปรแกรมเชื่อมต่อกับบูลทูธโมดูลบนเครื่องคอมพิวเตอร์
6. พัฒนาบอร์ดวงจรกล้องวิดีโอซีมอส
7. พัฒนาบอร์ดวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์
8. พัฒนาโปรแกรมเชื่อมต่อกับบูลทูธโมดูลบนบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์
9. พัฒนาโปรแกรมเชื่อมต่อระหว่างบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์กับบอร์ดวงจรกล้องวิดีโอซีมอส
10. พัฒนาโปรแกรมและบอร์ดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ทุกส่วนที่เชื่อมต่อเข้าด้วยกัน
11. ทดสอบการทำงานและแก้ไขข้อผิดพลาด
12. ประเมินผลและจัดทำเอกสารประกอบการพัฒนา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
เทคโนโลยีและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง

2.1 เทคโนโลยีระบบรักษาความปลอดภัยด้วยกล้องวิดีโอที่มีอยู่ในปัจจุบัน

เมื่อกล่าวถึงระบบรักษาความปลอดภัยแล้ว ระบบรักษาความปลอดภัยที่ทำการบันทึกภาพจากกล้องวิดีโอในปัจจุบันนั้นมีอยู่ด้วยกันมากมายหลายระบบ เช่น ระบบโทรทัศน์วงจรปิด ระบบภาพวิดีโอผ่านอินเตอร์เน็ต (WebCam) ต่างก็เป็นระบบที่มีใช้งานกันอยู่ในปัจจุบัน แต่ระบบเหล่านี้ยังมีข้อจำกัดบางประการที่ทำให้การใช้งานยังไม่เป็นที่แพร่หลายเท่าที่ควร อันเนื่องมาจากสาเหตุต่างๆ อาทิเช่น ราคา ความไม่สะดวกในการใช้งาน เป็นต้น

ระบบที่ได้กล่าวมานี้มีรายละเอียดของการใช้งาน พร้อมทั้งข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกันไป ซึ่งจะนำมากล่าวแยกอธิบายในแต่ละระบบ ดังนี้

2.1.1 ระบบโทรทัศน์วงจรปิด

<u>การทำงาน</u>

ในระบบนี้จะมีส่วนประกอบหลักๆ อยู่ด้วยกัน 4 ส่วนคือ

- กล้องวิดีโอ (Camera) ทำหน้าที่ตรวจจับภาพและส่งสัญญาณภาพที่ได้ไปยังสวิตช์เชอร์
- สวิตช์เชอร์ (Switcher) ทำหน้าที่เลือกสัญญาณภาพที่ได้จากกล้องแต่ละตัวและส่งไปแสดงที่มอนิเตอร์
- มอนิเตอร์ (Monitor) ทำหน้าที่แสดงภาพวิดีโอของกล้องวิดีโอแต่ละตัว
- เครื่องบันทึกวิดีโอ (Video recorder) ทำหน้าที่บันทึกภาพวิดีโอที่ได้จากกล้องแต่ละตัว

<u>ข้อดีและข้อเสีย</u>

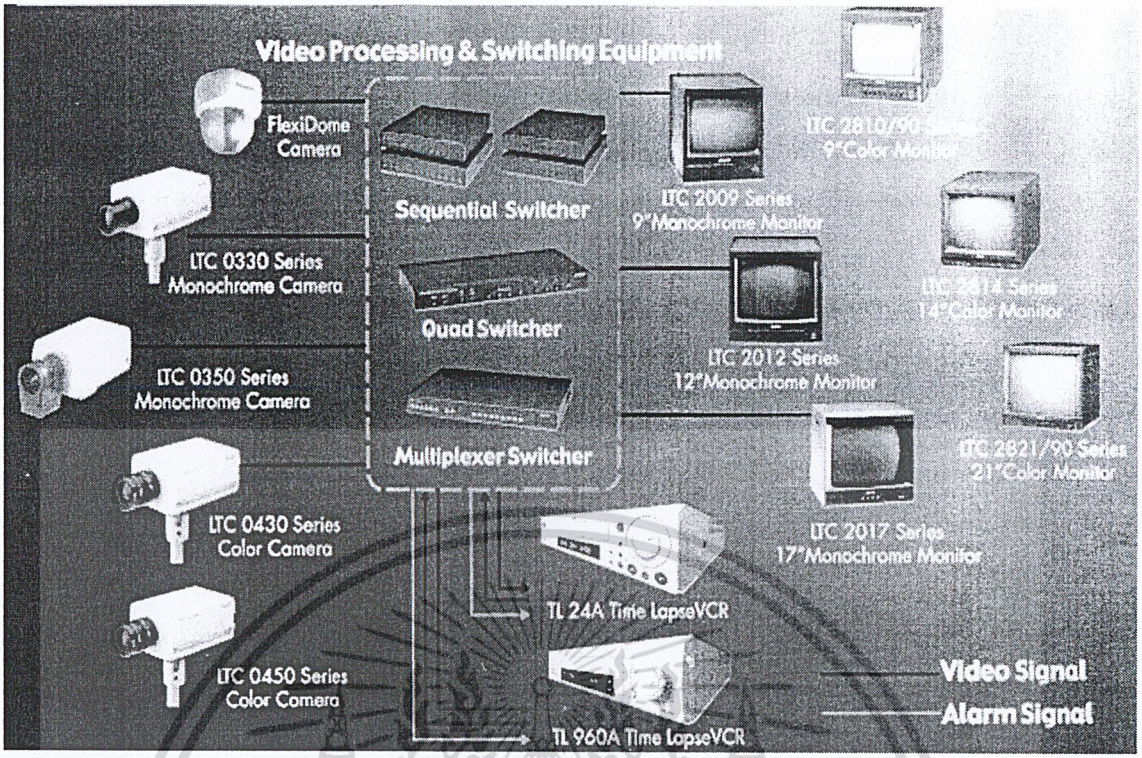
ข้อดี

- ความต่อเนื่องของภาพเป็นแบบเวลาจริง
- ระบบสามารถต่อขยายกล้องวิดีโอได้จำนวนมาก

ข้อเสีย

- ค่าใช้จ่ายสูง
- การติดตั้งและเคลื่อนย้ายกล้องยุ่งยาก
- ระยะทางของจุดรับภาพใกล้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-1 ระบบโทรทัศน์วงจรปิด

2.1.2 ระบบภาพวีดีโอผ่านอินเตอร์เน็ต

เป็นระบบรักษาความปลอดภัยโดยการส่งข้อมูลภาพวิดีโอผ่านอินเตอร์เน็ต ผู้ใช้สามารถดูภาพวิดีโอจากทางเว็บบราวเซอร์ (Web browser) แต่ผู้ใช้จะต้องมีเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ทำหน้าส่งข้อภาพวิดีโอไปยังเว็บเซิร์ฟของผู้ให้บริการอินเตอร์เน็ต

<u>การทำงาน</u>

ระบบภาพวิดีโอผ่านอินเตอร์เน็ตมีขั้นตอนการทำงานดังนี้

- เริ่มต้นจากการติดตั้งกล้องเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์
- ติดตั้งโปรแกรม WebCam บนเครื่องคอมพิวเตอร์และแก้ไขคอนฟิกต่างๆ
- ส่งข้อมูลภาพที่ได้ไปยังเว็บเซิร์ฟเวอร์
- ที่เว็บเซิร์ฟเวอร์จะทำการสร้างไฟล์ HTML เพื่อใช้ในการแสดงภาพ
- เปิดบราวเซอร์เพื่อดูภาพต่างๆ จากเว็บเพจ

<u>ข้อดีและข้อเสีย</u>

ข้อดี

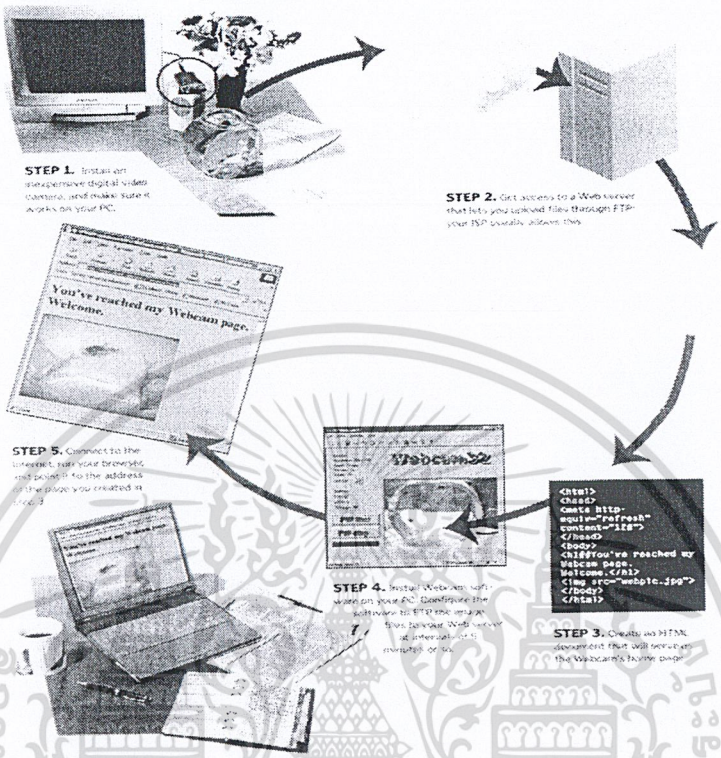
- ระยะทางของจุดรับภาพไกล สามารถดูภาพวิดีโอที่ใดก็ได้ถ้ามีอินเทอร์เน็ต
- สะดวกในการรับชมภาพ

ข้อเสีย

- เปลืองทรัพยากรเพราะต้องเอาเครื่องคอมพิวเตอร์หนึ่งเครื่องมาทำเป็นเซิร์ฟเวอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

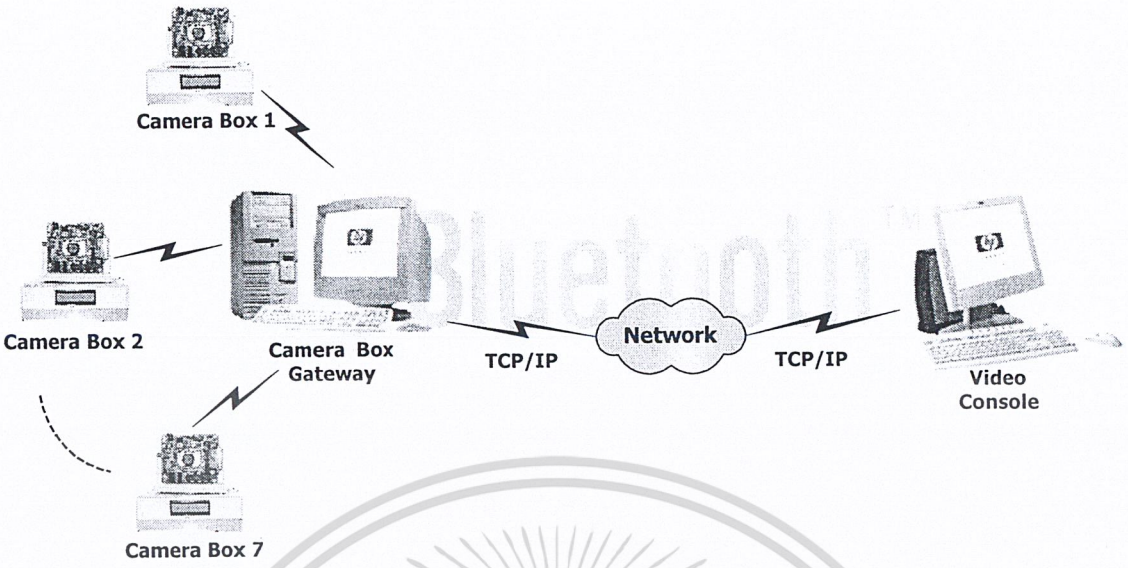
- ขั้นตอนการติดตั้งยุ่งยาก
- มีรูปแบบในการรับภาพเพียงรูปแบบเดียว



รูปที่ 2-2 ขั้นตอนการทำงานของระบบภาพวิดีโอผ่านอินเทอร์เน็ต

จากการที่ได้กล่าวถึงระบบที่มีอยู่ในปัจจุบันเราสามารถนำเอาระบบรักษาความปลอดภัยผ่านกล้องวิดีโอในโครงงานนี้มาใช้งานทดแทนได้ทั้งระบบโทรทัศน์วงจรปิดและระบบภาพวิดีโอผ่านอินเทอร์เน็ต ในการนำมาใช้งานทดแทนระบบโทรทัศน์วงจรปิดสามารถทำได้โดยระบบรักษาความปลอดภัยผ่านกล้องวิดีโอสามารถต่อเข้ากับโทรทัศน์ได้โดยตรงและทำการบันทึกลงเทปวิดีโอได้เหมือนระบบโทรทัศน์วงจรปิดแสดงดังรูปที่ 1-1 และยังมีความสามารถเพิ่มเติมคือการใช้งานแบบไร้สายทำให้สามารถเคลื่อนย้ายตำแหน่งกล้องได้อิสระ ส่วนการนำมาใช้งานทดแทนระบบภาพวิดีโอผ่านอินเทอร์เน็ตก็สามารถทำได้โดยต่อกล้องเข้ากับคอมพิวเตอร์เกตเวย์ซึ่งเชื่อมต่อเข้าระบบอินเทอร์เน็ตเพื่อทำหน้าที่ใส่ข้อมูลภาพผ่านเว็บบราวเซอร์ เท่านี้ก็สามารถใช้งานระบบผ่านอินเทอร์เน็ตได้ ซึ่งจะแสดงดังรูปที่ 2-3

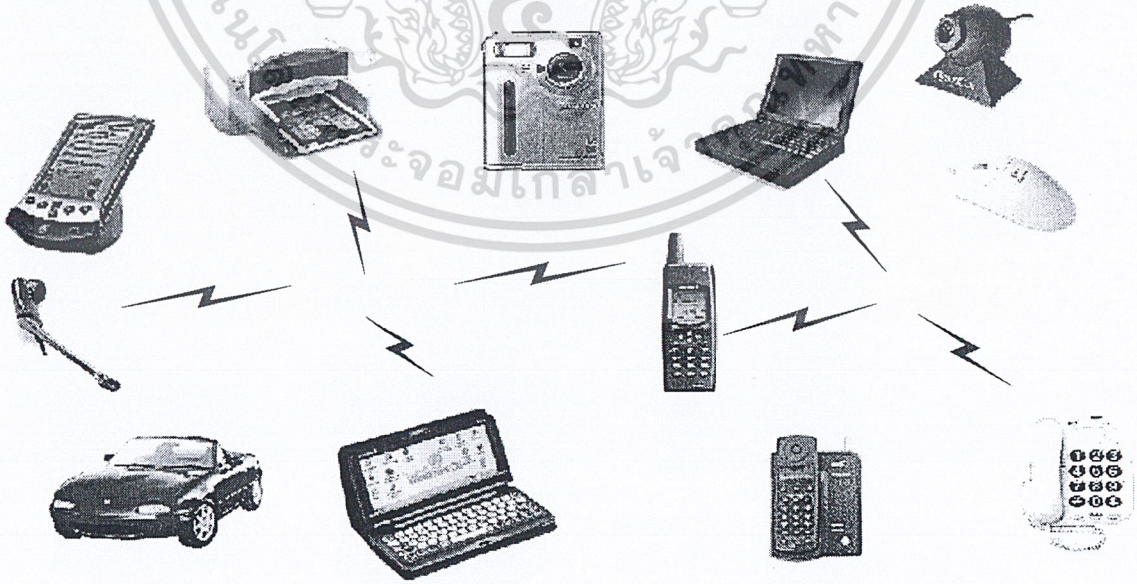
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-3 การต่อระบบรักษาความปลอดภัยผ่านกล้องวิดีโอทดแทนระบบภาพวิดีโอผ่านอินเทอร์เน็ต

2.2 เทคโนโลยีบลูทูธ

บลูทูธ คือ เทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายระยะสั้นผ่านคลื่นวิทยุเพื่อจะนำมาใช้สำหรับเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆ เข้าด้วยกันแทนการใช้สายเคเบิล โดยมีระยะในการรับส่งข้อมูลอยู่ที่ 10 เมตร คุณสมบัติหลักๆ คือมีความซับซ้อนน้อย ใช้กำลังงานไฟฟ้าต่ำราคาถูก บลูทูธถูกสร้างขึ้นมาเพื่อใช้ในระบบเน็ตเวิร์กส่วนบุคคล (Personal Area Network : PAN) ซึ่งเป็นระบบเน็ตเวิร์กไร้สายระยะสั้นทำให้สามารถทำงานร่วมกับเทคโนโลยีสารสนเทศต่างๆ ภายในพื้นที่ขนาดเล็ก



รูปที่ 2-4 การสื่อสารระหว่างอุปกรณ์บลูทูธ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บลูทูธทำงานอยู่บนความถี่ 2.45 กิกะเฮิรตซ์ซึ่งเป็นย่านความถี่ที่ไม่มีใครเป็นเจ้าของ (unlicensed) ซึ่งใช้ในงานทางด้านวิทยาศาสตร์ อุตสาหกรรม และทางการแพทย์ ซึ่งเรียกว่า ย่านความถี่ไอเอสเอ็ม (ISM band) เพราะฉะนั้นย่านความถี่นี้ไม่มีการจองไว้สำหรับบลูทูธเพียงอย่างเดียวแต่จะใช้ร่วมกับอุปกรณ์อื่นๆ

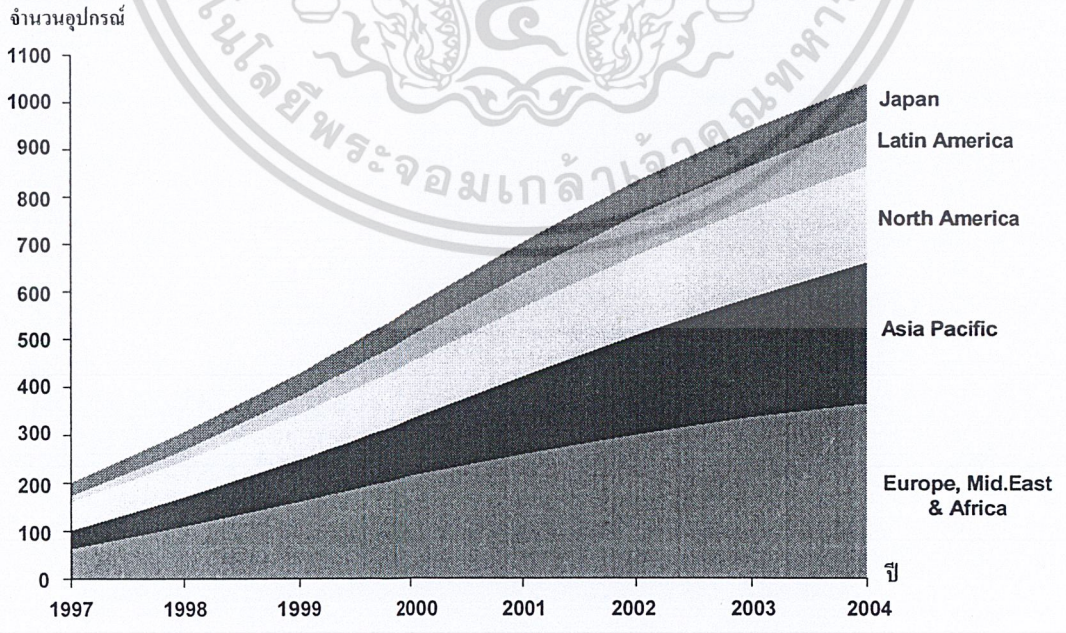
2.2.1 ความสำคัญของเทคโนโลยีบลูทูธ

บลูทูธเป็นเทคโนโลยีที่เป็นที่กล่าวถึงกันมากเมื่อไม่กี่ปีที่ผ่านมา บริษัทต่างๆ เตรียมที่จะออกผลิตภัณฑ์ที่ใช้เทคโนโลยีบลูทูธ เทคโนโลยีบลูทูธมีแนวโน้มที่จะถูกนำมาใช้งานอย่างจริงจังตั้งแต่ปี 2001 เป็นต้นไป ซึ่งทำให้บริษัทต่างๆ ได้มุ่งเน้นเพื่อพัฒนานำเทคโนโลยีบลูทูธไปใช้กับผลิตภัณฑ์ของตน

2.2.1.1 แนวโน้มการใช้งานเทคโนโลยีสื่อสารไร้สาย

เทคโนโลยีสื่อสารไร้สายถือว่าเป็นหัวใจของเทคโนโลยีทางด้านการสื่อสารที่นำมาใช้งานในปัจจุบันและอนาคต ซึ่งสามารถดูตัวอย่างได้จากวิวัฒนาการของเทคโนโลยีโทรศัพท์ซึ่งเริ่มจากโทรเลขโทรศัพท์แบบติดตั้ง (1G) โทรศัพท์มือถือที่สามารถสื่อสารเฉพาะเสียง (2G) และโทรศัพท์มือถือที่สามารถสื่อสารได้ทั้งเสียงและข้อมูลสารสนเทศ (3G) และในอนาคตจะมีการรวมการสื่อสารทางด้านมัลติมีเดียเข้าไปด้วย ซึ่งเทคโนโลยีสื่อสารไร้สายโดยเฉพาะเทคโนโลยีบลูทูธสามารถนำมาใช้งานได้

มีการประเมินแนวโน้มของความต้องการที่จะใช้งานเทคโนโลยีสื่อสารไร้สาย โดยแสดงออกมาเป็นกราฟ (ดังรูปที่ 2-5) โดยกราฟจะแสดงความต้องการอุปกรณ์สื่อสารไร้สายต่อประชากรของประเทศในทวีปต่างๆ ในแต่ละปี โดยจะเห็นว่ามีแนวโน้มมีสูงขึ้นเรื่อยๆ และอุปกรณ์สื่อสารไร้สายเหล่านี้จะประกอบอุปกรณ์บลูทูธด้วยเช่นกัน

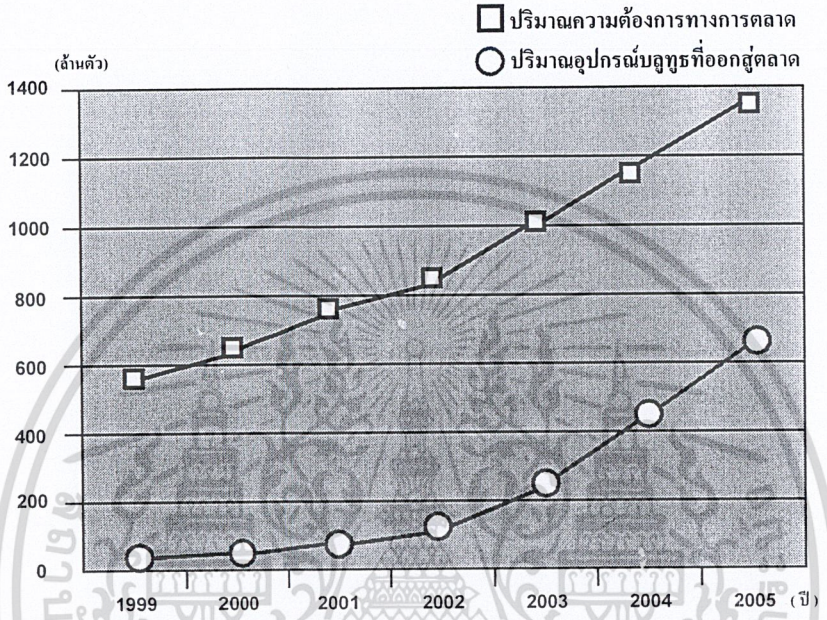


รูปที่ 2-5 กราฟแนวโน้มการใช้งานเทคโนโลยีสื่อสารไร้สาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1.2 แนวโน้มทางการตลาดของอุปกรณ์บลูทูธ

ได้มีการคาดการณ์ถึงแนวโน้มความต้องการทางการตลาดที่มีต่ออุปกรณ์บลูทูธที่จะนำมาใช้งานในปัจจุบันและอนาคต โดยได้แสดงออกมาเป็นกราฟดังรูปที่ 2-6 ซึ่งมีแนวโน้มว่าในแต่ละมีจะมีความต้องการที่สูงขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งความต้องการนี้มีแนวโน้มว่าจะมีความต้องการอุปกรณ์บลูทูธมากกว่าจำนวนอุปกรณ์บลูทูธที่จะผลิตออกมาโดยมากกว่าถึงกึ่งหนึ่ง (ในปี ค.ศ. 2005)

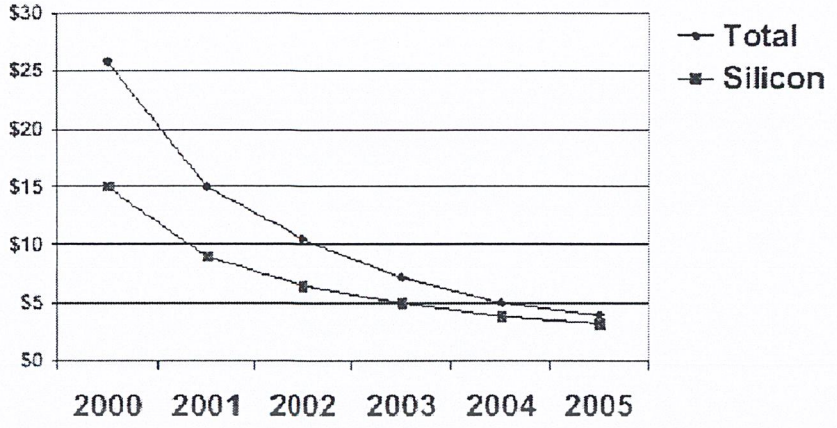


รูปที่ 2-6 กราฟแนวโน้มทางการตลาดของอุปกรณ์บลูทูธ

2.2.1.3 แนวโน้มทางด้านราคาของคอมโพเน็นต์ของอุปกรณ์บลูทูธ

ในปัจจุบันได้มีบริษัทผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์จำนวนมากได้มีความสนใจที่จะนำเทคโนโลยีมาใช้กับผลิตภัณฑ์ของตน ทำให้ส่งผลให้ราคาของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เกี่ยวกับเทคโนโลยีบลูทูธมีราคาที่ลดต่ำลง ซึ่งมีการคาดการณ์ว่าราคาของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เหล่านี้จะลดลงต่ำกว่า 5 เหรียญดอลลาร์สหรัฐ สามารถดูแนวโน้มทางด้านราคาของคอมโพเน็นต์ของอุปกรณ์บลูทูธได้จากรูปที่ 2-7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-7 กราฟแนวโน้มทางด้านราคาของคอมโพเน็นต์ของอุปกรณ์บลูทูธ

2.2.2 จุดเริ่มต้นของเทคโนโลยีบลูทูธ

Bluetooth specification เวอร์ชัน 1.0 ประกาศเมื่อปี ค.ศ.1999 แต่เทคโนโลยีบลูทูธนั้นเริ่มเกิดขึ้นเมื่อปี ค.ศ. 1994 เมื่อบริษัท Ericsson Mobile Communication เริ่มทำการศึกษารูปแบบการใช้สายเคเบิลต่างๆ มาใช้เชื่อมต่อระหว่างโทรศัพท์มือถือและอุปกรณ์ต่อพ่วงต่างๆ การศึกษานี้ได้มุ่งเน้นไปที่การเชื่อมต่อผ่านคลื่นวิทยุ เนื่องจากคลื่นวิทยุไม่มีข้อจำกัดในเรื่องทิศทางของสัญญาณ จึงไม่ต้องการทิศทางในการส่งสัญญาณ ซึ่งเป็นข้อดีเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้อินฟราเรด เงื่อนไขประการหนึ่งในการศึกษาครั้งนั้นคือต้องการให้สามารถสื่อสารได้ทั้งข้อมูลและเสียง ซึ่งส่งผลให้สามารถนำโทรศัพท์มือถือเชื่อมต่อเข้ากับ headsets และอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ต่างๆได้

ผลจากศึกษาครั้งนั้นทำให้เกิดการกำหนด specification สำหรับเทคโนโลยีบลูทูธ Specification ได้ตั้งชื่อตาม Harald Blatand (Bluetooth) ซึ่งเป็นกษัตริย์ Danish Viking ในช่วงศตวรรษที่ 10 ซึ่งปกครองเดนมาร์กและนอร์เวย์ ชื่อนี้จึงถูกนำมาใช้เพราะว่าเทคโนโลยีบลูทูธกำหนดเพื่อนำมาใช้งานด้านการสื่อสารและคอมพิวเตอร์

2.2.3 The Bluetooth SIG

Bluetooth Special Interest Group (SIG) คือกลุ่มบริษัทที่ทำงานร่วมกันในการโปรโมทเทคโนโลยีบลูทูธและตั้งข้อกำหนดของ Bluetooth Specification Bluetooth SIG ได้จัดตั้งขึ้นเมื่อเดือนกุมภาพันธ์ ปี ค.ศ. 1998 โดยมีกลุ่มบริษัทแกนนำ ดังนี้

- Ericsson Mobile Communications AB.
- Intel Corp.
- IBM Corp.
- Toshiba Corp.
- Nokia Mobile Phones

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และในเดือนพฤษภาคม ปี ค.ศ. 1998 บริษัทแกนนำเหล่านี้ได้ทำการประกาศ global SIG และเชิญชวนบริษัทที่มีความสนใจที่จะร่วมกลุ่ม SIG เพื่อเป็นผู้นำเทคโนโลยีบลูทูธไปใช้งานและให้ข้อตกลงต่างๆ ที่จะมีใน Bluetooth specification และได้มีการประกาศ Bluetooth specification เวอร์ชัน 1.0 ในเดือน กรกฎาคม ปี ค.ศ. 1999 โดยสามารถดูได้จากเว็บไซต์ http://www.bluetooth.com และในเดือนธันวาคมปี ค.ศ. 1999 ได้มีการเพิ่มบริษัทอีกสี่บริษัทที่จะมาเป็นบริษัทแกนนำคือ

- Microsoft.
- Lucent.
- 3Com.
- Motorola.

2.2.4 แอพพลิเคชันที่นำเทคโนโลยีบลูทูธไปใช้งาน

- โทรศัพท์ (เซลลูล่าร์ ไร้สาย เป็นต้น)
- คอมพิวเตอร์ (เดสก์ทอป โน้ตบุ๊ก)
- อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ (เมาส์ คีย์บอร์ด เป็นต้น)
- อุปกรณ์คอมพิวเตอร์พกพา
- กล้องดิจิตอล

2.2.5 ข้อดีและข้อเสียของเทคโนโลยีบลูทูธ

ข้อดี

- เป็นการสื่อสารไร้สาย
- ใช้กำลังงานไฟฟ้าต่ำ
- สามารถสื่อสารส่งข้อมูลได้ทั้งข้อมูลและข้อมูลเสียง (Data and Voice)
- มาตราฐานทำงานอยู่บนซอฟต์แวร์สแต็ก
- มีโพรโตคอล Service Discovery Protocol
- มีความปลอดภัยของข้อมูลที่ทำการรับส่ง
- ราคาถูก

ข้อเสีย

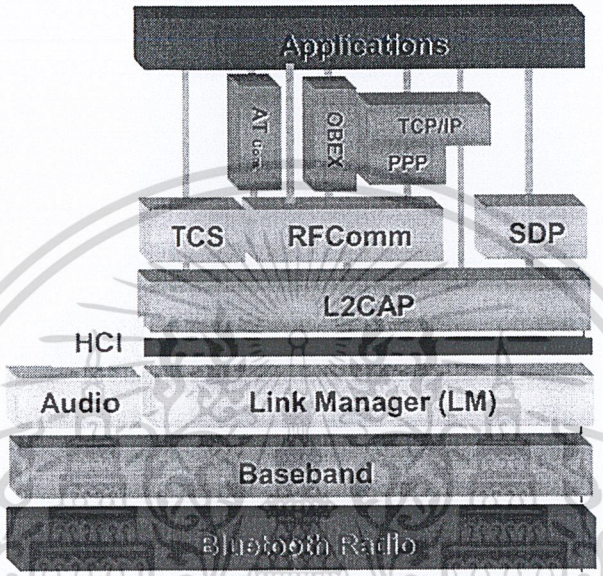
- ความเร็วยังไม่สูงมากนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.6 ข้อมูลทางเทคนิคของบลูทูธ

2.2.6.1 โพรโตคอลสแต็ก

เทคโนโลยีบลูทูธจะทำงานอยู่บน stacked protocol model ซึ่งมีการติดต่อสื่อสารผ่านเลเยอร์การทำงานต่างๆ ในเลเยอร์ด้านล่างจะประกอบด้วย เลเยอร์ Radio Baseband, เลเยอร์ Link Manager, เลเยอร์ Host, เลเยอร์ Control Interface (HCI) และเลเยอร์ Audio (ดังรูปที่ 2-8)



รูปที่ 2-8 บลูทูธไฮราคี

ส่วนเลเยอร์ด้านบนของสแต็กจะประกอบด้วย เลเยอร์ L2CAP เลเยอร์ RFCOMM และ เลเยอร์ SDP ทั้งหมดเป็นมาตราฐานของบลูทูธสแต็ก ซึ่งจะได้อธิบายแยกกันดังนี้

- Radio

  บลูทูธโหมดูลของบริษัทอิริคสันมีกำลังขยายสัญญาณอยู่ที่คลาส 2 ซึ่งไม่มีส่วนขยายสัญญาณ ทำให้ระยะสูงสุดที่สามารถรับส่งข้อมูลได้ไม่เกิน 10 เมตร

  การมอดูเลตสัญญาณข้อมูลไบนารีจะให้เทคนิค Gaussian Frequency Shift Keying (GFSK) ทำให้ได้แบนวิดธ์สูงสุดที่ 1 เมกะเฮิรตซ์ซึ่งจะได้ช่วงความถี่สำหรับการแสดงข้อมูลไบนารี 1 หรือ 0 เท่ากับ +/-140 ถึง +/- 175 กิโลเฮิรตซ์

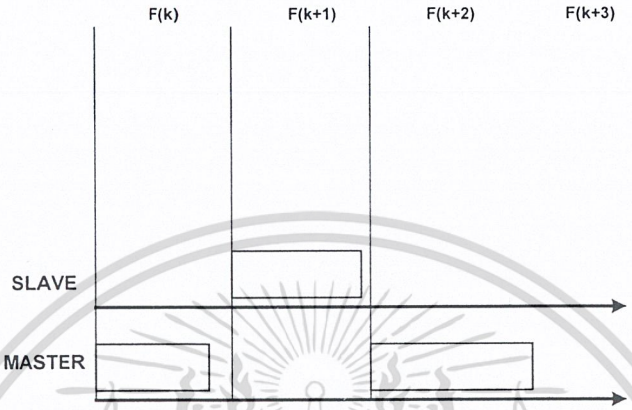
- Baseband

  - Physical channel

    ความถี่ของแต่ละ frequency slot มีค่าประมาณ 1 เมกะเฮิรตซ์ซึ่งอัตราการกระโดดของ frequency hopping มีค่าเท่ากับ 1600 hops/s ทำให้ช่องสัญญาณถูกแบ่งออกเป็น time slot แต่ละ time slot มีช่วงเวลานาน 625 ไมโครวินาที การทำ frequency hopping จะจัดการโดยรูปแบบที่เรียกว่า pseudo-random hopping

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

sequence ซึ่งจะเป็นความถี่เฉพาะของแต่ละพิโคเน็ต (piconet) โดยไม่ซ้ำกัน ช่วงระยะเวลาในการส่งคลื่นความถี่ของอุปกรณ์ตัวส่งแต่ละตัวจะถูกกำหนดไว้คงที่ โดยมีการจัดลำดับความสำคัญไว้ ซึ่งอุปกรณ์บลูทูธมาสเตอร์จะมีลำดับความสำคัญที่สูงกว่าอุปกรณ์บลูทูธสเลฟ (รูปที่ 2-9)



รูปที่ 2-9 เฟรมคู่และคี่

- Physical Links

ในการส่งข้อมูลแบบ SCO หรือ แบบ ACL อุปกรณ์บลูทูธสามารถถูกกำหนดให้ทำงานในมาสเตอร์โหมดหรือสเลฟโหมดก็ได้ การส่งข้อมูลแบบ SCO เป็นการส่งข้อมูลแบบสมมาตร โดยเป็นการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์แบบ Point to Point ซึ่งอุปกรณ์บลูทูธมาสเตอร์จะเป็นตัวสร้างและควบคุมการเชื่อมต่อแบบเซอร์คิตสวิตช์ชิ้ง ในการเชื่อมต่อแบบ SCO แพ็คเกจข้อมูลเสียงจะไม่มีการส่งซ้ำเมื่อมีสัญญาณผิดพลาดเกิดขึ้น ด้วยเหตุนี้จึงไม่สามารถรับประกันได้ว่าข้อมูลที่ส่งนั้นถูกต้องหรือไม่

การเชื่อมต่อแบบ ACL เป็นการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์แบบ Point-to-Multipoint สำหรับอุปกรณ์บลูทูธมาสเตอร์ที่ให้อุปกรณ์บลูทูธสเลฟหลายๆ ตัวติดต่อได้ซึ่งก็คือการเชื่อมโยงแบบพิโคเน็ตการเชื่อมต่อแบบ ACL นี้จะเป็นการส่งข้อในแบบแพ็กเกจและมีความแตกต่างจากแบบ SCO คือจะมีการส่งข้อมูลซ้ำอีกหากข้อมูลนั้นเกิดการผิดพลาด และลักษณะที่สำคัญของการเชื่อมต่อแบบ ACL คือ อุปกรณ์บลูทูธมาสเตอร์จะทำการบอร์ดแคสให้กับอุปกรณ์สเลฟรู้ว่าอุปกรณ์บลูทูธตัวใดที่ไม่ว่างอยู่บ้าง ทำให้ไม่มีการส่งข้อมูลเกิดขึ้นในขณะนั้นจึงทำให้ไม่จำเป็นต้องทำการพลูลิงค์ข้อมูลไว้

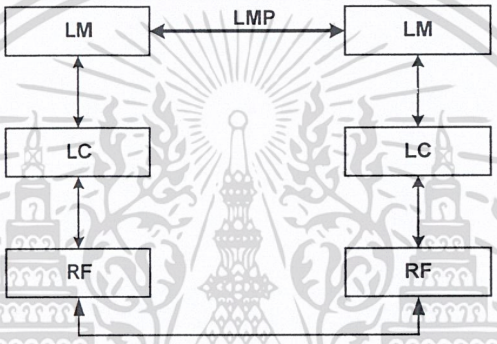
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Data and parameter formats

ข้อมูลที่ถูกส่งนั้นจะประกอบด้วยแพ็คเกจซึ่งประกอบด้วยแอ็กเซสโค้ด, เฮดเดอร์และดาต้า ค่าต่างๆ และพารามิเตอร์ทั้งหมดจะถูกส่งและรับโดยอยู่ในรูปแบบ little endian format โดยไบต์ล่างสุดจะถูกส่งเป็นลำดับแรกและข้อมูลที่มีค่าเป็นลบจะใช้ 2' คอมพลีเมนต์

- Link Manager (LM)

Link manager ของอุปกรณ์บลูทูธแต่ละตัวสามารถติดต่อกับ Link manager ของอุปกรณ์บลูทูธตัวอื่นได้โดยการใช้งาน Link Manager Protocol (LMP) ซึ่งเป็นโพรโตคอลแบบ Peer-to-Peer (รูปที่ 2-10)

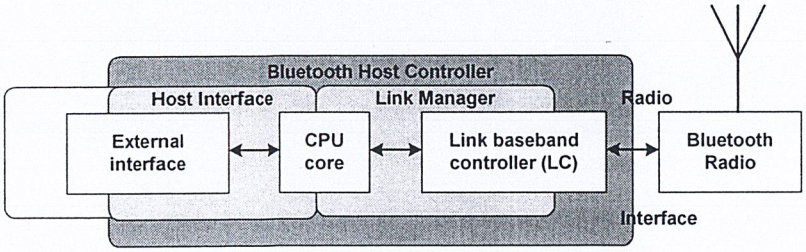


รูปที่ 2-10 Link manager protocol usasge

LMP message จะมีความสำคัญสูงสุด และใช้สำหรับการสร้างการเชื่อมโยงระหว่างอุปกรณ์บลูทูธ ความปลอดภัยของข้อมูล ควบคุมและรักษากำลังงานไฟฟ้า LMP message ถูกส่งใน payload และไม่จำเป็นต้องรอให้ Baseband และ Radio ยอมให้มีการเชื่อมต่อเสียก่อน

- Host Control Interface (HCI)

HCI firmware ที่อยู่บนบลูทูธโหมดูลจะถูกใช้งานโดย HCI command เพื่อเข้าถึง Baseband command, link manager command, hardware status register, control register และ event register ในรูปที่ 2-11 แสดงสถาปัตยกรรมของบลูทูธ



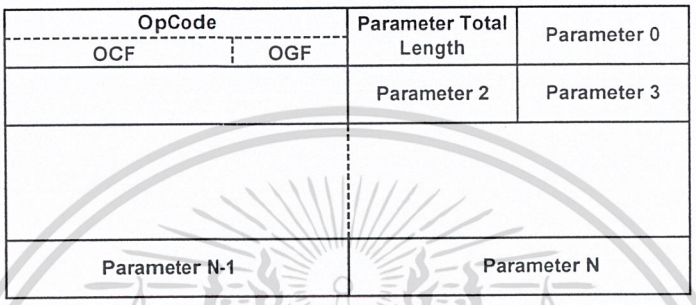
รูปที่ 2-11 สถาปัตยกรรมของบลูทูธ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

HCI packet มีด้วยกัน 3 แบบ ประกอบด้วย HCI command packet จะถูกส่งจากโฮสต์ไปยังบลูทูธโหมดูล HCI event packet จะส่งจากบลูทูธโหมดูลไปยังโฮสต์และแบบสุดท้ายคือ HCI data packet

- HCI Command packet

ใช้สำหรับส่งคำสั่งจากโฮสต์ไปยังโฮสต์คอนโทรลเลอร์ โดยรูปแบบแพ็คเกจดังรูปที่ 2-12



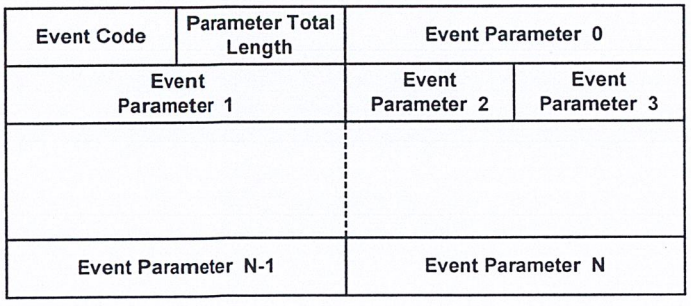
รูปที่ 2-12 HCI Command Packet

แต่ละคำสั่งจะประกอบด้วยออปโค้ดจำนวน 2 ไบต์เพื่อใช้แสดงความแตกต่างของคำสั่ง โดยออปโค้ดจะประกอบด้วย 2 พารามิเตอร์คือ Opcode Command Field (OCF) และ Opcode Group Field (OGF)

OGF จะอยู่ที่ตำแหน่ง 6 บิต บนของออปโค้ดส่วน OCF จะอยู่ที่ตำแหน่ง 10 บิตล่างของออปโค้ด และจะมีพารามิเตอร์ที่มีจำนวนคงที่ของแต่ละคำสั่ง โดยแต่ละคำสั่งจะระบุว่าแต่ละพารามิเตอร์คืออะไร และมีจำนวนพารามิเตอร์เท่าใด

- HCI Event packet

ใช้สำหรับให้โฮสต์คอนโทรลเลอร์แจ้งไปยังโฮสต์เมื่อมีอีเวนต์เกิดขึ้น รูปแบบของ HCI Event packet แสดงไว้ในรูปที่ 2-13



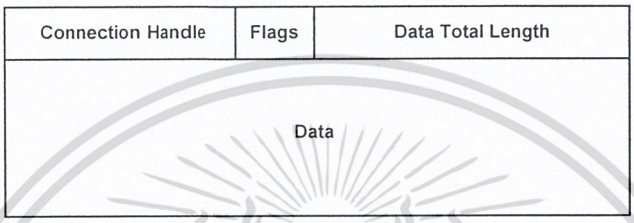
รูปที่ 2-13 HCI Event Packet

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยจะมีหมายเลขของอีเวนต์ต่างๆ ซึ่งมีขนาด 1 ไบต์และอีก 1 ไบต์ถัดไปจะบอกถึงจำนวนของพารามิเตอร์ จากนั้นจะเป็นพารามิเตอร์ต่างๆ

- HCI data packets

ใช้สำหรับการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างโฮสต์กับโฮสต์คอนโทรลเลอร์ ซึ่ง HCI data packet มีด้วยกัน 2 ชนิด ตามรูปแบบการเชื่อมต่อ (ACL หรือ SCO) สำหรับรูปแบบแพ็คเกจของ ACL แสดงดังรูปที่ 2-14



รูปที่ 2-14 HCI Data Packet

ซึ่งจะประกอบด้วย Connection handle จำนวน 14 บิต และแฟล็กอีก 2 บิต และขนาดของข้อมูลที่ส่งจะมีจำนวน 16 บิต จากนั้นจึงตามด้วยข้อมูล

- Logical Link Control and Adaptation Protocol (L2CAP)

ทำหน้าที่ในการจัดการให้การเชื่อมต่อในรูปแบบ SCO หรือ ACL แก่โพรโตคอลในเลเยอร์ที่สูงกว่า และทำหน้าที่ multiplexing segmentation และ reassemble operation

L2CAP จะยินยอมให้โพรโตคอลในระดับบนและแอพพลิเคชันทำการส่งและรับข้อมูลจาก L2CAP data packets ซึ่งมีขนาดสูงสุด 64 กิโลไบต์

- RFCOMM

จะถูกใช้งานในลักษณะเดียวกับ transport protocol โดยได้รวมการจำลองการใช้งาน RS-232 serial port ไว้ด้วย โดยจะรองรับการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์บลูทูธสองตัวได้ถึง 60 ตัว การเชื่อมต่อพร้อมๆ กันและยังสามารถรับและส่งแพ็คเกจข้อมูลได้สูงสุด 32 กิโลไบต์

- Service Discovery Protocol (SDP)

SDP เป็นส่วนสำคัญมากของบลูทูธเฟรมเวิร์ก โดยมันจะบอกให้รู้ว่าอุปกรณ์บลูทูธแต่ละตัวมีการบริการอะไรบ้างและช่วยพิจารณาคุณสมบัติของการบริการ โดยมันจะใช้ผ่านการเชื่อมต่อผ่าน L2CAP โดยอุปกรณ์บลูทูธสามารถใช้ข้อมูลของการบริการนี้เพื่อตัดสินใจในการสร้างการเชื่อมต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- HCI Driver

ทำหน้าที่สื่อสารระหว่างสแต็กกับ HCI firmware HCI interface จะเป็นตัวยืนยันว่าสแต็กสามารถทำงานอยู่บนฮาร์ดแวร์บลูทูธทั่วไปได้ HCI driver สามารถแบ่งออกเป็น generic componet (GC) และ environment dependent component (EDC)

- OBEX WAP PPP and TCP/IP

เป็นโพรโตคอลการสื่อสารในลักษณะต่างๆ ที่มาใช้งานอยู่บนบลูทูธโพรโตคอลสแต็ก

- Telephone Control Protocol Specification (TCS)

เป็นโพรโตคอลทางด้านการควบคุมการทำงานของโทรศัพท์

- Application เป็นแอพพลิเคชันที่พัฒนาตามบูลทูธโปรไฟล์

บลูทูธโปรไฟล์เป็นการอธิบายการพัฒนาแอพพลิเคชันต่างๆ นั้นจะต้องใช้บูลทูธโพรโตคอลสแต็กส่วนใดบ้าง

2.2.6.2 โหมดการทำงานของอุปกรณ์บลูทูธ

อุปกรณ์บูลทูธแต่ละตัวสามารถทำงานได้ 2 โหมดคือ มาสเตอร์ (master) และ สเลฟ (slave) โดยจะทำงานในโหมดใดโหมดหนึ่งหรือทำงานทั้งสองโหมดพร้อมกันในเวลาเดียวก็ได้ โดยอุปกรณ์บูลทูธแต่ละตัวจะมีแอดเดรสประจำตัว เมื่ออุปกรณ์สเลฟเชื่อมต่อไปยังอุปกรณ์มาสเตอร์ อุปกรณ์สเลฟจะเก็บแอดเดรสของอุปกรณ์มาสเตอร์เอาไว้ตลอดช่วงเวลาการเชื่อมต่อ เพื่อให้เป็นแอดเดรสอ้างอิงในการรับส่งข้อมูลแอดเดรสของอุปกรณ์มีขนาด 48 บิต ซึ่งเพียงพอสำหรับอุปกรณ์ทุกตัวและไม่ซ้ำกัน

อุปกรณ์แต่ละตัวจะกระโดดจากความถี่หนึ่งไปยังอีกความถี่หนึ่งหลังจากที่มีการรับส่งข้อมูลแต่ละแพ็กเกจ โดยจะเป็นไปตามลำดับความถี่ที่ได้จะใช้กระโดดอุปกรณ์บลูทูธสามารถทำงานได้ 2 โหมดคือ มาสเตอร์หรือสเลฟ ถ้าทำงานเป็นมาสเตอร์มันจะเป็นตัวกำหนดลำดับความถี่ที่ใช้กระโดด โดยสเลฟจะทำการซิงโครไนซ์ตามช่วงเวลาและลำดับความถี่ตามที่มาสเตอร์ได้กำหนดขึ้น

อุปกรณ์บลูทูธแต่ละตัวจะมีแอดเดรสเป็นของตัวเองโดยจะเป็นแอดเดรสที่ไม่ซ้ำกัน และยังมีสัญญาณนาฬิกาเป็นของตัวเอง ในส่วนเบสแบนด์ของ Bluetooth specification ได้อธิบายอัลกอลิทึมที่ใช้ในการคำนวณลำดับความถี่ที่ใช้ในการกระโดด โดยคำนวณจากบลูทูธแอดเดรสและคล็อก เมื่อสเลฟคอนเน็กไปยังมาสเตอร์จะบอกแอดเดรสและคล็อกของมันให้แก่สเลฟทุกตัวรู้ สเลฟจะนำไปใช้คำนวณลำดับความถี่ที่ใช้ในการกระโดดเพื่อทำการซิงโครไนซ์กับลำดับความถี่ของมาสเตอร์ยังมีการควบคุมการกระโดดของลำดับความถี่ โดยมาสเตอร์จะควบคุมการอนุญาตให้สเลฟตัวใดสามารถส่งข้อมูลได้ มาสเตอร์จะอนุญาตให้สเลฟสามารถส่งข้อมูลได้โดยจะทำการจองสล็อตสำหรับการรับส่งข้อมูลเสียงหรือการรับส่งข้อมูล ใน data traffic slots สเลฟจะสามารถส่งข้อมูลได้ก็ต่อเมื่อได้รับการอนุญาตจากมาสเตอร์เท่านั้น ใน voice traffic slots สเลฟที่ต้องการส่งข้อมูลสามารถทำได้ทันทีโดยไม่ต้องให้มาสเตอร์อนุญาตก่อนโดยจะมีสล็อตสำหรับ voice ที่ reserved เอาได้แล้ว

