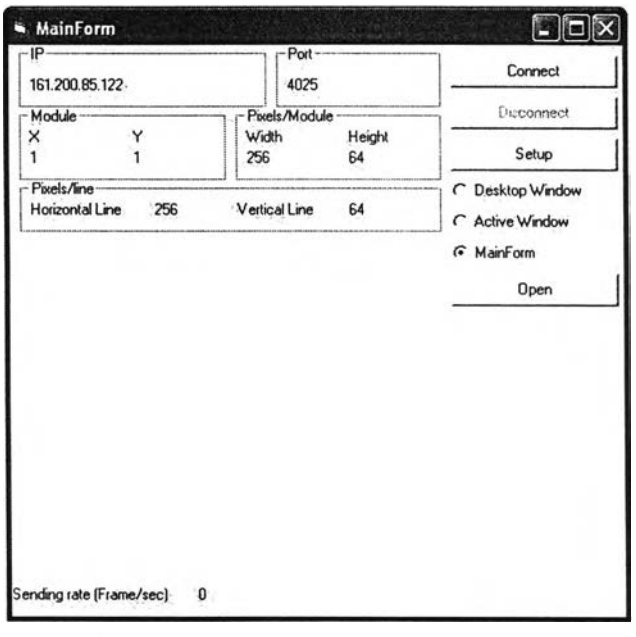
สำนักงานวิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# บทที่ 5
# การทดสอบระบบและผลการทดสอบ

ในบทนี้กล่าวถึงการทดสอบระบบที่ออกแบบในบทที่ 4 โดยเชื่อมต่อระบบทั้งหมดเข้าด้วยกัน การทดสอบจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลักๆ คือ การทดสอบกับแผงแสดงภาพไดโอดเปล่งแสงชนิด 2 สี เพื่อดูความเร็วในการแสดงผลของแผงแสดงภาพไดโอดเปล่งแสงที่ส่งข้อมูลด้วยระบบเครือข่ายท้องถิ่น และการทดสอบกับแผงแสดงภาพสีไดโอดเปล่งแสงที่ออกแบบขึ้น เพื่อทดสอบการทำงานของส่วนขับที่สร้างขึ้น ว่าสามารถแสดงภาพเคลื่อนไหวได้หรือไม่

## 5.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบระบบ

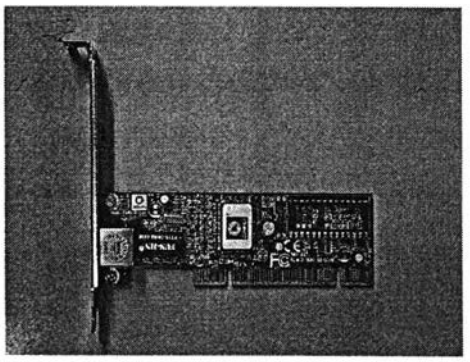
ในส่วนส่งข้อมูลใช้คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลที่ใช้ชิป AMD Athlon(tm) ความเร็ว 1.11 GHz หน่วยความจำ (RAM) 256 MB VGA card ATI RAGE Mobility (Video RAM 4M) และคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลที่ใช้ชิป Pentium 4 ความเร็ว 3.01 GHz หน่วยความจำ 1 GB VGA card GeFroce FX5200 (Video RAM 128M) เป็นตัวทดลอง และมีโปรแกรมส่งข้อมูลดังรูปที่ 5.1




รูปที่ 5.1 ส่วนส่งข้อมูลบนคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

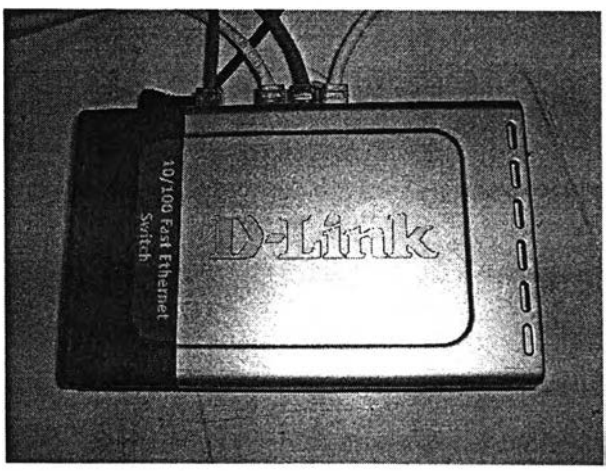
ในส่วนเชื่อมต่อใช้อุปกรณ์ดังนี้

- Ethernet Card (LAN Card) ความเร็วในการส่งข้อมูล 10/100 Mbps



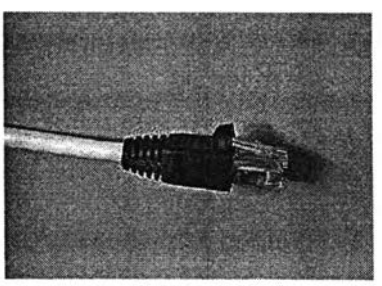
รูปที่ 5.2 การ์ดเชื่อมต่อระบบเครือข่ายที่ใช้งาน