มาสเตอร์ยังควบคุมปริมาณแบนด์วิดธ์ที่สามารถใช้ได้สำหรับสเลฟแต่ละตัว โดยจะพิจารณาว่าสเลฟแต่ละตัวมีการติดต่อสื่อสารกันบ่อยแค่ไหน โดยจำนวนสล็อตที่สเลฟแต่ละตัวจะมีจะขึ้นอยู่กับความ

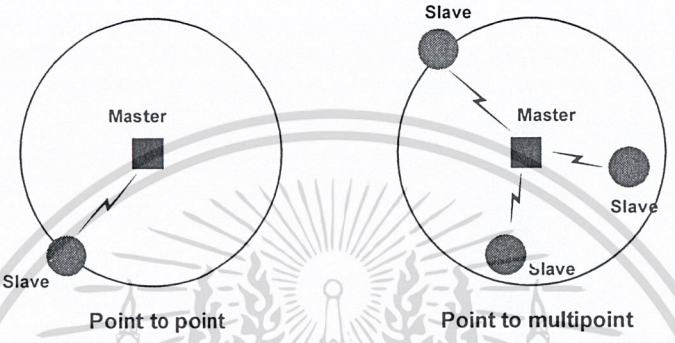
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

42765

ต้องการในการส่งข้อมูล ระบบที่ใช้วิธีการแบ่ง times slots ระหว่างอุปกรณ์จำนวนมาก เรียกว่า Time Division Multiplexing (TDM)

2.2.6.3 รูปแบบการเชื่อมต่อเป็นระบบเน็ตเวิร์กของอุปกรณ์บลูทูธ

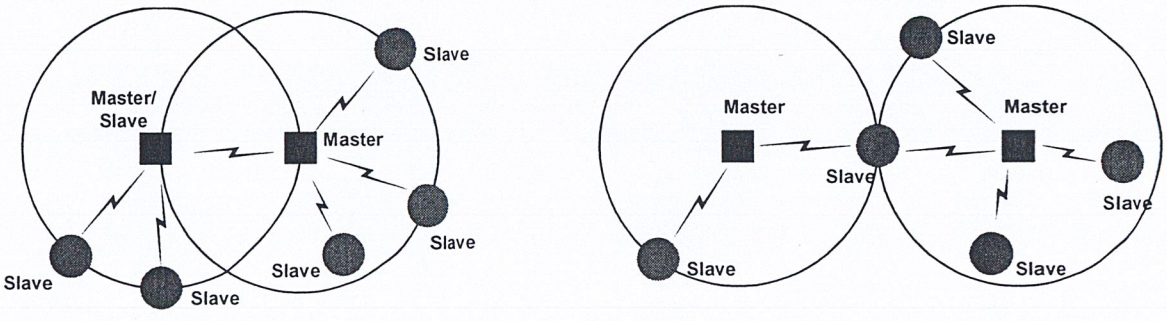
อุปกรณ์สเลฟหลายตัวที่ทำงานเข้าด้วยกันกับอุปกรณ์มาสเตอร์ตัวเดียวนั้นเรียกว่าพิโคเน็ต อุปกรณ์ทุกตัวที่อยู่ในพิโคเน็ตจะมีลำดับความถี่ที่ใช้ในการกระโดดตามอุปกรณ์มาสเตอร์



รูปที่ 2-15 Point to Point and Point to Multipoint

ในรูปที่ 2-15 พิโคเน็ตทางด้านซ้ายมือมีอุปกรณ์สเลฟเพียงตัวเดียวที่เชื่อมต่อไปยังอุปกรณ์มาสเตอร์ซึ่งเรียกการเชื่อมต่อนี้ว่า Point to Point ส่วนพิโคเน็ตทางด้านขวามือมีอุปกรณ์สเลฟสามตัวเชื่อมต่อไปยังอุปกรณ์มาสเตอร์ซึ่งเรียกการเชื่อมต่อนี้ว่า Point to Multipoint อุปกรณ์สเลฟสามารถเชื่อมต่อไปยังอุปกรณ์มาสเตอร์เท่านั้นซึ่งจะไม่สามารถเชื่อมต่อเข้ากับอุปกรณ์สเลฟด้วยกันได้

Specification ได้กำหนดจำนวนของอุปกรณ์สเลฟที่อยู่ในพิโคเน็ตได้สูงสุด 7 อุปกรณ์ โดยอุปกรณ์สเลฟแต่ละตัวจะร่วมกันสื่อสารกับอุปกรณ์มาสเตอร์ อย่างไรก็ตามได้มีการเพิ่มพื้นที่การเชื่อมต่อหรือเพิ่มจำนวนอุปกรณ์ในระบบเน็ตเวิร์กให้มากขึ้น โดยการเชื่อมต่อพิโคเน็ตตั้งแต่สองพิโคเน็ตขึ้นไปเข้าด้วยกันในหนึ่งสแคเตอร์เน็ต (scatternet) ซึ่งหมายถึงว่าอุปกรณ์บางตัวอยู่ในพิโคเน็ตมากกว่าหนึ่งพิโคเน็ต (รูปที่ 2-16)



รูปที่ 2-16 สแคเตอร์เน็ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อมีอุปกรณ์ที่อยู่ในพิโคเน็ตมากกว่าหนึ่งพิโคเน็ต อุปกรณ์นั้นจะต้องแบ่งช่วงเวลาที่ใช้สล็อตในแต่ละพิโคเน็ตในรูปที่ 2-16 ด้านซ้ายมืออุปกรณ์หนึ่งทำงานเป็นสเลฟในพิโคเน็ตหนึ่งและทำงานเป็นมาสเตอร์ในอีกพิโคเน็ตหนึ่ง ส่วนรูปด้านขวามือ อุปกรณ์ตัวเดียวกันทำงานเป็นสเลฟอยู่ในสองพิโคเน็ต ซึ่งจะไม่มีอุปกรณ์ที่เป็นมาสเตอร์มากกว่าหนึ่งตัวอยู่ในพิโคเน็ตเดียวกันในช่วงเวลาเดียวกัน เนื่องจากอุปกรณ์สเลฟจะใช้แอดเดรสและคล็อกของมาสเตอร์เพื่ออ้างอิงลำดับความถี่ที่ใช้กระโดด

ในกรณีที่เกิดสัญญาณรบกวนขึ้นกับอุปกรณ์บลูทูธที่อยู่ในพิโคเน็ตทำให้การซิงโครไนซ์สัญญาณความถี่ที่ทำการกระโดดนั้นชนกับความถี่ของอุปกรณ์บลูทูธอื่น ทำให้ข้อมูลส่วนนั้นสูญเสียหรือข้อมูลเสียงนั้นขาดหายไปซึ่งทำให้มีการส่งข้อมูลอีกครั้งหนึ่ง ทำให้ส่งผลให้อัตราการส่งข้อมูลลดน้อยลง สิ่งเหล่านี้จะเกิดได้จากการมีพิโคเน็ตหลายพิโคเน็ตที่อิสระจากกัน ในพื้นที่เดียวกันและยังเกิดขึ้นได้กับสแคเตอร์เน็ตซึ่งพิโคเน็ตที่อยู่ในสแคเตอร์เน็ตเหล่านั้นไม่ได้ทำ frequency hopping ที่เท่ากัน

2.2.6.4 กำลังขยายสัญญาณวิทยุ

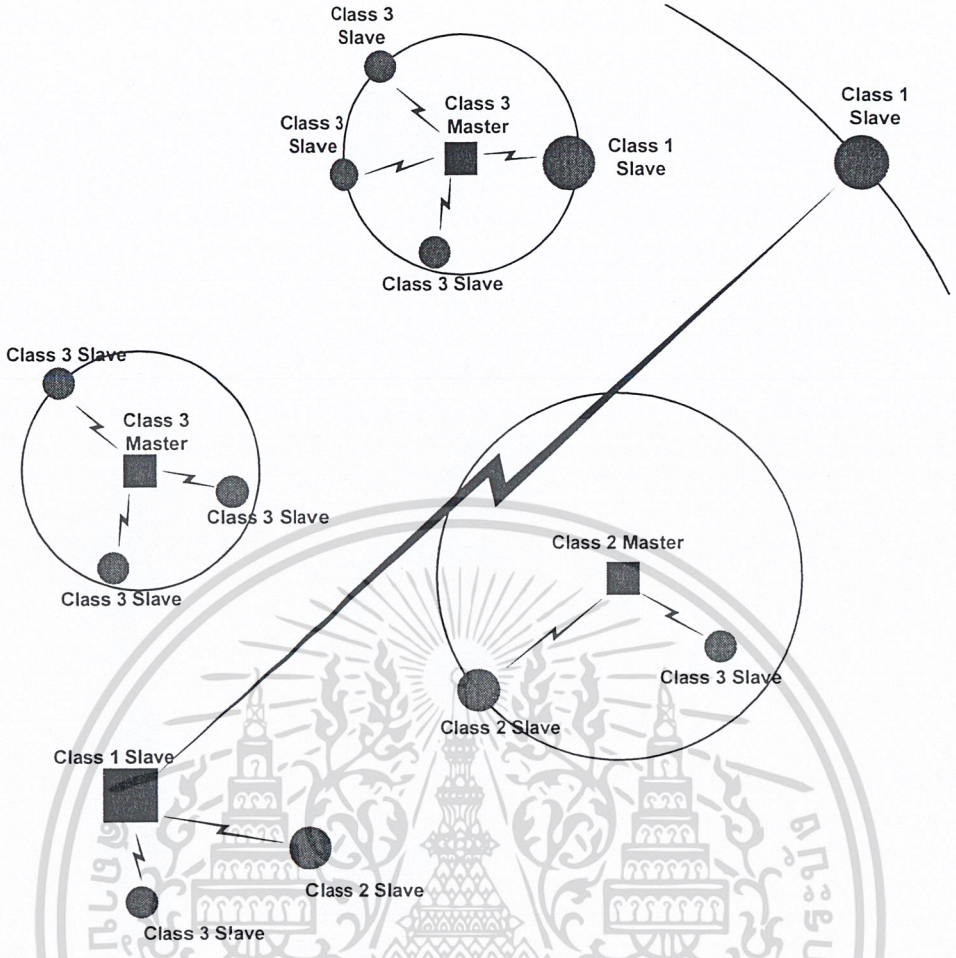
Bluetooth specification ได้อนุญาตให้ใช้ radio power ด้วยกัน 3 ลักษณะคือ

- คลาส 1 = 100 มิลลิวัตต์ (20 dBm)
- คลาส 2 = 2.5 มิลลิวัตต์ (4 dBm)
- คลาส 3 = 1 มิลลิวัตต์ (0dBm)

คลาสกำลังขยายเหล่านี้จะทำให้อุปกรณ์บลูทูธสามารถเชื่อมต่อได้ระยะที่ต่างกัน ณ ปัจจุบันที่ได้เขียนรายงานนี้ อุปกรณ์จากบริษัทต่างๆ ส่วนใหญ่ใช้คลาส 3 ซึ่งใช้กำลังงานไฟฟ้าต่ำ ใช้กำลังขยายสัญญาณวิทยุเพียง 1 มิลลิวัตต์ ซึ่งสามารถติดต่อสื่อสารได้ในระยะทางสูงสุด 30 ฟุต หรือประมาณ 10 เมตร อย่างไรก็ตามเนื่องจากสภาพแวดล้อมในขณะใช้งานซึ่งมีสิ่งรบกวนสัญญาณหรือสิ่งดูดกลืนสัญญาณ ซึ่งทำให้ระยะสามารถทำงานได้ดีอยู่ที่ระยะประมาณ 5 เมตร ซึ่งส่งผลให้บลูทูธมีราคาถูก ใช้กำลังไฟฟ้าต่ำซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่นำมาใช้แทนสายเคเบิล

ระยะทางการสื่อสารสูงสุดสำหรับคลาส 1 ประมาณ 100 เมตร ยังมีระยะทางใกล้ที่สุดสำหรับการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์บลูทูธประมาณ 10 เมตร ในกรณีการเชื่อมต่อระยะไกล 100 เมตร จะต้องใช้กำลังไฟฟ้ามากสำหรับการขยายสัญญาณวิทยุ (100 มิลลิวัตต์) ซึ่งการเชื่อมต่อจะต้องเป็นอุปกรณ์คลาส 1 ทั้งคู่ แต่สามารถสร้างพิโคเน็ตจากอุปกรณ์ต่างคลาสกันเข้าด้วยกันได้ ดังในรูปที่ 2-14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-17 พิโคเน็ตที่เกิดจากอุปกรณ์บลูทูธคลาสต่างๆ

รูปที่ 2-17 แสดงพิโคเน็ตที่อุปกรณ์ในคลาสต่างๆ มาเชื่อมต่อกัน ซึ่งมาสเตอร์แต่ละตัวจะมีลำดับความถี่ของการกระโดด เพื่อให้อุปกรณ์สเลฟใช้ในการซิงโครไนซ์ให้เข้ากับอุปกรณ์มาสเตอร์

2.2.6.5 รูปแบบข้อมูลในการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์บลูทูธ

บลูทูธอนุญาตให้สื่อสารข้อมูลแบบขึ้นตรงกับเวลา ซึ่งเป็นการสื่อสารสำหรับเสียงหรือดนตรี และอนุญาตให้สื่อสารข้อมูลแบบไม่ขึ้นกับเวลาซึ่งเป็นการสื่อสารแพ็กเกจข้อมูล การเชื่อมต่อจะถูกแบ่งออกเป็นสองแบบคือ SCO (Synchronous Connection Oriented) เป็นการเชื่อมต่อสำหรับการสื่อสารสำหรับข้อมูลเสียงและแบบ ACL (Asynchronous Connectionless) เป็นการเชื่อมต่อสำหรับการสื่อสารสำหรับข้อมูล

แพ็กเกจข้อมูล ACL ประกอบด้วยแอ็กเซสโค้ดจำนวน 72 บิต แพ็กเกจเฮดเดอร์จำนวน 54 บิต และ CRC โค้ดจำนวน 16 บิต ส่วนที่เหลือเป็นข้อมูลที่ต้องการส่งแพ็กเกจมีได้หลายรูปแบบซึ่งแต่ละรูปแบบจะยอมให้สามารถส่งข้อมูลได้ขนาดที่แตกต่างกัน ซึ่งแพ็กเกจที่ยอมให้ส่งข้อมูลได้จำนวนมากที่สุดคือแพ็กเกจ DH5 โดยจะครอบคลุมถึง 5 สล็อต แพ็กเกจ DH5 สามารถใส่ข้อมูลได้ 339 ไบต์หรือ 2712

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บิต ซึ่ง เมื่อส่งผ่านคลื่นวิทยุไปทางอากาศ จะต้องส่งข้อมูลจำนวน 2858 บิต จากข้อมูลจริงจำนวน 2712 บิต

แพ็กเกจ DH5 จะใช้สล็อตจำนวน 5 สล็อตและจะมีจำนวนสล็อตที่น้อยที่สุดในการตอบกลับจำนวนสล็อตดังนั้นอัตราการส่งข้อมูลสูงสุดในระดับเบสแบนด์ในทิศทางเดียว คือ 723.2 กิโลบิตต่อวินาที ในกรณีนี้เป็นการส่งข้อมูลจำนวน 5 แพ็กเกจในทิศทางเดียว ส่วนในการส่งจำนวนหนึ่งสล็อต ในอีกทิศทางหนึ่งจะสามารถส่งได้ 57.6 กิโลบิตต่อวินาที ดังนั้นในกรณีนี้จะเป็นการสื่อสารแบบอะซิมเมตริก (asymmetric) ถ้าแพ็กเกจทั้ง 5 สล็อตถูกทำการส่งทั้งสองทิศทาง อัตราการส่งข้อมูลจะลดลงเหลือ 433.9 กิโลบิตต่อวินาทีซึ่งจะลดลงจากอัตราการส่งข้อมูลผ่านคลื่นวิทยุทางอากาศจำนวน 1 เมกะบิตต่อวินาที

ข้อมูลส่วนหัว (ส่วนเกิน) ที่อยู่ในส่วนที่ใช้ในการถอดรหัสและใช้ในการคำนวณลำดับการกระโดดของช่องความถี่ ซึ่งเป็นข้อมูลส่วนที่สำคัญที่นำมาใช้ในการแยกแยะอุปกรณ์จำนวนมากที่ใช้ย่านความถี่ ISM และสัญญาณรบความที่เกิดจากการสื่อสารของอุปกรณ์ที่ใช้มาตราฐานอื่นๆ ในการร่วมกันใช้สเปกตรัมเดียวกัน

การแก้ปัญญาสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นในสเปกตรัมโดย national radio ได้กำหนดขีดจำกัดของกำลังขยายสัญญาณของอุปกรณ์ที่ใช้ในย่านความถี่ไอเอสเอ็ม โดยกำหนดให้มีรูปแบบการกระโดดของช่องความถี่ซึ่งจำเป็นเกิดการกระจายในการรับส่งข้อมูลผ่านแต่ละสเปกตรัมในแต่ละช่วงเวลา

ในส่วนบนของบลูทูธโพรโตคอลสแต็กซึ่งจะมีการใช้แบนด์วิดธ์ข้อมูลที่ต่างกัน ซึ่งในระดับแอพพลิเคชันจะสามารถส่งข้อมูลในอัตราสูงสุดประมาณ 650 กิโลบิตต่อวินาที การเชื่อมต่อแบบ SCO จะทำงานที่อัตราการส่งข้อมูลที่ 64 กิโลบิตต่อวินาทีและยังสามารถเชื่อมต่อได้ถึง 3 การเชื่อมต่อสำหรับเสียงในลักษณะฟูลดูเพล็กซ์ ในเวลาเดียวกัน หรือสามารถผสมกันระหว่างเสียงและข้อมูล ช่องสัญญาณเสียงเหล่านี้จะให้การสื่อสารออดิโอที่มีคุณภาพที่จะนำไปใช้ในระบบโทรศัทพ์มือถือสมัยใหม่เช่น ระบบจีเอสเอ็มในขณะเดียวกัน การเชื่อมต่อแบบ SCO จะไม่เหมาะสมสำหรับการส่งออดิโอที่ต้องการคุณภาพในระดับสูง (มิวสิค) แต่สามารถส่งผ่านการเชื่อมต่อแบบ ACL ซึ่งจะเหมาะสมเมื่อมีการบีบอัดข้อมูลเสียง (ดนตรี) ก่อนทำการส่งข้อมูล เช่น การบีบอัดในลักษณะ MP3 ซึ่งต้องใช้อัตราในการส่งข้อมูล 128 กิโลบิตต่อวินาที ซึ่งจะให้คุณภาพเสียงที่ใกล้เคียงกับคุณภาพของ CD-quality audio (1411.2 กิโลบิตต่อวินาที)

2.2.6.6 ความปลอดภัยของข้อมูลในการรับส่ง

อัลกอริทึม pseudo-random frequency hopping ซึ่งเป็นอัลกอริทึมที่ทำหน้าที่คำนวณลำดับความถี่ในการกระโดดที่นำมาใช้กับบลูทูธ ซึ่งอัลกอริทึมนี้จะส่งผลให้การดักจับสัญญาณความถี่ในขณะที่ทำการเชื่อมต่อทำได้ยาก ซึ่งทางการทหารของอเมริกาได้เป็นผู้พิจรณาในการใช้อัลกอริทึมในการกระโดดช่วงความถี่จำนวน 79 ช่องสัญญาณสำหรับการเชื่อมต่อสื่อสาร ซึ่งการใช้อัลกอริทึมนี้ทำให้ข้อมูลในการรับส่งมีความปลอดภัย

ในการเชื่อมต่อมีการจัดการในส่วน encryption และ authentication ซึ่งบลูทูธได้ใช้ อัลกอริทึม strong contemporary cipher ซึ่งรู้จักโดยทั่วไปว่า SAFER+ โดยอัลกอริทึมนี้จะทำการสร้าง cipher key จำนวน 128 บิต โดยทำการสร้างจาก plain text input จำนวน 128 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 กล้องวิดีโอซีมอส

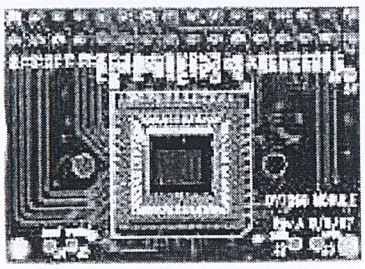
CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) image sensors เป็นวงจรรวม (ไอซี) ที่มีคุณสมบัติพิเศษคือทำงานเสมือนดวงตาของกล้องดิจิตอล CMOS sensors จะทำการตรวจรับภาพและเปลี่ยนปริมาณแสงที่ได้ให้อยู่ในรูปแบบของประจุไฟฟ้า ซึ่งปริมาณของแสงในแต่ละระดับจะให้ค่าประจุไฟฟ้าที่แตกต่างกันด้วย ประจุไฟฟ้าที่ได้จะถูกตีความหมายให้อยู่ในระดับแรงดันทางดิจิตอล (high-low) โดยทั่วไปแล้ว เซนเซอร์จะประกอบด้วยอาเรย์ของโฟโต้ไดโอด ซึ่งใช้ตรวจรับแสง มี CMOS transistors อยู่ประจำพิกเซลแต่ละพิกเซลเพื่อทำการขยายสัญญาณทางไฟฟ้าของปริมาณแสงและส่งสัญญาณที่ได้จากโฟโต้ไดโอดให้แก่วงจรกล้อง ในปัจจุบันกล้องดิจิตอลส่วนใหญ่จะใช้เทคโนโลยีของ CCD (charg couple device) sensor อย่างไรก็ตามเทคโนโลยีนี้มีความลำบากในแง่การพัฒนาและมีราคาแพง ซึ่งมันต้องการชิปอื่นๆ มาทำงานร่วมด้วยจำนวนมากและต้องการแหล่งจ่ายไฟในหลายระดับแรงดันด้วยกัน ซีซีดีอิมเมจเซนเซอร์ (CCD image sensor) ยังให้สัญญาณที่เป็นอะนาล็อกในขณะที่ซีซีดีอิมเมจเซนเซอร์สัญญาณที่เป็นดิจิตอล เทคโนโลยีซีมอสได้ถูกพัฒนามาเป็นเวลานานและสามารถเทียบเท่ากับเทคโนโลยีซีซีดีเซนเซอร์ในระดับที่ไม่สูงมากนัก

2.3.1 ข้อดีของเทคโนโลยีของ CMOS Sensor

- ไม่เกิดแสงสะท้อน
- ใช้กำลังงานไฟฟ้าต่ำ
- ให้ข้อมูลเอาต์พุตเป็นสัญญาณดิจิตอล จึงไม่จำเป็นต้องมีวงจร ADC
- มีขนาดเล็กและต้องการอุปกรณ์ต่อพ่วงเพียงเล็กน้อย (คริสตอลและคาปาซิเตอร์สำหรับดีคลับปลิ้ง)
- ง่ายต่อการออกแบบ

2.3.2 โมดูลกล้องวิดีโอที่นำมาใช้งาน

เป็นโมดูลกล้องวิดีโอของบริษัท OminiVision Technologies, Inc (รูปที่ 2-18) มีพาร์ทนัมเบอร์คือ C3188 ซึ่งเป็นโมดูลกล้องวิดีโอสีที่ให้ข้อมูลภาพเป็นสัญญาณดิจิตอล โดยอิมเมจเซนเซอร์ที่ใช้ในโมดูลกล้องวิดีโอ คือ OV7610 ของบริษัท OminiVision Technologies, Inc.เช่นเดียวกัน โดยโมดูลนี้ได้รวมเอาการใช้เทคโนโลยีซีมอสและการอินเทอร์เฟซในลักษณะสัญญาณดิจิตอลจึงทำให้โมดูลนี้มีราคาถูก



รูปที่ 2-18 โมดูลกล้องวิดีโอ C3188

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการ[illegible]อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลที่ได้ออกเอาต์พุตพอร์ตจะให้ทั้งข้อมูลขนาด 8 บิต (เฉพาะ Y-channel) และข้อมูลขนาด 16 บิต (ทั้ง Y-channel และ UV-channel) อีกทั้งยังมีฟังก์ชันต่างๆ ในการควบคุมการทำงานของกล้อง เช่น

- Exposure
- Gamma
- Gain
- White balance
- Color matrix
- Windowing

ฟังก์ชันเหล่านี้สามารถสั่งงานได้จากการโปรแกรมผ่านการอินเทอร์เฟซอนุกรมแบบ I^2C

2.3.2.1 คุณลักษณะของโมดูลกล้องวิดีโอ

- รูปแบบข้อมูลสนับสนุน VGA/CIF format โดยมีจำนวนพิกเซล 307,200 พิกเซล
- มีขนาดเล็กเพียง 40 x 28 มิลลิเมตร
- มีเลนส์
- ข้อมูลเอาต์พุตขนาด 8/16 บิต ตามมาตราฐาน CCIR601,CCIP656,ZV port
- รูปแบบข้อมูลเป็นได้ทั้งแบบ YcrCb 4:2:2, GRB 4:2:2 หรือ RGB
- มีการอินเทอร์เฟซ I^2C
- กำหนดฟังก์ชันการทำงานของอิมเมจเซนเซอร์ (กล่าวไว้ก่อนหน้านี้)
- ใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้าที่ระดับแรงดัน 5 โวลต์ เท่านั้น
- ใช้กำลังงานไฟฟ้าต่ำ (น้อยกว่า 300 มิลลิแอมป์)

2.3.2.2 ตัวอย่างแอพพลิเคชันที่นำโมดูลกล้องวิดีโอไปใช้งาน

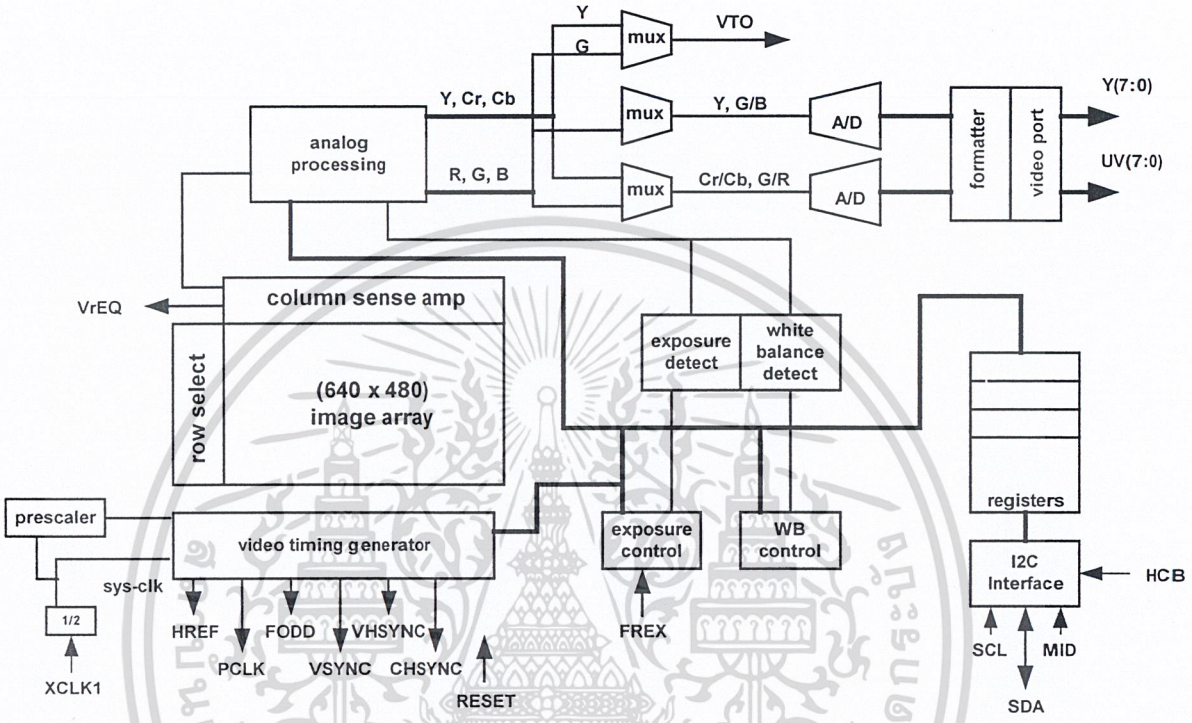
- Video Conferencing
- PC Multimedia
- Video Phone
- Video Mail
- Still Image
- Machine Vision
- Process Control

2.3.2.3 อิมเมจเซนเซอร์ที่นำมาใช้งาน

อิมเมจเซนเซอร์ที่ใช้ในโหมดูลกล้องวิดีโอ คือ OV7610 ของบริษัท OminiVision Technologies, Inc. ซึ่งเป็น single-chip ซีมอสอิมเมจเซนเซอร์นี้ให้เรโซลูชันของภาพเท่ากับ 640 x 480 พิเซล โดยมีพื้นที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของหน้าต่างรับภาพประมาณ 4.86 x 3.64 มิลลิเมตร ดังนั้นด้วยพื้นที่หน้าต่างเล็กเท่านี้สามารถตรวจรับภาพได้ แต่ได้ใช้เลนส์เข้ามาช่วยในการขยายแสงให้แก่เซนเซอร์ เซนเซอร์นี้ต้องการแหล่งจ่ายไฟที่ให้แรงดันไฟฟ้า 5 โวลต์ กระแส 40 มิลลิแอมป์ เซนเซอร์จะให้สัญญาณเอาต์พุต 8 บิตที่แรงดันไฟฟ้า 2.4 โวลต์ (high) และ 0.6 โวลต์ (low)



รูปที่ 2-19 บล็อกไดอะแกรมของอิมเมจเซนเซอร์ OV7610

บล็อกไดอะแกรมของ OV7610 แสดงในดังรูปที่ 2-19 ประกอบด้วยส่วนของ image array, analog processing, timing controls, I2C register controls, dual A/Ds และ digital output port ชนิดของข้อมูลเอาต์พุตมีทั้ง YcrCb และ RGB รองรับทั้งขนาด VGA และ CIF รูปแบบของข้อมูลดิจิตอลจะเป็นตามมาตรฐาน CCIR601 16 bit, CCIR601 8 bit, ZV Port และ CCIR656

2.3.2.4 ข้อมูลภาพที่นำมาใช้งาน

ในโมดูลของกล้องวิดีโอได้ใช้ข้อมูลภาพเฉพาะค่าที่ได้จาก "Y-channel" (Y data) ซึ่งเป็นค่าปริมาณความเข้มของแสงในแต่ละพิกเซลซึ่งมีหน่วยเป็นไบต์ พิกเซลดาต้าบัสจะใช้สัญญาณ PCLK (pixel clock) ซึ่งใช้ขอบขาขึ้นของสัญญาณในการแลตช์สัญญาณดาต้าบัส และใช้ออสซิลเลเตอร์กำเนิดสัญญาณนาฬิกาที่ความถี่ 28.3 เมกะเฮิรตซ์ แต่ข้อมูลจะให้ออกมาในอัตรา 14 เมกะเฮิรตซ์ (ดูได้จากไทม์มิ่งไดอะแกรมของเซนเซอร์ได้ในภาคผนวก ก.)

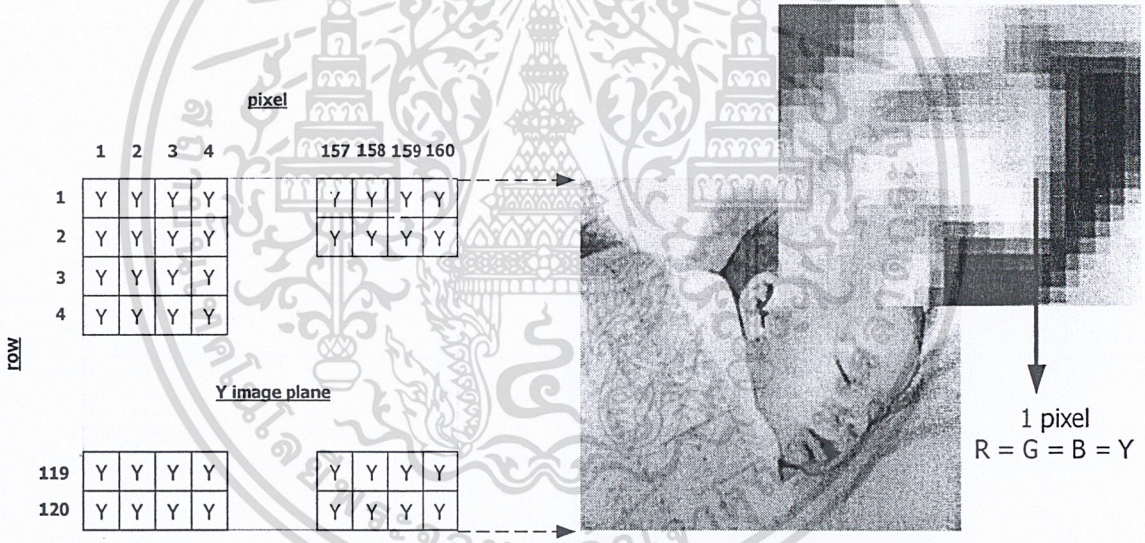
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าเอาต์พุตที่ได้ในแต่ละพิกเซล (แต่ละไบต์) จะเป็นค่าที่สอดคล้องกับความสว่างของภาพแต่ละพิกเซล Y-channel เป็นแชนแนลเดียวที่ให้ข้อมูลอยู่ในโหมดขาวดำ (B&W mode)

ซีซีดีอิมเมจเซนเซอร์จะให้เอาต์พุตข้อมูลออกมาที่ขาสัญญาณทั้ง 8 ขาแบบขนาน ที่ขา Y0 ถึง Y7 ในขณะที่ขาสัญญาณ HREF (Horizontal reference) อยู่ในสถานะ high เซนเซอร์จะเริ่มส่งข้อมูลที่ไลน์แรกของพิกเซลอาเรย์ และจะหยุดส่งข้อมูลเมื่อขาสัญญาณ HREF อยู่ในสถานะ low จากนั้นเซนเซอร์จะสแกนไปยังไลน์ต่อๆ ไปที่อยู่ในอาร์เรย์

2.3.3 หลักการในการแสดงภาพวิดีโอ

ในโครงงานนี้ได้ใช้ข้อมูลภาพวิดีโอที่ได้จาก Y แชนแนลเท่านั้น (8 บิต) ซึ่งเป็นข้อมูลความสว่างของแต่ละจุดพิกเซล โดยจะนำข้อมูลที่ได้มาทำการพล็อตภาพในแต่ละจุดสี โดยให้อยู่ในรูปแบบของ BMP ซึ่งเป็นรูปแบบที่ประกอบด้วยข้อมูลสี R G และ B ในการพล็อตแต่ละจุดสีจะสามารถทำได้โดยการกำหนดค่า R G และB ให้มีค่าเท่ากับค่า Y data ซึ่งจะทำให้ภาพที่ได้มีรูปแบบ BMP 24 บิตสี โดยภาพที่ได้จะเป็นภาพขาวดำ วิธีการพล็อตจุดสีสามารถดูได้จากรูปที่ 2-20

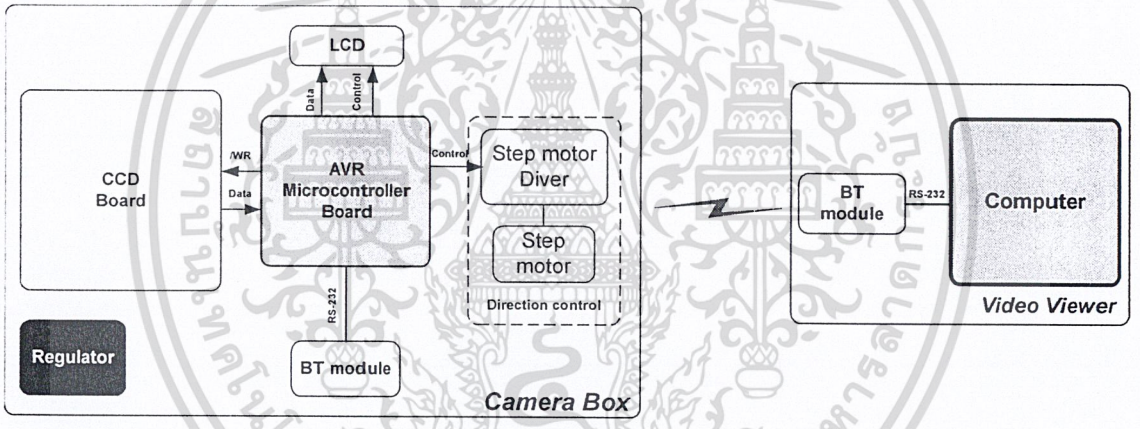


รูปที่ 2-20 หลักการในการแสดงภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบและหลักการทำงาน

ระบบรักษาความปลอดภัยผ่านกล้องวิดีโอ เป็นระบบที่ทำงานร่วมกันระหว่างคาเมร่าบ็อกซ์และวิดีโอวิวเวอร์ในแต่ละส่วนจะมีการออกแบบการทำงานในส่วนฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ โดยส่วนกล้องวิดีโอจะเป็นการออกแบบที่เน้นในส่วนฮาร์ดแวร์เป็นหลักโดยมีหน่วยประมวลผลหลักคือไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 บิต และอุปกรณ์ต่อพ่วงต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นวงจรกล้องวิดีโอซีมอส บลูทูธโมดูล จอแสดงผลแอลซีดี เป็นต้น และส่วนแสดงภาพวิดีโอจะเป็นการออกแบบที่เน้นทางด้านซอฟต์แวร์เป็นหลักซึ่งเป็นแอพพลิเคชันที่รันอยู่บนเครื่องคอมพิวเตอร์โดยมีการอินเทอร์เฟซกับบลูทูธโมดูลเพื่อให้ในการสื่อสารกับกล้องวิดีโอ



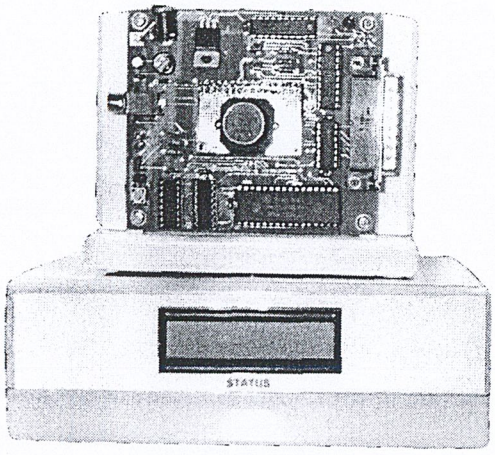
รูปที่ 3-1 บล็อกไดอะแกรมของระบบ

จากรูปที่ 3-1 ได้แสดงบล็อกไดอะแกรมของระบบ ซึ่งจะแยกอธิบายออกเป็นสองส่วนด้วยกันคือส่วนฮาร์ดแวร์และส่วนซอฟต์แวร์ดังนี้

3.1 การออกแบบส่วนฮาร์ดแวร์

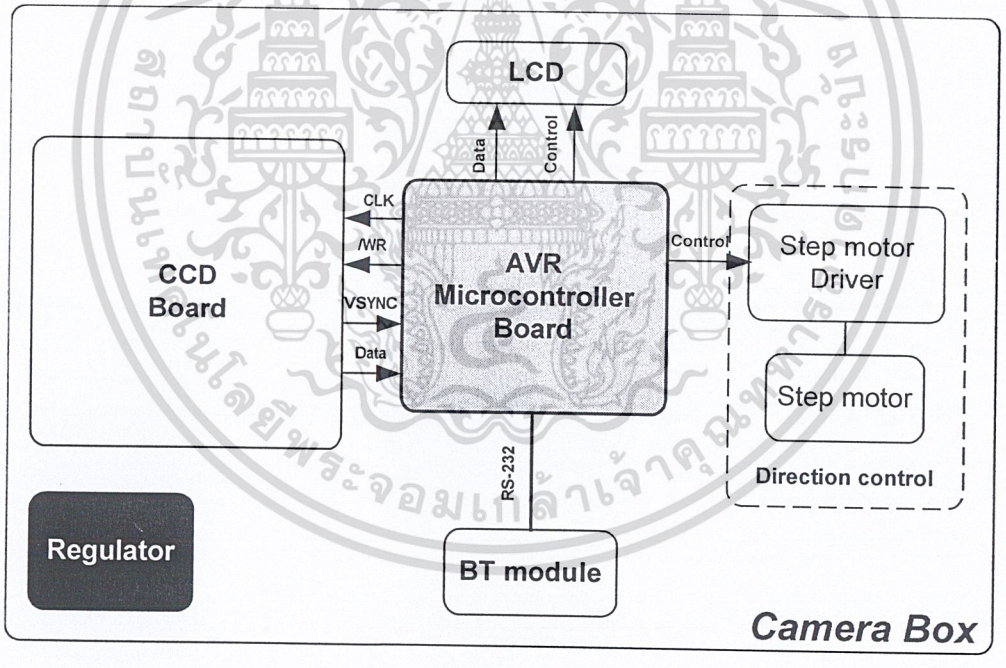
ในส่วนฮาร์ดแวร์เป็นการออกแบบในส่วนคาเมร่าบ็อกซ์ ซึ่งเป็นกล้องวิดีโอที่ทำหน้าที่ในการตรวจรับภาพจากบอร์ดวงจงกล้องวิดีโอซีมอสแล้วส่งข้อมูลภาพที่ได้ไปให้ส่วนแสดงภาพวิดีโอโดยผ่านบลูทูธโมดูลซึ่งเป็นการส่งข้อมูลแบบไร้สายภายในคาเมร่าบ็อกซ์ยังมีจอแอลซีดีเพื่อใช้แสดงสถานะการทำงานของคาเมร่าบ็อกซ์ และมีชุดควบคุมการหมุนของบอร์ดกล้องวิดีโอซีมอสโดยใช้สเต็ปมอเตอร์เป็นตัวขับเคลื่อนคาเมร่าบ็อกซ์ แสดงในรูปที่ 3-2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-2 คาเมร่าบ็อกซ์

การทำงานในส่วนฮาร์ดแวร์ของคาเมร่าบ็อกซ์จะประกอบด้วยส่วนการทำงานส่วนต่างๆ ดังแสดงในบล็อกไดอะแกรมดังรูปที่ 3-3



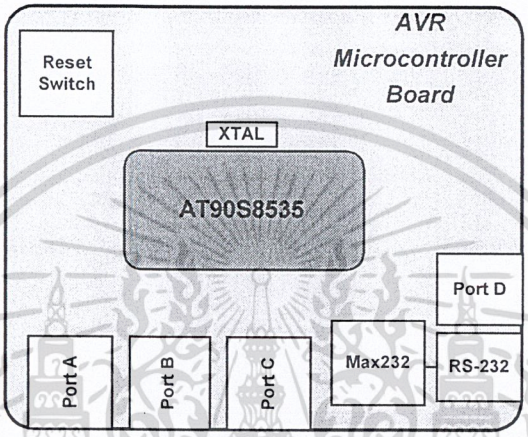
รูปที่ 3-3 บล็อกไดอะแกรมของคาเมร่าบ็อกซ์

จากรูปที่ 3-3 เป็นบล็อกไดอะแกรมของคาเมร่าบ็อกซ์ซึ่งจะแยกอธิบายส่วนประกอบต่างๆ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

เป็นบอร์ดประมวลผลหลักของคาเมร่าบ็อกซ์โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR (AT90S8535) ซึ่งเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 บิต โดยมีสถาปัตกรรมเป็นแบบ RISC สามารถทำงานได้ 1 คำสั่งใน 1 สัญญาณนาฬิกา ทำให้ AT90S8535 มี throughputs 1 MIPS ต่อเมกะเฮิรตซ์ทำให้ผู้ออกแบบสามารถออกแบบให้มีความ optimize มากที่สุดกับ processing speed คุณสมบัติและรายละเอียดต่างๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถดูได้จากเว็บอ้างอิงในภาคผนวก ก.



รูปที่ 3-4 บล็อกไดอะแกรมโครงสร้างภายในของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

จากรูปที่ 3-4 บล็อกไดอะแกรมโครงสร้างภายในของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์นี้ได้ใช้ทรัพยากรต่างๆ ดังนี้

- ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT90S8535 ซึ่งมีหน่วยความจำต่างๆ ตามตารางด้านล่าง

Part	Flash	EEPROM	SRAM
AT90S8535	8K bytes	512 bytes	512 bytes

หน่วยความจำ Flash เป็นหน่วยความจำโปรแกรม และมีหน่วยความจำข้อมูลสองส่วน คือ หน่วยความจำ EEPROM และ SRAM

- ใช้สัญญาณนาฬิกา 7.3728 เมกะเฮิรตซ์
- ใช้ Programmable serial UART ซึ่งใช้ Baudrate ที่ 57.6 กิโลบิตต่อวินาที
- ใช้ RS-232 Transceiver โดยใช้ไอซี MAX232a ทำหน้าที่นี้
- ใช้ 32 Programmable I/O line ซึ่งสามารถแยกออกเป็น 4 พอร์ตคือ พอร์ต A พอร์ต B พอร์ต C และ พอร์ต D ในแต่ละพอร์ตสามารถโปรแกรมให้แต่ละบิตทำงานเป็นอินพุตหรือเอาต์พุตได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ใช้ Internal interrupt ซึ่งเป็น serial interrupt ที่ใช้กับ serial UART

ในด้านการพัฒนาโปรแกรมที่นำมาใช้กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์นี้ได้พัฒนาโปรแกรมโดยใช้ภาษาระดับสูง คือ ภาษาซี โดยใช้คอมไพเลอร์ภาษาซีสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ซึ่งเรียกคอมไพเลอร์นี้ว่า ICC

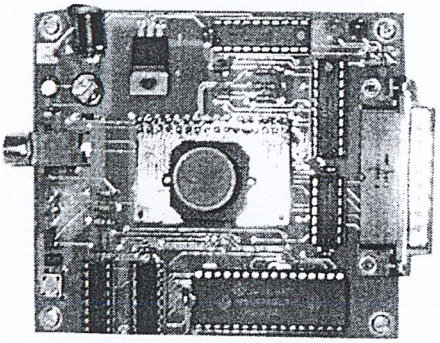
หน้าที่หลักของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ประกอบด้วยหน้าที่ดังต่อไปนี้

- ดึงข้อมูลภาพวิดีโอจากบอร์ดกล้องวิดีโอเพื่อส่งข้อมูลภาพวิดีโอที่ได้ผ่านบลูทูธโมดูลส่งไปยังส่วนแสดงภาพวิดีโอ
- อินเทอร์เฟซบลูทูธโมดูลเพื่อทำงานสื่อสารกับบลูทูธโมดูลทำให้สามารถใช้งานเพื่อการเชื่อมต่อไปยังบลูทูธโมดูลตัวอื่น ซึ่งจะทำให้สามารถรับส่งข้อมูลได้
- แสดงผลจอแอลซีดีเป็นการแสดงสถานะการทำงานต่างๆ ควบคุมการแสดงผลจอแอลซีดีซึ่งมีการแสดงสถานะต่างๆ ดังนี้
  - "Ready" คือ สถานะที่คาเมร่าบ็อกซ์พร้อมทำงาน
  - "Waiting for connect" คือ สถานะที่คาเมร่าบ็อกซ์รอการร้องขอการสร้างการเชื่อมต่อจากวิดีโอวิวเวอร์
  - "Connect Successfully" คือ สถานะที่คาเมร่าบ็อกซ์ตอบรับการร้องขอการสร้างการเชื่อมต่อ และการเชื่อมต่อนั้นได้สร้างขึ้นเรียบร้อยแล้ว
  - "Sending Picture" คือ สถานะที่คาเมร่าบ็อกซ์กำลังทำการส่งข้อมูลภาพวิดีโอไปให้วิดีโอวิวเวอร์
  - "Pausing" คือ สถานะที่คาเมร่าบ็อกซ์หยุดการส่งข้อมูลภาพวิดีโอชั่วคราว
  - "Disconnect Successfully" คือ สถานะที่มีการยกเลิกการเชื่อมต่อระหว่างคาเมร่าบ็อกซ์กับวิดีโอวิวเวอร์
- ควบคุมการหมุนกล้อง ทำหน้าที่ในการควบคุมการหมุนของบอร์ดกล้องวิดีโอเพื่อเปลี่ยนทิศในการตรวจรับภาพให้สามารถครอบคลุมพื้นที่ได้มากขึ้น

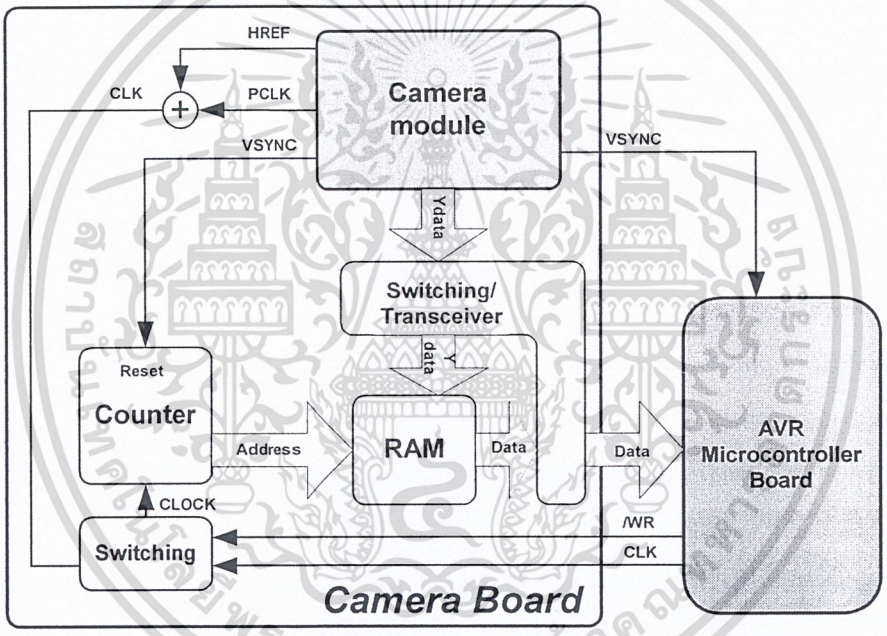
ในหน้าที่การทำงานต่างๆ ที่มีความเกี่ยวข้องกับภาคฮาร์ดแวร์ในภาคต่างๆ ไม่ได้อธิบายโดยละเอียด แต่ได้อธิบายไว้ในหัวข้อต่อไปซึ่งสามารถดูรายละเอียดของแต่ละส่วนได้จากหัวข้อเหล่านั้นแทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 บอร์ดกล้องวิดีโอซีมอส



รูปที่ 3-5 บอร์ดกล้องวิดีโอซีมอส



รูปที่ 3-6 บล็อกไดอะแกรมบอร์ดกล้องวิดีโอซีมอส

ในโครงงานนี้ได้นำกล้องวิดีโอซีมอส มาต่อใช้งานเป็นบอร์ดกล้องวิดีโอ โดยส่วนประกอบต่างๆ ได้แสดงไว้ในรูปที่ 3-6 ซึ่งส่วนประกอบหลักจะประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

- โมดูลกล้องวิดีโอ เป็นโมดูลในการรับภาพวิดีโอและให้ข้อมูลภาพที่ได้เป็นสัญญาณดิจิตอล และยังให้สัญญาณต่างๆ เกี่ยวกับภาพวิดีโอดังนี้
  - สัญญาณ PCLK เป็นสัญญาณนาฬิกาของข้อมูลภาพวิดีโอในแต่ละพิกเซล
  - สัญญาณ HREF เป็นสัญญาณอ้างอิงทางแนวนอนสำหรับการส่งข้อมูลภาพออกจากซีมอสเซนเซอร์ครบ 1 แถวทางแนวนอนของภาพวิดีโอ และแยก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เฉพาะข้อมูลภาพวิดีโอจริงๆ ในแต่ละแถว ซึ่งปกติแล้วสัญญาณ PCLK จะส่งออกมามากกว่าจำนวนพิกเซลในแต่ละแถว (ดูจากภาคผนวก ก.)

- สัญญาณ VSYNC เป็นสัญญาณอ้างอิงทางแนวตั้งสำหรับการส่งข้อมูลภาพออกจากซีมอสเซนเซอร์ครบ 1 ภาพ

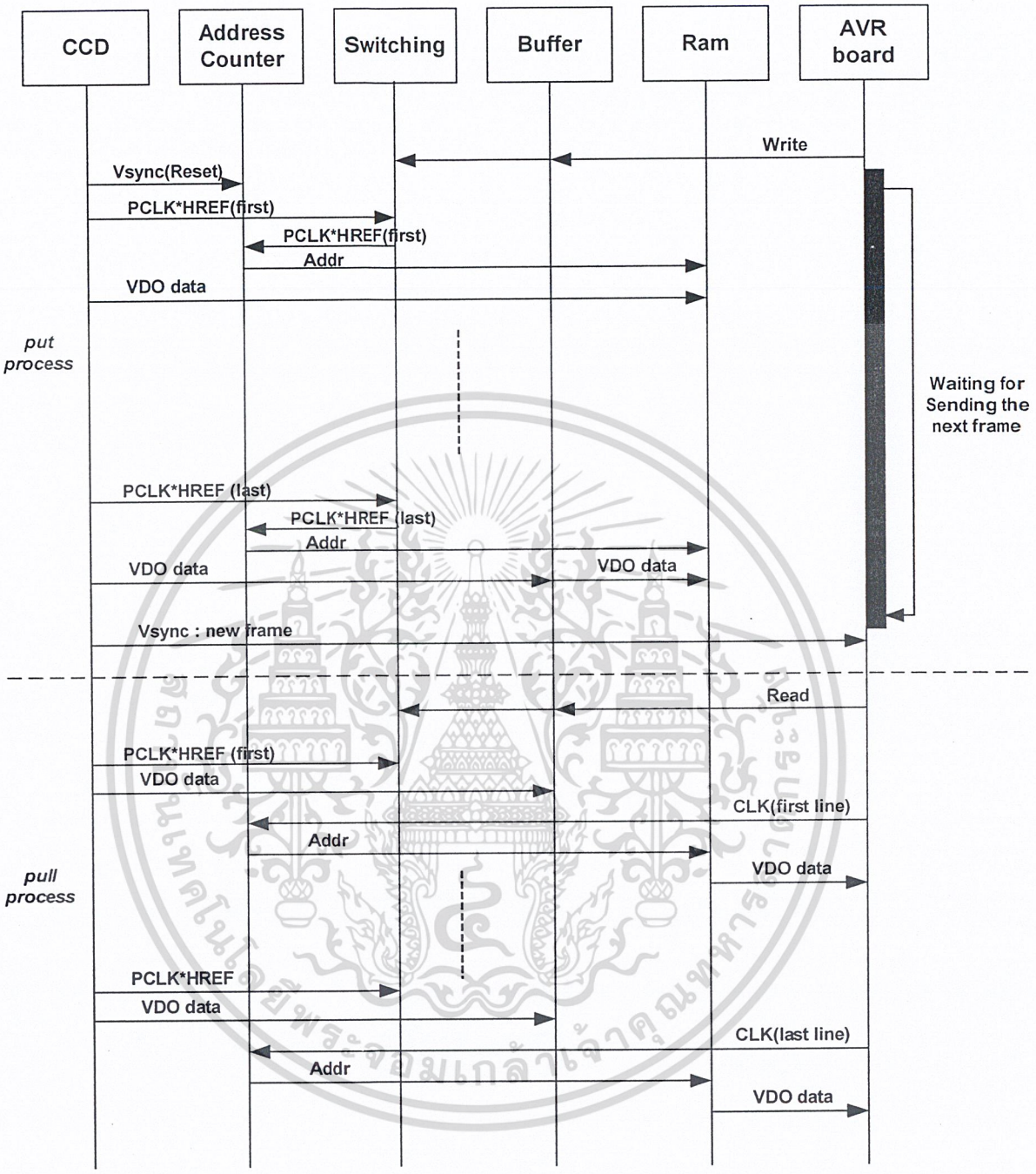
ซึ่งสัญญาณต่างๆ เหล่านี้จะนำมาใช้ในวงจรบอร์ดวิดีโอและใช้ในการตรวจจับสัญญาณเพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ดึงข้อมูลภาพวิดีโอจากบอร์ดวิดีโอต่อไป

- หน่วยความจำ (RAM) เป็นหน่วยความจำที่ใช้เก็บข้อมูลภาพวิดีโอที่ได้จากโมดูลกล้องวิดีโอ หน่วยความจำนี้มีขนาด 128 กิโลไบต์ โดยจะสามารถเก็บข้อมูลภาพได้ขนาดของภาพเพียง 640 x 204 ทำให้ได้ข้อมูลภาพเพียงส่วนบนของภาพเท่านั้น ซึ่งในโครงงานนี้ใช้ขนาดของภาพเพียง 160 x 120
- วงจรนับและวงจรสวิตช์ชิ่ง เป็นวงจรที่ทำหน้าที่ในการนับเพื่อให้ข้อมูลเอาต์พุตเพื่อใช้เป็นสัญญาณอ้างอิงแอดเดรสให้แก่หน่วยความจำ โดยวงจรนับนี้จะรับอินพุตมาจากโมดูลกล้องวิดีโอเมื่อมีการเก็บข้อมูลลงหน่วยความจำหรือจะรับอินพุตมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ เมื่อต้องการดึงข้อมูลภาพวิดีโอที่อยู่ในหน่วยความจำไปใช้งาน อีกส่วนหนึ่งเป็นวงจรที่ทำหน้าที่ในการสวิตช์เพื่อเลือกว่าหน่วยความจำและวงจรนับถูกใช้งานโดยโมดูลกล้องหรือไมโครคอนโทรลเลอร์โดยจะสวิตช์โดยการควบคุมจากไมโครคอนโทรลเลอร์

3.1.2.1 ขั้นตอนการเก็บและการดึงข้อมูลภาพวิดีโอของบอร์ดกล้องวิดีโอ

เป็นขั้นตอนการเก็บข้อมูลภาพวิดีโอที่ได้จากโมดูลกล้องวิดีโอลงในหน่วยความจำและเป็นขั้นตอนการดึงข้อมูลภาพวิดีโอที่อยู่ในหน่วยความจำมาใช้งาน โดยทั้งสองขั้นตอนจะถูกควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งในขั้นตอนการเก็บข้อมูลภาพวิดีโอไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณ write ไปควบคุมวงจรสวิตช์ชิ่งและวงจรนับให้ทำงานเพื่อการเก็บข้อมูลภาพวิดีโอลงในหน่วยความจำ ส่วนในขั้นตอนการดึงข้อมูลภาพวิดีโอไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณ read ไปควบคุมวงจรสวิตช์ชิ่งและวงจรนับให้ทำงานเพื่อการดึงข้อมูลภาพวิดีโอจากหน่วยความจำมาใช้งานขั้นตอนต่างๆ ได้แสดงไว้ในรูปที่ 3-7

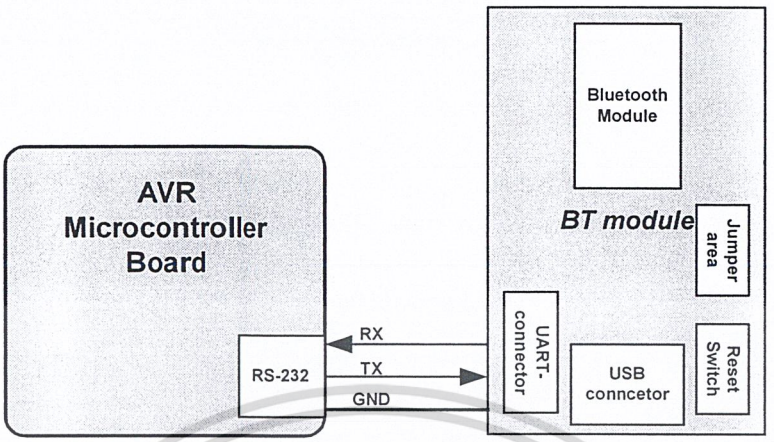
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-7 ลำดับขั้นตอนการเก็บและการดึงข้อมูลภาพวิดีโอของบอร์ดกล้องวิดีโอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 ส่วนอินเทอร์เฟซบลูทูธโมดูล



รูปที่ 3-8 การติดต่อผ่านพอร์ตอนุกรมระหว่างบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์และบลูทูธโมดูล

โดยในส่วนบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์จะใช้การสื่อสารอนุกรม RS-232 อินเทอร์เฟซกับบลูทูธโมดูล โดยใช้สัญญาณ RX TX และ GND เพียง 3 สัญญาณเท่านั้น ซึ่งจะทำการโปรแกรมให้ serial UART มีค่า Baudrate ที่ 57600 บิตต่อวินาทีเป็นค่าเริ่มต้น เนื่องจากบลูทูธโมดูลของบริษัทอิริคสัน ได้ตั้งค่า Baudrate เริ่มต้นภายในโมดูลไว้ที่ค่า 57600 บิตต่อวินาที

ตารางที่ 3-1 การกำหนดค่า Baudrate ของไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR

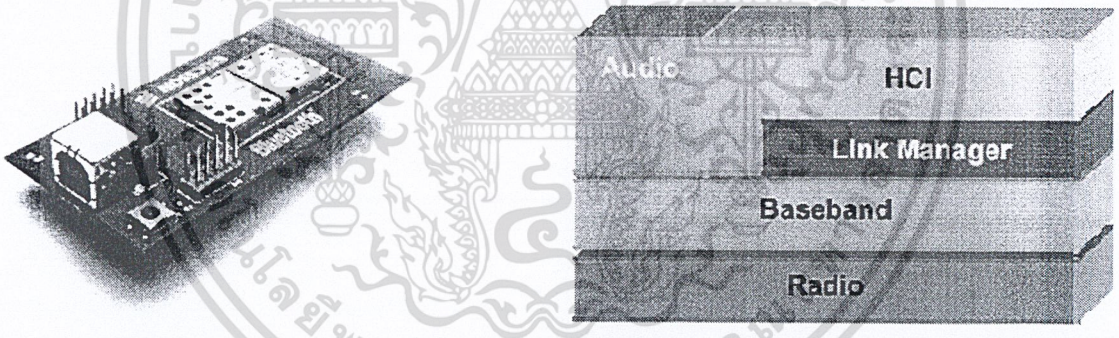
Baud Rate	4 MHz	%Error	7.3728 MHz	%Error	8 MHz	%Error	11.059 MHz	%Error
2400	UBRR= 103	0.2	UBRR= 191	0	UBRR= 207	0.2	-	-
4800	UBRR= 51	0.2	UBRR= 95	0	UBRR= 103	0.2	UBRR= 143	0
9600	UBRR= 25	0.2	UBRR= 47	0	UBRR= 51	0.2	UBRR= 71	0
14400	UBRR= 16	2.1	UBRR= 31	0	UBRR= 34	0.8	UBRR= 47	0
19200	UBRR= 12	0.2	UBRR= 23	0	UBRR= 25	0.2	UBRR= 35	0
28800	UBRR= 8	3.7	UBRR= 15	0	UBRR= 16	2.1	UBRR= 23	0
38400	UBRR= 6	7.5	UBRR= 11	0	UBRR= 12	0.2	UBRR= 17	0
57600	UBRR= 3	7.8	UBRR= 7	0	UBRR= 8	3.7	UBRR= 11	0
76800	UBRR= 2	7.8	UBRR= 5	0	UBRR= 6	7.5	UBRR= 8	0
115200	UBRR= 1	7.8	UBRR= 3	0	UBRR= 3	7.8	UBRR= 5	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการใช้งานการสื่อสารอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR จะต้องมีการกำหนดค่าให้แก่รีจิสเตอร์ UCR (UART Control Register) และ UBRR (UART Baud Rate Register) ก่อนการใช้งาน ซึ่งการกำหนดค่า Baudrate กำหนดในรีจิสเตอร์ UBRR นั้นจะต้องกำหนดค่าให้เป็นไปตามตารางที่ 3-1 โดยจะขึ้นอยู่กับสัญญาณนาฬิกาที่ใช้ และ ค่า Baudrate ที่ต้องการซึ่งควรจะกำหนดให้มีค่าเปอร์เซ็นต์ค่าผิดพลาด (%Error) น้อยที่สุดหรือมีค่าเท่ากับศูนย์โดยจะส่งผลให้การสื่อสารข้อมูลเป็นไปอย่างถูกต้อง 100 เปอร์เซ็นต์

ในส่วนของบลูทูธโมดูลเป็นบลูทูธโมดูลที่สนับสนุนมาตราฐาน Bluetooth Specification 1.0B บลูทูธโมดูลนี้สามารถส่งข้อมูลด้วยความเร็วสูงสุดที่ 460.4 กิโลบิตต่อวินาทีที่ระยะทางสูงสุด 10 เมตร ภายในโมดูลจะมีโพรโตคอลสแต็กในเลเยอร์ล่างดังนี้

- Radio
- Baseband
- Link Manager (LM)
- Host Control Interface (HCI)
- Audio

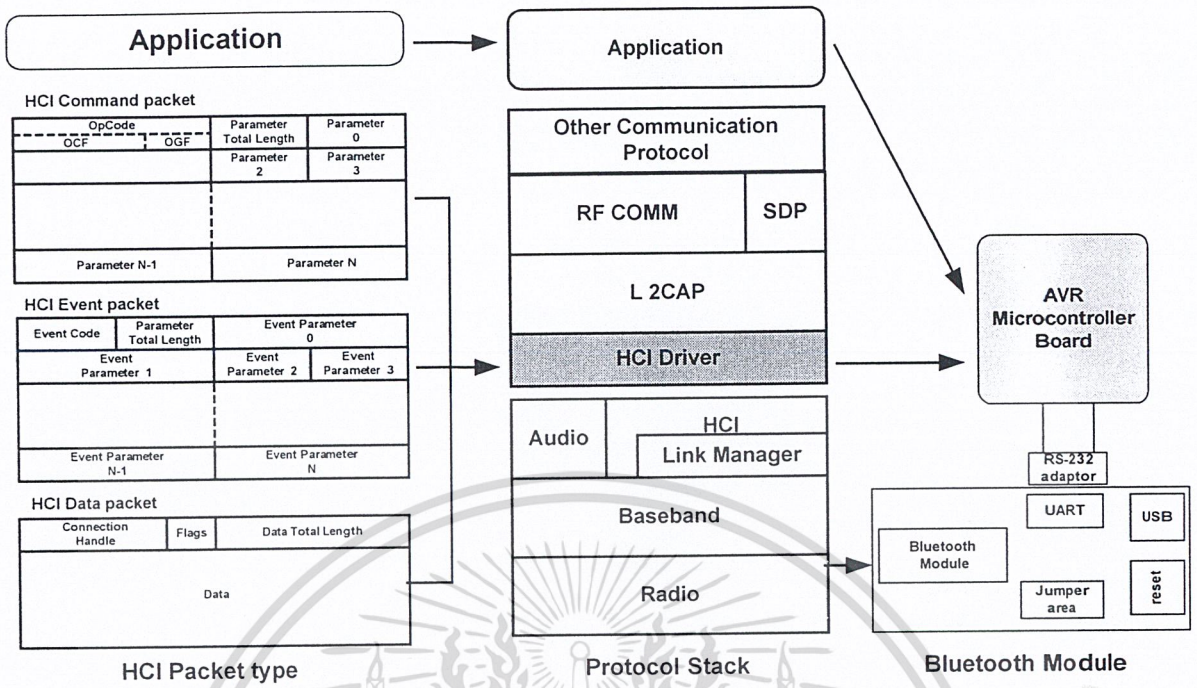


รูปที่ 3-9 บลูทูธโมดูลและโพรโตคอลสแต็กภายใน

หน้าที่การทำงานของแต่ละเลเยอร์ได้อธิบายไว้ในส่วนของเทคโนโลยีบลูทูธ

วิธีการที่ใช้ในการอินเทอร์เฟซระหว่างบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์กับบลูทูธโมดูลได้ใช้การอินเทอร์เฟซโดยผ่านทางพอร์ตอนุกรม RS-232 และได้พัฒนาโปรแกรมในส่วนของโฮสต์สแต็ก โดยพัฒนาที่เลเยอร์ HCI driver ซึ่งจะข้ามการพัฒนาในเลเยอร์ L2CAP RFCOMM และ SDP ไป และได้พัฒนาแอพพลิเคชันมาใช้งานอยู่บนเลเยอร์ HCI driver ซึ่งแสดงในรูปที่ 3-10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-10 ลักษณะการพัฒนาแอพพลิเคชันที่ใช้กับบลูทูธโมดูลในบอร์ไมโครคอนโทรลเลอร์

จากรูปจะเป็นการพัฒนาโปรแกรมเพื่อใช้ในการอินเทอร์เฟซกับบลูทูธโมดูล โดยจะเน้นไปที่การพัฒนาในเลเยอร์ HCI Driver ซึ่งเป็นการใช้ HCI Packet type ซึ่งมีอยู่ด้วยกัน 3 แบบด้วยกันคือ

- HCI Command packet
- HCI Event packet
- HCI Data packet

โดยใช้ HCI Command packet ส่งไปยัง HCI เฟิร์มแวร์ที่อยู่บนบลูทูธโมดูล เพื่อเข้าถึงโพรโตคอลในเลเยอร์ล่าง (Baseband และ Link Manager) เพื่อให้สามารถใช้บลูทูธโมดูลในการสื่อสารกันได้

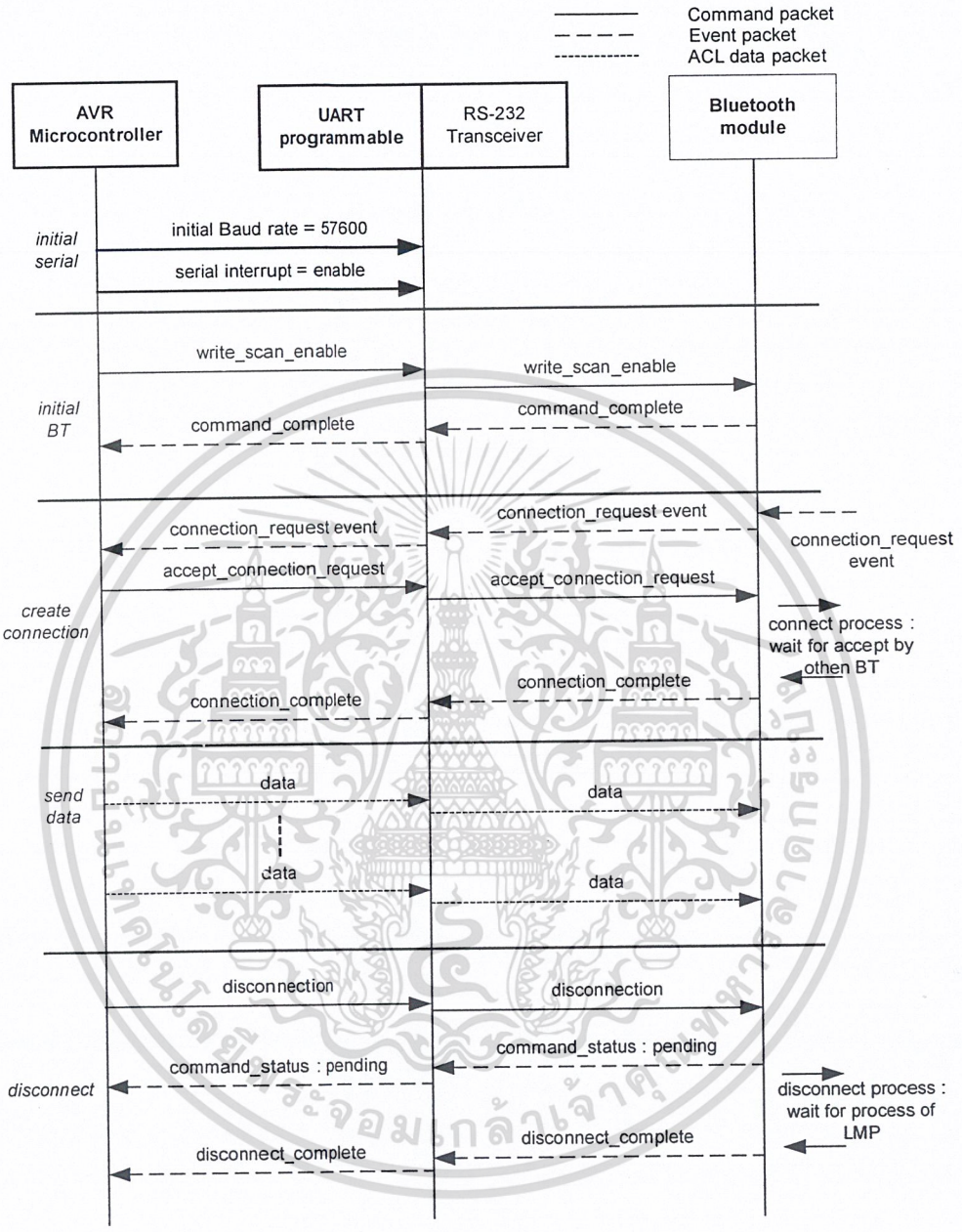
ในขั้นตอนการอินเทอร์เฟซเพื่อสื่อสารกับบลูทูธโมดูล ได้แสดงไว้ในรูปที่ 3-10 ซึ่งจะเป็นขั้นตอนตั้งแต่การกำหนดค่าเริ่มต้นให้แก่ UART ซึ่งเป็นการกำหนดค่า Baudrate และ กำหนดให้มีการเกิด serial interrupt และการกำหนดการสื่อสารเริ่มต้นให้แก่บลูทูธโมดูล

ในขั้นตอนของการสื่อสารผ่านบลูทูธโมดูล จะประกอบด้วย 3 ขั้นตอนหลัก ๆ ด้วยกันคือ

1. ขั้นตอนการสร้างการเชื่อมต่อ (Create connection) โดยจะใช้ command packet ในการส่งคำสั่งการสร้างการเชื่อมต่อให้แก่บลูทูธโมดูล โดยจะต้องได้รับการตอบรับจากอุปกรณ์บลูทูธตัวอื่นด้วย
2. ขั้นตอนการรับส่งข้อมูล (Transmission data) โดยจะใช้ ACL data packet ในการรับส่งข้อมูลโดยการใส่ข้อมูลไว้ในแพ็กเกจนี้
3. ขั้นตอนการยกเลิกการเชื่อมต่อ (Disconnect)

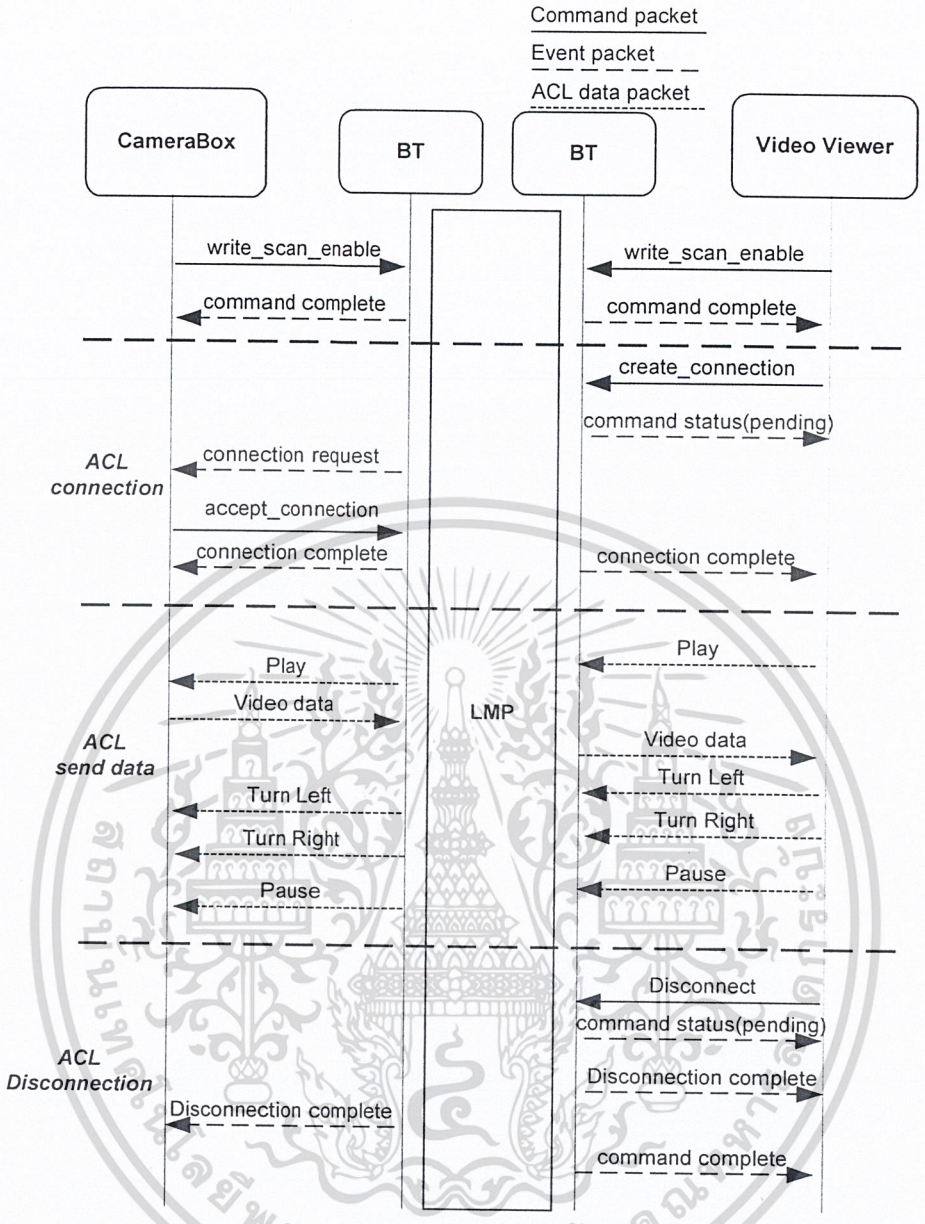
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยจะใช้ command packet ในการส่งคำสั่งการยกเลิกการเชื่อมต่อให้แก่บลูทูธโมดูล โดยจะต้องได้รับการตอบรับจาก LMP ซึ่งจะเป็นโพรโตคอลที่จัดการในส่วนนี้



รูปที่ 3-11 ขั้นตอนการอินเทอร์เฟซระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับบลูทูธโมดูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-12 โพรโตคอลการทำงานระหว่างโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์และคาเมร่าบ็อกซ์ผ่านบลูทูธโมดูล

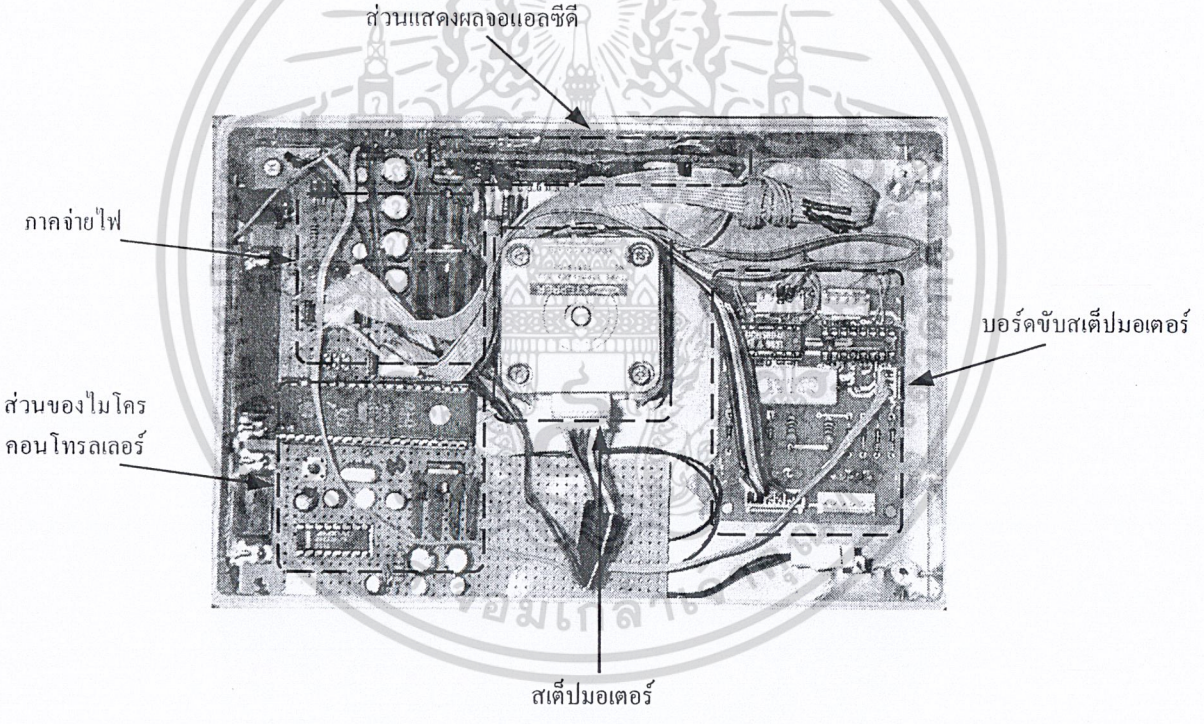
จากโพรโตคอลในรูปที่ 3-11 จะมีการใช้ HCI packet ทั้งสามแบบ จากด้านบนสุด คาเมร่าบ็อกซ์และ วิดีโอวิวเวอร์จะส่ง HCI Command packet ซึ่งเป็นคำสั่ง write_scan_enable ไปยังบลูทูธโมดูล เพื่อสั่งให้บลูทูธโมดูลยอมรับการรับส่งข้อมูลผ่าน HCI data packet จากนั้นวิดีโอวิวเวอร์จะส่ง HCI Command packet คำสั่ง create_connection ไปยังบลูทูธโมดูล บลูทูธโมดูลจะส่ง HCI Event packet ซึ่งเป็นอีเวนต์ command status event เพื่อบอกให้วิดีโอวิวเวอร์รอการยอมรับการเชื่อมต่อจากคาเมร่าบ็อกซ์จากนั้น Link Manager Protocol จะช่วยจัดการส่ง connection request ไปยังคาเมร่าบ็อกซ์โดยผ่านบลูทูธโมดูลของคาเมร่าบ็อกซ์ซึ่งบลูทูธโมดูลจะส่ง HCI Event packet ซึ่งเป็น connection request event ไปให้แก่คาเมร่าบ็อกซ์เพื่อเป็นการบอกให้รู้ว่ามีการร้องขอการเชื่อมต่อจากวิดีโอวิวเวอร์ จากนั้นคาเมร่าบ็อกซ์จะส่ง HCI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Command packet ซึ่งเป็นคำสัง accept_connection_request ไปยังบลูทูธโมดูล จากนั้น LMP จะทำการสร้างการเชื่อมต่อให้แก่บลูทูธโมดูลทั้งสองแล้วส่ง HCI Event packet ซึ่งเป็นอีเวนต์ create_connection complete เพื่อให้คาเมร่าบ็อกซ์และวิดีโอวิวเวอร์รู้ว่าการเชื่อมต่อได้สร้างขึ้นเรียบร้อยแล้ว

หลังจากที่ได้สร้างการเชื่อมต่อเรียบร้อยแล้วก็จะสามารถรับส่งข้อมูลระหว่างคาเมร่าบ็อกซ์และ วิดีโอวิวเวอร์โดยการส่งข้อมูลผ่าน HCI Data packet ซึ่งเป็นชนิด ACL data packet ส่วนที่เหลือจะเป็นการส่งคำสั่ง Disconnect ผ่าน HCI Command packet เพื่อร้องขอการยกเลิกการเชื่อมต่อระหว่างคาเมร่าบ็อกซ์และ วิดีโอวิวเวอร์ ขบวนการต่างๆ ที่ได้กล่าวมาสามารถดูได้จากรูปที่ 3-12

หมายเหตุ ในส่วนของการพัฒนาโปรแกรมเพื่ออินเทอร์เฟซกับบลูทูธโมดูล จะอธิบายการอินเทอร์เฟซ การเขียนโปรแกรม และข้อมูลของแพ็กเกจต่างๆ ที่ใช้ในการโปรแกรม ได้ในคู่มือโปรแกรมเมอร์

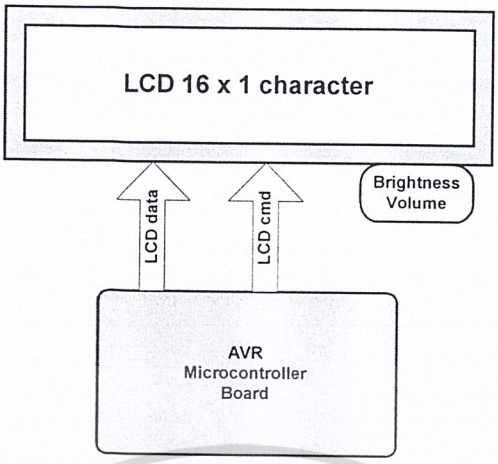


รูปที่ 3-13 วงจรส่วนต่างๆ ในคาเมร่าบ็อกซ์

3.1.4 ส่วนแสดงผลจอแอลซีดี

เป็นจอแอลซีดีแสดงสถานะการทำงานของคาเมร่าบ็อกซ์ซึ่งสามารถแสดงผลได้สูงสุด 16 ตัวอักษร (1 บรรทัด) โดยจะนำจอแอลซีดีมาอินเทอร์เฟซเข้ากับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ จะส่งคำสั่งและข้อมูลเพื่อควบคุมและแสดงผลให้แก่จอแอลซีดี อีกทั้งยังมีวงจรควบคุมความสว่างของการแสดงผลของจอแอลซีดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

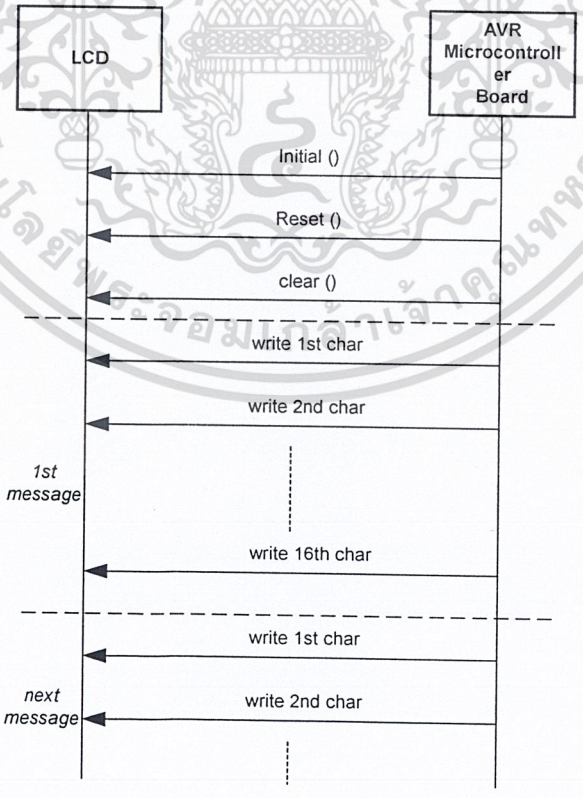


รูปที่ 3-14 การอินเทอร์เฟซจอแสดงผลแอลซีดี

3.1.4.1 ขั้นตอนการสั่งงานแสดงผลจอแอลซีดี

เป็นขั้นตอนที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ส่งคำสั่งและข้อมูลไปให้จอแอลซีดี เพื่อกำหนดคุณสมบัติของจอแอลซีดีและแสดงข้อความบนตัวแอลซีดี

ในขั้นตอน Initial จะเป็นขั้นตอนการกำหนดสถานะของจอแอลซีดี จากนั้นจะเป็นการส่งข้อมูลเพื่อแสดงตัวอักษรที่จอแอลซีดี

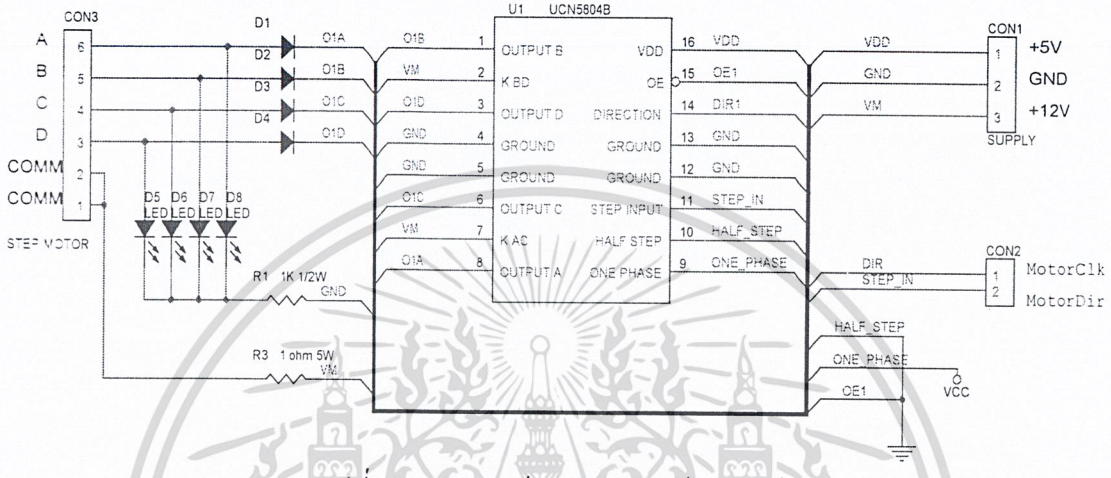


รูปที่ 3-15 ขั้นตอนการสั่งงานจอแสดงผลแอลซีดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.5 บอร์ดสเต็ปมอเตอร์ไดรเวอร์

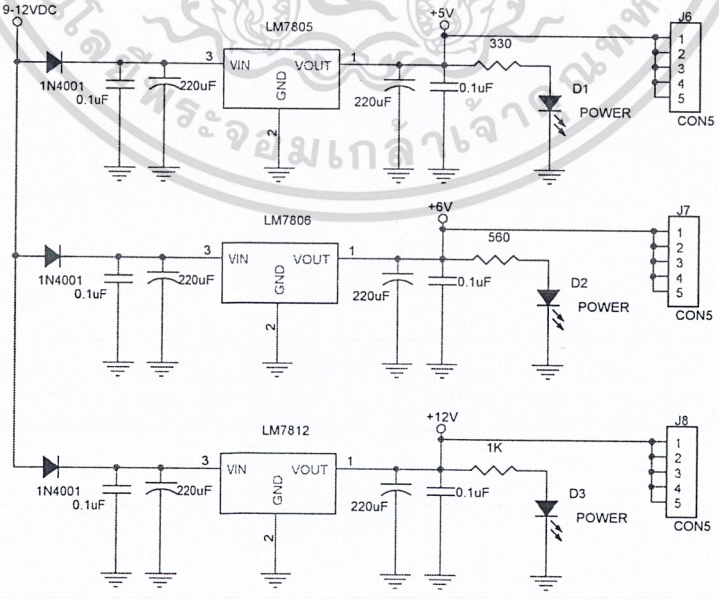
ทำหน้าที่ในการควบคุมการหมุนของบอร์ดกล้องวิดีโอ เพื่อเปลี่ยนทิศในการตรวจรับภาพให้สามารถครอบคลุมพื้นที่ได้มากขึ้น การหมุนจะหมุนเฉพาะในแนวนอนซึ่งได้ใช้ไอซีขับสเต็ปมอเตอร์เบอร์ UCN5804 และใช้สเต็ปมอเตอร์ 1 ตัว การสั่งหมุนในแต่ละครั้งจะทำให้องศาของการหมุนเปลี่ยนแปลงไปประมาณ 16 องศาต่อการหมุน 1 ครั้ง โดยวงจรของบอร์ดสเต็ปมอเตอร์ไดรเวอร์สามารถดูได้จากรูปที่ 3-16



รูปที่ 3-16 วงจรบอร์ดสเต็ปมอเตอร์ไดรเวอร์

3.1.6 ภาคจ่ายไฟ

ทำหน้าที่แปลงระดับแรงดันไฟฟ้าให้อยู่ในระดับ 5, 6 และ 12 โวลต์ เพื่อเป็นแหล่งจ่ายไฟให้แก่บอร์ดวงจรต่างๆ ภายในคาเมร่าบ็อกซ์ โดยวงจรสามารถดูได้จากรูปที่ 3-17



รูปที่ 3-17 วงจรภาคจ่ายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

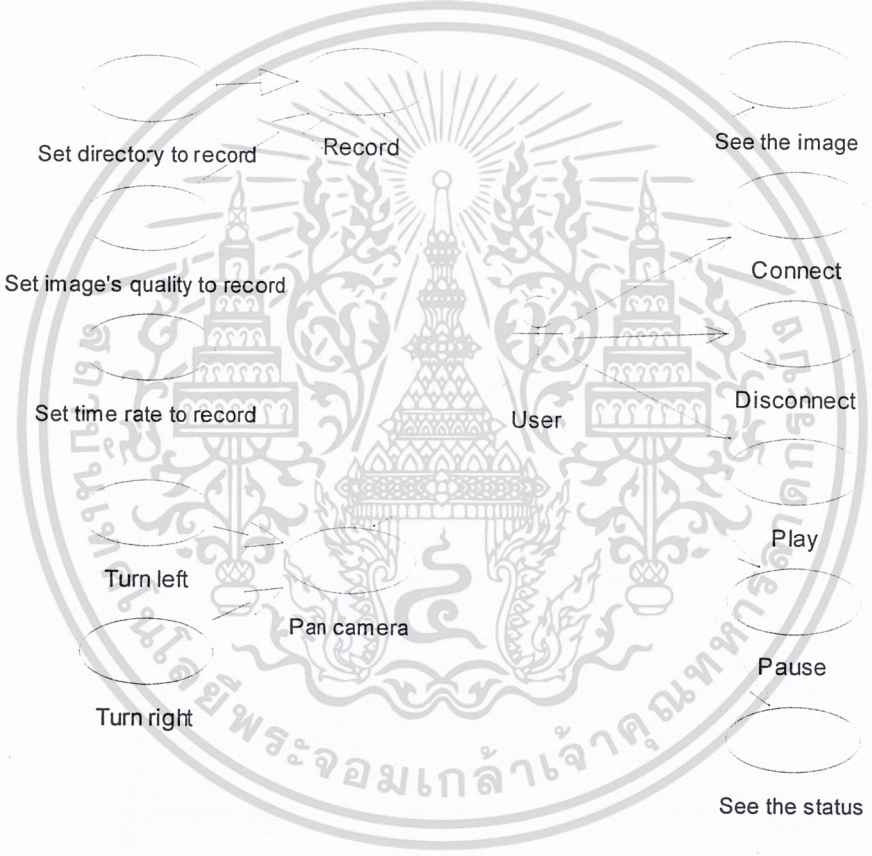
3.2 การออกแบบส่วนซอฟต์แวร์

ในการพัฒนาระบบรักษาความปลอดภัยผ่านกล้องวิดีโอในส่วนซอฟต์แวร์ ได้มีการออกแบบโดยใช้ภาษา UML (Unified Modelling Language) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์และออกแบบระบบโดยการสร้างโมเดลขึ้นมาเพื่อทำการจำลองระบบให้อยู่ในรูปแบบของออบเจ็กต์ และ ความสัมพันธ์ต่างๆ ระหว่างออบเจ็กต์

ในการวิเคราะห์และออกแบบระบบโดยใช้ UML จะประกอบไปด้วยไดอะแกรมต่างๆ ดังนี้

3.2.1 Use Case Diagram

เป็นไดอะแกรมที่แสดงถึงฟังก์ชันการใช้งานหลักๆ ที่ผู้ใช้สามารถใช้งานได้แสดงใน รูปที่ 3-18



รูปที่ 3-18 Use Case Diagram ของระบบรักษาความปลอดภัยผ่านกล้องวิดีโอ

จากรูปฟังก์ชันการทำงานหลักที่สำคัญจะประกอบไปด้วยฟังก์ชันต่างๆ ดังนี้

1. See the image

เป็นฟังก์ชันการดูภาพวิดีโอจากโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์ โดยโปรแกรมจะทำการแสดงภาพหลังจากที่ผู้ใช้ได้ทำการคอนเน็กและกดปุ่ม Play เพื่อสั่งให้คาเมร่าบ็อกซ์เริ่มส่งข้อมูลภาพวิดีโอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Connect

เป็นฟังก์ชันการเชื่อมต่อโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์เข้ากับคาเมร่าบ็อกซ์โดยทำการเชื่อมต่อผ่านบลูทูธโมดูล

3. Disconnect

เป็นฟังก์ชันการยกเลิกการเชื่อมต่อโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์ออกจากคาเมร่าบ็อกซ์

4. Play

เป็นฟังก์ชันในการส่งคำสั่ง Play ไปยังคาเมร่าบ็อกซ์ผ่านบลูทูธโมดูลเพื่อให้คาเมร่าบ็อกซ์ เริ่มทำการส่งข้อมูลภาพวิดีโอมายังโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์

5. Pause

เป็นฟังก์ชันในการส่งคำสั่ง Pause ไปยังคาเมร่าบ็อกซ์ผ่านบลูทูธโมดูล เพื่อให้คาเมร่าบ็อกซ์หยุดทำการส่งข้อมูลภาพวิดีโอมายังโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์ชั่วคราว

6. See the status

เป็นฟังก์ชันในการแสดงสถานะการทำงานต่างๆ ของโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์และ คาเมร่าบ็อกซ์เพื่อให้ผู้ใช้รู้ถึงสถานะการทำงานปัจจุบัน

7. Record

เป็นฟังก์ชันในการบันทึกข้อมูลภาพวิดีโอลงเป็นไฟล์รูปแบบ JPEG โดยภายในฟังก์ชันนี้ยังประกอบด้วยฟังก์ชันย่อยในการกำหนดค่าการบันทึกต่างๆ ดังนี้

- Set directory to record

  เป็นฟังก์ชันในการให้ผู้ใช้กำหนดที่อยู่ไดเรกทอรีที่จะบันทึกข้อมูลภาพวิดีโอ
- Set image's quality to record

  เป็นฟังก์ชันในการให้ผู้ใช้กำหนดคุณภาพของภาพวิดีโอที่จะทำการบันทึก
- Set time rate to record

  เป็นฟังก์ชันในการให้ผู้ใช้กำหนดค่าระยะเวลาในการบันทึกภาพแต่ละภาพ

8. Pan camera

เป็นฟังก์ชันที่ให้ผู้ใช้สามารถสั่งงานควบคุมการหมุนกล้องวิดีโอ โดยสามารถหมุนได้ในทิศทางซ้ายและขวา ทำให้สามารถรับภาพในพื้นที่ที่กว้างมากขึ้น

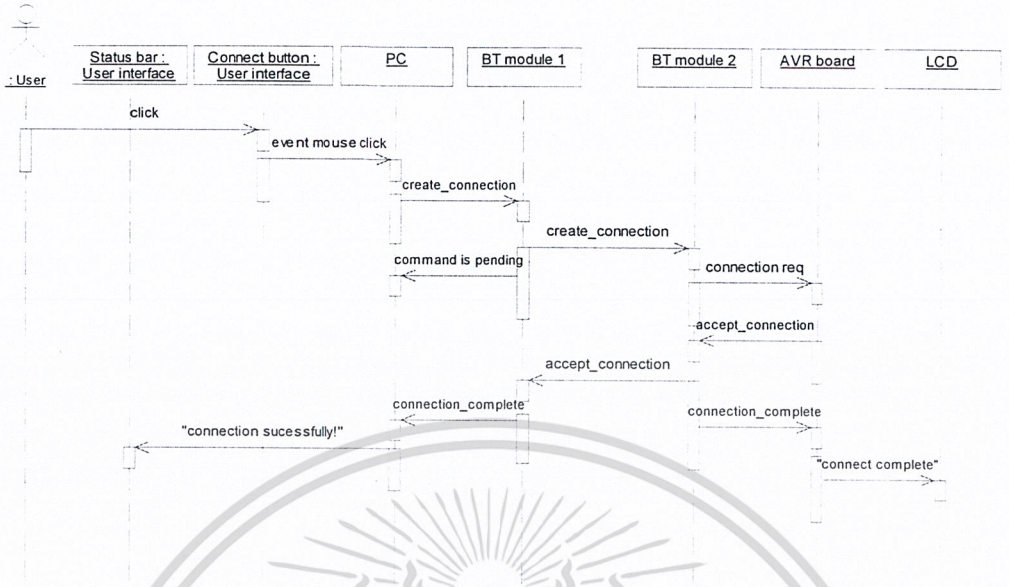
3.2.2 Scenario

เป็นไดอะแกรมที่ทำการจำลองสถานะการณ์การทำงานต่างๆ ของระบบ เพื่อแสดงให้เห็นถึงการทำงานที่เป็นลำดับขั้นตอนและการทำงานร่วมกันของออบเจ็กต์ต่างๆ ในระบบ

3.2.2.1 Sequence Diagram แสดงการ Connect

เป็นการจำลองสถานะการณ์การเชื่อมต่อโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์ผ่านบลูทูธโมดูลไปยังคาเมร่าบ็อกซ์เพื่อพร้อมในการรับข้อมูลภาพมาแสดง แสดงในรูปที่ 3-19

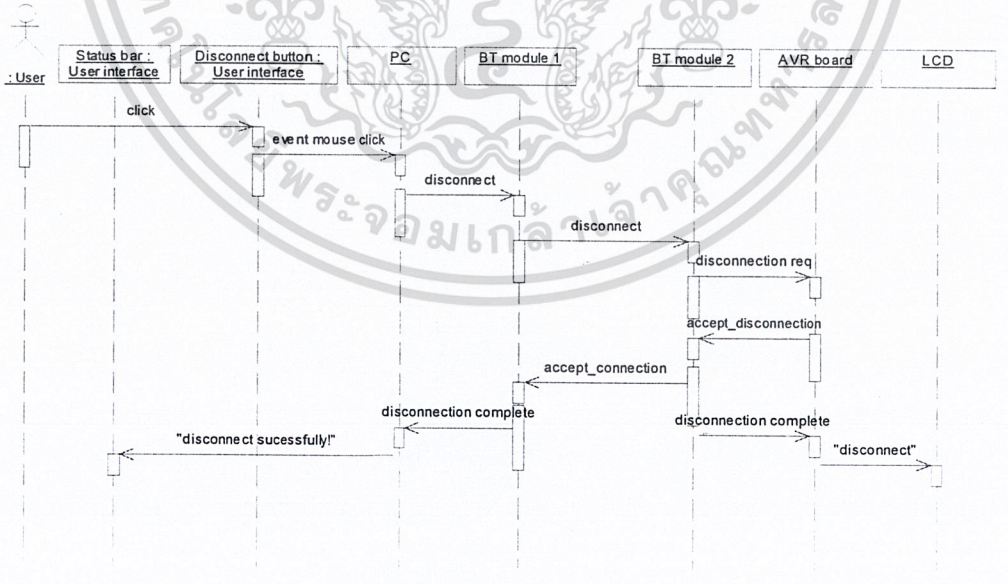
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-19 Sequence Diagram แสดงการ Connect

3.2.2.2 Sequence Diagram แสดงการ Disconnect

เป็นการจำลองสถานะการณ์การยกเลิกการเชื่อมต่อโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์ออกจากคาเมร่าบ็อกซ์เมื่อเลิกการใช้งานระบบ โดยสามารถทำงานตาม sequence diagram ดังกล่าว หรือ สามารถทำการปิดโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์และปิดเครื่องคาเมร่าบ็อกซ์ได้เช่นกัน แสดงในรูปที่ 3-20

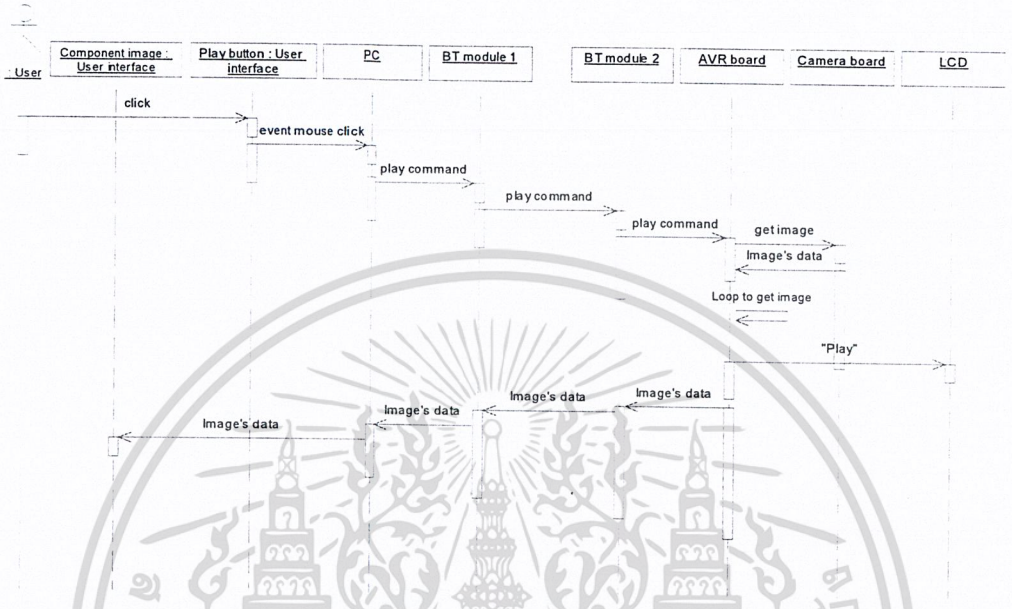


รูปที่ 3-20 Sequence Diagram แสดงการ Disconnect

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2.3 Sequence Diagram แสดงการสั่ง Play

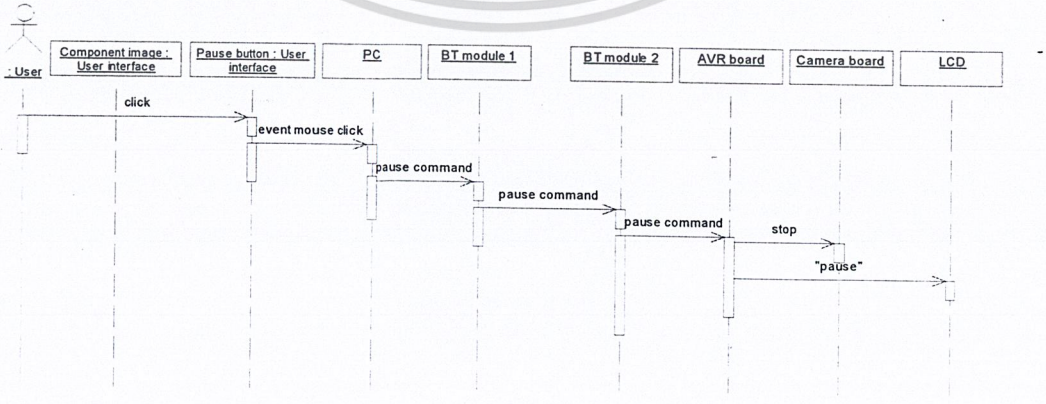
เป็นการจำลองสถานะการณ์การสั่งงานผ่านบลูทูธโมดูลให้คาเมร่าบ็อกซ์ทำการส่งข้อมูลภาพวิดีโอผ่านบลูทูธโมดูลมายังโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์เพื่อแสดงภาพวิดีโอเหล่านั้นบนโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์ แสดงในรูปที่ 3-21



รูปที่ 3-21 Sequence Diagram แสดงการสั่ง Play

3.2.2.4 Sequence Diagram แสดงการสั่ง Pause

เป็นการจำลองสถานะการณ์การสั่งงานผ่านบลูทูธโมดูลให้คาเมร่าบ็อกซ์ทำการหยุดส่งข้อมูลภาพวิดีโอผ่านบลูทูธโมดูลมายังโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์ชั่วคราว เพื่อหยุดแสดงภาพวิดีโอเหล่านั้นชั่วคราว แสดงในรูปที่ 3-22

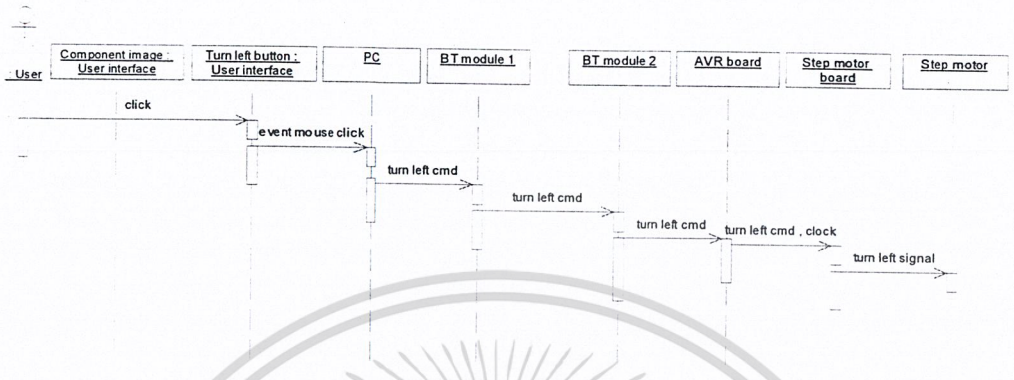


รูปที่ 3-22 Sequence Diagram แสดงการสั่ง Pause

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2.5 Sequence Diagram แสดงการสั่ง Turn Left

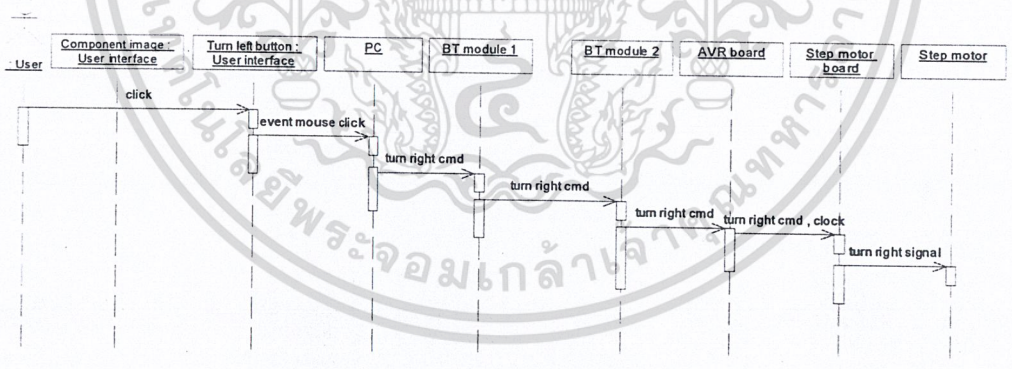
เป็นการจำลองสถานะการณ์การสั่งงานผ่านบลูทูธโมดูลให้คาเมร่าบ็อกซ์ทำการหมุนบอร์ดกล้องวิดีโอไปทางซ้ายมือ เพื่อทำการตรวจรับภาพจากพื้นที่ทางด้านซ้ายมือ แสดงในรูปที่ 3-23



รูปที่ 3-23 Sequence Diagram แสดงการสั่ง Turn Left

3.2.2.6 Sequence Diagram แสดงการสั่ง Turn Right

เป็นการจำลองสถานะการณ์การสั่งงานผ่านบลูทูธโมดูลให้คาเมร่าบ็อกซ์ทำการหมุนบอร์ดกล้องวิดีโอไปทางขวามือ เพื่อทำการตรวจรับภาพจากพื้นที่ทางด้านขวามือแสดงในรูปที่ 3-24

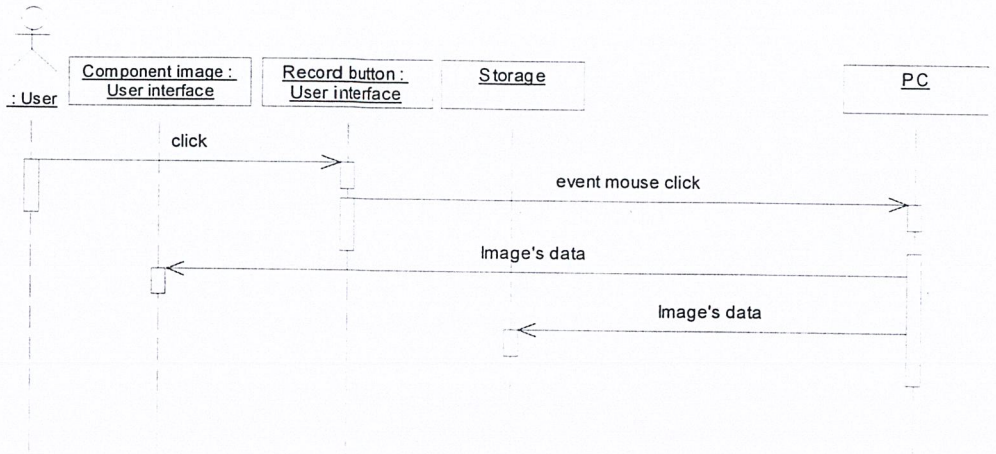


รูปที่ 3-24 Sequence Diagram แสดงการสั่ง Turn Right

3.2.2.7 Sequence Diagram แสดงการสั่ง Record

เป็นการจำลองสถานะการณ์การสั่งงานให้โปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์เริ่มทำการบันทึกภาพวิดีโอที่แสดงอยู่ลงในไฟล์บนดิสก์ โดยจะบันทึกตามไดเรกทอรีคุณภาพของภาพและตามอัตราเวลาที่ได้กำหนดไว้ในส่วนของการกำหนดค่า (Setting) โดยการบันทึกจะเป็นรูปแบบ JPEG แสดงในรูปที่ 3-25

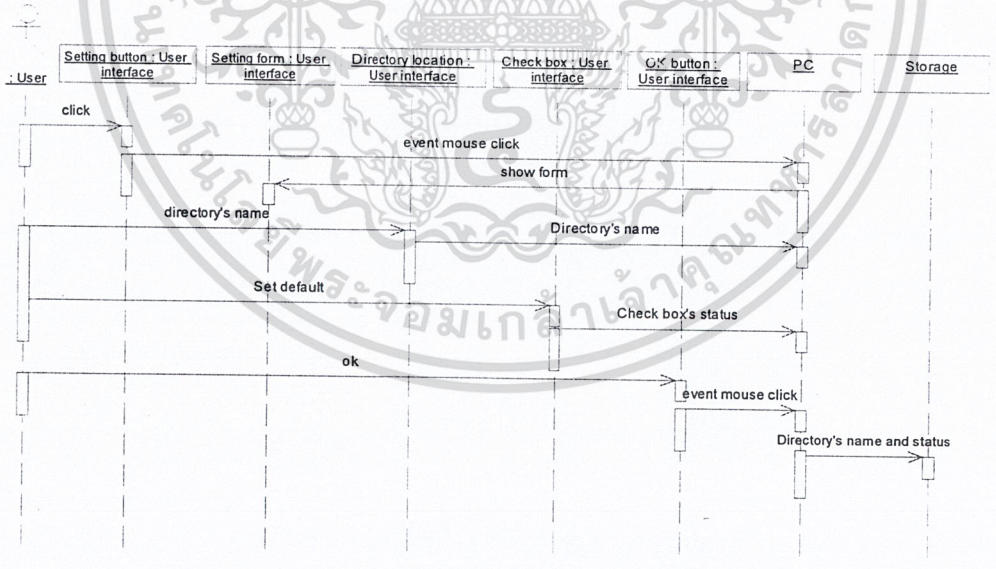
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-25 Sequence Diagram แสดงการสั่ง Record

3.2.2.8 Sequence Diagram แสดงการสั่ง Set directory

เป็นการจำลองสถานะการณ์การการตั้งค่าไดเรกทรอรีที่จะใช้ในการบันทึกภาพวิดีโอลงในดิสก์ โดยสามารถเลือกไดเรกทอรีที่มีอยู่แล้วหรือจะสร้างไดเรกทรอรีขึ้นมาใหม่ และยังสามารถเลือกให้ไดเรกทอรีนั้นเป็นไดเรกทอรี (defauld directory) ที่ใช้ตลอดหรือไม่ แสดงในรูปที่ 3-26

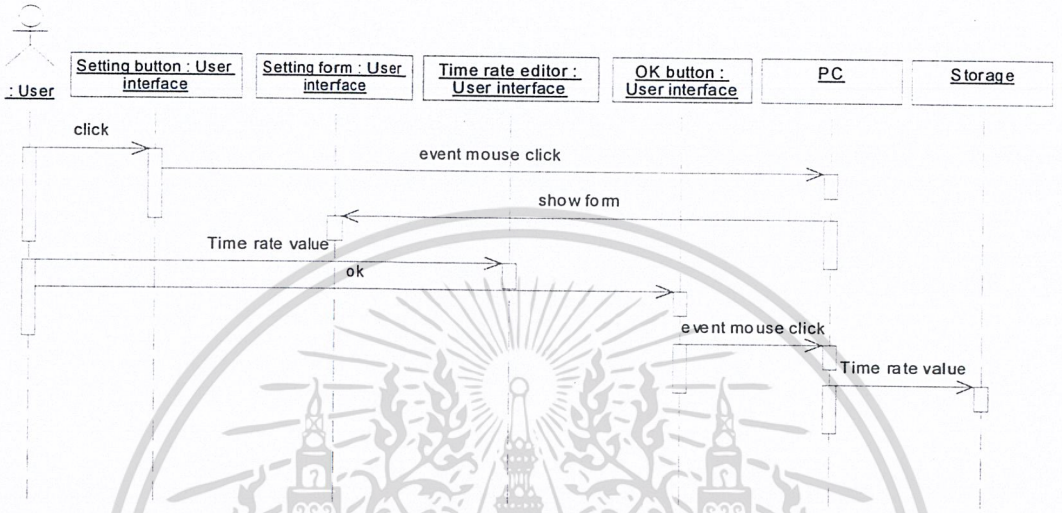


รูปที่ 3-26 Sequence Diagram แสดงการสั่ง Set Directory

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2.9 Sequence Diagram แสดงการสั่งกำหนดค่า Time rate

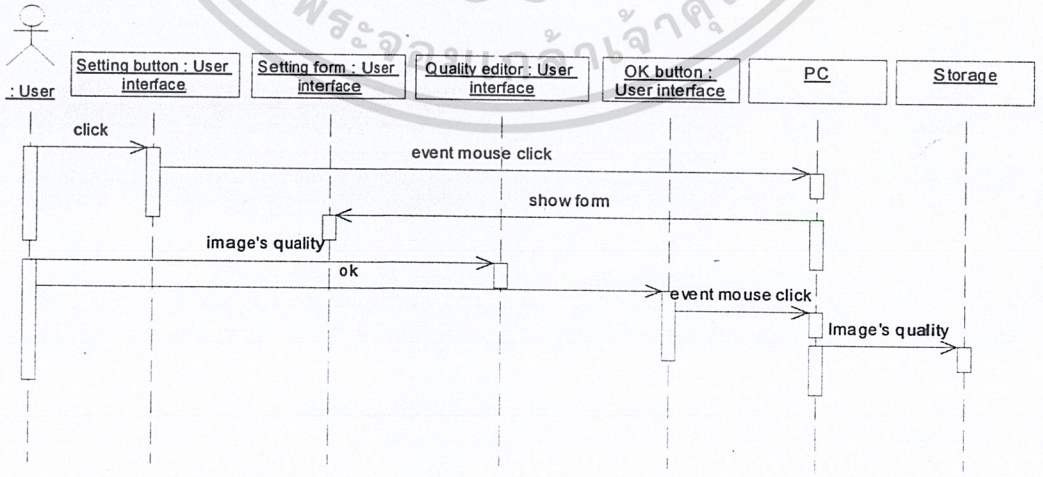
เป็นการจำลองสถานะการณ์การการตั้งค่าอัตราเวลาในการบันทึกภาพวิดีโอในแต่ละเฟรม ว่าจะให้มีช่วงเวลาการบันทึกห่างกันเป็นเวลาเท่าใด ซึ่งค่าต่ำสุดที่สามารถตั้งได้คือค่าความเร็วสูงสุดในการส่งข้อมูลภาพจากคาเมร่าบ็อกซ์ ไปยังโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์ แสดงในรูปที่ 3-27



รูปที่ 3-27 Sequence Diagram แสดงการสั่งกำหนดค่า Time rate

3.2.2.10 Sequence Diagram แสดงการตั้งค่า Image's quality

เป็นการจำลองสถานะการณ์การการตั้งค่าคุณภาพของภาพวิดีโอที่ทำการบันทึกลงในดิสก์โดยสามารถเลือกเป็นค่าเปอร์เซ็นต์ของการบันทึกภาพในรูปแบบ JPEG แสดงในรูปที่ 3-28



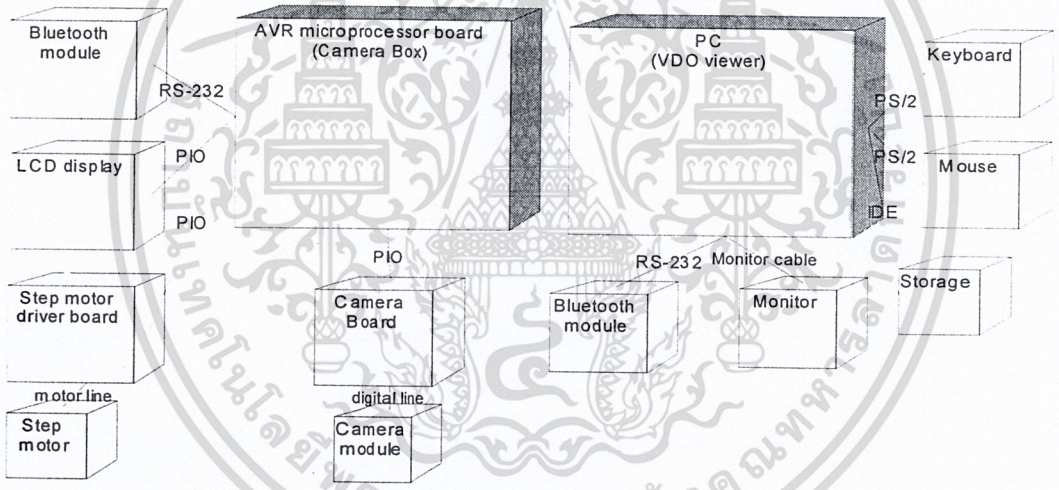
รูปที่ 3-28 Sequence Diagram แสดงการตั้งค่า Image's quality

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 Architectural design

เป็นการแสดงการออกแบบในระดับสถาปัตยกรรมโดยจะใช้ Deployment diagram มาทำการอธิบายโดยจะอธิบายในเชิงความสัมพันธ์ของโหนดอุปกรณ์ต่างๆ ภายในระบบและรูปแบบการสื่อสารที่ใช้ระหว่างคอมโพเน็นต์ ดังแสดงในรูปที่ 3-29 ในระบบนี้แบ่งโหนดอุปกรณ์ต่างๆ เป็นสองส่วนคือส่วนคาเมร่าบ็อกซ์และวิดีโอวิวเวอร์ในส่วนของคาเมร่าบ็อกซ์จะประกอบด้วยโหนดอุปกรณ์ต่างๆ ดังนี้

- บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์
- บลูทูธโมดูล
- จอแสดงผลแอลซีดี
- บอร์ดสเต็ปมอเตอร์ไดรเวอร์
- สเต็ปมอเตอร์
- บอร์ดกล้องวิดีโอ
- โมดูลกล้องวิดีโอซีมอส



รูปที่ 3-29 Architectural design

ส่วนของโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์ซึ่งทำงานอยู่บนเครื่องคอมพิวเตอร์จะประกอบด้วยโหนดอุปกรณ์ต่างๆ ดังนี้

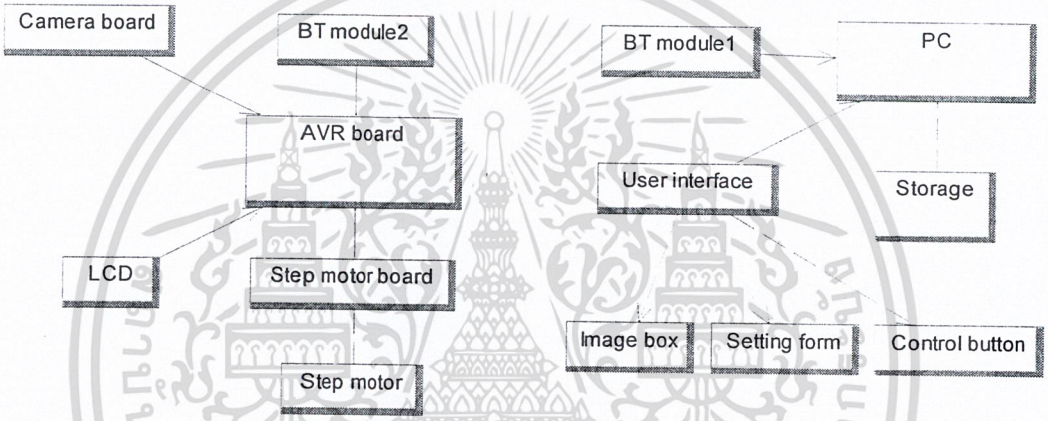
- พีซี
- บลูทูธโมดูล
- จอมอนิเตอร์
- สตอเรจ
- เมาส์
- คีย์บอร์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 Object Diagram

เป็นไดอะแกรมที่แสดงออบเจ็กต์ต่างๆ ที่มีอยู่ในระบบรักษาความปลอดภัยผ่านกล้องวิดีโอ โดยจะประกอบไปด้วยออบเจ็กต์ทางด้านของส่วนคาเมร่าบ็อกซ์และส่วนโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์อีกทั้งยังแสดงถึงความสัมพันธ์ของออบเจ็กต์แต่ละออบเจ็กต์ แสดงในรูปที่ 3-30

ออบเจ็กต์ต่างๆ ที่แสดงอยู่ภายในไดอะแกรมนี้ส่วนหนึ่งจะเป็นส่วนประทางด้านฮาร์ดแวร์ซึ่งได้ทำการอธิบายไว้แล้วในการออกแบบส่วนฮาร์ดแวร์ ส่วนออบเจ็กต์ในส่วนของซอฟต์แวร์จะเป็นออบเจ็กต์ของโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์ซึ่งประกอบด้วยออบเจ็กต์บลูทูธโมดูล ออบเจ็กต์สตอเรจ ออบเจ็กต์ทางด้านการอินเทอร์เฟซกับผู้ใช้งาน ซึ่งเป็นออบเจ็กต์ของวินโดว์ ที่สามารถกำหนดได้จากการเขียนโปรแกรมในลักษณะ Visual



รูปที่ 3-30 Object Diagram

3.2.5 Class Diagram

เป็นไดอะแกรมแสดงคลาสต่างๆ ที่จะนำมาใช้ในการพัฒนาโปรแกรมทั้งในส่วนคาเมร่าบ็อกซ์และ โปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์แสดงใน รูปที่ 3-31 ซึ่งคลาสต่างๆ ได้แสดงเป็นคลาสยูทิลิตี้ โดยไดอะแกรมนี้ได้แสดงถึงความสัมพันธ์ของคลาสต่างๆ โดยสามารถแยกความสัมพันธ์ของคลาสออกเป็นสองส่วนด้วยกัน คือส่วนที่ทำงานอยู่ในคาเมร่าบ็อกซ์และส่วนโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์ซึ่งในส่วนของคาเมร่าบ็อกซ์จะประกอบด้วยคลาสต่างๆ ดังนี้

- คลาส Camera board

เป็นคลาสที่ประกอบด้วยแอตทริบิวต์และฟังก์ชันการทำงานทางด้านการอินเทอร์เฟซกับ Camera bozrd

- คลาส AVR board

เป็นคลาสที่ประกอบด้วยแอตทริบิวต์และฟังก์ชันการทำงานของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งเป็นตัวหลักที่ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานคาเมร่าบ็อกซ์ทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

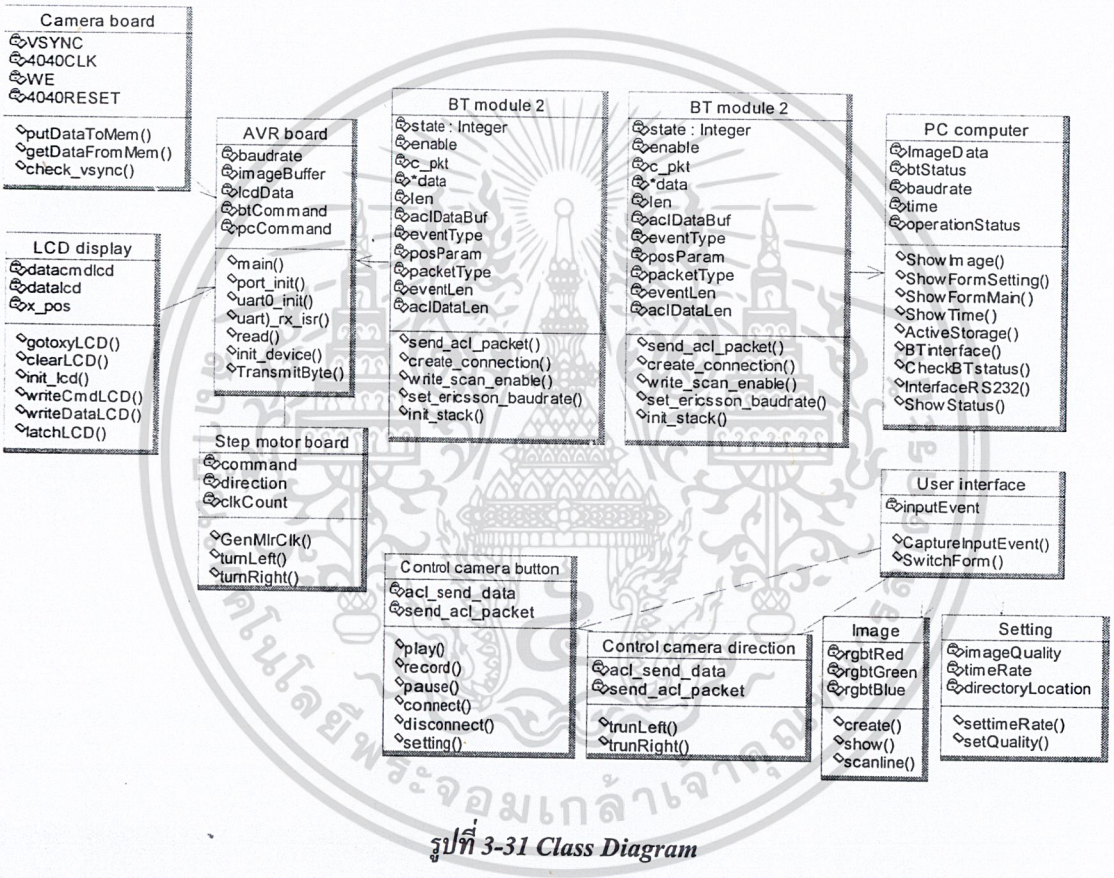
- คลาส BT module2

เป็นคลาสที่ประกอบด้วยแอตทริบิวต์และฟังก์ชันการทำงานทางด้านการอินเทอร์เฟซกับบลูทูธโมดูล โดยทำหน้าที่ในการเชื่อมต่อระหว่างบลูทูธทั้งสองโมดูล (ที่บอร์ดกล้องวิดีโอและที่วิดีโอวิวเวอร์) และการรับส่งข้อมูล

- คลาส LCD display

เป็นคลาสที่ประกอบด้วยแอตทริบิวต์และฟังก์ชันการทำงานทางด้านการอินเทอร์เฟซกับจอแอลซีดี เพื่อทำหน้าที่ในการแสดงสถานะการทำงานของคาเมร่าบ็อกซ์

ในส่วนคลาสที่อยู่ภายในโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์ประกอบด้วย



รูปที่ 3-31 Class Diagram

3.2.6 State Diagram

เป็นไดอะแกรมที่แสดงลำดับสถานะการทำงานของโปรแกรมในส่วนต่างๆ ซึ่งเป็นส่วนของคาเมร่าบ็อกซ์และโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์ซึ่งได้รวบรวมอธิบายในหนึ่งไดอะแกรมและแยกบางไดอะแกรมอธิบายเพื่อให้งานแก่การทำความเข้าใจโดยประกอบด้วยไดอะแกรมดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.6.1 State Diagram ของคาเมร่าบ็อกซ์

เป็นลำดับการทำงานภายในคาเมร่าบ็อกซ์แสดงในรูปที่ 3-32 โดยประกอบจากสถานะการทำงานย่อยๆ ดังนี้

- Initial state

เป็นลำดับการทำงานในการกำหนดค่าการทำงานเริ่มต้นของคาเมร่าบ็อกซ์ซึ่งหลังจากสเตทนี้แล้วคาเมร่าบ็อกซ์จะอยู่ในสถานะไอเดิล เพื่อรอให้โปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์สร้างคอนเน็กชันมายังคาเมร่าบ็อกซ์เพื่อทำการรับข้อมูลภาพจากคาเมร่าบ็อกซ์ต่อไป

- Translate event state

เป็นลำดับการแปลความหมายของอีเวนต์แพ็กเกจของการอินเทอร์เฟซกับบลูทูธโมดูล โดยความหมายที่ได้จะนำไปใช้ในการทำงานต่างๆ ตามที่ได้กำหนดไว้เช่น อีเวนต์ Connection_complete event เป็นอีเวนต์ที่แสดงว่าการสร้างคอนเน็กชันนั้นเรียบร้อยแล้ว

- Translate command from โปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์

เป็นลำดับการแปลความหมายของแพ็กเกจข้อมูลที่เป็นคำสั่งที่ส่งมาจากโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์ผ่านบลูทูธโมดูลมาให้คาเมร่าบ็อกซ์โดยคำสั่งที่ได้จะนำไปใช้ในการควบคุมการทำงานของคาเมร่าบ็อกซ์ เช่น คำสั่งให้หมุนกล้องทางขวา เป็นต้น

- Show status on LCD

เป็นลำดับการทำงานเพื่อแสดงผลการทำงานบนจอแอลซีดี

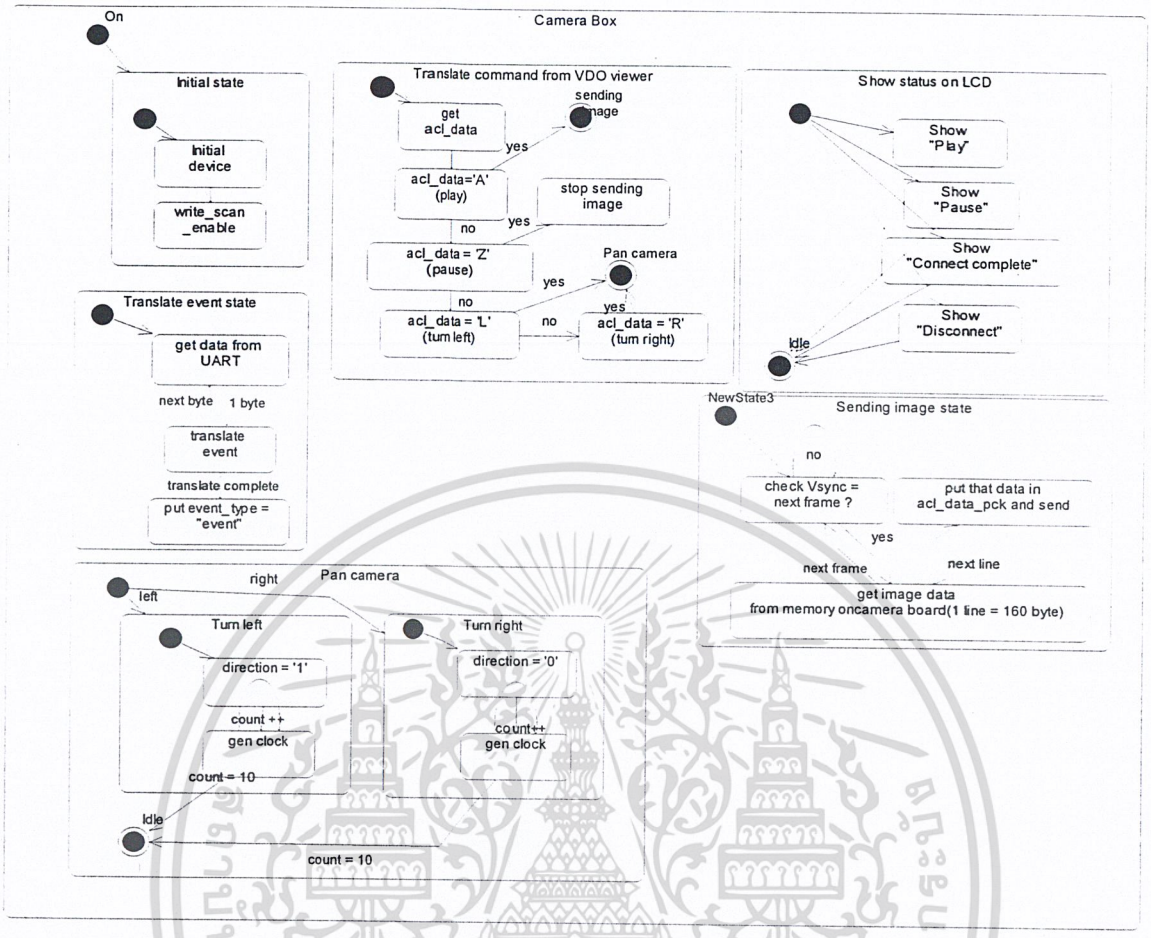
- Sending image

เป็นลำดับการทำงานเพื่อทำการดึงข้อมูลจากบอร์ดกล้องวิดีโอจากนั้นจึงทำการส่งข้อมูลภาพวิดีโอที่ได้ผ่านบลูทูธโมดูลไปยังโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์โดยการส่งแต่ละครั้งจะมีการเช็คที่สัญญาณ Vsync ว่ามีการใส่ข้อมูลลงหน่วยความจำเรียบร้อยหรือยัง จึงทำงานตามลำดับต่อไป

- Pan camera

เป็นลำดับการทำงานในการควบคุมการหมุนกล้องวิดีโอ โดยเป็นสั่งงานจากบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ไปยังบอร์ดสเต็ปมอเตอร์ไดรเวอร์ซึ่งการควบคุมการหมุนจะได้รับคำสั่งจากโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์จากนั้นจึงทำงานตามลำดับต่างๆ โดยการหมุนแต่ละครั้งจะหมุนประมาณ 16 องศา โดยจะมีตัวนับเป็นตัวนับจำนวนสเต็ปที่ทำการหมุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



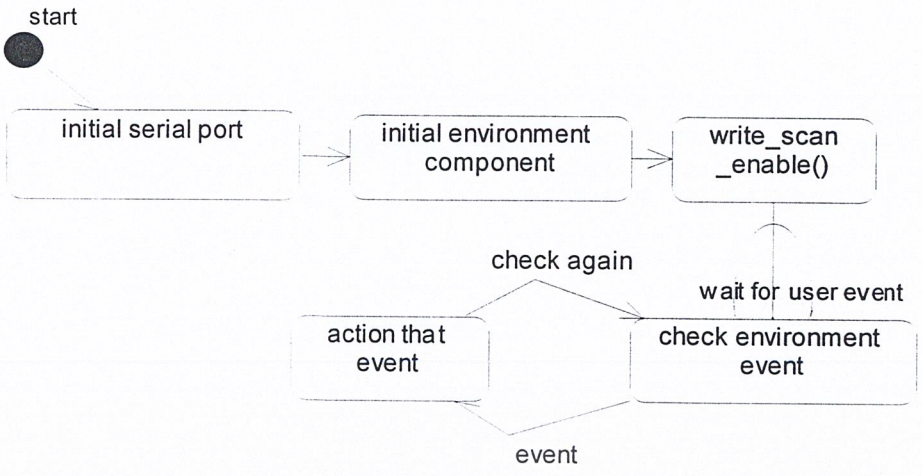
รูปที่ 3-32 State Diagram ของคาเมร่าบ็อกซ์

State Diagram ที่เป็นส่วนประกอบการทำงานของโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์ได้มีการแยกแยะอธิบายออกเป็นส่วนๆ ดังนี้

3.2.6.2 Initial state ของโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์

เป็นลำดับการทำงานเริ่มต้นไม่ว่าจะเป็นการเซตค่าเริ่มต้นให้อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ เช่น serial port บลูทูธโมดูล เป็นต้น และการทำงานของโปรแกรมเริ่มต้นต่างๆ เช่น การกำหนดค่าตัวแปร การกำหนดสภาพแวดล้อมต่างๆ ของโปรแกรม เป็นต้น การทำงานเหล่านี้จะทำงานก่อนที่จะมีการติดต่อกับผู้ใช้ในสเตทนี้ยังมีสเตทในการตรวจจับอีเวนต์ที่เกิดจากการกระทำต่างๆ ของผู้ใช้ (รูปที่ 3-33)

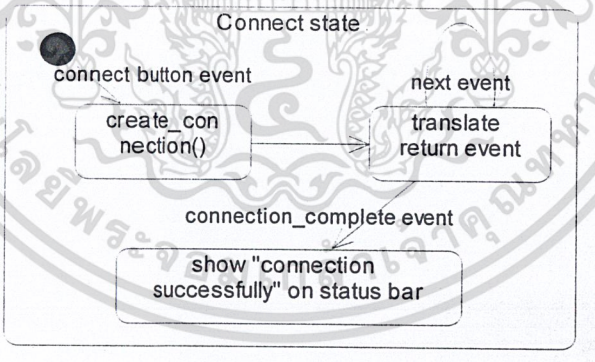
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-33 Initial state ของโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์

3.2.6.3 Connect state ของโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์

เป็นลำดับการทำงานในการสร้างคอนเน็กชันของบลูทูธโมดูลไปยังบลูทูธโมดูลของคาเมร่าบ็อกซ์ เพื่อให้คาเมร่าบ็อกซ์สามารถพร้อมที่จะส่งข้อมูลภาพวิดีโอได้ในสเตทนี้จะมีการเรียกฟังก์ชัน create_connection() เพื่อทำการสร้างคอนเน็กชัน เมื่อการสร้างคอนเน็กชันสำเร็จจะมีการแสดงสถานะข้อความเพื่อให้ผู้ใช้รู้ (รูปที่ 3-34)

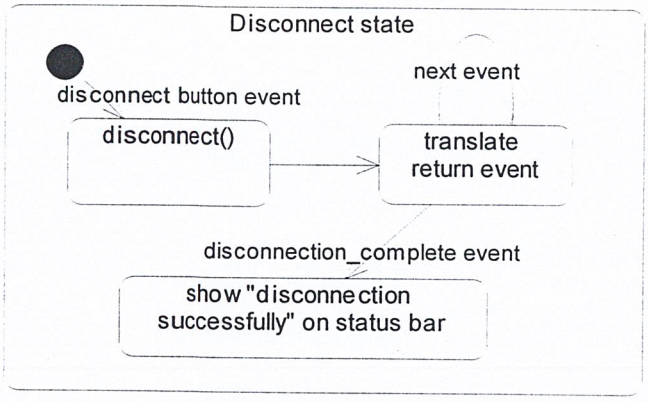


รูปที่ 3-34 Connect state ของโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์

3.2.6.4 Disconnect state ของโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์

เป็นลำดับการทำงานในการยกเลิกคอนเน็กชันของบลูทูธโมดูลทั้งสอง เพื่อทำการยกเลิกการทำงานของระบบและคาเมร่าบ็อกซ์ก็จะหยุดส่งข้อมูลภาพวิดีโอ เมื่อการยกเลิกคอนเน็กชันสำเร็จจะมีการแสดงสถานะข้อความเพื่อให้ผู้ใช้รู้ (รูปที่ 3-35)

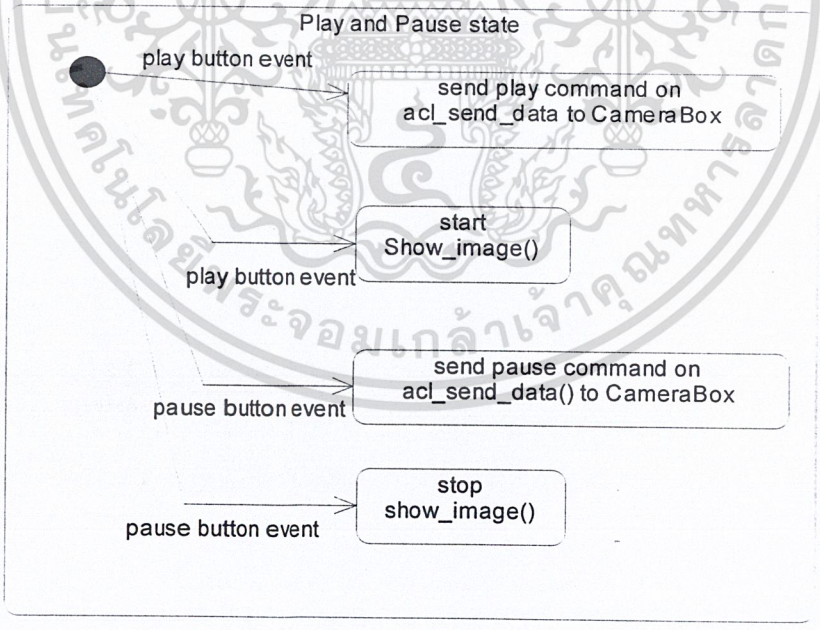
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-35 Disconnect state ของโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์

3.2.6.5 Play and Pause state ของโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์

เป็นลำดับการทำงานเมื่อผู้ใช้สั่งงานให้โปรแกรมทำการเริ่มส่งข้อมูลภาพ (Play) หรือหยุดส่งข้อมูลภาพชั่วคราว (Pause) แสดงในรูปที่ 3-36 โดยในแต่ละสเตทจะมีการสั่งงานในเริ่มแสดงภาพ (start show_image()) หรือ หยุดแสดงภาพ (stop show_image()) อีกทั้งมีการส่งคำสั่งการควบคุมดังกล่าวไปยังคาเมร่าบ็อกซ์ผ่านบลูทูธโมดูล เพื่อให้คาเมร่าบ็อกซ์ส่งข้อมูลภาพหรือไม่ส่งข้อมูลภาพ

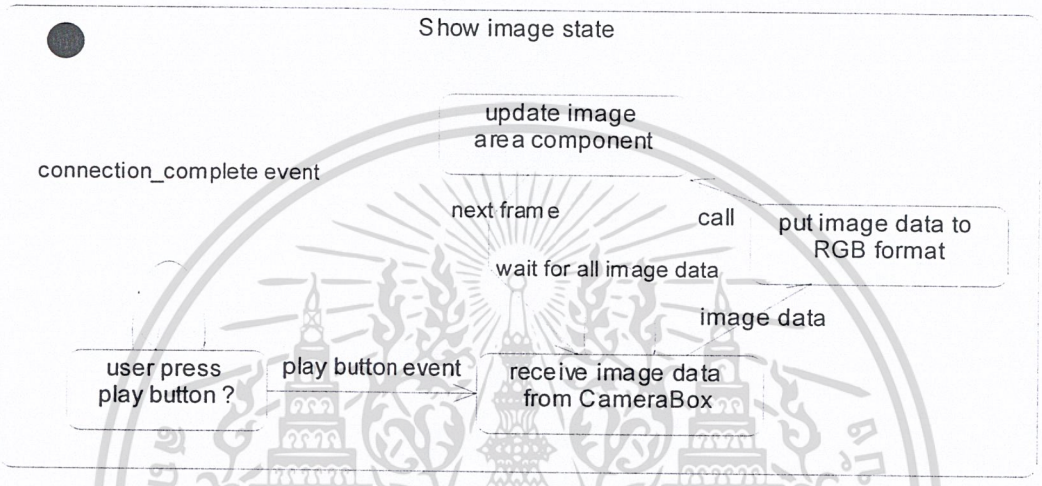


รูปที่ 3-36 Play and Pause state ของโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.6.6 Show image state ของโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์

เป็นลำดับการทำงานการแสดงภาพวิดีโอบนโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์โดยจะทำงานหลังจากที่การสร้างคอนเน็กชันเสร็จเรียบร้อยแล้วและทำการเช็คว่าผู้ใช้ได้กดปุ่ม play หรือยัง เมื่อปุ่ม play ถูกกดแล้วคาเมร่าบ็อกซ์จะทำการส่งข้อมูลภาพวิดีโอมาให้โปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์จากนั้นโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์จะนำข้อมูลภาพที่ได้มาแมปลงในออบเจ็กต์ภาพ RGB และทำการอัพเดตออกเจ็กต์อิมเมจเพื่อทำการแสดงภาพวิดีโอในปัจจุบัน โดยจะอัพเดตตลอดทุกครั้งที่มีการรับข้อมูลภาพเข้ามา (รูปที่3-37)



รูปที่ 3-37 Show image state ของโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์

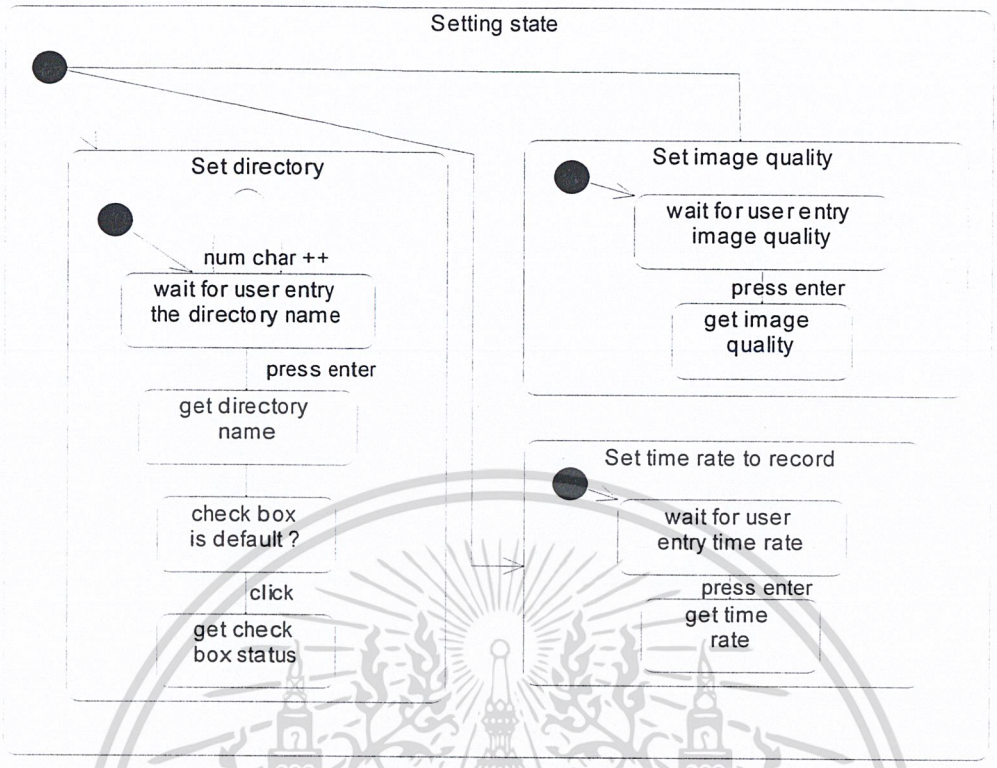
3.2.6.7 Setting state ของโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์

เป็นลำดับการทำงานในการกำหนดค่าต่างๆ ในการบันทึกภาพวิดีโอลงในไฟล์ โดยมีการกำหนดค่าดังนี้

- กำหนดไดเรกทอรีที่ใช้บันทึกภาพ
- กำหนดคุณภาพของภาพวิดีโอที่บันทึก
- กำหนดอัตราเวลาในการบันทึก

โดยจะทำงานโดยการรอรับค่าอินพุตต่างๆ จากผู้ใช้ แล้วรอให้ผู้ใช้ยืนยันค่าโดยการกดปุ่ม Enter ซึ่งค่าการกำหนดเหล่านี้จะนำไปใช้ในสเตทการบันทึกภาพอีกที (รูปที่ 3-38)

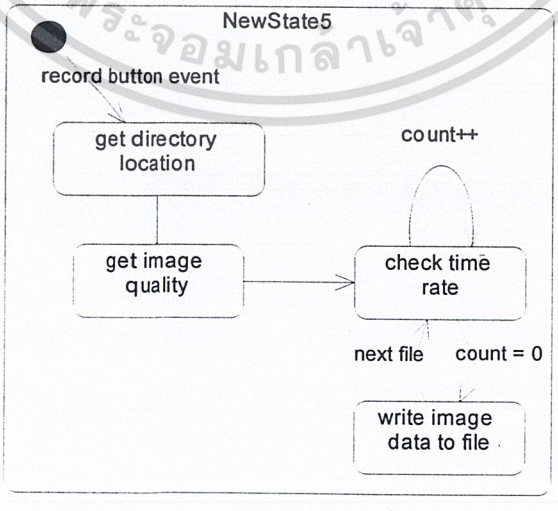
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-38 Setting state ของโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์

3.2.6.8 Record state ของโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์

เป็นลำดับการทำงานในการบันทึกภาพวิดีโอเป็นไฟล์รูปแบบ JPEG ลงในดิสก์ โดยจะทำการบันทึกโดยการนำเอาค่าคุณสมบัติต่างๆ ที่ได้กำหนดในสเตท Setting มาใช้ โดยจะมีการวนลูปทำการบันทึกตามค่าอัตราเวลา และบันทึกในคุณภาพที่ได้กำหนดไว้ ในไดเรกทอรีที่กำหนด (รูปที่ 3-39)



รูปที่ 3-39 Record state ของโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การทดสอบและผลการทดสอบ

เนื้อหาในบทนี้เป็นการทดสอบเพื่อประเมินผลโครงงาน ว่าสามารถบรรลุวัตถุประสงค์ของโครงงานที่ได้ตั้งไว้ได้หรือไม่ โดยได้มีการตั้งวัตถุประสงค์ของการทดสอบดังนี้

วัตถุประสงค์การทดสอบ

1. เพื่อให้สามารถทำงานได้ตามที่ได้สร้างและออกแบบไว้
2. เพื่อแสดงถึงการนำเทคโนโลยีบลูทูธและกล้องวิดีโอซีมอสสามารถนำมาทำงานได้
3. เพื่อแสดงถึงการนำโครงงานนี้ไปใช้งานได้จริง

ในการทดสอบโครงงานนี้จะแบ่งการทดสอบออกเป็นสองส่วนคือ การทดสอบการทำงานของระบบ และการทดสอบการใช้งานของระบบ

4.1 การทดสอบการทำงานของระบบ

เป็นการทดสอบเพื่อแสดงให้เห็นว่าระบบนี้สามารถทำงานได้ตามที่ได้ออกแบบไว้หรือไม่ โดยแยกหัวข้อการทดสอบและผลการทดสอบดังตารางด้านล่าง

ตารางที่ 4-1 ผลการทดสอบการทำงานของระบบ

การทดสอบ	ผลการทดสอบ
การเชื่อมต่อระหว่างคาเมร่าบ็อกซ์และโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์	สามารถทำการ connect และ disconnect ได้
ควบคุมทิศทางกล้อง	สามารถควบคุมได้ในขณะที่ Pause เท่านั้น
คุณภาพของภาพและขนาดพื้นที่แสดงภาพ	ภาพมีความคมชัด มีจุดผิดพลาดในภาพอยู่เล็กน้อย พื้นที่การแสดงภาพตรงตามที่กำหนด พื้นที่การรับภาพน้อยไป
การบีบอัดข้อมูลภาพก่อนบันทึก	สามารถบีบอัดเป็นรูปแบบ JPEG และกำหนดคุณภาพการบีบอัดได้
การกำหนดค่าต่างๆ ที่โปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์	สามารถกำหนดค่าการทำงานได้
อัตราเวลาในการแสดงภาพ	สามารถกำหนดอัตราเวลาในการแสดงภาพได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายละเอียดของการทดสอบการทำงานในแต่ละหัวข้อจะได้อธิบายดังต่อไปนี้

- **ทดสอบการเชื่อมต่อระหว่างคาเมร่าบ็อกซ์และโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์**

การทดสอบการเชื่อมต่อระหว่างคาเมร่าบ็อกซ์และโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์เป็นการทดสอบเพื่อตรวจสอบว่าระหว่างคาเมร่าบ็อกซ์และโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์สามารถเชื่อมต่อและยกเลิกการเชื่อมต่อกันได้หรือไม่ ซึ่งสามารถดูสถานะการเชื่อมต่อได้จากจอแสดงผลแอลซีดีในส่วนของคาเมร่าบ็อกซ์และจากสตาตัสบาร์ในส่วนของโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์

ทำการทดสอบโดยเมื่อเปิดสวิตช์เพาเวอร์ของคาเมร่าบ็อกซ์ที่จอแสดงผลแอลซีดีจะปรากฏข้อความ “Ready” จากนั้นสักครู่จะปรากฏข้อความ “Waiting for connect” แสดงว่าคาเมร่าบ็อกซ์พร้อมที่จะทำการติดต่อกับวิดีโอวิวเวอร์แล้วกดปุ่ม Connect ที่โปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์ก็จะเป็นการเชื่อมต่อไปยังคาเมร่าบ็อกซ์ ถ้าเชื่อมต่อได้แล้วที่สตาตัสบาร์โปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์จะปรากฏข้อความ “Connection successfully” และที่จอแสดงผลแอลซีดีของคาเมร่าบ็อกซ์จะปรากฏข้อความ “Connect Complete”

ถ้าต้องการยกเลิกการเชื่อมต่อสามารถทำได้โดยการกดปุ่ม Disconnect เพื่อยกเลิกการติดต่อ ผลการทดสอบปรากฏว่าเมื่อกดปุ่ม Disconnect ที่โปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์ แล้วสามารถยกเลิกการติดต่อระหว่าง คาเมร่าบ็อกซ์กับโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์ โดยที่จอแสดงผลแอลซีดีของคาเมร่าบ็อกซ์จะปรากฏข้อความ “Disconnect” ส่วนที่สตาตัสบาร์ของโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์จะปรากฏข้อความ “Disconnect successfully” เป็นการบอกให้ทราบว่าทั้งคาเมร่าบ็อกซ์และวิดีโอวิวเวอร์ได้ยกเลิกการติดต่อกันเป็นที่เรียบร้อยแล้ว

ผลการทดสอบปรากฏว่าทั้งคาเมร่าบ็อกซ์และโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์สามารถทำการเชื่อมต่อและยกเลิกการเชื่อมต่อกันได้

- **ทดสอบการควบคุมทิศทางกล้อง**

เป็นการทดสอบว่าโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์สามารถสั่งงานควบคุมทิศทางของคาเมร่าบ็อกซ์ได้หรือไม่

การทดสอบเริ่มจากเมื่อโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์เชื่อมต่อกับคาเมร่าบ็อกซ์เรียบร้อยแล้ว จากนั้นกดปุ่มที่ใช้ในการควบคุมทิศทางของคาเมร่าบ็อกซ์ให้หมุนทางซ้ายและขวา ซึ่งจะหมุนเป็นสเต็ปๆ ละประมาณ 16 องศา โดยขอบเขตองศาการหมุนประมาณ 180 องศา

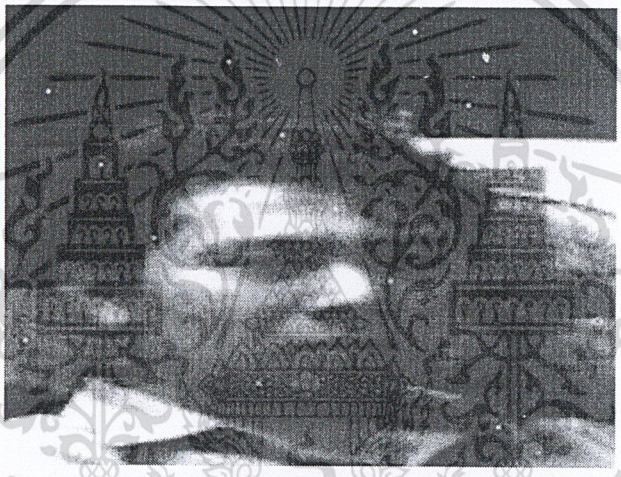
ผลการทดสอบปรากฏว่าสามารถควบคุมทิศทางของกล้องให้หมุนผ่านส่วนที่ใช้ในการควบคุมของโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์ได้แต่ยังมีปัญหาตรงที่ ก่อนที่จะทำการสั่งงานควบคุมทิศทางได้นั้น ต้องกดปุ่ม Pause ก่อนและให้คาเมร่าบ็อกซ์อยู่ในสถานะ “Pause” เสียก่อน สาเหตุเนื่องมาจากเนื้อที่หน่วยความจำในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์มีน้อยเกินไปสำหรับการเขียนโปรแกรมในโครงงานนี้ทำให้เมื่อมีการใช้พื้นที่ในหน่วยความจำจะทำให้เกิดการทับกันของข้อมูลในส่วนของหน่วยความจำที่ใช้เป็นส่วนของสเต็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **ทดสอบคุณภาพของภาพและขนาดพื้นที่แสดงภาพ**

การทดสอบคุณภาพของภาพและขนาดพื้นที่แสดงภาพที่ใช้ในการแสดงผลนั้นจะเป็นการทดสอบเพื่อดูว่าภาพที่ใช้ในการแสดงผลนั้นมีคุณภาพของภาพคมชัดแค่ไหนและเป็นการแสดงให้เห็นถึงภาพส่วนที่ตัดมาเพื่อใช้ในการแสดงผล

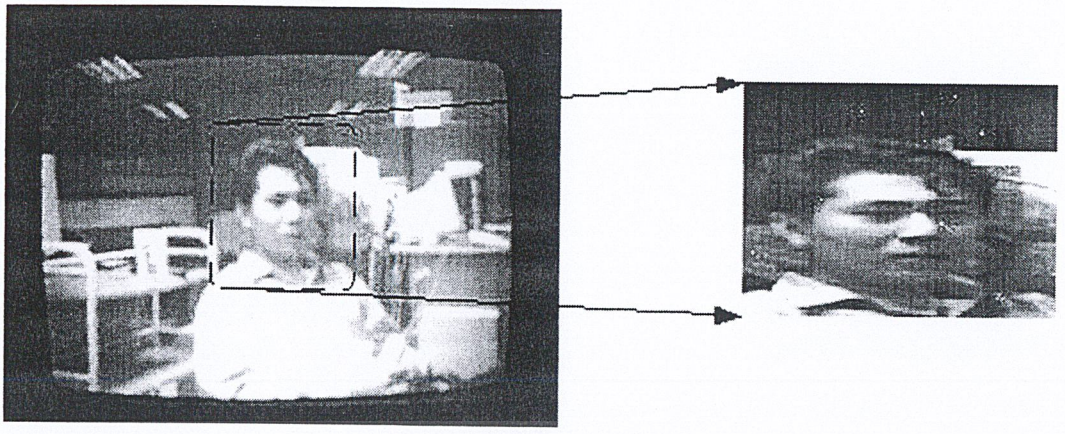
การทดสอบนั้นจะเอาภาพที่ได้จากการโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์มาเปรียบเทียบกับภาพที่ได้จากการต่อคาเมร่าบ็อกซ์เข้ากับโทรทัศน์โดยตรงแล้วนำภาพทั้งสองมาเปรียบเทียบกัน ซึ่งจะเห็นได้ว่าภาพที่ได้จากโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์นั้นจะมีจุดสีขาวเป็นแนวเอียงอยู่เว้นช่วงกันภาพที่ได้ยังไม่สมบูรณ์เหมือนภาพที่ได้จากการต่อคาเมร่าบ็อกซ์เข้ากับโทรทัศน์ สาเหตุเนื่องมาจากบอร์ดกล้องวิดีโอยังมีปัญหาในเรื่องของสัญญาณรบกวนบนบอร์ดทำให้ภาพที่ได้จากคาเมร่าบ็อกซ์ไม่สมบูรณ์ เมื่อโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์รับข้อมูลภาพแล้วนำมาแสดงผลทำให้เกิดจุดสีขาวเป็นแนวบนภาพดังแสดงดังรูปที่ 4-1



รูปที่ 4-1 ตัวอย่างภาพที่ได้จากโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์

ส่วนการทดสอบให้เห็นถึงส่วนของภาพที่ได้ตัดมาใช้ในการแสดงผลนั้นจะนำภาพที่ได้จากการโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์มาเปรียบเทียบกับภาพที่แสดงอยู่บนโทรทัศน์ดังแสดงในรูปที่ 4-2 ซึ่งจากภาพจะเห็นได้ว่าเป็นการตัดเอาภาพส่วนหนึ่งมาใช้ในการแสดงผลมีขนาดของภาพเป็น 160x120 จุด ซึ่งเริ่มที่ตำแหน่ง X =240 Y= 40 และสิ้นสุดที่ตำแหน่ง X = 400 Y = 160 ซึ่งขอบเขตของภาพที่ได้ตรงกับพื้นที่จริงซึ่งแสดงในรูปด้านล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-2 ส่วนของภาพที่ตัดเอามาใช้งานจริง

- **ทดสอบการบีบอัดข้อมูลภาพก่อนบันทึก**

การทดสอบการบีบอัดข้อมูลภาพก่อนบันทึกเป็นการทดสอบเพื่อแสดงให้เห็นว่าขนาดของภาพเมื่อทำการบีบอัดแล้วจะมีขนาดที่น้อยภาพที่ยังไม่ได้ทำการบีบอัดข้อมูล และยังแสดงขนาดของไฟล์ที่ทำการบีบอัดในแต่ละระดับว่ามีขนาดของไฟล์เท่าไร การทดสอบในส่วนนี้จะแสดงผลเป็นตารางเปรียบเทียบซึ่งจะแสดงดังตารางที่ 4-2

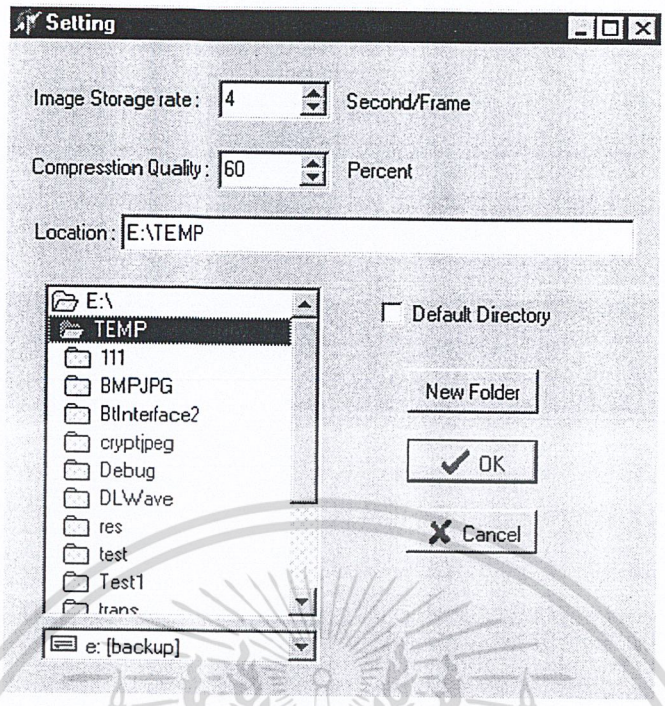
ตารางที่ 4-2 เปรียบเทียบขนาดของไฟล์ที่เปอร์เซ็นต์การบีบอัดค่าต่างๆ

Image size	Original size	JPEG Quality	Compressed size
160x120	19200 bytes	60%	4500 bytes
160x120	19200 bytes	70%	5000 bytes
160x120	19200 bytes	80%	5500 bytes

- **ทดสอบการกำหนดค่าต่างๆ ที่โปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์**

ในการทดสอบการกำหนดค่าต่างๆ ที่โปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์เป็นการแสดงให้เห็นว่าสามารถกำหนดค่าต่างๆ ได้และมีผลต่อการทำงานของโปรแกรมซึ่งค่าต่างๆ ที่กำหนดได้แก่การกำหนดค่าเวลาในการบันทึกภาพคุณภาพของภาพที่จะทำการบันทึก อัตราเวลาในการแสดงภาพ ไดเรกทอรีที่ใช้ในการบันทึกภาพและกำหนดไดเรกทอรีดีฟอลต์ที่ใช้ในการบันทึกภาพ ซึ่งผลการทดสอบปรากฏว่าสามารถกำหนดค่าต่างๆ ได้และโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์สามารถทำงานตามที่ได้กำหนดค่าต่างๆ ไว้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-3 ฟอร์มของโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์ที่ใช้ในการกำหนดค่าต่างๆ

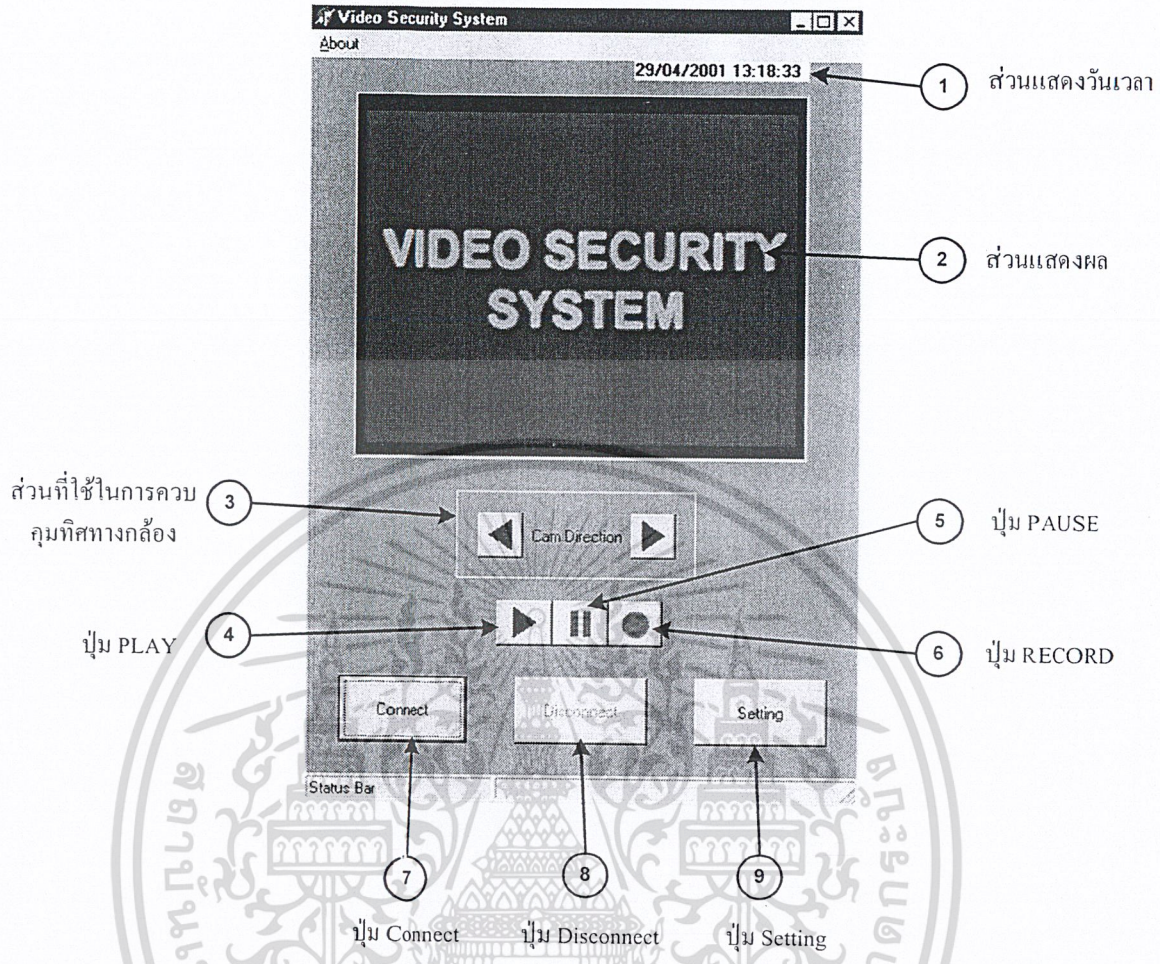
- **ทดสอบปุ่มที่ใช้ในการควบคุมการแสดงภาพ**

การทดสอบในส่วนนี้เป็นการทดสอบเพื่อแสดงให้เห็นถึงการใช้ปุ่มต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในการควบคุมการแสดงผล

ทำการทดสอบโดยการกดปุ่ม PLAY เพื่อให้แสดงภาพและกดปุ่ม PAUSE เพื่อให้หยุดการแสดงภาพชั่วคราว ผลการทดสอบปรากฏว่าสามารถใช้งานปุ่ม PLAY และ PAUSE ได้แต่ยังมีปัญหาตรงที่ในการกดปุ่ม Pause นั้นในบางครั้งคาเมร่าบ็อกซ์ไม่สามารถทำงานตามที่สั่งมาได้สาเหตุเกิดจากพื้นที่หน่วยความจำในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์มีน้อยเกินไปสำหรับการเขียนโปรแกรมในโครงงานนี้ทำให้เมื่อมีการใช้พื้นที่ในหน่วยความจำจะทำให้เกิดการทับกันของข้อมูลในส่วนของหน่วยความจำที่ใช้เป็นส่วนของสแต็ก

ส่วนการทดสอบการบันทึกภาพโดยการกดปุ่ม RECORD เพื่อให้บันทึกภาพและให้แสดงสถานะการบันทึกที่แถบแสดงสถานะ ผลการทดสอบปรากฏว่าสามารถบันทึกภาพต่างๆ ได้ซึ่งในการบันทึกภาพที่แถบบอกสถานะการทำงานของโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์จะปรากฏข้อความ “Save C:\ชื่อไดเรกทอรี\ชื่อไฟล์”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-4 ส่วนประกอบของโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์

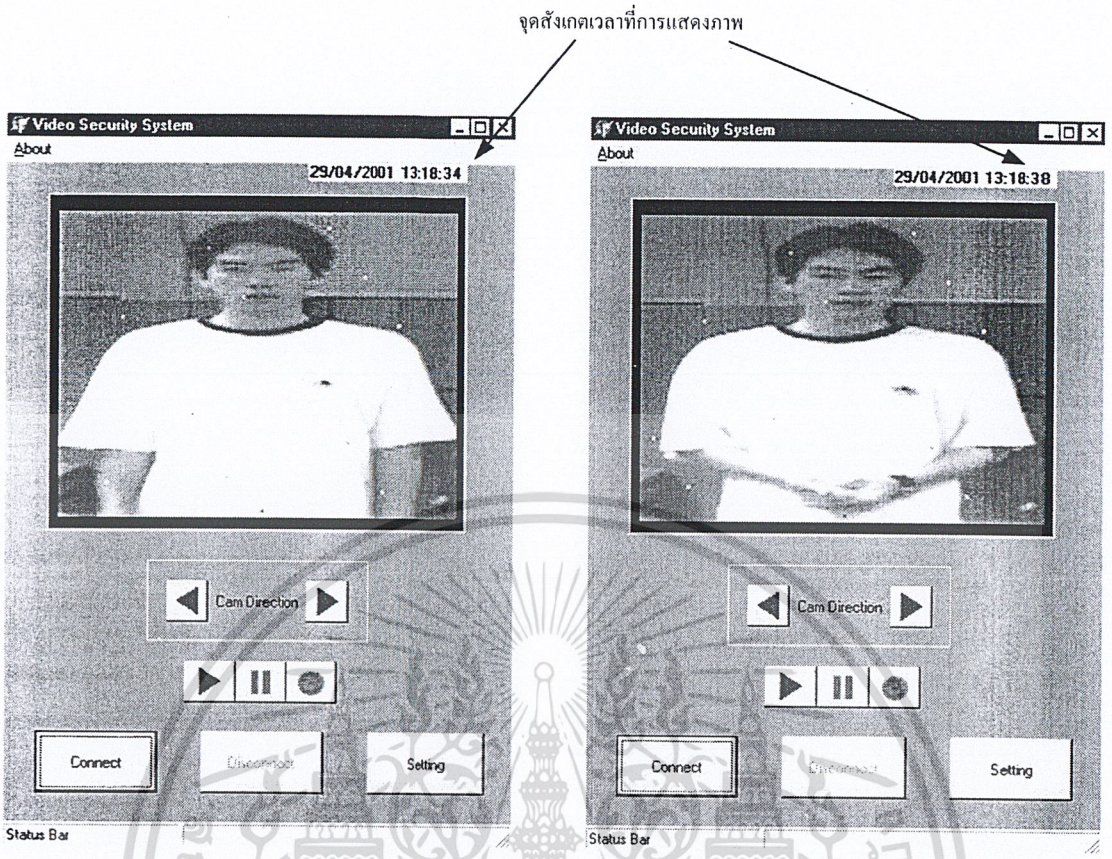
- **ทดสอบอัตราเวลาในการแสดงภาพ**

การทดสอบอัตราเวลาในการแสดงภาพเพื่อทดสอบให้เห็นว่าสามารถกำหนดเวลาในการแสดงภาพได้ตามที่ออกแบบไว้

ทำการทดสอบโดยการกำหนดอัตราความเร็วในการแสดงภาพที่ฟอร์ม setting จากนั้นมาสังเกตที่เวลาแสดงอยู่มุมบนขวาของโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์ว่าภาพที่ปรากฏเปลี่ยนไปตามเวลาที่กำหนดไว้หรือไม่

ผลการทดสอบปรากฏว่าภาพที่แสดงจะเป็นไปตามที่กำหนดอัตราความเร็วในการแสดงภาพเอาไว้ซึ่งจะแสดงดังรูปที่ 4-5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-5 ทดสอบอัตราเวลาในการแสดงภาพ

4.2 การทดสอบการใช้งานของระบบ

เป็นการทดสอบเพื่อแสดงให้เห็นว่าระบบนี้สามารถทำงานได้ตามที่ได้ออกแบบไว้หรือไม่ โดยแยกหัวข้อการทดสอบและผลการทดสอบดังตารางด้านล่าง

ตารางที่ 4-3 ผลการทดสอบการใช้งานของระบบ

การทดสอบ	ผลการทดสอบ
การใช้งานคาเมร่าบ็อกซ์กับโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์	สามารถใช้งานตามการทำงานที่ได้ทดสอบในหัวข้อด้านบน
การใช้งานคาเมร่าบ็อกซ์เป็นระบบโทรทัศน์วงจรปิด	สามารถทำงานเหมือนระบบโทรทัศน์วงจรปิด

รายละเอียดของการทดสอบการทำงานในแต่ละหัวข้อจะได้อธิบายดังต่อไปนี้

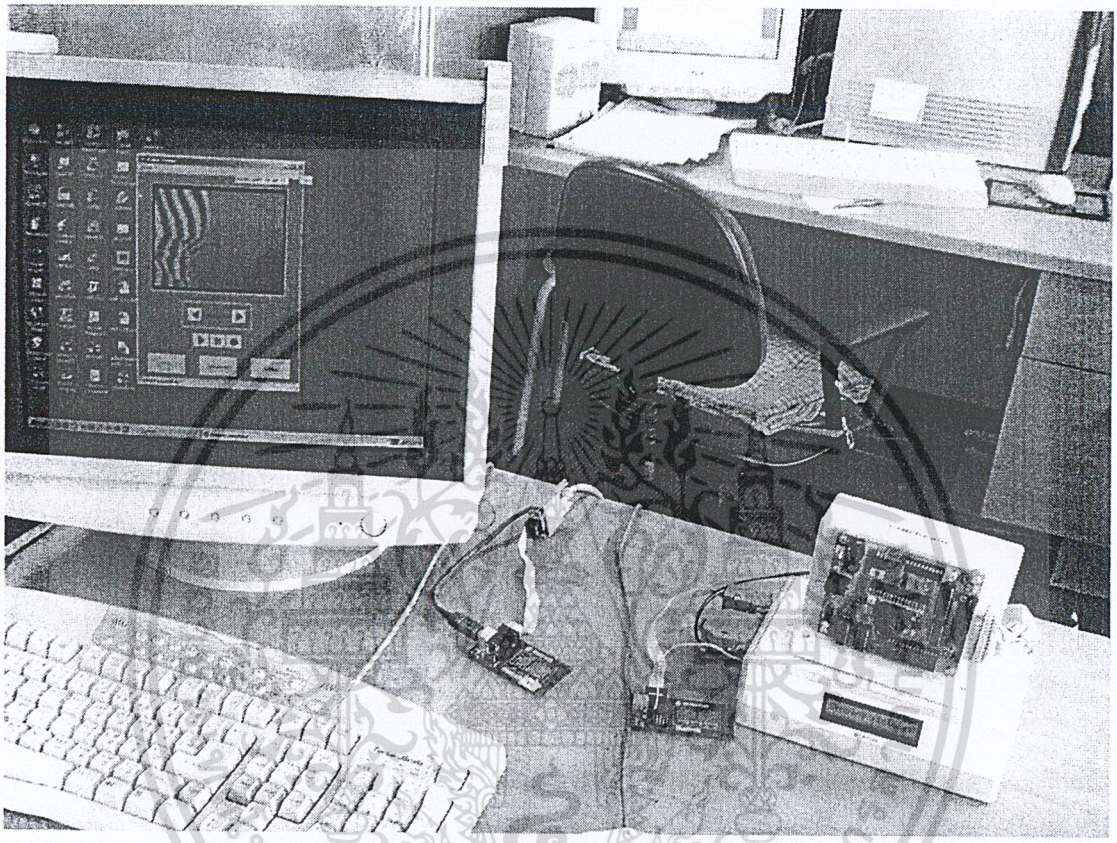
- **การทดสอบการใช้งานคาเมร่าบ็อกซ์กับโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์**

การทดสอบใช้งานคาเมร่าบ็อกซ์กับโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์เป็นการทดสอบเพื่อแสดงให้เห็นว่าสามารถใช้งานคาเมร่าบ็อกซ์กับโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์ได้หรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการทดสอบโดยการเชื่อมต่อกันระหว่างคาเมร่าบ็อกซ์และโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์ แล้วทดสอบการทำงานต่างๆ ดังแสงในรูปที่ 4-6

ผลทดสอบปรากฏว่าคาเมร่าบ็อกซ์กับโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์สามารถใช้งานได้ตามที่ออกแบบไว้



รูปที่ 4-6 การทดสอบใช้งานคาเมร่าบ็อกซ์กับโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์

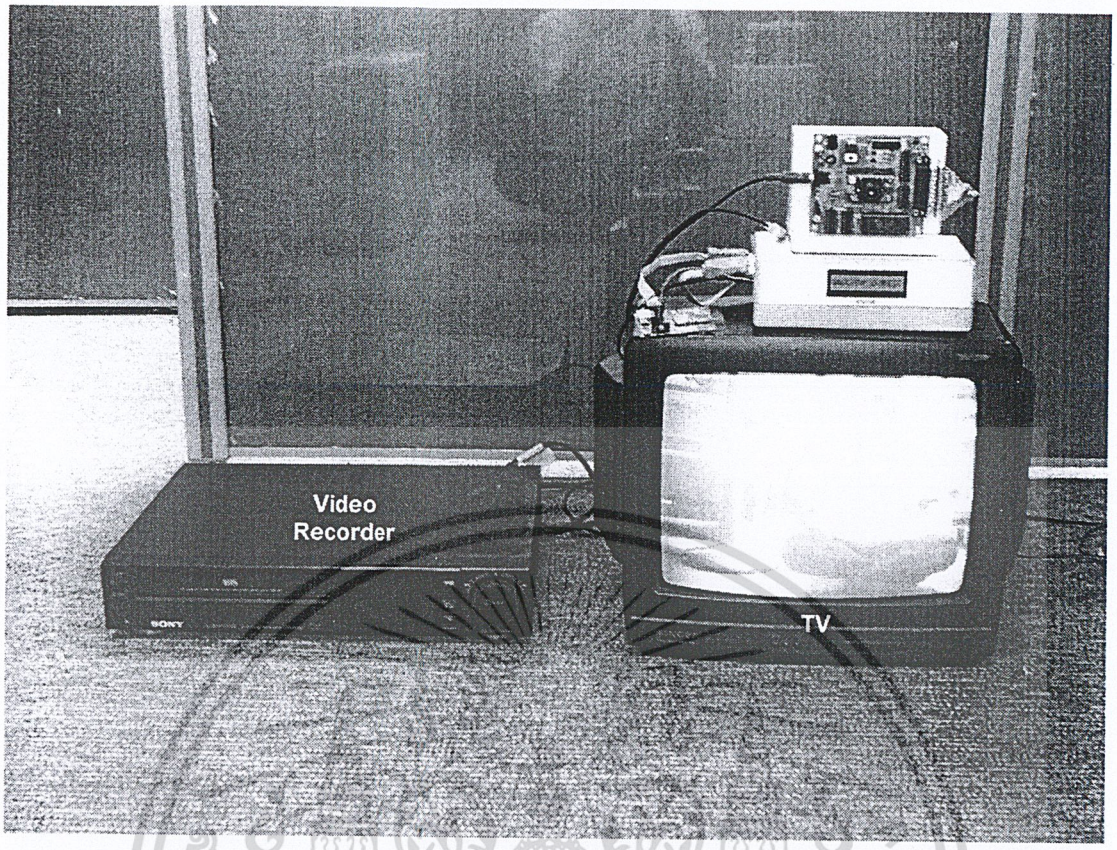
- **การทดสอบการใช้งานคาเมร่าบ็อกซ์เป็นระบบโทรทัศน์วงจรปิด**

การทดสอบใช้งานคาเมร่าบ็อกซ์เป็นระบบโทรทัศน์วงจรปิดเพื่อทดสอบว่าระบบที่สร้างขึ้นสามารถใช้งานเป็นระบบโทรทัศน์วงจรปิดได้หรือไม่

โดยการต่อคาเมร่าบ็อกซ์เข้ากับโทรทัศน์แล้วใช้เครื่องเล่นวิดีโอเทปเป็นตัวบันทึกภาพ ซึ่งจะแสดงดังรูปที่ 4-7

ผลการทดสอบปรากฏว่าสามารถใช้งานคาเมร่าบ็อกซ์เป็นระบบโทรทัศน์วงจรปิดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-7 การทดสอบใช้งานคาเมร่าบ็อกซ์เป็นระบบโทรทัศน์วงจรปิด

สรุปผลการทดสอบ

จากที่ได้ทำการทดสอบทั้งส่วนการทำงานและการใช้งาน สามารถทำการประเมินผลได้ดังนี้

1. การทำงานของระบบ สามารถทำงานได้ตามที่ได้ออกแบบไว้ โดยเฉพาะการทำงานในฟังก์ชันการทำงานหลัก คือ การสื่อสารข้อมูลผ่านบลูทูธโมดูล การรับข้อมูลภาพจากกล้องวิดีโอ การทำงานของโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์ แต่ยังมีการทำงานบางส่วนและการออกแบบการทำงานบางส่วนที่ยังมีข้อบกพร่องอยู่ คือ การควบคุมการหมุนกล้องวิดีโอ การกำหนดพื้นที่ในการรับภาพ การสั่งให้หยุดส่งข้อมูลภาพชั่วคราว และ จุดผิดพลาดบนภาพ ซึ่งโดยรวมแล้วระบบสามารถทำงานได้อย่างดีพอสมควร
2. การใช้งานของระบบ ในส่วนการใช้งานร่วมกับโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์โดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์จะเหมาะกับการใช้งานบางประเภทที่ไม่ต้องการความในการส่งภาพมากนัก เช่น การดูแลเด็กภายในบ้าน เป็นต้น ส่วนการใช้งานแบบโทรทัศน์วงจรปิดสามารถใช้งานได้ดีเช่นกับกล้องวิดีโอที่มีจำหน่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทวิจารณ์และสรุปผล

5.1 สรุปและวิจารณ์ผลการทำงาน

ในส่วนของการสรุปและวิจารณ์ผลการทำงานสามารถแบ่งออกได้เป็นหัวข้อต่างๆ ดังนี้

5.1.1 ผลงานโดยรวมของการพัฒนาโครงงาน

สามารถจำลองการใช้งานในการรักษาความปลอดภัยได้จริง โดยได้ใช้ความคุณสมบัติของเทคโนโลยีบลูทูธเข้ามาช่วย ทำให้สามารถเคลื่อนย้ายคาเมร่าบ็อกซ์ได้อย่างอิสระ

โดยจะเป็นการใช้งานภายในสถานที่ที่มีขนาดเล็ก เช่น บ้าน ร้านค้า เป็นต้น ซึ่งใช้รูปแบบการใช้งานแบบ Stand Alone คือมีคาเมร่าบ็อกซ์เพียงหนึ่งตัว โดยสามารถดูภาพวิดีโอผ่านโปรแกรม วิดีโอวิวเวอร์ซึ่งเป็นแอพพลิเคชันแสดงภาพวิดีโอโดยจะทำงานอยู่บนเครื่องคอมพิวเตอร์วิดีโอวิวเวอร์จะมีหน้าที่การใช้งานได้ดังต่อไปนี้

- แสดงภาพวิดีโอ
- หยุดการแสดงภาพชั่วคราว
- บันทึกภาพวิดีโอ
- กำหนดไดเรกทอรีที่จะบันทึก
- กำหนดคุณภาพของภาพในรูปแบบ JPEG ที่จะบันทึก
- กำหนดช่วงเวลาในการบันทึกแต่ละครั้ง
- สร้างการเชื่อมต่อไปยังคาเมร่าบ็อกซ์
- ยกเลิกการเชื่อมต่อจากคาเมร่าบ็อกซ์
- ควบคุมทิศทางของบอร์ดกล้องวิดีโอ (ซ้าย หรือ ขวา)

การบันทึกข้อมูลภาพวิดีโอได้กำหนดรูปแบบไฟล์ DddmmyyThhmmss.jpg ซึ่งทำให้ภาพที่ได้จะบันทึกไม่ซ้ำกัน วิดีโอวิวเวอร์ยังมีหน้าที่การใช้งานบ้างส่วนที่สามารถทำการพัฒนาเพิ่มเติมได้

5.1.2 การออกแบบในส่วนฮาร์ดแวร์ของโครงงาน

การออกแบบในส่วนฮาร์ดแวร์สามารถแยกการวิจารณ์ออกเป็นภาคการทำงานต่างๆ ดังนี้

- บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

เป็นการออกแบบโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 บิท (AT90S8535) มีสถาปัตยกรรมเป็นแบบ RISC ซึ่งมีความเร็วในการประมวลผลสูงสุดที่ 8 MIPS ทำให้การใช้งานไม่มีผลกระทบในด้านของความเร็ว แต่มีข้อจำกัดอยู่ที่มีขนาดหน่วยความจำภายใน(RAM) อยู่แค่เพียง 512 ไบต์ ซึ่งทำให้การพัฒนาโปรแกรมไม่สามรถทำได้อย่างเต็มที่ จึงจำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นจะต้องตัดเอาการทำงานบ้างส่วนออกไป แต่ข้อดีของการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR นี้คือ ความเร็วสูง มีพอร์ตอินพุตเอาต์พุตหลายแบบและมีคอมไพเลอร์ภาษาซี (ICC) ส่งการพัฒนาโปรแกรมเป็นไปด้วยความสะดวกและรวดเร็ว

- บลูทูธโมดูล

เป็นบลูทูธที่ทำงานตามมาตราฐาน Blutooth specification 1.0b ทำให้สามารถพัฒนาโพรโตคอลในส่วน HCI driver เพื่อส่งคำสั่งควบต่างๆ ไปยังโพรโตคอลสแต็กในเลเยอร์ล่างที่อยู่ภายในบลูทูธโมดูล บลูทูธโมดูลนี้ได้มีพอร์ต RS-232 และ PCM มาให้เพื่ออินเทอร์เฟซกับ AVR ไมโครคอนโทรลเลอร์บอร์ดโดยผ่านทาง RS-232 ทำให้การอินเทอร์เฟซสามารถทำได้ง่าย

การพัฒนา HCI driver ที่ใช้กับบลูทูธโมดูลนี้สามารถศึกษาได้จากเอกสาร Blutooth specification 1.0b และเอกสารประกอบบลูทูธโมดูล

การใช้งานบลูทูธโมดูลเพื่อทำหน้าที่ในการรับส่งข้อมูลระหว่างคาเมร่าบ็อกซ์และวิดีโอวิวเวอร์ซึ่งจากการใช้งานพบว่าข้อมูลที่ผ่านการสื่อสารด้วยบลูทูธนั้นมีความถูงต้องของข้อมูลสูง อีกทั้งยังมีความเร็วที่สูงพอสมควรสำหรับการใช้งาน อีกทั้งยังสามารถส่งข้อมูลได้เป็นระยะทาง 10 เมตร

- บอร์ดกล้องวิดีโอ

จากการออกแบบบอร์ดอินเทอร์เฟซกับกล้องวิดีโอซีมอสโมดูล ซึ่งสามารถทำการตรวจจับสัญญาณภาพและเก็บลงในหน่วยความจำ กล้องวิดีโอซีมอสโมดูลที่นำมาใช้นั้นมีฟังก์ชันกำหนดคุณบัติต่างๆ อยู่หลายอย่าง ซึ่งถือได้ว่าเป็นกล้องที่มีคุณภาพที่ดี

จากบอร์ดที่ได้จากการออกแบบนี้ยังคงมีสัญญาณรบกวนอยู่มาก แต่ได้ทำการแก้ไขเรียบร้อยแล้ว อีกส่วนที่ยังทำการออกแบบไม่สมบูรณ์ คือ การใช้หน่วยความจำ (RAM) ที่มีขนาดน้อยเกินไป ซึ่งจำเป็นจะต้องมีขนาดอย่างต่ำประมาณ 350 กิโลไบต์ จำนวนสองชุดเพื่อใช้ในการเก็บข้อมูลภาพวิดีโอแบบ Ydata และแบบ UVdata

- บอร์ดสเต็ปมอเตอร์ไดรเวอร์

ได้ออกแบบโดยใช้ไอซีขับเคลื่อนเบอร์ UCN5804 โดยเป็นไอซีที่สามารถให้รูปแบบการควบคุมผ่านขาควบคุมเพียง 4 ขา ซึ่งทำให้สะดวกแก่การพัฒนาบอร์ดควบคุมและโปรแกรมที่ใช้ในการควบคุม

- ส่วนแสดงผลจอแอลซีดี

ออกแบบโดยใช้จอแอลซีดีขนาด 1 บรรทัด 16 ตัวอักษร ซึ่งถือว่าเป็นขนาดที่เพียงพอสำหรับแสดงสถานะการทำงานของคาเมร่าบ็อกซ์ แต่ในกรณีที่ต้องการใช้เป็นการแสดงผลการดีบักโปรแกรมนั้น ถือว่ามีขนาดเล็กเกินไป

- ภาคจ่ายไฟ

ออกแบบโดยใช้ไอซีเร็กกูเรต 5 โวลต์และ 12 โวลต์ และได้ออกแบบวงจรกันการจ่ายไฟสลับขั้ว ซึ่งจากการออกแบบถือว่าให้กำลังงานไฟฟ้าแก่คาเมร่าบ็อกซ์ได้อย่างเพียงพอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.3 การออกแบบในส่วนซอฟต์แวร์ของโครงงาน

ในการออกแบบในส่วนของซอฟต์แวร์ได้เลือกใช้โปรแกรมเดลไฟมาใช้ในการพัฒนาโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์ซึ่งเป็นคอมไพเลอร์ที่สามารถทำการเรียนรู้ได้ง่าย

หน้าที่การทำงานโดยรวมของส่วนซอฟต์แวร์ถือว่าเป็นไปตามที่ได้ออกแบบไว้ แต่มีปัญหาเรื่องการใช้คอมไพเลอร์เดลไฟที่มีข้อผิดพลาดในการตีความหมายของโค้ด

5.1.4 การเลือกเทคโนโลยีที่นำมาใช้ในโครงงาน

สามารถวิจารณ์เทคโนโลยีที่นำมาใช้ได้ 2 เทคโนโลยีด้วยกันคือ

- เทคโนโลยีบลูทูธ

เป็นเทคโนโลยีใหม่ซึ่งมีความคุณบัติต่างๆ ที่ดี ได้แก่ เป็นเทคโนโลยีการสื่อสารระยะสั้น ใช้กำลังงานไฟฟ้าต่ำ และราคาถูก และเป็นเทคโนโลยีที่จะนำมาใช้ในอีกไม่กี่ปีนี้ ซึ่งนำมาใช้กับการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ต่างๆ เข้าด้วยกัน ได้แก่ โทรศัพท์มือถือ เครื่องคอมพิวเตอร์ อุปกรณ์คอมพิวเตอร์

เทคโนโลยีบลูทูธมีความโดดเด่นที่การพัฒนาจะทำในส่วนที่เป็นซอฟต์แวร์สแต็ก ทำให้มีความเป็นมาตราฐานและสามารถติดต่อสื่อสารกับอุปกรณ์อื่นๆได้ ในส่วนของข้อมูลที่นำมาใช้ประกอบการพัฒนาสามารถหาได้ง่าย โดยหาได้จากอินเทอร์เน็ต

- เทคโนโลยีกล้องวิดีโอซีมอส

เป็นการมาใช้เป็นส่วนการตรวจรับสัญญาณภาพวิดีโอ ซึ่งมีรูปแบบข้อมูลภาพที่ได้เป็นข้อมูลดิจิตอล โดยเป็นรูปแบบ YUV 4 : 2 : 2 ซึ่งการนำกล้องวิดีโอซีมอสมาต่ออินเทอร์เฟซเข้ากับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ทำให้ไม่จำเป็นต้องใช้คอมพิวเตอร์มาทำหน้าที่อินเทอร์เฟซ ส่งผลให้บอร์ดวงจรที่ได้มีขนาดเล็ก

การศึกษาเทคโนโลยีกล้องวิดีโอซีมอสนี้ทำให้ได้ข้อมูลเพื่อนำมาใช้ในการพัฒนางานวิจัยต่อไป

5.2 ประเมินผลโครงงาน

- ความเร็วในการส่งข้อมูลภาพ

ในโครงงานนี้ในส่วนคาเมร่าบ็อกซ์ได้ใช้บลูทูธเป็นอุปกรณ์ในการสื่อสารกับโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์ เพื่อทำการส่งข้อมูลภาพจากคาเมร่าบ็อกซ์ไปยังโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์ โดยกำหนดค่า Buadrate ไว้ที่ 57600 บิตต่อวินาที ซึ่งสามารถส่งข้อมูลภาพขนาด 160x120 จุด (160x120x8 = 153600 บิต) ได้ด้วยความเร็วประมาณ 0.25 เฟรมต่อวินาที โดยสามารถคำนวณได้จาก

$$\frac{153600}{57600} = 2.66$$

$$\frac{1}{2.66} = 0.375 \text{ เฟรมต่อวินาที}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งจะเร็วกว่าความเร็วที่สามารถทำงานได้ แต่เมื่อรวมจำนวนข้อมูลส่วนเกิน (header) และเวลาที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ใช้ประมวลผลต่างๆ คือค่าความเร็วในการส่งภาพที่ได้ถือว่าเป็นค่าที่เหมาะสมแล้ว

ในการเพิ่มค่าความเร็วในการส่งข้อมูลภาพสามารถทำได้สองวิธีด้วยกันคือ

1. เพิ่ม Baudrate ให้สูงขึ้น

สามารถทำการเพิ่ม Baudrate ได้สูงสุด 460800 บิตต่อวินาที เมื่อเพิ่ม Baudrate เป็นค่าดังกล่าวแล้วจะทำให้ความเร็วในการส่งภาพจะมีค่าเป็น 2 เฟรมต่อวินาที

2. ทำการบีบอัดข้อมูลภาพก่อนทำการส่งและเพิ่ม Baudrate

ข้อมูลภาพที่จะทำการส่งในโครงงานนี้เป็นข้อมูลดิบที่ไม่ได้มีการบีบอัดข้อมูลก่อนการส่ง หากมีการบีบอัดข้อมูลภาพก่อนที่จะทำการส่งด้วยรูปแบบ JPEG จะทำให้จำนวนข้อมูลมีขนาดลดลงมา โดยสามารถดูได้จากตารางด้านล่าง อีกทั้งทำการเพิ่มค่า Baudrate จะทำให้สามารถเพิ่มความเร็วในการส่งภาพได้จาก 0.25 เฟรมต่อวินาทีเป็น 8 เฟรมต่อวินาที

ตารางที่ 5-1 ความเร็วของภาพที่สามารถส่งได้ทั้งแบบที่มีการบีบอัดและไม่มีการบีบอัดข้อมูล

Image size	Transfer rate	Frame rate (JPEG quality 70%)	Frame rate (Non-compression)
160x120	460800 bps	8 fps	2 fps

- คาเมร่าบ็อกซ์

คาเมร่าบ็อกซ์จะต้องมีการปรับปรุงแก้ไขเพราะยังไม่สามารถคอนฟิกการทำงานได้โดยที่ไม่ต้องทำการแก้โปรแกรมที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ อาทิเช่นการเซตค่า Baudrate ในการส่งข้อมูลภาพ การกำหนดพอร์ตที่จะใช้งาน เพราะในการเซตค่าต่างๆ แต่ละครั้งจะต้องมาทำการแก้ไขโปรแกรมที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำให้เป็นการยุ่งยาก

- โปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์

โปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์สามารถทำงานได้ตามฟังก์ชันการทำงานต่างๆ ที่มีอยู่แต่ยังต้องมีการปรับปรุงแก้ไขโปรแกรมบางส่วนเพราะยังไม่สามารถตรวจสอบสถานะการทำงานของคาเมร่าบ็อกซ์ได้ว่าอยู่ในสถานะการทำงานอย่างไร เพื่อที่จะได้ทราบสถานะการทำงานของคาเมร่าบ็อกซ์ก่อนที่จะทำการเชื่อมต่อไป

- การพัฒนาโพรโตคอลสแต็ก

ในโครงงานนี้ได้นำบลูทูธโมดูลมาใช้งาน โดยทำการพัฒนาโปรแกรมอินเทอร์เฟซกับบลูทูธโมดูลเฉพาะส่วนโพรโตคอลสแต็กในเลเยอร์ HCI และพัฒนาโปรแกรมอยู่บนเลเยอร์ HCI ซึ่งสามารถทำการรับส่งข้อมูลระหว่างบลูทูธโมดูลได้ แต่โปรแกรม(แอพพลิเคชัน) ดังกล่าวยัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คงไม่ได้ทำงานตาม Bluetooth Sepecification ในส่วนของ Profile ซึ่งเป็นขั้นตอนการพัฒนาแอพพลิเคชันโดยใช้โพรโตคอลสแต็กต่างๆ ดังนั้นในการพัฒนาการนำบลูทูธเทคโนโลยีมาใช้งานต่อไปในอนาคต ควรทำการพัฒนาโพรโตคอลสแต็กทุกเลเยอร์ที่ต้องใช้ในการพัฒนาแอพพลิเคชัน ซึ่งหากทำตาม Profile ทำได้ระบุไว้ จะทำให้อุปกรณ์บลูทูธนั้นสามารถเชื่อมต่อเข้ากับอุปกรณ์บลูทูธที่จะมีขึ้นในอนาคตได้ อีกทั้งโพรโตคอลสแต็กที่ได้พัฒนาขึ้นไว้สามารถนำกลับมาใช้ในการพัฒนาแอพพลิเคชันอื่นๆ ต่อไปได้

โพรโตคอลสแต็กต่างๆ ของบลูทูธได้กล่าวไว้แล้วในเนื้อหาในบทที่ 2 ส่วน Bluetooth Specification สามารถ Download ได้จากเว็บไซต์ www.bluetooth.com

- การอินเทอร์เฟซกับบอร์ดกล้องวิดีโอซีมอส

ในส่วนของการอินเทอร์เฟซกับบอร์ดกล้องวิดีโอซีมอสที่สามารถทำคือ นำข้อมูลภาพดิจิตอลมาใช้งานโดยตัดเอาส่วนของภาพที่จะแสดงมาเก็บไว้ในหน่วยความจำโดยการเขียนโปรแกรมเพื่ออ่านข้อมูลภาพส่วนนั้นมา แต่ความจริงแล้วสามารถเซตรีจีสเตอร์ของกล้องได้ว่าต้องการที่จะตัดเอาส่วนไหนของวินโดว์เอามาแสดง ในการเซ็ทค่ารีจีสเตอร์ต่างๆ นั้นมีการอินเทอร์เฟซผ่าน I^2C แต่ในโครงงานนี้ยังไม่ได้มีการเซตค่ารีจีสเตอร์ของกล้องวิดีโอซีมอสเพียงแต่ใช้ค่าดีฟอลต์ของกล้องซึ่งมีขนาด 640X480 แต่จะเอาเฉพาะ 640X204 มาใช้งาน ซึ่งในตัวกล้องจะมีรีจีสเตอร์ต่างๆ ที่เป็นฟีเจอร์ของกล้องอีกมากโดยรายละเอียดของรีจีสเตอร์ต่างๆ สามารถดูได้จากภาคผนวก ก.

5.3 สรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้ในการพัฒนาโครงงาน

1. ระบบรักษาความปลอดภัยผ่านกล้องวิดีโอที่มีอยู่ในปัจจุบัน
2. เทคโนโลยีบลูทูธ
3. เทคโนโลยีกล้องวิดีโอซีมอส
4. เทคโนโลยีการบีบอัดข้อมูลภาพและภาพวิดีโอ
5. การอินเทอร์เฟซบลูทูธโมดูล
6. การพัฒนา HCI driver สำหรับอินเตอร์บลูทูธโมดูล
7. การอินเทอร์เฟซกล้องวิดีโอซีมอส
8. การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR (AT90S8535)
9. การเขียนโปรแกรมภาษาซีบนลีนุกซ์
10. การเขียนโปรแกรมภาษาเดลไฟ
11. แนวทางในการค้นคว้าและศึกษาในหัวข้อของสิ่งที่น่าสนใจไม่ว่าจะเป็นเทคโนโลยีด้านการสื่อสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

Data Sheet

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-1 Reference Data sheet ของไอซีเบอร์ต่างๆ ที่ใช้ในโครงงาน

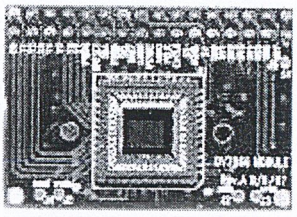
AVR เบอร์ AT90S8535	www.atmel.com
HM628128BLP-7	www.hitashi.com
MC74HCT04	www.datasheetlocaotr.com
CD74HCT4040E	www.datasheetlocaotr.com
MC74HCT244N	www.datasheetlocaotr.com
MAX232	www.ti.com
UCN5804B	www.allegromicro.com
CMOS Image Sensor OV7610	www.ovt.com
Bluetooth Specification version 1.0B	www.Bluetooth.com
Fricsson Bluetooth Module	www.ericsson.com/microe/products/ bluetooth_solutions/products/bluetooth_module.shtml

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COMedia Ltd.

C3188
1/3" Color Camera Module With Digital Output

General Description



The C3188 is a 1/3" color camera module with digital output.I t uses OmniVision's CMOS images ensor OV7610. Combining CMOS technology together with an easy to use digital interface makes C3188 a low cost solution for higher quality video image application.

The digital video port supplies a continuous 8/16 bit-wide image data stream. All camera functions, such as exposure, gamma, gain, white balance, color matrix, windowing, are programmable through I^2C interface.

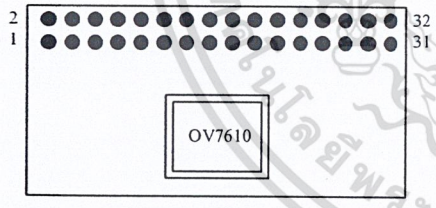
In combine with OV511, USB controller chip, it will be easily form a USB camera for PC application.

Features:

- 307,200 pixels, VGA /C IF format
- Small size : 40 x 28 mm
- Lens:f =6mm (Optional)
- 8/16 bit video data : CCIR601, CCIR656, ZV port
- Read out- progressive /i nterlace
- Data format- YCrCb 4:2:2, GRB 4:2:2, RGB
- I^2C interface
- Electronic exposure /G ain /W hite balance control
- Image enhancement- brightness, contrast, gamma, saturation, sharpness, window, etc
- Internal/ externals ynchronization scheme
- Frame exposure /l ine exposure option
- Single 5V operation
- Low power consumption (<300mW)

Specification

Imager	OV7610, CMOS image sensor
Array Size	644 x 484 pixels
Pixels ize	8.4 x 8.4 µm
Scanning	Progressive /i nterlace
Effective image area	5.4mm x 4mm
Electronic Exposure	500:1
Gamma Correction	0.45/1.0
S/N Ratio	42dB
Min Illumination	20lux @F1.4
Operation Voltage	5 VDC
Operation Current	200mW Active 100 µW Standby
Lens (Optional)	f6mm, F1.4



PCB Layout

Pin Description

1~8	Y0~Y7	Digitalo utputY Bus.
9	PWDN	Power down mode
10	RST	Reset
11	SDA	I^2C Seriald ata
12	FODD	Odd Field flag
13	SCL	I^2C Serialc lock input
14	HREF	Horizontalw indow reference output
15	AGND	Analog Ground
16	VSYN	VerticalS ync output
17	AGND	Analog Ground
18	PCLK	Pixelc lock output
19	EXCLK	On chip video oscillator clock output
20	VCC	Power Supply 5VDC
21	AGND	Analog Ground
22	VCC	Power Supply 5VDC
23~30	UV0-UV7	Digitalo utputU V bus.
31~32	NC	

Application Example

- Video Conferencing
- PC Multimedia
- Video Phone
- Video Mail
- Still Image
- Machine Vision
- Process control

Rm 802, Nan Fung Ctr, Castle Peak Rd, Tsuen Wan, NT, Hong Kong Tel: (852) 2498 6248 Fax:(852) 24143050
email: comedia@hk.super.net URL:h ttp://www.hk.super.net/~comedia

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OmniVision™

OV7610/OV7110

OV7610 SINGLE-CHIP CMOS VGA COLOR DIGITAL CAMERA
OV7110 SINGLE-CHIP CMOS VGA B&W DIGITAL CAMERA

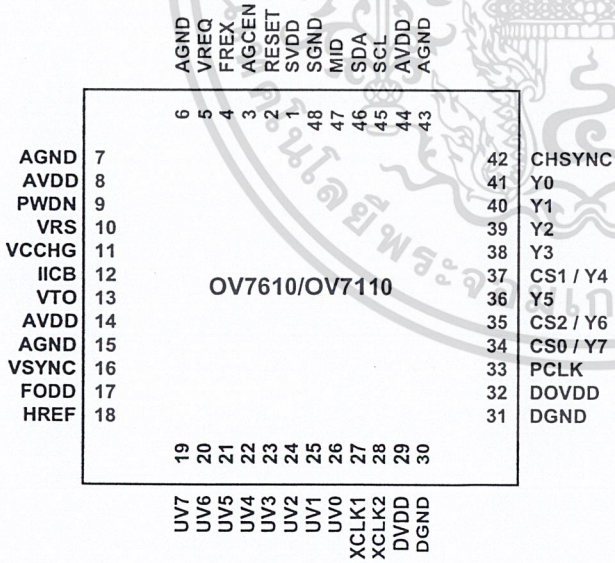
Features

- 307,200 pixels, 1/3" lens, VGA / CIF format
- Read out - progressive / Interlace
- Data format - YCrCb 4:2:2, GRB 4:2:2, RGB Original
- 8/16 bit video data: CCIR601, CCIR656, ZV port
- Video Timing - 525 line, 30 fps
- Wide dynamic range, anti-blooming, zero smearing
- High-speed I^2C interface
- Electronic exposure / Gain / white balance control
- Image enhancement - brightness, contrast, gamma, saturation, sharpness, window, etc.
- Internal / external synchronization scheme
- Frame exposure / line exposure option
- 5 Volt operation, low power dissipation.

General Description

The OV7610/OV7110 is a single chip digital color video camera device. It incorporates a 640 x 480 image array, which is capable of operating up to 60Hz interlace or 30Hz progressive. Based on the proprietary sensor technology, inside the chip, FPN is fully cancelled, smear is eliminated and blooming is drastically reduced. All camera functions, such as exposure, gamma, gain, white balance, color matrix, windowing, are programmable through I^2C interface. OV7110 is the uncolored version for monochrome application.

- Video Conferencing
- Video Phone
- Video Mail
- Still Image
- PC Multimedia



OV7610/OV7110 Pin Out Diagram

Array Elements	644 x 484
Pixel Size	8.4 x 8.4 um
Image Area	5.4 x 4 mm
Electronic Exposure	500 : 1
Scan Mode	progressive interlace
Gamma Correction	0.45/1.0
Minimum Illumination	OV7610 -2.5 lux @ f1.4 OV7110 -0.5 lux @ f1.4 (3000K)
S/N Ratio (Digital Camera Out)	> 48 dB (AGC = Off, Gamma = 1)
Power Supply	5VDC, ±5%
Power Requirements	<200mW Active <100uW Standby
Package	48-pin LCC

OmniVision Technologies, Inc. 930 Thompson Place Sunnyvale, CA 94086 U.S.A.
Tel: (408) 733-3030 Fax: (408) 733-3061
e-mail: info@ovt.com
Website: http://www.ovt.com

BG Version 1.3, 15 May 1999

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. Pin Assignment

Table 1. Pin Descriptions (Pin Type and Default Level:I-1: digital input+100k pull up, I-0: digital input+100k pull down, XI/XO: xtal IO, /S: function set during power up.O/I: digital CMOS level output Bias: power supply bias

Pin #	Name	Class	Function
1	SVDD	Bias	Sensing Power (+5V) pins.
8, 14,44	AVDD	Bias	Analog Power (+5V) pins.
29	DVDD	Bias	Digital Power (+5V) pins.
32	DOVDD	Bias	Digital I/O Power (+5V / +3.3V) pins.
48	SGND	Bias	Sensing ground connections. Connect to supply common
6, 7, 15, 43	AGND	Bias	Analog ground connections. Connect to supply common
30, 31	DGND	Bias	Digital ground connections. Connect to supply common
2	RESET	I-0	Chip reset, "high" active.
3	AGCEN	I-0	AGCEN =1 enables the Auto Gain Control. AGCEN = 0 disables it. This pin setting is effective when pin IICB = 1.
4	FREX	I-0	Frame exposure control input, effective in progressive scan only. The positive width of FREX defines the exposure time.
5	VrEQ	1.2V	Internal voltage reference. Requires an 0.1uF decoupling capacitor to ground.
9	PWDN	I-0	PWDN =1 puts chip in power down (sleep) mode.
10	**VrS**	4.0V	Internal voltage reference.
11	VcCHG	2.5V	Internal voltage reference. Requires a 1uF decoupling capacitor to ground.
12	IICB	I-0	IICB = 1 selects the power-up method of programming the internal functions. IICB = 0 selects the I^2C internal register programming method. Results of the power-up method can only be changed by a new power-up or reset sequence.
16	VSYNC	O/I	Vertical sync output. This pin is asserted high during several scan lines in the vertical sync period.
17	FODD	O	Odd field flag. Asserted high during the odd field, low during the even field.
18	HREF	O/I	Horizontal window reference output. HREF is high during the active pixel window, otherwise low.
19–26	UV[7:0]	O/I	Digital output UV bus. These pins are used for 16-bit operation for outputting chrominance data.
27, 28	XCLK1, XCLK2	XO, XI	XCLK1 and XCLK2 are the input/output of the on-chip video oscillator. Nominal crystal clock frequency is 27MHz. If an external clock is used, input to XCLK1, leave XCLK2 unconnected.
33	PCLK	O	Pixel clock output. By default, data is updated at the falling edge of PCLK and is stable at its rising edge. PCLK runs at the pixel rate in 16-bit bus operations and twice the pixel rate in 8-bit bus operations.
34–41	Y[7:0]	O/I	Digital output Y bus. In a 16-bit operation, the luminance data is clocked out of this bus at the rate of one byte per pixel. In 8-bit operation, the luminance data and the chrominance data is multiplexed to this bus.
34	CS0 (shared with Y7)	I-0/S	ID configuration bit for the I^2C slave ID.
35	CS2 (shared with Y6)	I-0/S	ID configuration bit for the I^2C slave ID.
37	CS1 (shared with Y4)	I-0/S	ID configuration bit for the I^2C slave ID.
42	CHSYNC	O	Digital output for either composite sync or horizontal sync signal.
45	SCL	I	I^2C Serial clock input with schmitt trigger.
46	SDA	O/I	I^2C Serial data, output is open-drain, input with schmitt trigger.
47	MID	I-0	Multiple I^2C slave ID enable. MID = 1 I^2C slave ID is configurable through power up setting in CS(2:0) MID = 0 I^2C slave ID is preset to 42H/43H.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Functional Description

The OV7610/OV7110, shown in Figure 1., Block Diagram, consists of a 1/3-inch VGA format color imaging array, the analog processing, timing controls, I^2C register controls, dual A/Ds, and digital output port. The output data type is selectable between YCrCb and RGB. Its array supports either VGA or CIF image size. The digital output format is supports standards such as CCIR601 16bit, CCIR601 8 bit, ZV Port and CCIR656.

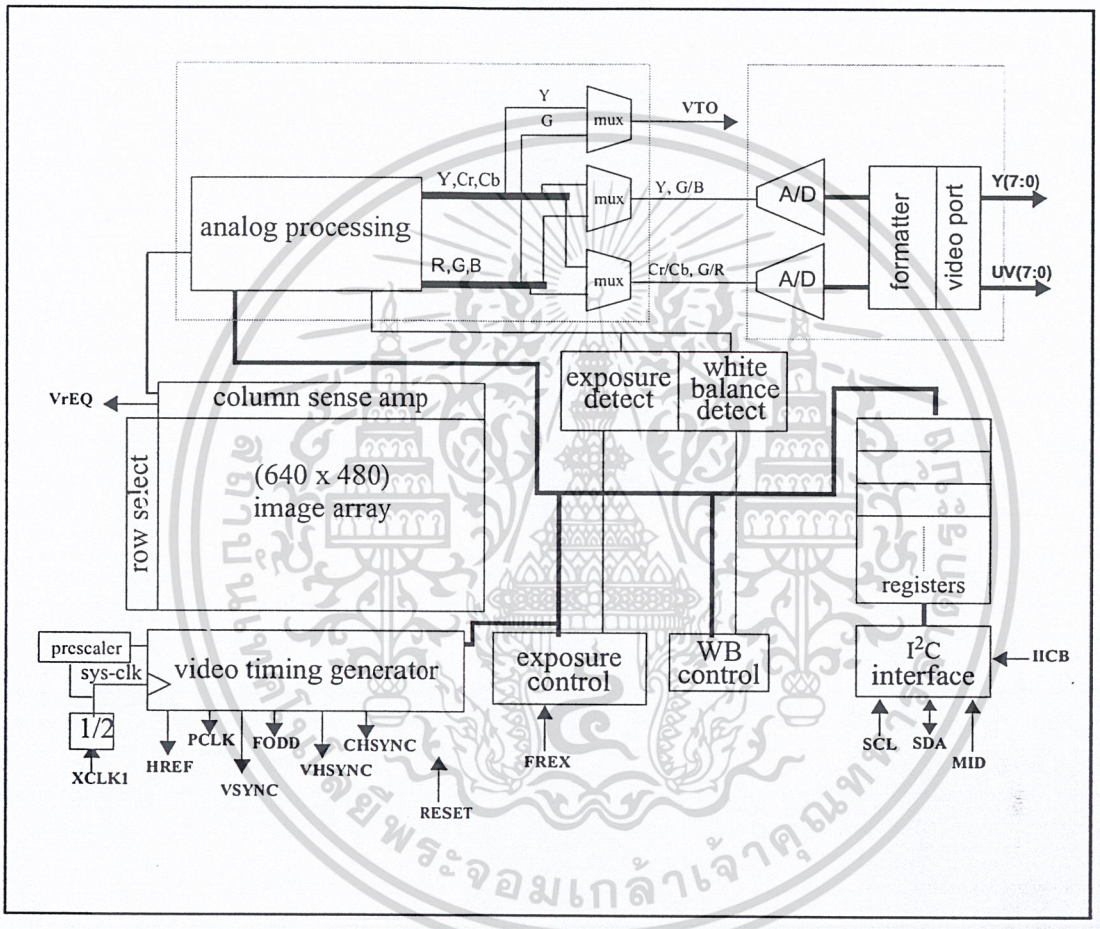


Figure 1. Block Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1 Image Data Type

OV7610/OV7110 supports four image data type: **monochrome**, **raw color pixel**, **YUV422**, and **GBR422**.

The monochrome array is the raw color array before colorations. The raw color array adopts primary Bayer color pattern GR/BG as in Figure 2., Raw Color Array. Two built-in color space converters map the raw color array to RGB image planes and YUV image planes as shown in Figure 3., Video Image Mapping (644x484). Y and G planes are each VGA size, U,V and R,B are each half VGA size. OV7610/OV7110 can output either original pixel data, the YUV plane or the RGB planes. In either one, the default image size is 640x480 pixels, the maximum image size is 644x484 pixels.

Two ways to obtain the CIF (320x240) image size, one uses the internal subsampling scheme which reduces the full image to 1/4 size, the other uses window function to crop 1/4 portion of the full image.

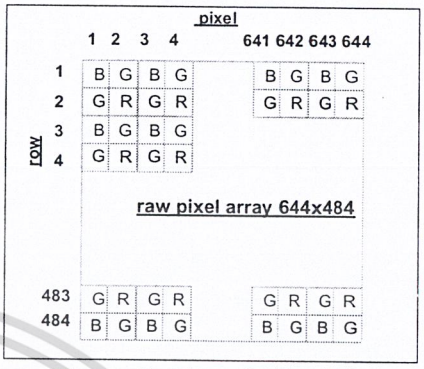


Figure 2. Raw Color Array

2.2 Bus Standards

OV7610 uses two closely tied 8 bit video buses (Y channel and UV channel) to deliver video stream.

In dual channel operation, which includes standards CCIR601-16bit 422, ZV-PORT and straight 16bit data out of A/D, Y channel is either Y image plane data, G image plane data, or Odd line raw pixel data. UV channel is either UV image plane data, RB image plane data, or Even line raw pixel data.

In single channel operation, which includes standards CCIR601-8bit 422, CCIR656 422 and straight 8bit data out of A/D, Y channel is multiplexed data stream taken either from Y/U/V image planes, R/G/B image planes or raw pixel array.

The data format for dual channels is:

YUV422-
- YYYY...
- UVUV...

Raw color array -
- GRGR...
- BGBG...

GBR422 -
- GGGG...
- BRBR...

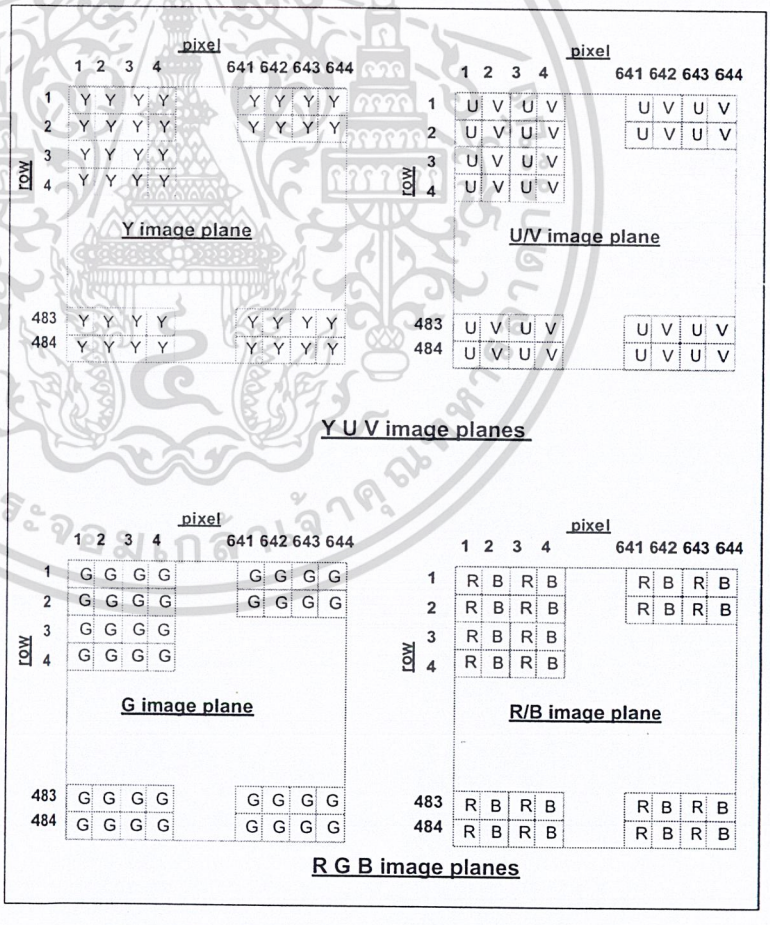


Figure 3. Video Image Mapping (644x484)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 Scan Method

The timing of this device is based on 525 line 60Hz TV standard. There are up to 480 active scan lines in an image. OV7610/OV7110 can operate in either interlace scan or progressive scan. Interlace scan reads 240 lines in a field, and takes two fields to complete an image frame, progressive scan reads all 480 lines in single field, i.e. each field is an image frame.

Interlace scan, odd line is read in odd field, even line is read in even field, i.e. rows 1,3,5...,479 are read in odd field, rows 2,4,6....480 are read in even field.

Progressive scan, this chip implements various read out schemes to support all image maps.

For Y/UV or RGB image planes, the array is read in row order, i.e rows 1,2,3...480.

For RAW pixel array, the progressive scan has one-line scheme and two-line scheme:

One-line scheme reads one row a time, i.e. rows 1,2,3,...,480.

Two-line scheme reads two lines a time using both Y/UV channels, i.e. the row order for the (Y/UV) channels are: (2/1),(2/3),(4/3),(4/5),(6/5),(6/7)...(478/479),(480/479). ** In this case, each row is repeatedly output twice, both contains the same image information.*

2.4 Data Order

OV7610/OV7110 allows data(pixel) to be reordered, coupling with various image data types and single/dual channels output, greatly increase the chip flexibility.

For monochrome application,

BW - to route all pixels to Y channel throughout the entire signal path, the result is much balanced signal level.

For RGB application,

YG -to route all 'G' data to Y channel, all 'RB' data to UV channels. This feature takes the advantage of widely used YUV422 postprocessing scheme and apply to RGB planes to become GBR422.

Other format related features :

XUV - to swap the order of U and V in UV plane, or R and B in RB plane.

XY8 - to swap the order of Y and UV, or G and RB in single channel (8bit) operation.

W720 - to extend the image width to 720 pixels by adding 76 black pixels before the 644 regular pixels.

CIF60 - enable the same CIF image in both even/odd filed interlace scan, effectively doubles frame rate,

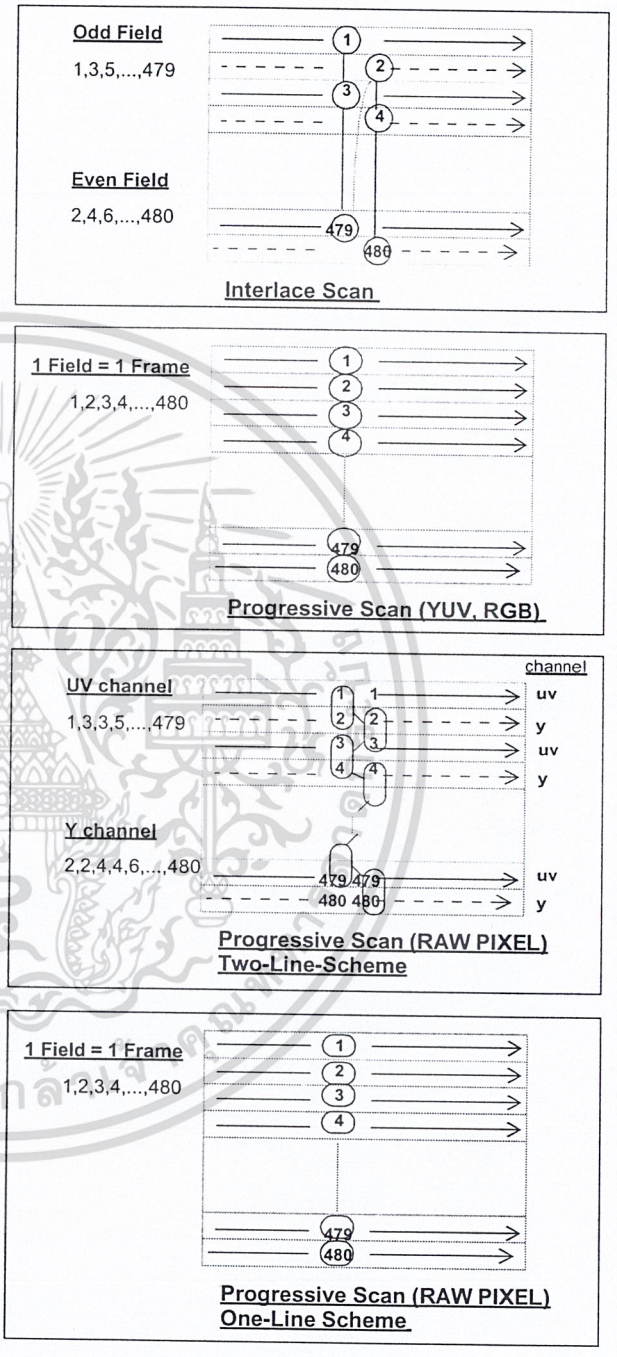


Figure 4. Scanning Schemes

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The following table summarize all the available combinations.

Table 2. Data Type & Scan Mode

		Interlace			Progressive		
Resolution		**640x480**	**720x480**	**320x240**	**640x480**	**720x480**	**320x240**
YUV 4:2:2	16Bit	Y	Y	Y	Y	Y	Y
	8Bit	Y	Y	Y	Y	Y	Y
	CCIR656	Y	Y				
RGB 4:2:2	16Bit	Y	Y	Y	Y	Y	Y
	8Bit	Y	Y	Y	Y	Y	Y
	CCIR656	Y	Y				
Y/UV swap[2]	16Bit						
	8Bit	Y	Y		Y	Y	
U/V swap	YUV[3]	Y	Y		Y	Y	
	RGB	Y	Y		Y	Y	
YG	16Bit	Y	Y	Y	Y	Y	Y
	8Bit						
One Line	16Bit				Y	Y	
	8Bit						

2.5 A/D

The two on-chip 8-bit A/Ds are capable of delivering up to 13.5MS/sec. The operation is fully synchronous to the pixel rate, the actual conversion rate is determined by the clock prescaler. The operation of A/D is completely auto, which requires no user intervention.

2.6 Exposure control

The built-in auto exposure algorithm is optimized for normal scene, where the subject is well-lit compared to the background. Along with the AEC on chip, is the AGC, which can boost to its maximum gain. Since the internal AEC has a range of 500:1 (progressive) and 1:250 (interlace), for most applications, the camera's AEC can adjust itself to match the lighting condition without user intervention. AEC/AGC can be disabled, in this case, manual exposure and gain setting can be done through programming registers "Exp,Gain".

2.7 White balance & Color Temperature Correction

OV7610 maintains color consistency by channel balancing. A well balanced channels ensures image is truly white balanced. The white balance operation can be performed automatically or manually.

Individual registers are available to fine tune the ratio of red and blue components, providing a simple means to correct the color temperature.

2.8 Clock Prescaler

OV7610 includes a clock prescaler. This allows master clock to be divided down to achieve different frame rate other than the standard 60Hz under 27Mhz input clock frequency. One application is to slow down internal clock by in order to increases chip sensitivity. The other application is to adjust frame rate to match with utility power frequency in order to reduce flickering.

2.9 Windowing

The windowing feature allows users to size the window for cropping purpose. The window is sizable from 4 x 4 to 644 x 484 and can be placed anywhere inside the image boundary. Referring to window formula described in the register section.

Note: This function does not change the frame rate or data rate. It simply changes the assertion of the HREF to match the horizontal and vertical region that is programmed by the user.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10 Interface Support

OV7610's timing is based on standard 60Hz TV standard. The composite sync timing is available in certain package in pin CHSYNC. Odd field indicator is through pin FODD and vertical sync timing is in pin VSYNC. HREF, PCLK are required for CCIR601 and ZV-port format.

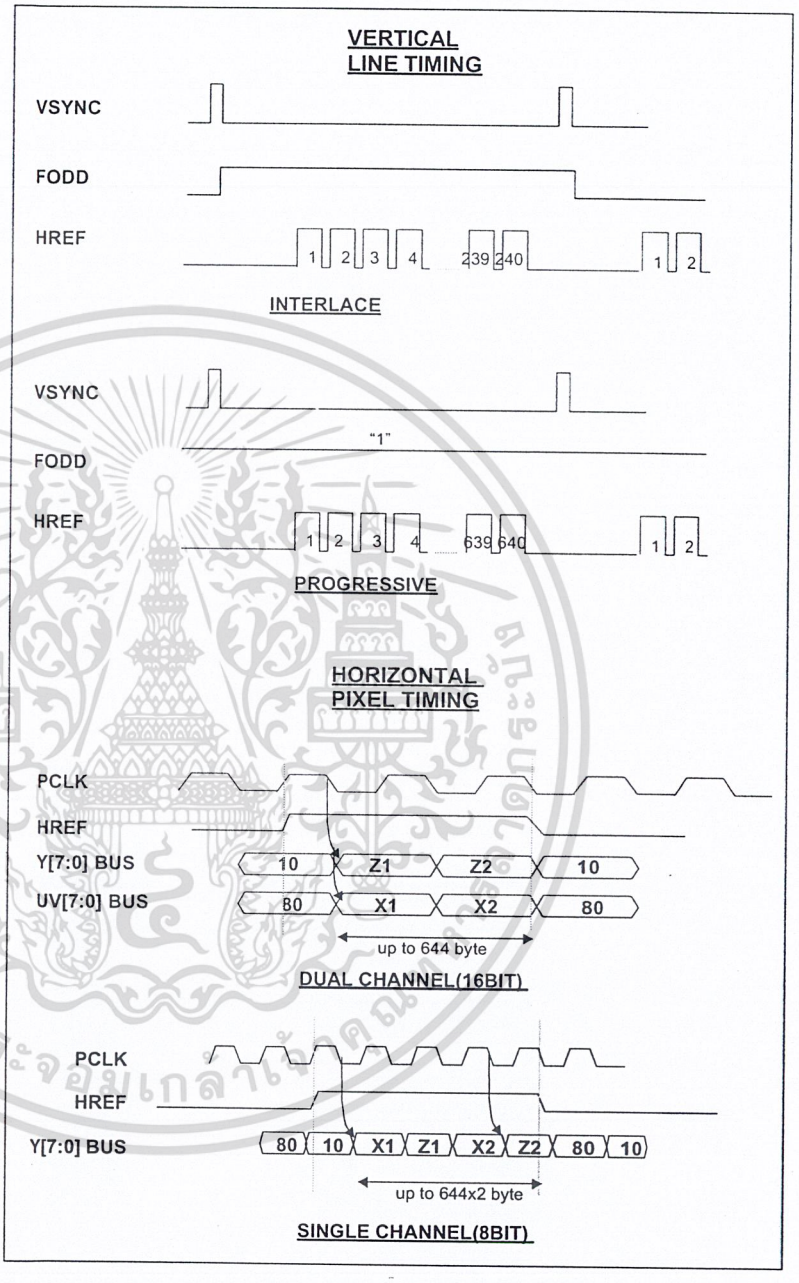


Figure 5. Video Capturing

3. External Sync Operation (Slave mode)

By default, OV7600 operates in master mode, i.e. Hsync,Vsync are outputs signals. However, this device can operates in slave mode, i.e. Hsync, Vsync are inputs. To operate, first switch to slave mode so I/O direction is switched,

External master provides: Clk, Hsync, Vsync;
Timing requirements: Hsync = 858 CLK, Vsync = 525 Hsync.
Chip outputs: PCLK, HREF.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

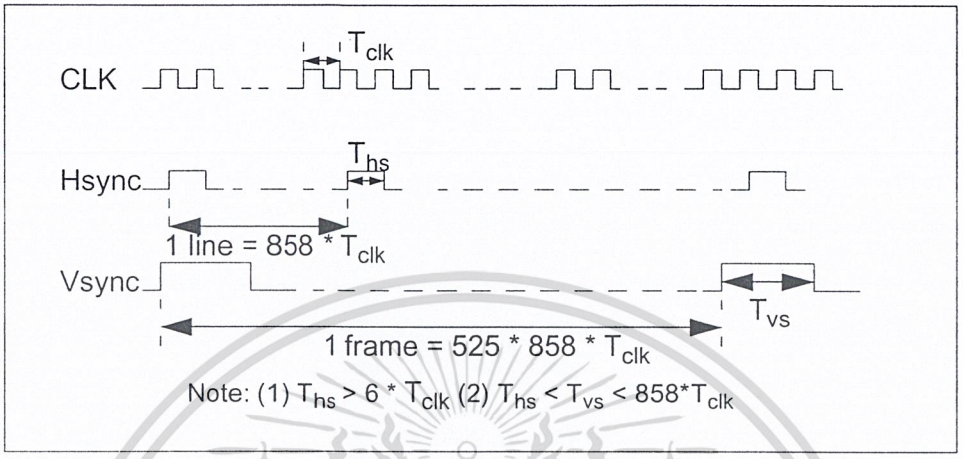


Figure 6. (Slave Mode) External Sync

4. Multiple chip Synchronize

** Pin FSIN is replaced by RESET, therefore, this function is not accessible.*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. Image State Output

OV7600 provides image information through Y channel, allowing external controller to implement auto exposure auto gain and auto white balance algorithm.

1. Line luminance average level - **Ylav**;
2. Field/frame luminance average level - **Yfav**;
3. Field/frame Green component average level - **Rfav**;
4. Field/frame Red component average level - **Bfav**;
5. Field/frame Blue component average level - **Gfav**.

If enabled, both line and field image information are available:

5.1 Line State

The pixel data is averaged per line and attached to the last 4 bytes of the Y channel video data within each HREF window. In case of YUV planes, the Y data is averaged. In case of RGB planes, G data is averaged.
In CIF size, the last 2 bytes contain the image information.

5.2 Field State

The line pixel information is still attached to the last 4 bytes of the HREF window. Four extra entire image averaged data, Yfav/Rfav/Bfav/Gfav, are attached to the last four lines of valid vertical window.

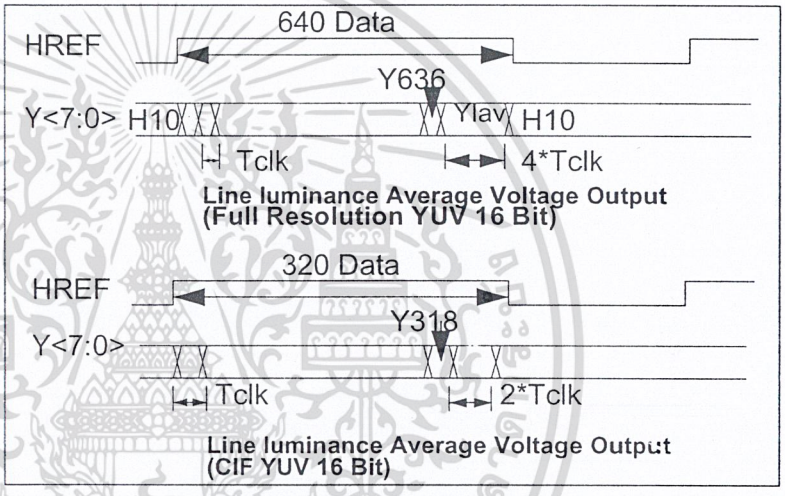


Figure 7. Line State Output

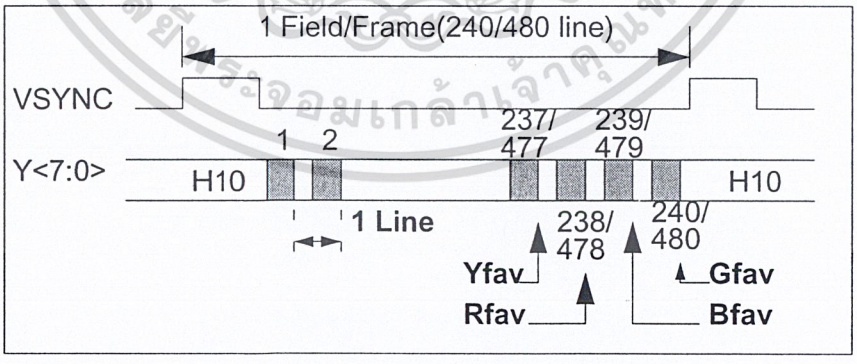


Figure 8. Field State Output

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. I²C Bus

Pin IICB = 0 selects the I²C access. The OV7610/OV7110 is an I²C slave device that supports 400 kbps, 7-bit address data transfer protocol as shown in Figure 9. on page 10.

"Restart" feature is not supported here. Within each byte, MSB is always transferred first. Read/write control bit is the LSB of the first byte. Standard I²C requires only two pins: SCL and SDA. SDA is configured as open drain for bidirectional purpose. A HIGH to LOW transition on the SDA while SCL is HIGH indicates a START condition. A LOW to HIGH transition on the SDA while SCL is HIGH indicates a STOP condition. Only a master can generate START/STOP conditions. Except these two special conditions, the protocol requires SDA to be stable during the HIGH period of the clock SCL. Each bit can only change state when is SCL LOW. See Figure 10. on page 11.

6.1 I²C Bus Protocol

The I²C access is enabled only if pin IICB = 0. The OV7610/OV7110 is a slave device that supports 400 kbps, 7-bit address data transfer protocol.

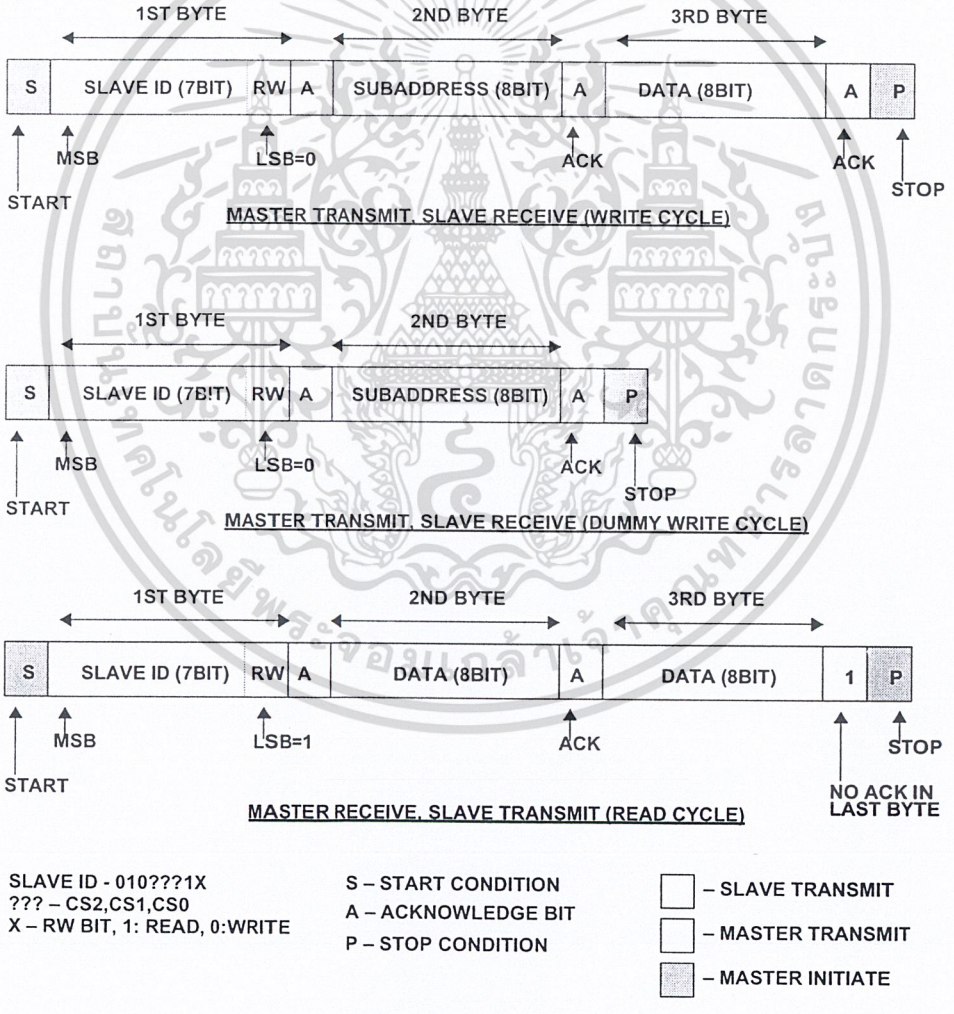


Figure 9. I²C Bus Protocol Format

Note that the restart feature is not supported here. Within each byte, MSB is always transferred first. Read/write

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

control bit is the LSB of the first byte. Standard I^2C requires only two pins: SCL and SDA. SDA is configured as open drain for bidirectional purpose.
A HIGH to LOW transition on the SDA while SCL is HIGH indicates a START condition. A LOW to HIGH transition on the SDA while SCL is HIGH indicates a STOP condition. Only a master can generate START/STOP conditions. Except these two special conditions, the protocol requires SDA to be stable during the HIGH period of the clock SCL. Each bit can only change state when is SCL LOW. See Figure 10. on page 11.

.

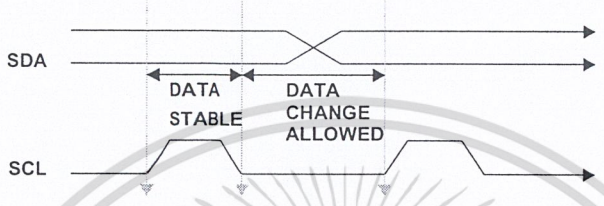


Figure 10. Bit Transfer on the I^2C Bus

OV7610/OV7110 reserves CS[2:0] for the slave ID configuration, which makes eight combinations. In I^2C operation, the master must do the following operations:

- **Generate the start/stop condition**
- **Provide the serial clock on SCL**
- **Place the 7-bit slave address, the RW bit, and the 8-bit subaddress on SDA**

The receiver must pull down SDA during the acknowledge bit time. During the write cycle, the OV7610/OV7110 returns the acknowledgment and during read cycle, the master returns the acknowledgment except when the read data is the last byte. If so, the master does not acknowledge the last data byte, so that the read cycle can be terminated.

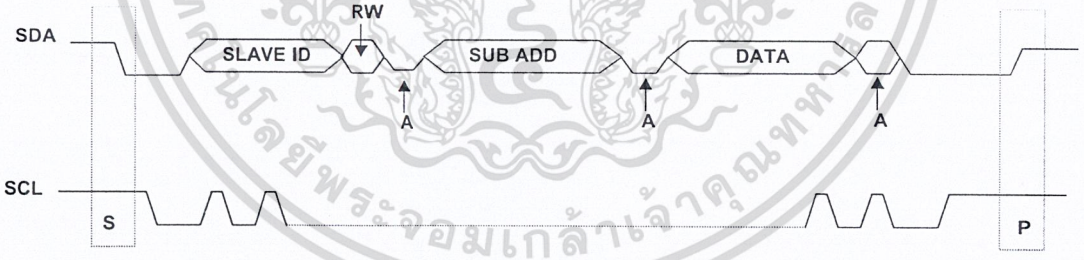


Figure 11. Data Transfer on the I^2C Bus

The OV7610/OV7110 I^2C supports multi-byte write and multi-byte read. The master must supply the subaddress. in the write cycle, but not in the read cycle. Therefore, the OV7610/OV7110 takes the read subaddress from the previous write cycle. In multi-byte write or multi-byte read cycles, the subaddress is automatically increment after the first data byte so that continuous locations can be accessed in one bus cycle. A multi-byte cycle overwrites its original subaddress; therefore, if a read cycle immediately follows a multi-byte cycle, you must insert a single byte write cycle that provides a new subaddress.
The OV7610/OV7110 supports single slave ID (pin MID=0) and multiple slave ID (pin MID=1). In single, ID is preset to 42/43. In multiple, ID is configured by setting pin CS[2:0] (high or low) to one of the eight combinations listed below at reset or power up.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Multiple Slave ID

CS[2:0]	000	001	010	011	100	101	110	111
WRITE ID(hex)	42	46	4A	4E	52	56	5A	5E
READ ID (hex)	43	47	4B	4F	53	57	5B	5F

In the write cycle, the second byte in I^2C bus is the subaddress for selecting the individual on-chip registers, and the third byte is the data associated with this register. Writing to unimplemented subaddress is ignored. In the read cycle, the second byte is the data associated with the previous stored subaddress. Reading of unimplemented subaddress returns unknown.

6.2 Register Set

Table 3. I^2C Registers

Subaddress (hex)	Register	Default (hex)	Read/ Write	Descriptions
00	Gain[5:0]	00	RW	GC[5:0] – Gain setting. gain =(GC[5]+1)*(GC[4]+1)(GC[3:0]/16 +1) GC[7:6] - unimplemented bit, returns 'X' when read.
01	Blue[7:0]	80	RW	BLU[7:0] – blue channel balance value. "FFh"- highest, "00h"-lowest
02	Red[7:0]	80	RW	RED[7:0] – red channel balance value. "FFh"- highest, "00h"-lowest
03	Sat	80	RW	SAT[7:0] – saturation adjustment. "FFh"- highest, "00h"-lowest
04	Rsvd04	80	RW	reserved
05	Cnt	00	RW	CTR[7:0] – Y signal contrast adjustment. "FFh"-highest, "00h"-lowest
06	Brt	80	RW	BRT[7:0] – Y signal brightness adjustment. "FFh"-highest,"00h"-lowest
07	Rsvd07	D4	RW	reserved
08 - 0B	Rsvd08 ~ 0B	-	-	reserved
0C	Blue Bias	20	RW	BBS[5:0] – blue channel bias value. "3Fh"-highest, "00h"-lowest
0D	Red Bias	20	RW	RBS[5:0] – red channel bias value. "3Fh"-highest, "00h"-lowest
0E	Gamma Coeff	14	RW	GAM[7] - additional 2x gain enable GAM[6] - disable color filter compensation, in BW application, set this bit to "1" GAM[4:3] - S-AWB control 00 - 0.2 01 - 0.4 10 - 0.6 11 - 0.8 GAM[2] – "1" selects value 0.45, "0" selects value 0.5, effective when COMC[2]=1 GAM[1:0] – gamma curve fine tune. 00 - 95% 01 - 90% 10 - 85% 11 - 80%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Subaddress (hex)	Register	Default (hex)	Read/ Write	Descriptions
0F	WB Range	A5	RW	RWB[7] - AEC method 1 RWB[6] - AEC method 2 RWB[5:4] - ALC black level 00 - 1.20v 01 - 1.26v 10 - 1.30v 11 - 1.40v RWB[3:2] - S-AWB upper level limit 00 - 70% 01 - 80% 10 - 90% 11 - 100% RWB[0:1] - S-AWB lower level limit 00 - 10% 01 - 20% 10 - 30% 11 - 40%
10	Exp	7F(I)/FF(P)	RW	EC[7:0] – Manual exposure setting. Valid range: interlace 00h~7Fh; progressive 00-FFh formula for exposure time: $T_{EXPOSURE} = T_{LINE} \times EC[7:0] \times 2$; where T_{LINE} = Frame Time/525. The actual time of a scan line is determined by the clock rate divider. This register is only effective when operated in manual adjust mode (COMB[0] = 0). Nevertheless, this register is always accessible through the I^2C bus. It generally takes no more than two fields for the image to reach the intended exposure after changing the setting. ***** This register must be initialized to the default value when switching between scan modes, initialization must be done in manual exposure setting.***
11	Clock	00	RW	SYN[7:6] - polarity for sync timing outputs 00: HSYNC, CHSYNC, VSYNC = "- - + " 01: HSYNC, CHSYNC, VSYNC = "- - - " 10: HSYNC, CHSYNC, VSYNC = "+ - + " 11: HSYNC, CHSYNC, VSYNC = "- + + " CLK[5:0] - system clock prescaler; formula for pixel clock rate: clock rate = CLK_input / ((CLK[5:0] + 1) * 2) The effect of the change is immediate. However, it generally takes about two fields for the image to reach the stable state.
12	Common A	24	RW	COMA[7] - "1" initiates the chip soft reset, the reset takes place after the acknowledge bit is issued, the effect is the same as powerup the chip, the chip is initialized to a default state, all registers including I^2C's contents are set to default, this bit is self cleared after the reset. COMA[6] - "1" selects mirror image. COMA[5] - "1" enables AGC, for it to take effect, COMB0 must be set. COMA[4] - "1" swaps Y/UV data in 8 Bit operation, data order YUYV... COMA[3] - "1" selects RGB image plane, "0" selects YCrCb image plane COMA[2] - "1" enables auto channel balance, for it to take effect, COMB[0] must be set. COMA[1] - "1" Color Bar Test pattern. COMA[0] - "1" select Line BLC, "0" enables field BLC.
13	Common B	01	RW	COMB[7:6] - reserved. COMB[5] - "1" enable 8 bit operation, Y bus is active, UV bus is tri-stated. COMB[4] - "1" enables CCIR656 bus operation, Y bus is active, UV bus is tri-stated. COMB[3] - selects a timing signal to pin CHSYNC; "1" is composite sync, "0" is horizontal sync. COMB[2] - "1" puts Y and UV buses in tri-state. COMB[1] - "1" initiates the single frame transfer, for this function to work, field drop mode (FD<1:0> in REG 16) must set to "OFF". See Figure 12., Single Frame Transfer Example, after this bit is set, HREF is only asserted for consecutive two fields beginning at Odd field. This bit is cleared automatically at the end of this frame. Clearing this bit in the middle of active frame has no effect to the assertion of the current HREF. COMB[0] - main auto adjust mode enable. Once enabled,Reg(00,01,02,10) are set by internal auto control, read of them returns auto set value, write is in effective because internal control will o verwrite itl.
14	Common C	04	RW	COMC[7:6] - reserved COMC[5] - "1" selects CIF (320x240) image, the image is subsampled from the full VGA frame. COMC[4] - selecting timing signal to output pin VSYNC "1" - frame sync, vertical sync is asserted in every odd field, "0"- field sync, vertical sync is asserted in every field. COMC[3] - Inverting HREF polarity COMC[2] - "1" gamma value set by GAM[2]; "0" gamma value is 1.0. COMC[1:0] - reserved

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Subaddress (hex)	Register	Default (hex)	Read/ Write	Descriptions
15	Common D	01	RW	COMD[7] - reserved COMD[6] - inverting PCLK polarity, "1" - video data change on rising edge "0" - video data change on falling edge, this is the default setting. COMD[5:1] - reserved COMD[0] - exchanges U V order; "0" - V U V U... 16Bit operation, V Y U Y... 8 Bit operation; "1" - U V U V ... 16Bit operation, U Y V Y... 8 Bit operation.
16	Field Divide	03	RW	FD[7:2] – Field interval selection. See Figure 13. on page 18. The feature, together with FD[1:0], divides the video signal into a programmed number of time slots in units of field, and HREF is active only in one field during the period. This function does not affect the video data or pixel rate. Only one bit can be set and the valid combinations and functions are as follows: "000001" – Divide to 2 slots. HREF is asserted every 2 fields. "000010" – Divide to 4 slots. HREF is asserted every 4 fields. "000100" – Divide to 8 slots. HREF isasserted every 8 fields. "001000" – Divide to 16 slots. HREF isasserted every16 fields. "010000" – Divide to 32 slots. HREF is asserted every 32 fields. "100000" – Divide to 64 slots. HREF is asserted every 64fields. FD[1:0]- field mode selection. Interlace scan: "00" - OFF mode; HREF is not asserted in both fields, one exception is the single fame transfer operation (see the description for the register 13) "01" - ODD mode; HREF is asserted in odd field only. "10" - EVEN mode; HREF is asserted in even field only. "11" - FRAME mode; HREF is asserted in both odd field and even field. Progressive scan: "00" - OFF mode; HREF is not asserted in both fields, one exception is the single frame transfer operation (see the description for the register 13) "01,10" - SLOT mode; HREF is asserted in frame according FD<7:2>. "11" - FRAME mode; HREF is asserted in every frame. FD<7:2> useless
17	Horizontal Window Start	38	RW	HS[7:0] - selects the starting point of HREF window, each LSB represents 4 pixels, this value is set based on an internal column counter, which consists of two ranges, the default value corresponds to the first available pixel, valid ranges:37--D5h : HS+1< HE. See Figure 14. on page 19.
18	Horizontal Window End	03	RW	HE[7:0]- selects the ending point of HREF window.
19	Vertical Window Start	05	RW	VS[7:0] - selects the starting row of vertical window, valid range: 05h ~ F5h, VS < VE Interlace scan: each LSB represents 1 scan line in one field. Progressive scan: each LSB equals 2 scan line in one frame. In CIF (COMC5=1), it is 1 scan line. See Figure 14. on page 19.
1A	Vertical Window End	F4	RW	VE[7:0] - selects the ending row of vertical window.
1B	Pixel Shift	28	RW	PS[7:0] - to shift the output pixel timing relative to that of HREF, it physically shifts the video data output time early or late in unit of pixel clock as shown Figure 15. on page 19. This function is different from changing the size of the window as defined in registers HS & HE. The default corresponds to zero shift timing, lower value results in early pixel, higher value results in late pixel. If the amount of shift is beyond the physical image boundary, the black data will be used to filled the missing pixels. Lower than default number shifts the pixel in early(right) direction, since the lowest value is "00h", there are maximum 40 early pixels as 28h-00h = 40. Higher than default number shifts the pixel in delay(left) direction, the highest number is "FFh"; so maximum shift number is: Early: 40 pixels; Late: 216 pixels.
1C	Manufacture ID (high)	7F	R	MIDH[7:0] – Read only. Always returns '7F'.
1D	Manufacture ID (low)	A2	R	MIDL[7:0] – Read only. Always returns 'A2'.
1E	Test A	C4	-	reserved
1F	Test B	04	-	reserved

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Subad-dress (hex)	Register	Default (hex)	Read/ Write	Descriptions
20	Common E	00	RW	COME7 - HREF pixel number selection. "1" - HREF include 720 PCLK and first 76 pixel data are black reference level, HE[7:0] and HS[7:0] should be kept at default value; "0" - HREF width decided by HS[7:0], HE[7:0] and COMA3=0. COME6 - reserved COME5 - Luminance "3-point average" enable COME4 - "1" aperture correction enable. Correction strength and threshold value will be decided by COMF[7:4]. "0" - Disable COME3 - S-AWB enable, effective only when COMB0=1 and COMA2=1 COME2 - AWB method selection , effective only when COMB0=1 and COMA2=1. Enable condition is set by GAM[7:5]. COME1 - AWB fast/slow mode selection. "1" - fast AWB, "0" - slow AWB. When AWB enable, COMA2=1, fast AWB (power up) then slow AWB. COME0 - Digital output driver capability. "1" High drivability for digital output. "0" low drivability.
21	Y Offset	80	RW	Y channel manual offset adjustment, effective when COMG[2]=1 YOF[7] - sign bit, "1" increase, "0" - decrease YOF[6:0] - Y channel offset
22	UOffset	80	RW	U channel manual offset adjustment, effective when COMG[2]=1 UOF[7] - sign bit, "1" increase, "0" - decrease UOF[6:0] - U channel offset value
23	Rsvd23	0A	-	reserved
24	ECW	18(I)/2E(P)	RW	Exposure white level setting for AEC. ***** Note: This register must be initialized to the default value when switching between scan modes, initialization must be done in manual exposure setting. The following equation must be satisfied to ensure stable AEC.*** **AEW[7:0] + AEB[7:0] [4D] - Interlaced;** **AEW[7:0] + AEB[7:0] [9A] - progressive**
25	ECB	3F(I)/7C(P)	RW	Exposure black level setting for AEC. ***** Note: This register must be initialized to the default value when switching between scan modes, initialization must be done in manual exposure setting. The following equation must be satisfied to ensure stable AEC.*** **AEW[7:0] + AEB[7:0] [4D] - Interlaced;** **AEW[7:0] + AEB[7:0] [9A] - progressive**
26	Common F	B2	RW	COMF[7:6]: - digital aperture correction coring level [00] - 8 mV [01] - 16 mV [10] - 32 mV [11] - 64 mV. COMF[5:4]: digital aperture correction gain [00] - 50% [01] - 100% [10] - 200% [11] - 400%. COMF3 - reserved. COMF2 - swap MSB <-> LSB, default is bit7 = MSB. COMF1 - "1" enables A/D self-calibration. COMF0 - reserved.
27	Common G	C2	RW	COMG[7:4] - reserved COMG[3] - reserved COMG[2] - "1" disable Y & U & V auto offset adjustment, Y or U or V offset can be manually set in Reg21 and Reg22 and Reg2E. COMG[1] - "1" disable CCIR601 range clip, data range extends to 01h ~ FEh. COMG[0] - reserved
28	Common H	00	RW	COMH[7] - enable one-line output, valid in progressive scan COMH[6] - enable BW feature. COMH[5] - enable progressive scan COMH[4] - stop AEC/AGC, camera retains the last exposure/gain values. COMH[3] - stop AGC, camera retains the last gain value. COMH[2] - enable YG feature. COMH[1] - enable a fixed 2x gain in addition to the AGC control COMH[0] - higer AGC, "1" extends the AGC upper limit by 2x
29	Common I	03	RW	COMI[7] - stop AEC, camera retains the last exposure value. COMI[6] - enable external sync (slave) mode, hsync,vsync becomes input. COMI[5:4] - reserved COMI[3] - "1" center exposure algorithm, "0" - area exposure algorithm COMI[2] - reserved COMI[1:0] - version ID, read only

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Subad-dress (hex)	Register	Default (hex)	Read/ Write	Descriptions
2A	Frame Rate H	04	RW	EHSH7 - Frame Rate adjustment enable bit. "1" Enable. EHSH<6:5> - Highest 2 bit of frame rate adjust control byte. see explanation below. EHSH4 - "1" - UV component delay 2 pixel. " 0" no 2*Tp delay. EHSH3 - Y channel brightness adjustment enable. When COMF2=1 active. EHSH2 - Always "1" EHSH1 - Always "0" EHSH0 - Always "0"
2B	Frame Rate L	00	RW	EHSL<7:0> - Lowest 8 bit of frame rate adjust control byte. Frame rate adjustment resolution is 0.12%. Control byte is 10 bit. Every LSB equal decrease frame rate 0.12%. Range is 0.12% - 112%. IF frame rate adjustment enable, COME7 must set to "0".
2C	ALC	88	RW	EXBK[7:4] - Auto Level Control high level comparator selection.Range is 0.08% - 1.3% EXBK[3:0] - Auto Level Control step selection. Range is 0.08% - 1.3%.
2D	Common J	33	RW	COMJ7 - AEC update rate selection, "1" slow , "0" faster . COMJ6 - CIF 60 frame/s selection. "1" Only Odd field in Interlace Mode data output, "0" Odd/ Even field data output, frame rate is 30 Frame/s. COMJ5 - ALC update rate selection. "1" slow, "0" fast. COMJ4 - Enable Auto Level Control. COMJ3 - reserved COMJ2 - Band filter enable. After adjust frame rate to match indoor light frequency, this bit enable a different exposure algorithm to remove light band seen under fluorescent light. COMJ1 - Always "1". COMJ0 - Always "1".
2E	VOffset	80	RW	V channel manual offset adjustment, effective when COMG[2]=1 VOF[7] - sign bit, "1" increase, "0" - decrease VOF[6:0] - V channel offset value
2F	Array Bias	30	RW	Array bias adjustment, use factory setting only
30	Rsvd30	71	RW	reserved
31	Rsvd31	90	RW	reserved
32	Rsvd32	56	RW	reserved
33	YGAMMA	A0	RW	YGAM[7] : GAMMA switch for better color resolution YGAM[6]: YGAMMA enable YGAM[5:0]: reserved
34	Bias Adjust	4A	RW	BADJ[7:6] : A/D reference level adjustment. [00] - 110% internal full signal range; [01] - 120%, [10] - 130%, [11] - 140%. BADJ[5:4]: UV low-pass-filter bandwidth selection. [00] - 0.4MHz, [01] - 0.8 MHz, [10] - 1.2MHz, [11] - 1.6 MHz. BADJ[3:2]: signal peak level adjustment. [00] - 60% of full range, [01] - 70%, [10] - 80%, [11] - 90% of full range. BADJ[1:0]: GAMMA curve selection (knee voltage) [00] - 0.9v, [01] - 1.0v, [10] - 1.1v, [11] - 1.2V
35	Common L	5E	RW	COML[7:5] - Y channel delay time selection relative to UV channel COML[4] - enable UV Filter 1 COML[3] - enable UV Filter 2 COML[2] - Y signal algorithm selections . COML[1] - Always "1". COML[0] - reserved.
36	Rsvd36		RW	reserved
37	Rsvd37		RW	reserved
38	Common K	81	RW	COMK7 - HREF edge selection w.r.t PCLK "1" - PCLK falling edge "0" - PCLK rising edge. COMK6 - High driveability for digital output pin. COMK5 - reserved. COMK4 - ZV port Vertical timing selection. "1" VSYNC output ZV port vertical sync signal. "0" normal TV vertical sync signal. COMK3 - Quick stable mode when camera mode change. (CIF, 8 Bit output, CCIR 656 mode and Progressive Scan Mode). After relative control bit set, the first VS will be the stable image with suitable AEC/AWB setting, "0" - slow mode, after mode change need more field/ frame to get stable AEC/AWB setting image. COMK2 - reserved. COMK1 - AWB settle time selection for slow AWB operation. "1" - fast "0" - slow. COMK0 - Always "1"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

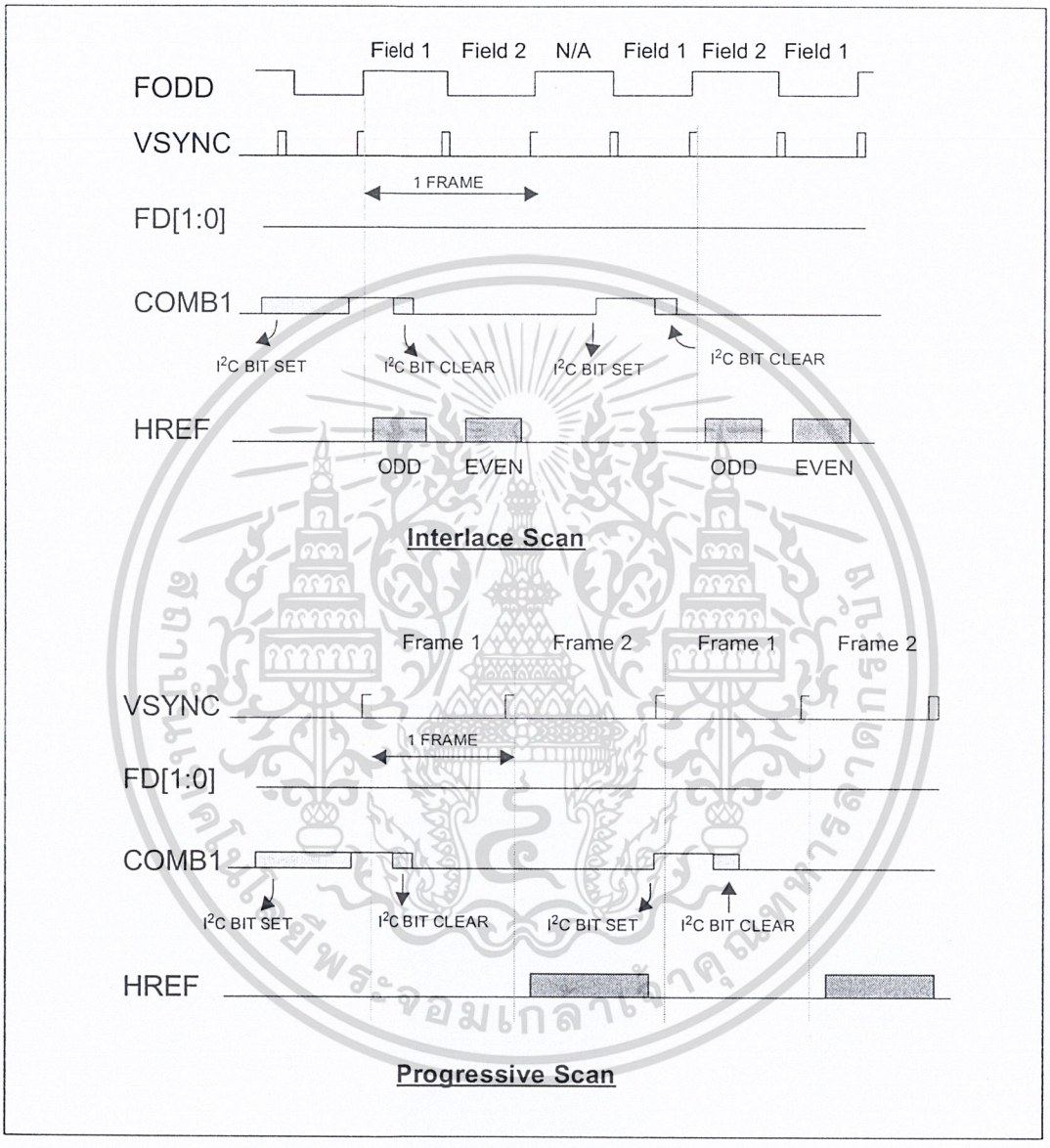


Figure 12. Single Frame Transfer Example

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

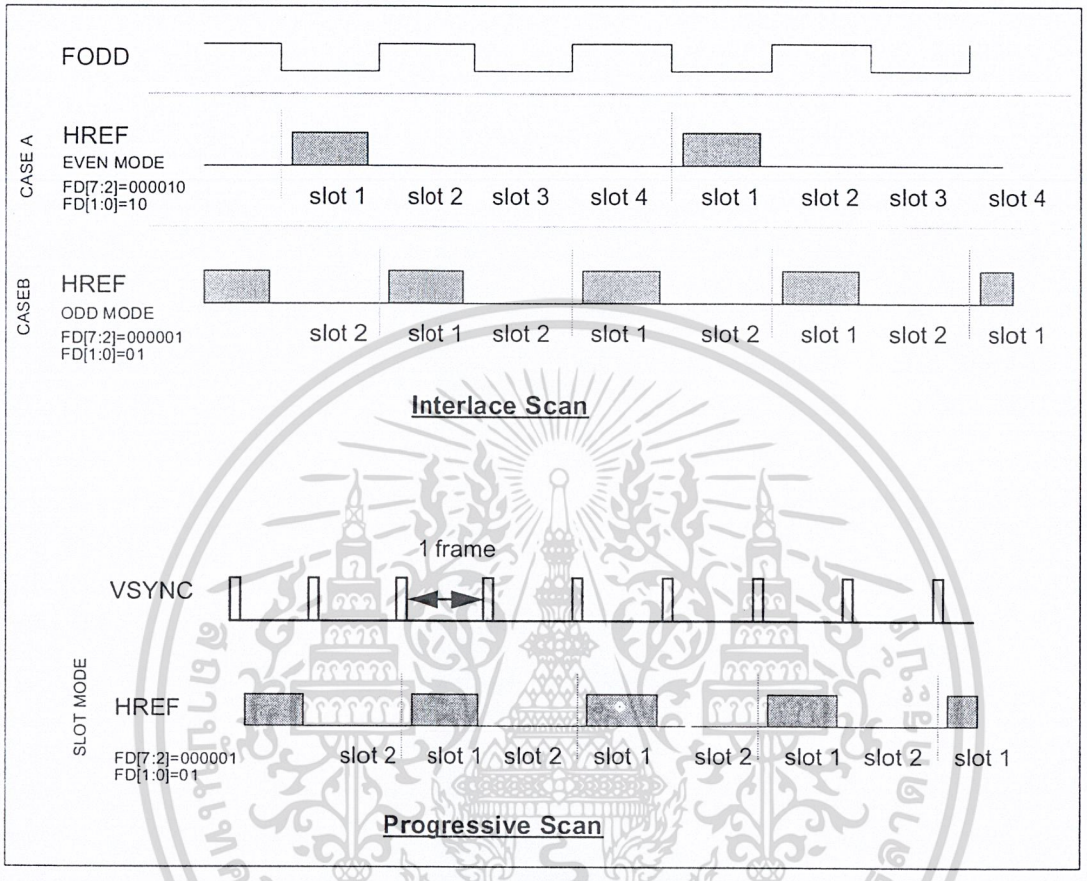


Figure 13. Field Division Example

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

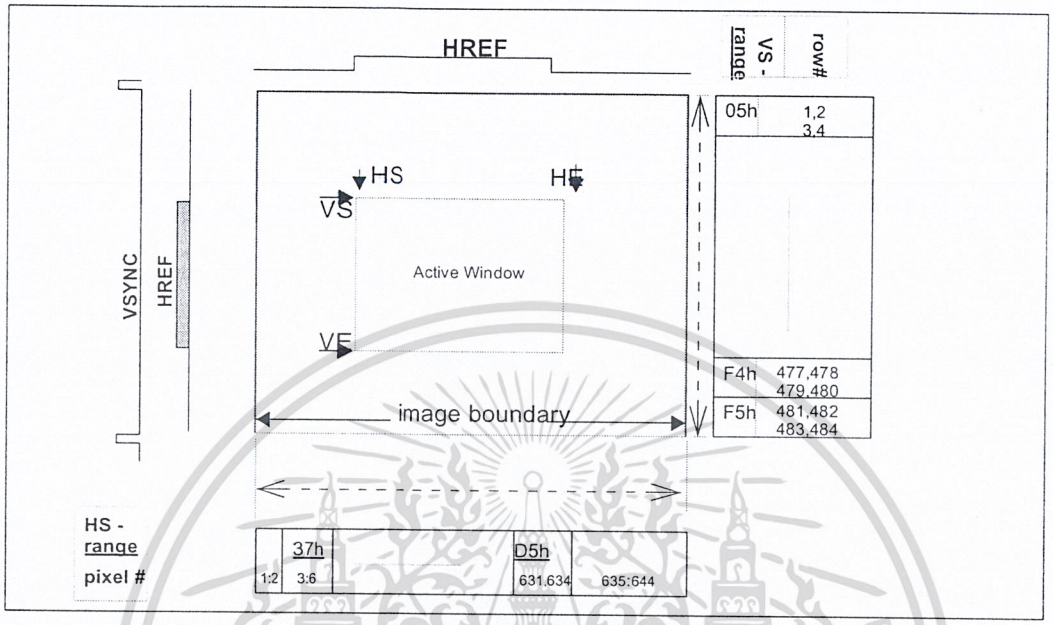


Figure 14. Window Sizing

Note 1. Valid End value must be "higher than "Start value for both VE/VS and HE/HS. At minimum, (VE-VS)=1 equals 4 rows, (HE-HS)=1 equals 4 pixels. Horizontal counter has two region, the counter wraps back to 00h after reaching D6h.

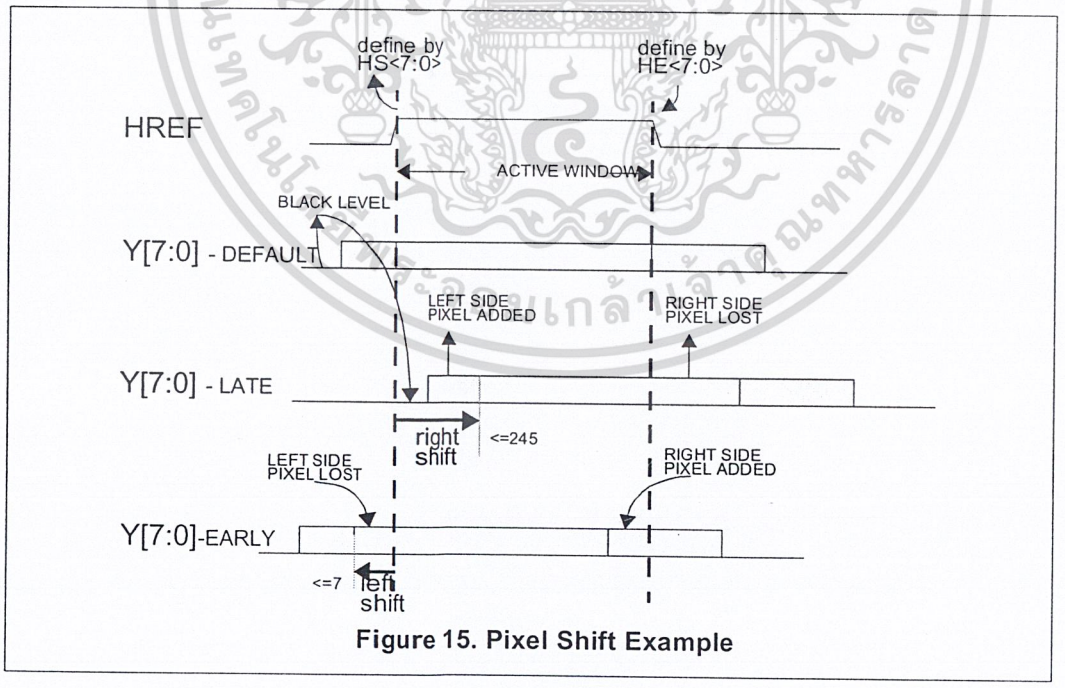


Figure 15. Pixel Shift Example

Note: pixel shift feature does not affect the order of video data in Y and UV bus.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. Specifications

Table 4. Electrical parameters (0°C to 70 °C, all voltages referenced to GND)

Symbol	Descriptions	Max	Typical	Min	Units
Supply					
V_{DD}	Supply voltage (VDD, DVDD)	5.5	5.0	4.5	V
V_{DDO}	Supply voltage (DOVDD)	5.5	-	3	V
I_{DD1}	Supply Current in VDDs	25	-	-	mA
I_{DD2}	Supply Current in DOVDD @ 50pf load at digital output	-	40	-	mA
I_{DD3}	Standby supply current (CMOS level @ inputs)	100	-	-	uA
Digital input pin					
V_{IL}	Input voltage LOW	0.8	-	-	V
V_{IH}	Input voltage HIGH	-	-	2.0	V
Cin	Input capacitor	10	-	-	pF
t_r, t_f	Digital input rise/fall time	25	-	-	ns
Digital output - standard load 50pf, 1.2kΩ to 3.0volts					
V_{OH}	Output voltage HIGH	-	-	2.4	V
V_{OL}	Output voltage LOW	0.6	-	-	V
Video bus - (@ 60Hz fps)					
t_{PCLK}	PCLK cycle time	-	74	-	ns
t_P	PCLK pulse width	-	32	-	ns
t_{DS}	data to PCLK set up time	-	t_P - 10	-	ns
t_{DH}	data to PCLK hold time	-	t_P - 10	-	ns
I^2C					
f_{scl}	SCL clock frequency	400	-	-	kHz
t_f	SDA fall time	300	-	$20 + 0.1C_{sda}$	ns
t_{idle}	Bus idle time	-	-	1.3	us
t_{hdsta}	START hole time	-	-	0.6	us
t_{stps}	STOP set up time	-	-	0.6	us
t_{ds}	SDA set up time	-	-	100	us
t_{dh}	SDA hold time	-	-	0	us
Clock input / Crystal Oscillator					
f_{osc}	Resonator frequency	3	27.000	30	MHz
	Load capacitor	-	10	-	pF
	Parallel resistance		1M		W
	Rise/fall time for external clock input	-	5	-	ns
	Duty cycle for external clock input	60		40	%
Misc. timing					
t_{SYNC}	External FSI cycle time	-	2	-	frame
t_{PU}	Chip power up time	100	-	-	us
t_{PD}	Power up delay time	-	10	-	us
t_{PZ}	Power up low-z delay	-	1000	-	ns
VTO analog video output parameters					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 4. Electrical parameters (0°C to 70 °C, all voltages referenced to GND) (Continued)

Symbol	Descriptions	Max	Typical	Min	Units
V_{TO-P}	video peak signal level	-	1.9	-	V
V_{TO-B}	video black signal level	-	1.0 - 2.0	-	V
V_{SYNC}	Y video sync pulse amplitude	-	0 - 4.0	-	V
Ro	Video output load	-	75	-	Ohm
t_H	horizontal line width		858		pclk
t_{HSYNC}	horizontal sync width		64		pclk
t_{HBK}	horizontal blank width		214		pclk
t_V	vertical field width		262.5		t_H
t_{VSYNC}	vertical sync width		3		t_H
t_{VF1}	field 1 vertical front equalization width		3		t_H
t_{VB1}	field 1 vertical back equalization width		3		t_H
t_{VBK1}	field 1 blank line outside equalization region		11		t_H
t_{VF2}	field 2 vertical front equalization width		3.5		t_H
t_{VB2}	field 2 vertical back equalization width		3		t_H
t_{VBK2}	field 2 blank line outside equalization region		11.5		t_H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

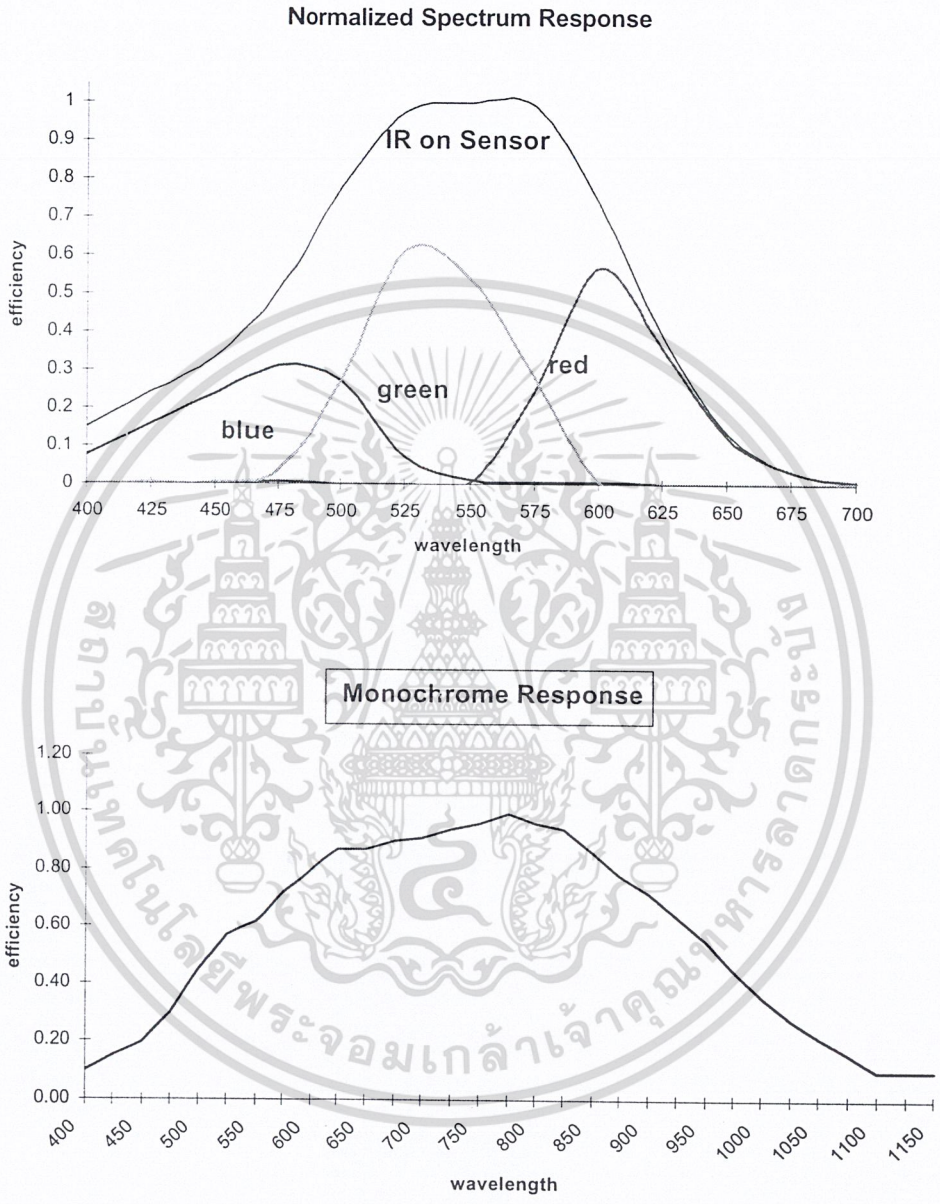


Figure 16. Spectrum Response

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

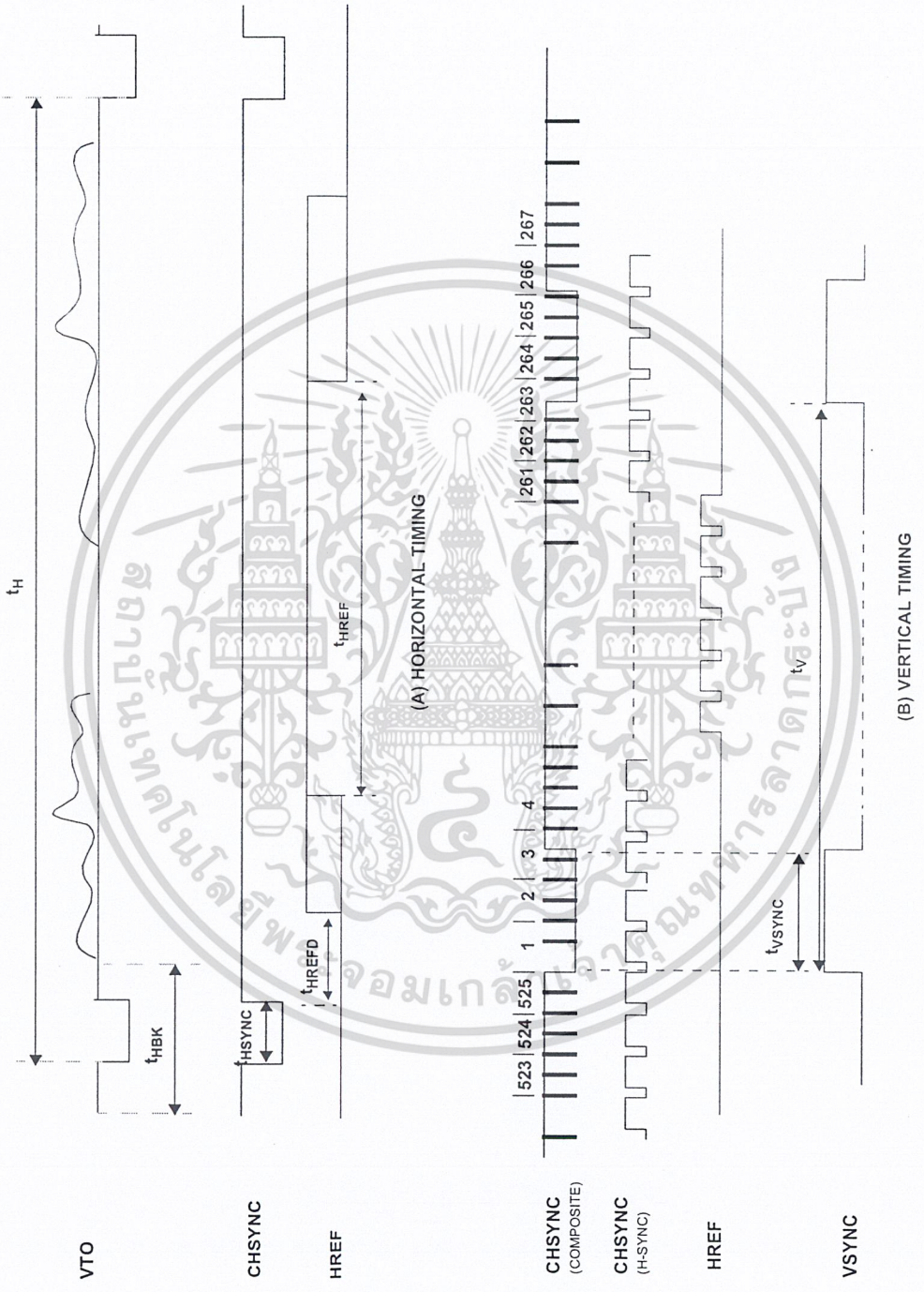


Figure 17. Video Timing Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 18. Digital Data Bus Timing

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

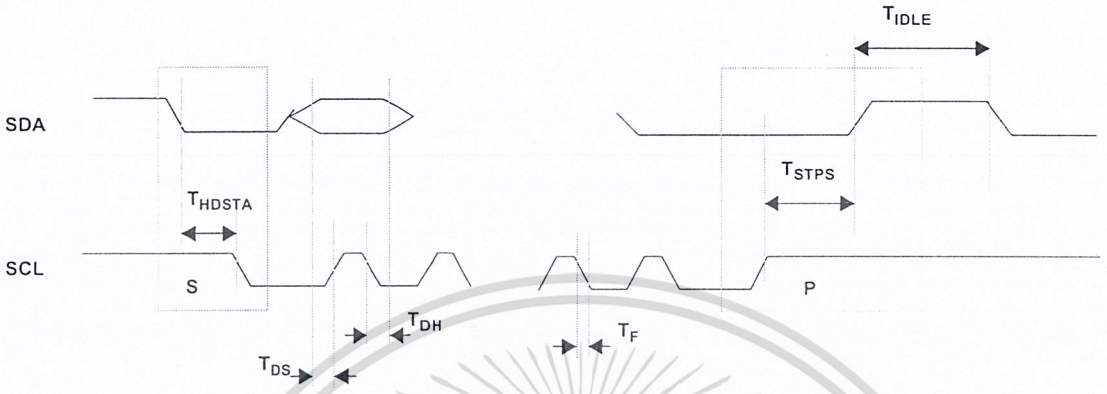


Figure 19. I^2C Bus Timing

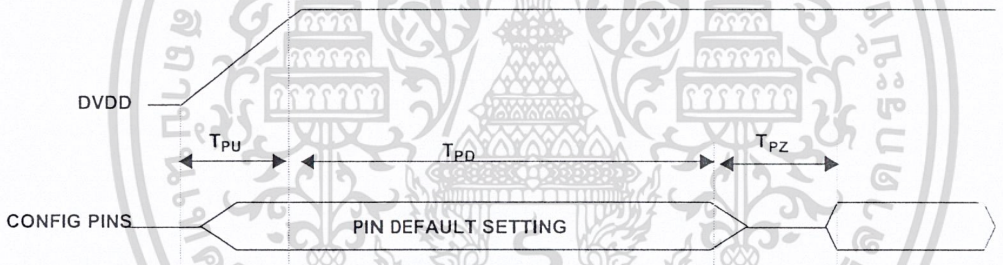


Figure 20. Configuration Pin Setting at Power Up

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

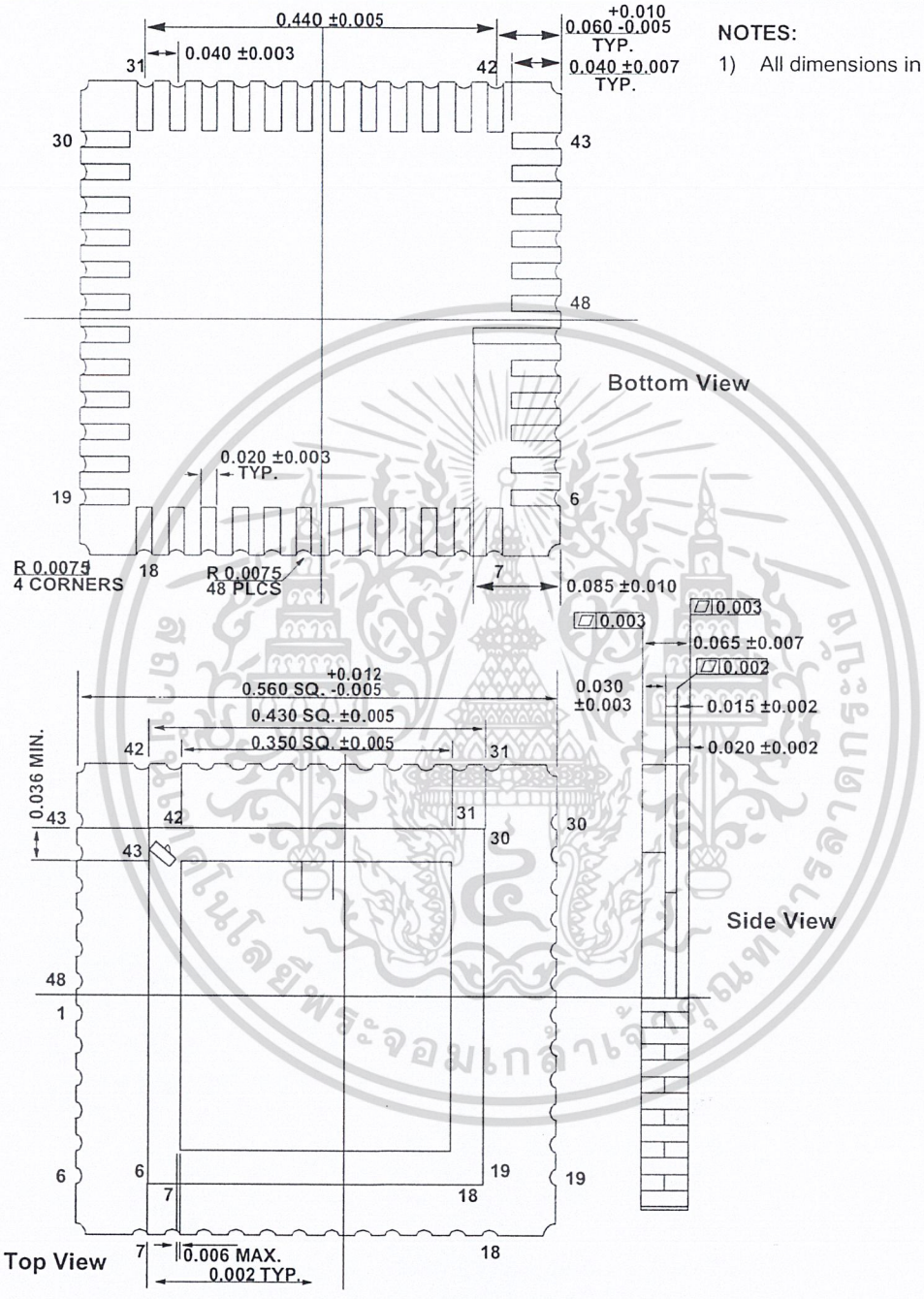
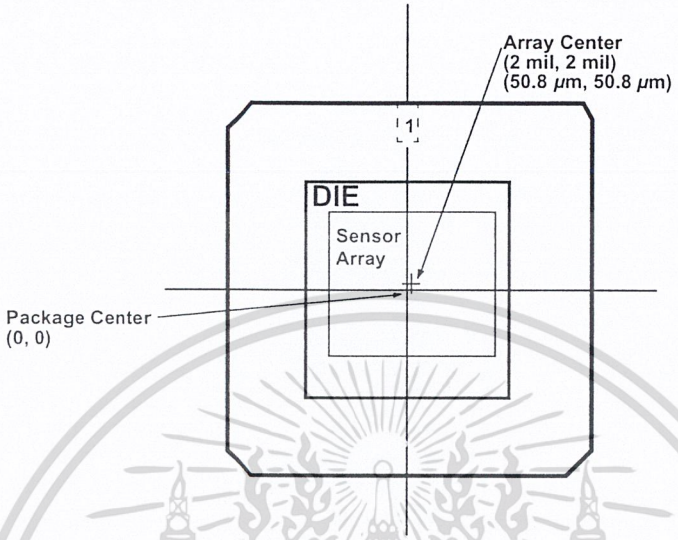


Figure 21. Package Mechanical Data

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Top View

Figure 22. OV7610/OV7110 Sensor Array Location

Part Number	Description	Comments
OV7610	Color Digital Sensor	48 pin LCC
OV7110	Monochrome Digital Sensor	48 pin LCC

OmniVision Technologies, Inc. reserves the right to make changes without further notice to any product herein to improve reliability, function, or design. OmniVision Technologies, Inc. does not assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit described herein; neither does it convey any license under its patent rights nor the rights of others. No part of this publication may be copied or reproduced, in any form without the prior written consent of OmniVision Technologies, Inc.

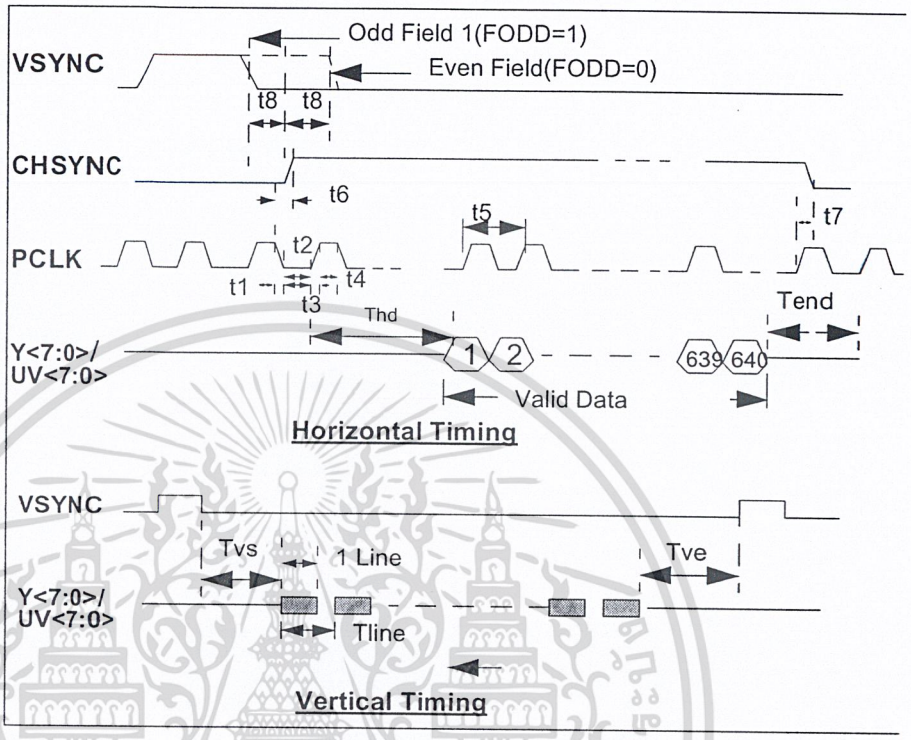
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Appendix

Figure 23. Referencing digital camera design

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ZV PORT Timing:
The ZV Port is a single-source unidirectional video bus between a PC Card socket and a VGA controller. The ZV Port complies with CCIR601 timing to allow NTSC decoders to deliver real-time digital video straight into the VGA frame buffer from a PC Card. OV7600 support ZV Port Timing, which output signal can be output to a PC Card directly, then to VGA controller.ZV Port Timing



Notes: ZV Port format output signal include

VSYNC: Vertical sync pulse.
CHSYNC: Horizontal sync pulse.
PCLK: Pixel clock used to clock valid data and CHSYNC into ZV Port. Default frequency is 13.5MHz when use 27MHz as system clock. Rising edge of PCLK is used to clock the 16 Bit data.
Y<7:0>: 8 Bit luminance data bus.
UV<7:0>: 8 Bit chrominance data bus.
Note: In Interlaced Mode, there are Even/Odd field different (t8). When In Progressive Scan Mode, only frame timing same as Even field(t8).

Table A1: ZV Port AC Parameters

Symbol	Parameter	Min.	Max.
t1	PCLK fall timing	4 ns	8 ns
t2	PCLK low time	30 ns	
t3	PCLK rise time	4 ns	8 ns
t4	PCLK high time	30 ns	
t5	PCLK period	74 ns	
t6	Y/UV/CHSYNC setup time	10 ns	
t7	Y/UV/CHSYNC hold time	20 ns	
t8	VSYNC setup/hold time to CHSYNC	1 us	

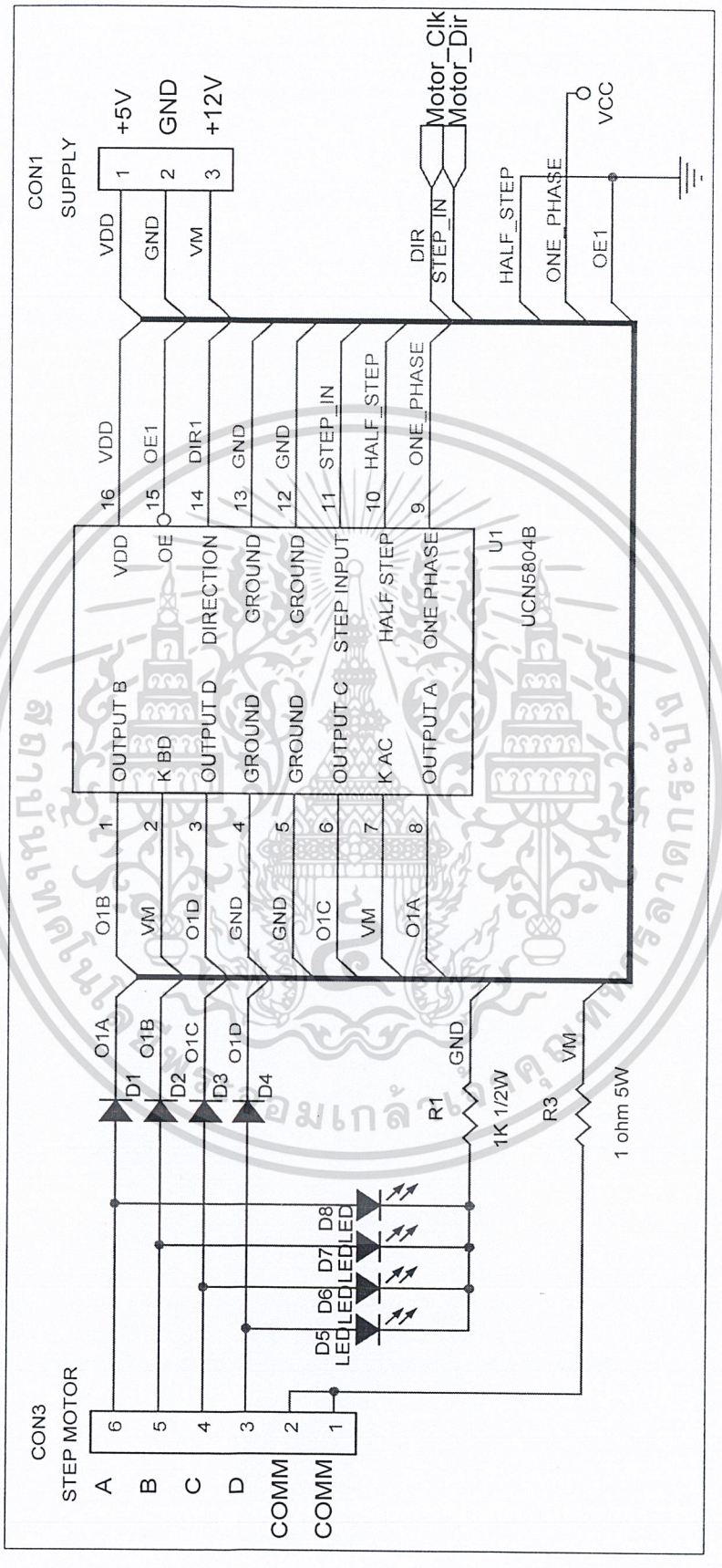
Thd is the pixel number between 1st valid data and 1st **PCLK** rising after **CHSYNC** rising edge. When in default horizontal window setting, **Thd** = 142*t5, which is changed with register HS<7:0>. HS<7:0> increase 1, **Thd** increase 4 pixel clock.
Tend is the pixel number between last valid data and 1st **PCLK** rising edge after **CHSYNC** falling edge. When in default horizontal window setting, **Tend** = 10*t5, which is changed with register HE<7:0>. HE<7:0> change 1, **Tend** change 4 pixel clock.
After **VSYNC** falling edge, OV7600 will output black reference level, the line number is **Tvs**, which is the line number between the 1st **CHSYNC** rising edge after **VSYNC** falling edge and 1st valid data **CHSYNC** rising edge. Then valid data, then black reference, line number is **Tve**, which is the line number between last valid data **CHSYNC** rising edge and 1st **CHSYNC** rising edge after **VSYNC** rising edge. The black reference output line number is dependent on vertical window setting.
When in default setting, **Tvs** = 14***Tline**, which is changed with register VS<7:0>. If in **Interlaced Mode**, VS<7:0> change 1 step, **Tvs** increase 1 line. If in **Progressive Scan Mode**, VS<7:0> step equal to 2 line.
When in default setting, **Tve** = 4***Tline** for **Odd** Field, **Tve** = 3***Tline** for **Even** Field, which is changed with register VE<7:0>. If in **Interlaced Mode**, VE<7:0> change 1 step, **Tve** increase 1 line. If in **Progressive Scan Mode**, VE<7:0> step equal to 2 line.
In **Progressive Scan Mode**, **Tve** = 3***Tline** and **Tvs** = 35***Tline**.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

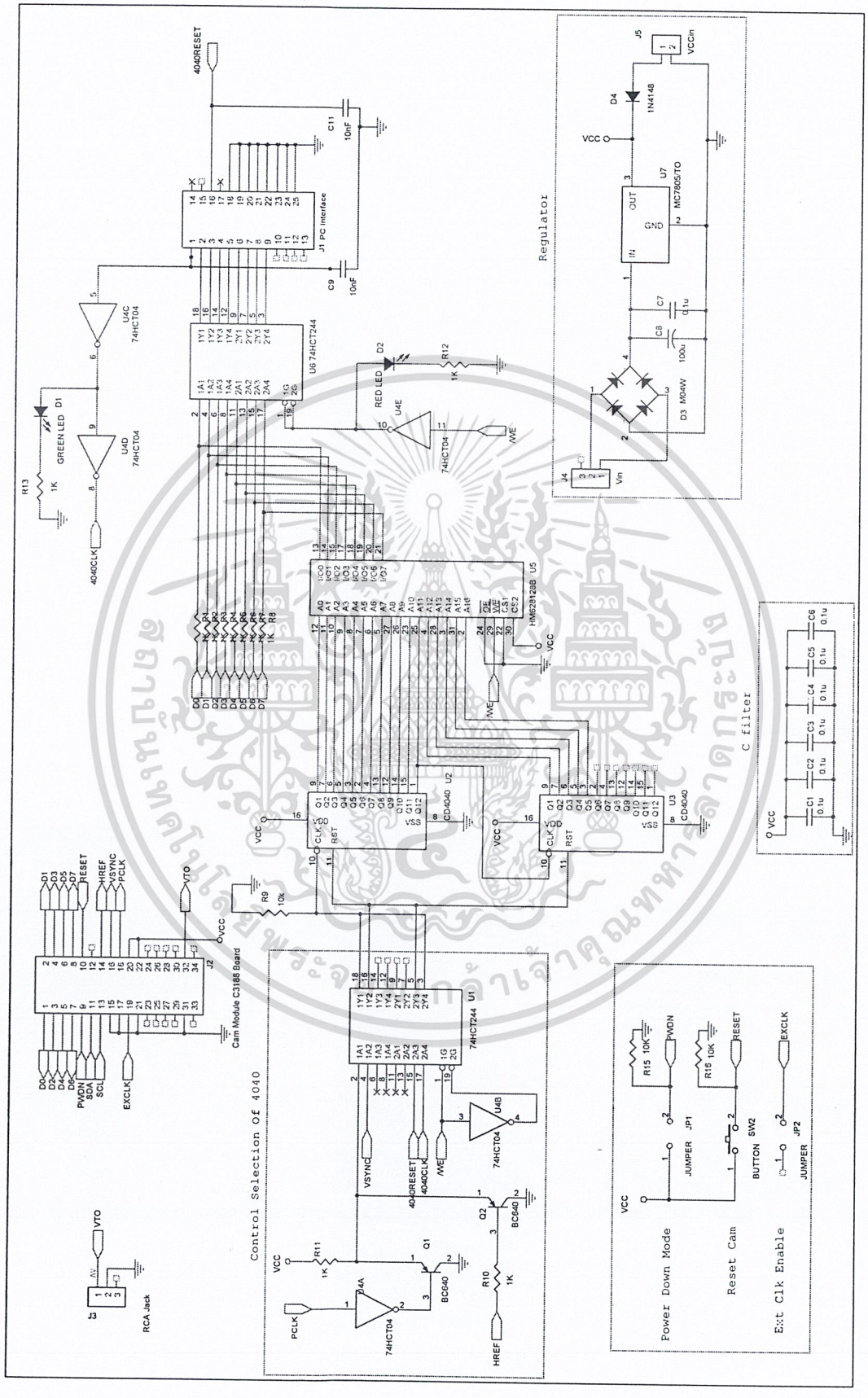
วงจรของคาเมร่าบ็อกซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



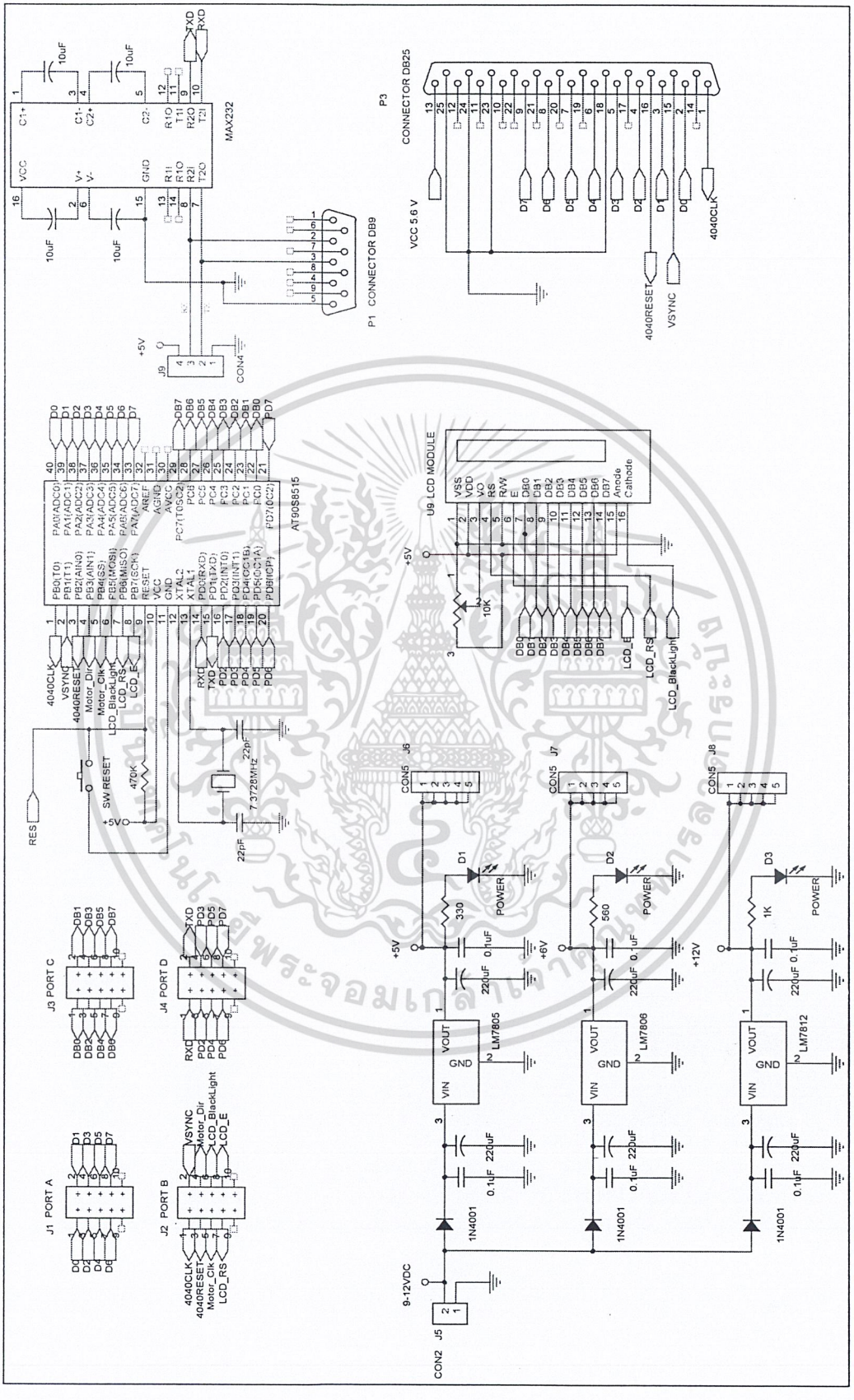
รูปที่ ข-1 วงจรขับสเต็ปมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข-2 วงจรอินเทอร์เฟซกล้องวิดีโอซีมอส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข-3 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์และจอแสดงผลแอลซีดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.

โปรแกรมทดสอบบลูทูธโมดูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมทดสอบบลูทูธโมดูล

```
#include <asm/types.h>
#include <termios.h>
#include <stdio.h>
#include <string.h>
#include <unistd.h>
#include <fcntl.h>
#include <sys/signal.h>
#include <sys/types.h>
 #include <sys/time.h>
#include <sys/ioctl.h>
#include <sys/wait.h>
#include <fcntl.h>
#include <time.h>
#include <stdlib.h>
#include <syslog.h>
#include <errno.h>
#include <stdarg.h>

#define BAUDRATE B57600
#define MODEMDEVICE "/dev/ttyS0"
#define _POSIX_SOURCE 1 /* POSIX compliant source */
#define FALSE 0
#define TRUE 1
#define ACL_LINK 1
#define SCO_LINK 0
#define HCI_ACL_LEN 160
#define HCI_SCO_LEN 255
#define HCI_ACL_NUM 8
#define HCI_SCO_NUM 2
#define NBR_OF_HCI_INBUFFERS 7
#define HCI_IN_SIZE 17000 //2048
#define NBR_CMD_BUFS 10
#define LINK_TO 0 /* 0 = No link timeout */
```

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
/* Defines for the packet types */
#define CMD_PKT 0x01
#define ACL_PKT 0x02
#define SCO_PKT 0x03
#define EVENT_PKT 0x04
#define ERROR_PKT 0x05
#define NEG_PKT 0x06

/* Define the different OCF values */
/* Link policy commands */
/* Host-controller and basebands commands */
#define RESET 0x03
#define FLUSH 0x08
#define WRITE_SCAN_ENABLE 0x1A
#define WRITE_PAGESCAN_ACTIVITY 0x1C
#define WRITE_INQUIRYSCAN_ACTIVITY 0x1E
#define WRITE_LINK_SUPERVISON_TO 0x37

/* Informationall parameters */
#define READ_BUFFER_SIZE 0x05
#define READ_BD_ADDR 0x09

/* Define the different OGF values */
#define HCI_LC 0x01   /* Link Control Command */
#define HCI_LP 0x02   /* Link Policy Command */
#define HCI_HC 0x03   /* Host Controller and Baseband Commands */
#define HCI_IP 0x04   /* Informational Parameters */
#define MANUFACTURER_SPEC 0x3f

/* Defines of the different events */
#define COMMAND_COMPLETE 0x0E
#define COMMAND_STATUS 0x0F

/* The flags in the HCI header */
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
#define L2CAP_FRAME_START 0x02
#define L2CAP_FRAME_CONT 0x01
#define HCI_HDR_LEN 1
#define ACL_HDR_LEN 4
#define SCO_HDR_LEN 3
#define CMD_HDR_LEN 3
#define EVENT_HDR_LEN 2
#define HCI_SYNC_FIX
#ifdef HCI_EMULATION

/* Ericsson HW */
#define ACL_NUM 10
#define ACL_LEN 800
#define SCO_NUM 2
#define SCO_LEN 100
#define HCI_HDL 0
#define ACL_CON 0x1
#endif
/****************** TYPE DEFINITION SECTION *****************************/
/* Struct defining a HCI command packet, the meaning of the type field is
   decribed in part H:4 chapter 2 in the baseband core specification. The
   other fields are described in section H:1 chapter 4.4.1 in the baseband
   core specification */

typedef struct cmd_pkt {
        unsigned int  type:8;
        unsigned int ocf:10;
        unsigned int ogf:6;
        unsigned int len:8;
        unsigned char data[256];
}cmd_pkt;

static cmd_pkt c_pkt;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
typedef struct d_pkt {
        unsigned char data[256];
}d_pkt;
static d_pkt acl_pkt;
static int fd;
static char buf[255];
unsigned char new_bd[6];

volatile int STOP=FALSE;

int read_bd_addr()
{
int a,i,len;
unsigned char *data;
        c_pkt.type = CMD_PKT;
        c_pkt.ocf = READ_BD_ADDR;
        c_pkt.ogf = HCI_IP;
        c_pkt.len = 0;
        /* Hazard ! what if bd isn't a bd addr... */
        data = (unsigned char *) &c_pkt;
   len = c_pkt.len+CMD_HDR_LEN+HCI_HDR_LEN      ;
        printf("write lower driver : %d bytes\n",i);
        i=1;
        while(i!=-1){
          usleep(100);
          i=read(fd,buf,255);
          printf("read %d \n",i);
          for (a=0;a<i;a++)          printf("%02x  ",buf[a]);
        }
        return i;
}

void signal_handler_IO (int status);  /* definition of signal handler */
int wait_flag=TRUE;                   /* TRUE while no signal received */
```

เอกสารนี้เผยแพร่สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
int main(void)
{
 //int fd,c, res,num;
 int c,res,num,count,i,a,ext;
 char cmd;
 struct termios oldtio,newtio;
 struct sigaction saio;          /* definition of signal action */
 //char buf[255];
 //buf[1]=0;
 for (a=0;a<255;a++) buf[a] = 0;

 /* open the device to be non-blocking (read will return immediatly) */
 fd = open(MODEMDEVICE, O_RDWR | O_NOCTTY | O_NONBLOCK );
 if (fd <0) {perror(MODEMDEVICE); exit(-1); }

 tcgetattr(fd,&oldtio); /* save current port settings */
 /* set new port settings for canonical input processing */
 newtio.c_cflag = BAUDRATE | CRTSCTS | CS8 | CLOCAL | CREAD;
 newtio.c_iflag = 0 /* IGNCR IGNPAR | ICRNL*/;
 newtio.c_oflag = 0 /*ONLCR*/;
 newtio.c_lflag = 0/*ICANON*/;
 newtio.c_cc[VMIN]=1;
 newtio.c_cc[VTIME]=1;
 tcflush(fd, TCIFLUSH);

 tcsetattr(fd,TCSANOW,&newtio);
 printf("Please reset HW board within 5 seconds\n");
 sleep(5);
 read_bd_addr();

 sleep(5)
 printf("\n");
 tcsetattr(fd,TCSANOW,&oldtio);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  close(fd);
  return (0);
}
/*****************************************************************************
    * signal handler. sets wait_flag to FALSE, to indicate above loop that     *
    * characters have been received.                                           *
    *****************************************************************************/
void signal_handler_IO (int status)
{
  printf("received SIGIO signal.\n");
  wait_flag = FALSE;
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

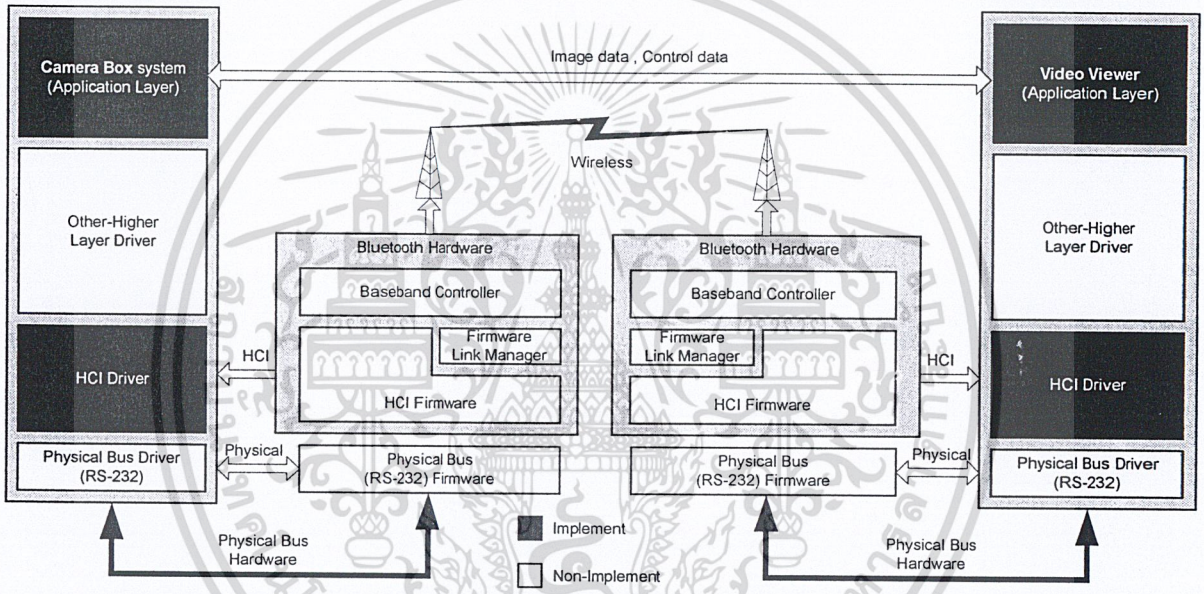
ภาคผนวก ง.
การอินเทอร์เฟซบลูทูธโมดูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การอินเทอร์เฟซบลูทูธโมดูล

โครงงานนี้ได้ใช้บลูทูธโมดูลของบริษัทอิริคสัน เพื่อทำหน้าที่รับส่งข้อมูลระหว่างคาเมร่าบ็อกซ์และโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์จึงใช้บลูทูธโมดูลจำนวนสองโมดูลด้วยกัน และทำการพัฒนาโปรแกรมในส่วนของ HCI driver ทั้งส่วนคาเมร่าบ็อกซ์ซึ่งเป็นโปรแกรมภาษาซีสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR อีกส่วนเป็นโปรแกรมภาษาเดลไฟซึ่งเป็นโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์โดยทำงานอยู่บนเครื่องคอมพิวเตอร์

ในเนื้อหาส่วนนี้จะอธิบายถึงการพัฒนาโปรแกรมสำหรับโพรโตคอลสแต็กในเลเยอร์ HCI driver เพื่อใช้อินเทอร์เฟซกับบลูทูโมดูล ซึ่งในโครงงานนี้ได้ทำการพัฒนาเพียงเลเยอร์เดียวเท่านั้น จากนั้นจึงเป็นเลเยอร์ของแอพพลิเคชันที่มาใช้งานอยู่บนเลเยอร์นี้ ภาพรวมของการอินเทอร์เฟซของระบบเป็นไปตามรูปที่ ง-1



รูปที่ ง-1 การพัฒนาโปรแกรมอินเทอร์เฟซกับบลูทูธโมดูลและลักษณะการเชื่อมต่อ

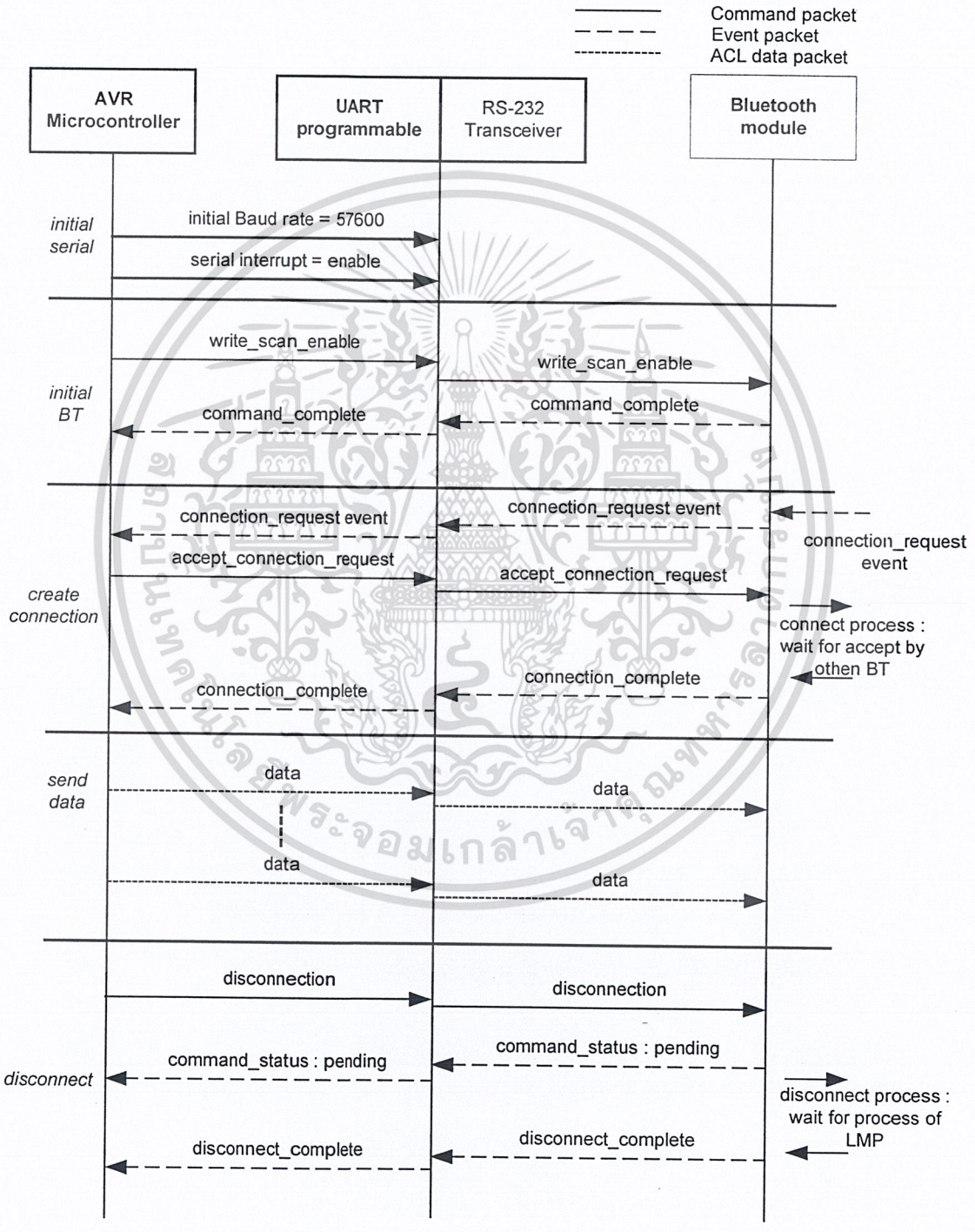
เนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับโพรโตคอลเลเยอร์ HCI Driver ได้กล่าวไว้ในบทที่ 2 ซึ่งในการอินเทอร์เฟซกับบลูทูธโมดูลในส่วน HCI Firmware จะต้องใช้ HCI Command packet เพื่อเข้าถึง Baseband command, link manager command, hardware status register, control register และ event register ในโครงงานพัฒนาโดยการใช้งาน HCI packet ทั้งสามแบบ (รายละเอียดของ HCI packet สามารถดูได้จาก Bluetooth Specification version 1.0B : Part H)

โปรแกรมที่ทำหน้าที่ HCI Driver ของคาเมร่าบ็อกซ์และโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์อธิบายแยกกันดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง.1 การพัฒนาโปรแกรม HCI Driver บน Camera Box

เป็นการเขียนโปรแกรมภาษาซีสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR อินเทอร์เฟซกับบลูทูธโมดูล โดยผ่านสายสื่อสารอนุกรม RS-232 โดยเป็นการเขียนโปรแกรมโดยใช้ HCI packet ทั้งสามแพ็กเกจในการติดต่อกับ HCI Firmware ที่อยู่ภายในบลูทูธโมดูล โดยลำดับการทำงานของโปรแกรมในการเรียกฟังก์ชันการทำงานต่างๆ จะเป็นไปตามรูปที่ ง-2



รูปที่ ง-2 ขั้นตอนการอินเทอร์เฟซระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR กับบลูทูธโมดูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยจะทำการเขียนโปรแกรมแยกออกเป็นฟังก์ชันต่างๆ ซึ่งในแต่ละฟังก์ชันจะใช้ HCI packet ต่างๆ กัน ฟังก์ชันดังกล่าวประกอบดังนี้

- init_stack()

  ฟังก์ชันนี้จะทำหน้าที่กำหนดค่าการทำงานเริ่มต้นของบลูทูธโมดูล ซึ่งภายในฟังก์ชันนี้จะทำการเรียกฟังก์ชัน write_scan_enable() และ set_ericsson_baudrate() เพื่อให้บลูทูธโมดูลสามารถรับการเชื่อมต่อและรับส่งข้อมูลระหว่างโมดูล อีกทั้งเป็นฟังก์ชันในการตั้งค่าความเร็วในการสื่อสาร (baudrate) ของบลูทูธโมดูล

- write_scan_enable(unsigned int enable)

  ฟังก์ชันนี้จะส่งคอมมานแพ็กเกจไปยังบลูทูธโมดูลเพื่อทำหน้าที่ควบคุมบลูทูธโมดูลว่าจะยินยอมให้อุปกรณ์บลูทูธอื่นสามารถทำการ Inquiry ได้หรือไม่ เมื่อส่งคำสั่งนี้ไปยังบลูทูธโมดูลแล้วจะ ได้รับอีเวนต์แพ็กเกจกลับมา ซึ่งจะเป็นอีเวนต์ Command complete เพื่อบอกสถานะว่าสามารถทำคำสั่งดังกล่าวได้หรือไม่

- set_ericsson_baudrate()

  ฟังก์ชันนี้จะส่งคอมมานแพ็กเกจไปยังบลูทูธโมดูลเพื่อทำหน้าที่กำหนดค่าความเร็วในการสื่อสารของบลูทูธโมดูล เมื่อส่งคำสั่งนี้ไปยังบลูทูธโมดูลแล้วจะได้รับอีเวนต์แพ็กเกจกลับมาซึ่งจะเป็นอีเวนต์ Command complete เพื่อบอกสถานะว่าสามารถทำคำสั่งดังกล่าวได้หรือไม่

- accept_connection_request()

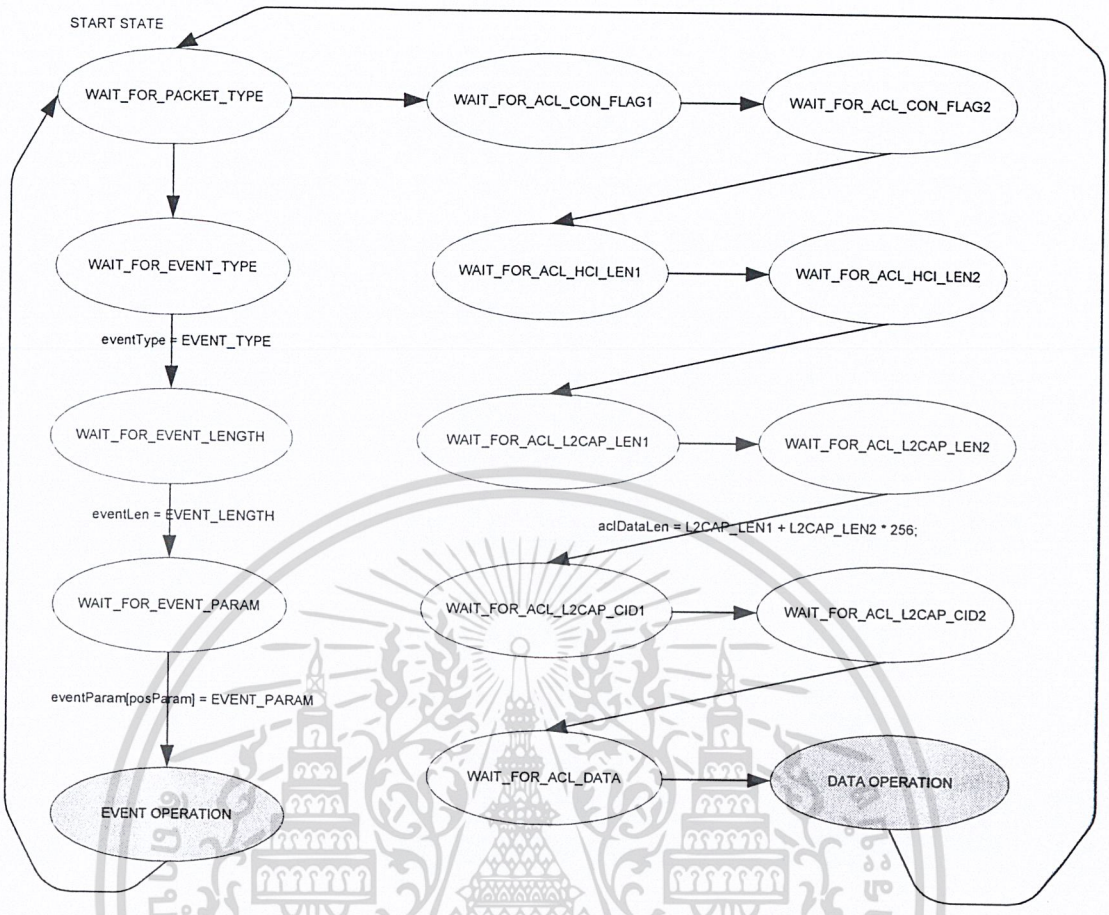
  ฟังก์ชันนี้จะทำหน้าที่ยอมรับการรองขอการเชื่อมต่อจากบลูทูธโมดูลอื่น โดยจะทำการส่งคอมมานแพ็กเกจ accept_connection_request ไปยังบลูทูธโมดูลจากนั้นโพรโตคอล LMP จะทำหน้าที่จัดการการเชื่อมต่อให้ เมื่อการเชื่อมต่อสำเร็จโพรโตคอล LMP จะส่งอีเวนต์แพ็กเกจให้แก่บลูทูธโมดูลทั้งสอง โดยจะเป็นอีเวนต์ Connection complete event เพื่อบอกให้รู้ว่าการเชื่อมต่อสำเร็จแล้ว

- send_acl_packet(unsigned char *data,int len)

  ฟังก์ชันนี้จะทำหน้าที่ส่งข้อมูลผ่านบลูทูธโมดูลโดยใช้ HCI Data packet ซึ่งเป็นแพ็กเกจข้อมูลแบบ ACL โดยข้อมูลที่จะส่งจะเก็บไว้ในตัวแปรอาเรย์โดยส่งเป็นพอยเตอร์ให้แก่ฟังก์ชันและส่งความยาวที่ต้องการส่ง ฟังก์ชันนี้จะทำงานหลังจากที่การสร้างการเชื่อมต่อสำเร็จแล้ว

นอกจากฟังก์ชันที่กล่าวมานี้ยังมีขั้นตอนในการตีความหมายของ HCI Event packet และ HCI Data packet โดยจะอธิบายตาม State diagram ดังรูปที่ ง-3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



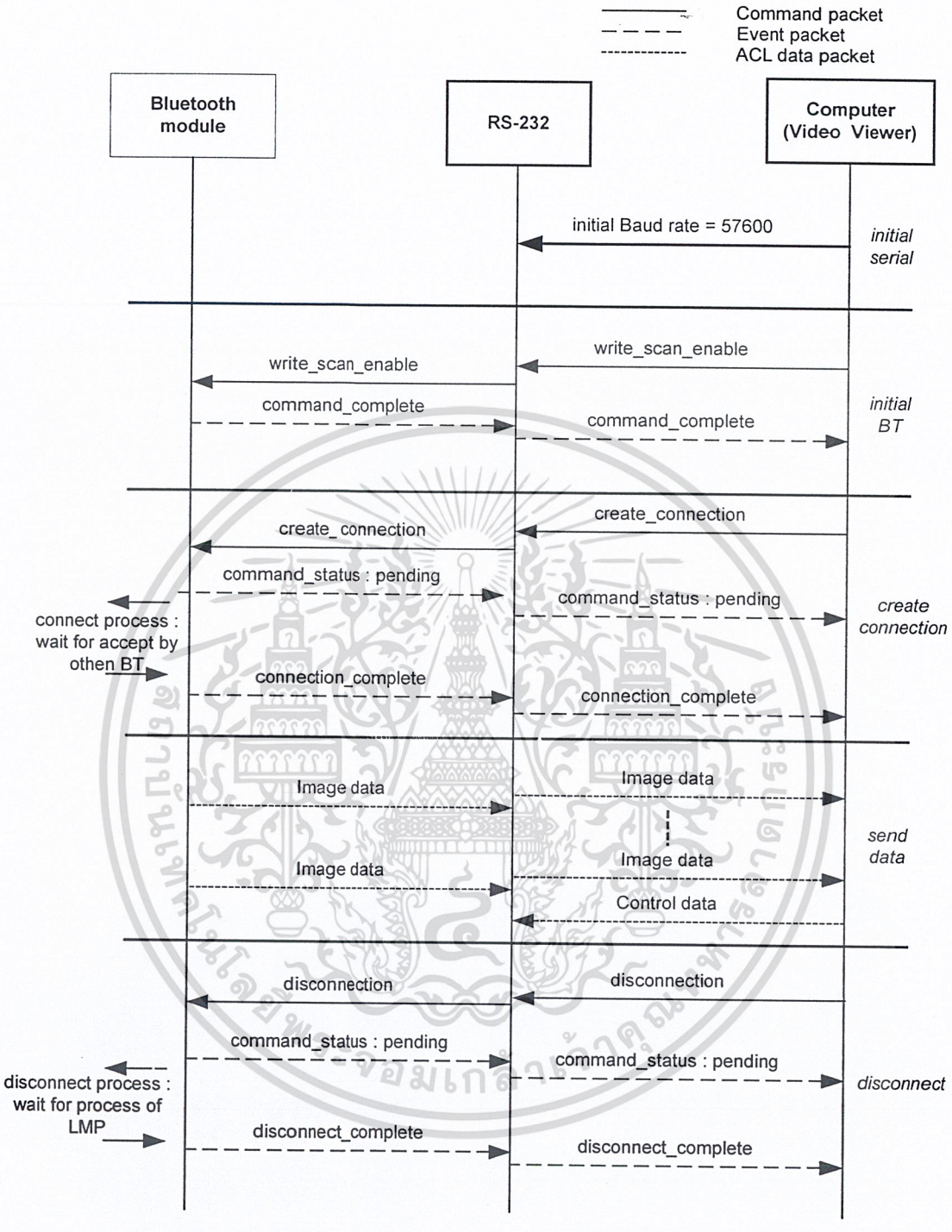
รูปที่ ง-3 สเตทการแปลความหมายอีเวนต์แพ็กเกจและดาต้าแพ็กเกจ

เนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์มีข้อจำกัดในเรื่องของหน่วยความจำภายในที่มีขนาดเล็ก ทำให้การเขียนฟังก์ชันเพื่อติดต่อและควบคุมการใช้บลูทูธโมดูลไม่สามารถทำได้ทั้งหมดตามที่มีอยู่ใน HCI Command packet ฉะนั้นจึงเลือกเขียนโปรแกรมฟังก์ชันตามที่มีการใช้งานในโครงงานนี้เท่านั้น แต่สำหรับการพัฒนาในระบบอื่นๆ ที่ไม่มีข้อจำกัดดังกล่าว ก็ควรพัฒนาโปรแกรมให้รองรับกับมาตรฐานของเลเยอร์ HCI Driver ทั้งหมด

ง.2 การพัฒนาโปรแกรม HCI Driver บนโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์

เป็นการเขียนโปรแกรมภาษาเคลไฟสำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์ซึ่งเป็นโปรแกรมวิดีโอวิวเวอร์ โดยการอินเทอร์เฟซกับบลูทูธโมดูลโดยผ่านสายสื่อสารอนุกรม RS-232 โดยเป็นการเขียนโปรแกรมโดยใช้ HCI packet ทั้งสามแพ็กเกจในการติดต่อกับ HCI Firmware ที่อยู่ภายในบลูทูธโมดูล เช่นเดียวกับในคาเมร่าบ็อกซ์โดยลำดับการทำงานของโปรแกรมในการเรียกโพรซีเยอร์การทำงานต่างๆ จะเป็นไปตามรูปที่ ง-4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง-4 ขั้นตอนการอินเทอร์เฟซระหว่างคอมพิวเตอร์ (วิดีโอวิวเวอร์) กับบลูทูธโมดูล

โดยจะทำการเขียนโปรแกรมแยกออกเป็นโพรซีเยอร์ต่างๆ ซึ่งในแต่ละโพรซีเยอร์จะใช้ HCI packet ต่างๆ กัน โพรซีเยอร์ดังกล่าวประกอบดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Init_stack(spd : integer)

โพรซีเยอร์นี้จะทำหน้าที่กำหนดค่าการทำงานเริ่มต้นของบลูทูธโมดูล ซึ่งภายในโพรซีเยอร์นี้จะทำการเรียกฟังก์ชัน write_scan_enable() และset_ericsson_baudrate() เพื่อให้บลูทูธโมดูลสามารถรับการเชื่อมต่อและรับส่งข้อมูลระหว่างโมดูล อีกทั้งเป็นฟังก์ชันในการตั้งค่าความเร็วในการสื่อสาร (Baudrate) ของบลูทูธโมดูล

- Write_scan_enable

โพรซีเยอร์นี้จะส่งคอมมานแพ็กเกจไปยังบลูทูธโมดูลเพื่อทำหน้าที่ควบคุมบลูทูธโมดูลว่าจะยินยอมให้อุปกรณ์บลูทูธอื่นสามารถทำการ Inquiry ได้หรือไม่ เมื่อส่งคำสั่งนี้ไปยังบลูทูธโมดูลแล้วจะได้รับอีเวนต์แพ็กเกจกลับมา ซึ่งจะเป็นอีเวนต์ Command complete เพื่อบอกสถานะว่าสามารถทำคำสั่งดังกล่าวได้หรือไม่

- ReadBdAddr

โพรซีเยอร์นี้จะทำหน้าที่อ่านค่าแอดเดรสของบลูทูธโมดูล โดยจะทำการส่งคอมมานแพ็กเกจ Read_Bd_Addr ไปยังบลูทูธโมดูล เมื่อส่งคำสั่งนี้ไปยังบลูทูธโมดูลแล้วจะได้รับอีเวนต์แพ็กเกจกลับมา ซึ่งจะเป็นอีเวนต์ Command complete โดยภายในแพ็กเกจนี้จะมีค่าแอดเดรสของบลูทูธโมดูลอยู่ด้วย

- Create_connection

โพรซีเยอร์นี้จะทำหน้าที่ร้องขอการสร้างการเชื่อมต่อไปยังอุปกรณ์บลูทูธที่ต้องการ คือคาเมร่าบ็อกซ์โดยจะทำการส่งคอมมานแพ็กเกจ create_connection ไปยังบลูทูธโมดูลจากนั้นโพรโตคอล LMP จะทำหน้าที่จัดการการเชื่อมต่อให้ เมื่อการเชื่อมต่อสำเร็จโพรโตคอล LMP จะส่งอีเวนต์แพ็กเกจให้แก่บลูทูธโมดูลทั้งสอง โดยจะเป็นอีเวนต์ Connection complete event เพื่อบอกให้รู้ว่าการเชื่อมต่อสำเร็จแล้ว

- Disconnection

โพรซีเยอร์นี้จะทำหน้าที่ยกเลิกการเชื่อมต่อไปยังอุปกรณ์บลูทูธที่ต้องการ คือคาเมร่าบ็อกซ์โดยจะทำการส่งคอมมานแพ็กเกจ Disconnection ไปยังบลูทูธโมดูลจากนั้นโพรโตคอล LMP จะทำหน้าที่จัดการการยกเลิกเชื่อมต่อให้ เมื่อการเชื่อมต่อถูกยกเลิกโพรโตคอล LMP จะส่งอีเวนต์แพ็กเกจให้แก่บลูทูธโมดูลทั้งสอง โดยจะเป็นอีเวนต์ Connection complete event เพื่อบอกให้รู้ว่าการยกเลิกการเชื่อมต่อสำเร็จแล้ว

- send_acl_packet(data : tdata;len : integer);

โพรซีเยอร์นี้จะทำหน้าที่ส่งข้อมูลผ่านบลูทูธโมดูลโดยใช้ HCI Data packet ซึ่งเป็นแพ็กเกจข้อมูลแบบ ACL โดยข้อมูลที่จะส่งจะเก็บไว้ในตัวแปรอาเรย์โดยส่งเป็นพอยเตอร์ให้แก่ฟังก์ชันและส่งความยาวที่ต้องการส่ง ฟังก์ชันนี้จะทำงานหลังจากที่การสร้างการเชื่อมต่อสำเร็จแล้ว

ส่วนการแปลความหมายอีเวนต์แพ็กเกจและคาต้าแพ็กเกจ จะมีขั้นตอนเหมือนกับส่วนของคาเมร่าบ็อกซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ.
การตรวจสอบบอร์ดวงจรต่างๆ ภายในคาเมร่าบ็อกซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

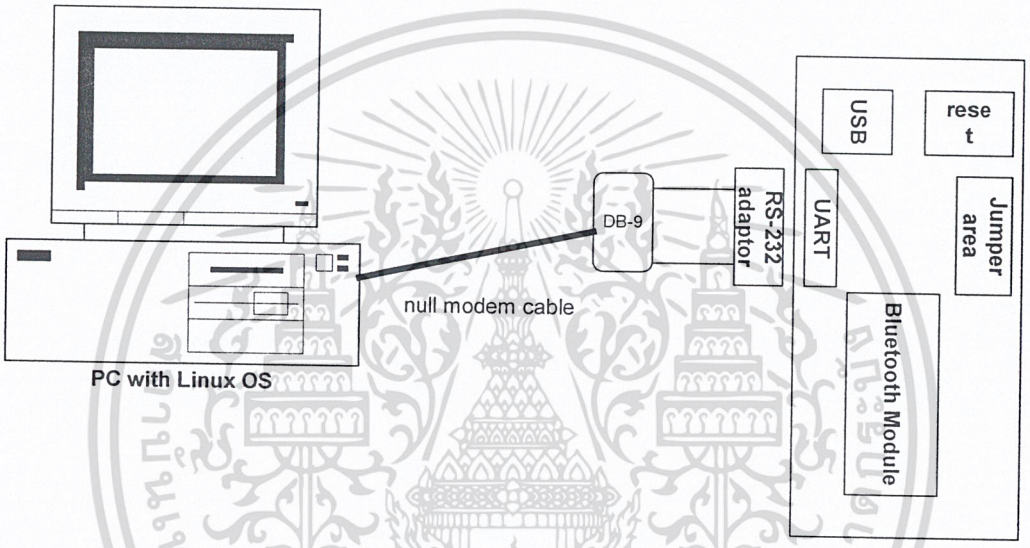
การตรวจสอบบอร์ดวงจรต่างๆ ภายในคาเมร่าบ็อกซ์

การตรวจสอบการทำงานในส่วนของฮาร์ดแวร์นี้เราจะทำการทดสอบส่วนประกอบต่างๆ ของคาเมร่าบ็อกซ์โดยแบ่งออกเป็นส่วนต่างๆ ดังนี้

- **บลูทูธโมดูล**

เป็นการทดสอบว่าบลูทูธโมดูลสามารถใช้งานได้หรือไม่ (เสียหรือไม่) โดยสามารถทำการทดสอบด้วยการรันโปรแกรมภาษาซีบนลีนุกซ์ โดยโค้ดโปรแกรมอยู่ในภาคผนวก ค.

เริ่มต้นต่อบลูทูธโมดูลเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีระบบปฏิบัติการลีนุกซ์ที่พอร์ตอนุกรมพอร์ต 0 โดยใช้สายอนุกรมแบบ null modem ดังรูปที่ จ-1



รูปที่ จ-1 การทดสอบบลูทูธโมดูล

นำโปรแกรมเก็บลงไฟล์แล้วบันทึกไว้ในไดเรกทอรี จากนั้นคอมไพล์โดยพิมพ์คำสั่ง gcc –o testBT testBT.c จากนั้นทำการรันโปรแกรมโดยพิมพ์ ./testBT เมื่อรันโปรแกรมแล้วโปรแกรมจะแสดงให้กดปุ่มรีเซตที่บลูทูธโมดูล ("Please reset HW board within 5 seconds") จากนั้นโปรแกรมจะเรียกฟังก์ชัน read_bd_addr() เพื่อส่ง hci_command เป็นคำสั่งการอ่านค่าแอดเดรสของบลูทูธโมดูลไปยังบลูทูธโมดูล จากนั้นบลูทูธโมดูลจะส่ง hci event packet กลับมา ซึ่งเป็นอีเวนต์ command complete โดยพารามิเตอร์ภายในของอีเวนต์จะประกอบด้วยค่าแอดเดรสของบลูทูธโมดูลตัวนั้นอยู่ สรุปผลการทดสอบหากมีการรีเทิร์นค่าแอดเดรสกลับมาแสดงที่หน้าจอแสดงว่าบลูทูธโมดูลตัวนั้นใช้งานได้

<u>หมายเหตุ</u> *รายละเอียดเกี่ยวกับ HOST CONTROLLER INTERFACE สามารถดูได้จาก Bluetooth specification version 1.0B ใน part H*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **บอร์ดกล้องวิดีโอ**

ขั้นที่หนึ่ง : ทดสอบการทำงานแต่ละส่วนของบอร์ดว่าสามารถใช้งานได้หรือไม่โดยการใช้ออสซิลโลสโคปตรวจวัดสัญญาณตามส่วนต่างๆ ของวงจร ผลการทดสอบปรากฏว่าในส่วนของเคาน์เตอร์ไม่สามารถทำงานได้เพราะไอซีที่ทำหน้าที่เป็นเคาร์เตอร์ในวงจรเป็นประเภท LS มีความเร็วในการทำงานไม่พอกับการทำงานของกล้องวิดีโอซีมอสจึงต้องทำการเปลี่ยนไอซีเคาน์เตอร์ที่ใช้เป็นประเภท HCT เคาน์เตอร์จึงสามารถใช้งานได้

ขั้นที่สอง : ทดสอบโดยการกดสวิตช์บันทึกภาพและเขียนโปรแกรมเพื่ออ่านข้อมูลภาพที่ได้บันทึกจากหน่วยความจำบนบอร์ดผ่านทางพอร์ตขนาน ผลการทดสอบปรากฏว่าสามารถอ่านข้อมูลภาพจากหน่วยความจำบนบอร์ดผ่านพอร์ตขนานได้แล้วแต่เมื่อนำข้อมูลที่ได้มาแสดงผลปรากฏว่าเป็นภาพที่ไม่ถูกต้อง ซึ่งเกิดจากข้อมูลที่ได้มีสัญญาณรบกวนทำให้ข้อมูลที่ได้รับมีการผิดพลาดแก้ไขโดยการนำตัวเก็บประจุมาต่อคร่อมระหว่างกราวด์กับขาของพอร์ตขนานขาที่ 14 ซึ่งเป็นขาข้อมูลและขาที่ 17 ซึ่งเป็นขาคล็อกจึงทำให้ข้อมูลที่รับเข้ามาถูกต้อง

ขั้นที่สาม : ทดสอบโดยการต่อบอร์ดกล้องวิดีโอซีมอสเข้ากับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์และใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์สั่งงานควบคุมและอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำบนบอร์ดกล้องวิดีโอซีมอส ผลการทดสอบปรากฏว่าสามารถใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ในการสั่งงานควบคุมและอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำของบอร์ดกล้องวิดีโอซีมอสได้

- **บอร์ดสเต็ปมอเตอร์ไดรเวอร์**

ขั้นที่หนึ่ง : ทดสอบการทำงานของบอร์ดว่าสามารถทำงานได้หรือไม่โดยการใช้ออสซิลโลสโคปตรวจวัดสัญญาณตามส่วนต่างๆ ของวงจร ผลการทดสอบปรากฏว่าบอร์ดสามารถทำงานได้ตามปกติ

ขั้นที่สอง : ทดสอบโดยการเขียนโปรแกรมควบคุมการหมุนของมอเตอร์ซึ่งต่อสายในการควบคุมการทำงานของบอร์ดมาจากบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ผลการทดสอบปรากฏว่าสามารถทำให้มอเตอร์ทำงานได้ตามที่เขียนโปรแกรมไว้

- **บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์**

ขั้นที่หนึ่ง : ทดสอบการทำงานของบอร์ดว่าสามารถใช้งานได้หรือไม่โดยใช้ออสซิลโลสโคปตรวจวัดตามส่วนต่างๆ ของวงจร ผลการทดสอบปรากฏว่าบอร์ดสามารถใช้งานได้

ขั้นที่สอง : ทดสอบโดยการต่อบอร์ดสเต็ปมอเตอร์ไดเวอร์และบอร์ดกล้องวิดีโอซีมอสเข้ากับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์และเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมสเต็ปมอเตอร์และอ่านข้อมูลภาพจากบอร์ดกล้องวิดีโอซีมอส ผลการทดสอบปรากฏว่าสามารถใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ในการสั่งงานควบคุมทั้งบอร์ดสเต็ปมอเตอร์ไดเวอร์และบอร์ดกล้องวิดีโอซีมอสได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นที่สาม : ทดสอบโดยการต่อบลูทูธโมดูลเข้ากับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านทางพอร์ตอนุกรมเพื่อใช้ในการรับส่งข้อมูลต่างๆ ผลการทดสอบปรากฏว่าสามารถใช้ บลูทูธโมดูลในการรับส่งข้อมูลได้

- **ส่วนแสดงผลจอแอลซีดี**

ทดสอบโดยการต่อจอแสดงผลแอลซีดีกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์แล้วเขียนโปรแกรม เพื่อกำหนดค่าเริ่มต้นและส่งข้อความให้แสดงที่จอแสดงผลแอลซีดีผลการทดสอบปรากฏว่าสามารถทำให้จอแสดงผลแอลซีดีแสดงข้อความที่ส่งไปให้ได้

- **ภาคจ่ายไฟ**

ทดสอบโดยการใช้มิเตอร์วัดภาคจ่ายไฟตามส่วนต่างๆ ผลการทดสอบปรากฏว่าภาคจ่ายไฟในแต่ละส่วนสามารถทำงานได้และให้ขนาดของกระแสไฟฟ้าตามที่ได้ออกแบบไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

หนังสืออ้างอิง

[1] สัจจะ สรัสรุ่งรวีวร, จักรพงษ์ สุขประเสริฐ, "*คู่มือการสร้างแอพพลิเคชันด้วย DELPHI 5.0*", อินโฟเพรส, 2543

[2] จักรพงษ์ สุขประเสริฐ, กนกพร ภาวศุทธิกุล, สัจจะ จรัสรุ่งรวีวร, "*คู่มือการเขียนโปรแกรมด้วย DELPHI 4.0 ฉบับสมบูรณ์*", อินโฟเพรส, 2542

[3] ประพนธ์ อัศวภาณุวัฒน์, "*Delphi Episode II เทคนิคและการพัฒนาโปรแกรมด้วยเดลไฟ*", บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่นจำกัด, 2543

[4] Jennifer Bray andCharles F Sturman ,"Bluetooth Connect Without Cables", Prentice Hall PTR 2001

[5] อภิเนตร อูนากูล ,"OBJECT-ORIENTED ANALYSIS AND DESIGN",ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ,2543

[6] "AVR ENHANCED RISC MICROCONTROLLER DATA BOOK" บริษัท อีทีที จำกัด

[7] Muhammad Ali Mazidi and Janice Gillispie Mazidi ," THE 80x86 IBM PC & COMPATIBLE COMPUTERS", Prentice Hall International, Inc.,1995

[8] "Bluetooth Application & Training Tool Kit", Ericsson Mobile Communication AB, 2000

เว็บไซต์อ้างอิง

[1] http://www.ednmag.com/ednmag/reg/1997/100997/21df_02.htm

[2] http://www.thaidelphi.com/Link/link.html

[3] http://www.torry.ru/

[4] http://www.doit.com/delphi/

[5] http://www.inprise.com/delphi/deltools.html#comm

[6] http://stuffall.com/software/delphic.shtml

[7] http://www.ifp.uiuc.edu/~lqian/Research/Software/body_software.html

[8] http://www.efg2.com/lab/Graphics/Colors/YUV.htm

[9] http://www.delphi32.com/vcl/

[10] http://www.peter-cockerell.net/Bayer/bayer.html

[11] http://www.bluetooth.com

[12] http://www.bluetooth.com/developer/specification/specification.asp

[13] http://www.axis.com

[14] http://www.it.lth.se/it/msprojects/ita/past/playmobile/index.html

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้