- อับ (Hub) ที่สามารถเชื่อมต่อระบบเครือข่ายที่ความเร็ว 10/100 Mbps



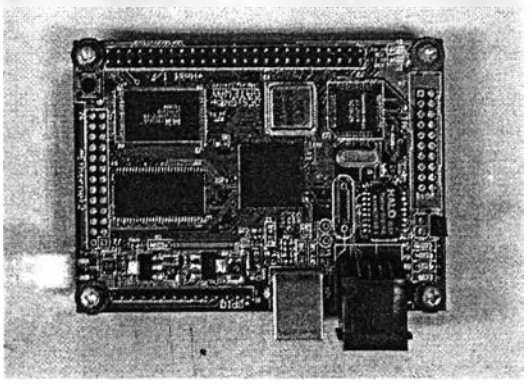

รูปที่ 5.3 อับที่ใช้งานในระบบ

- สายคู่บิดเกลียวแบบไม่มีชีลด์



รูปที่ 5.4 สายสัญญาณที่ใช้งานในระบบ

ในส่วนรับข้อมูลเลือกใช้บอร์ดทดลอง Jamp ของบริษัท Design Gateway ที่มีระบบปฏิบัติการ uClinux ภายใน มีความเร็วการทำงาน 133 MHz , มี GPIO ที่สามารถรับและส่งสัญญาณควบคุมได้ 7 ขา , สามารถเชื่อมต่อระบบเครือข่ายที่ความเร็ว 10/100 Mbps ได้ และมีขา Address Bus 22 ขา และ Data Bus 16 ขา ที่สามารถเชื่อมต่อกับภายนอกได้ เนื่องจากมีความเร็วในการทำงานสูง สามารถเชื่อมต่อกับระบบเครือข่ายที่มีความเร็ว 100 MB ได้ และมีขาออกเพียงพอต่อการใช้งาน



รูปที่ 5.5 ไมโครคอนโทรลเลอร์ระบบปฏิบัติการลีนุกส์ฝังตัว Jamp

## 5.2 การทดสอบข้อจำกัดต่าง ๆของระบบ

เนื่องจากความเร็วของการแสดงภาพบนแผงแสดงภาพไดโอดเปล่งแสง มีส่วนเกี่ยวข้องกับตัวแปรหลายอย่าง เช่น ความเร็วของการจับภาพและการส่งข้อมูลออกไปยังระบบเครือข่ายท้องถิ่นของส่วนส่งข้อมูล และความเร็วในการรับข้อมูลของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เลือกใช้ จึงออกแบบการทดสอบนี้ขึ้น เพื่อทดสอบผลกระทบของตัวแปรต่างๆในระบบ

โปรแกรมส่วนส่งข้อมูลที่เขียนด้วย Visual Basic ใช้ Timer เป็นตัวควบคุมความถี่การจับภาพและส่งข้อมูล มีความเร็วการทำงานของ Timer สูงสุดที่ 64 รอบต่อวินาที แม้จะตั้งค่าให้รอบการทำงานสูงกว่านี้ เช่น 100 รอบต่อวินาที (ตั้งเวลาการทำงานแต่ละรอบเป็น 10 ms) ก็สามารถทำงานได้ที่ความถี่ 64 รอบต่อวินาทีเท่านั้น โดยในการทำงาน หากการทำงานในรอบเดิมยังไม่เสร็จ โปรแกรมจะไม่ทำงานรอบใหม่ จะรอจนกว่าการทำงานรอบเดิมจะเสร็จถึงเริ่มการทำงานรอบใหม่ ทำให้รอบการทำงานลดลง

ในการทดสอบผลกระทบของตัวแปรต่างๆ ส่วนส่งข้อมูลจะใช้คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล 2 เครื่องทดสอบ และนำผลมาเปรียบเทียบกัน โดยคอมพิวเตอร์ที่ใช้ทดสอบมีความเร็ว 1.11 GHz RAM 256MB และ ความเร็ว 3.01GHz RAM 1GB ซึ่งการทดสอบต่างๆมีรายละเอียดดังนี้

ความเร็วการจับภาพของส่วนส่งข้อมูล

การทดสอบนี้จะพิจารณาความเร็วการจับภาพของโปรแกรมในส่วนส่งข้อมูลเท่านั้น ไม่มีการส่งข้อมูลออกไปยังระบบเครือข่ายท้องถิ่น โดยจับภาพที่ขนาดต่างๆกัน ในแต่ละรูปแบบการทำงาน

| ขนาดภาพ | ความเร็วในการจับภาพ (ภาพ/วินาที) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1.11GHz RAM 256M VGA card ATI RAGE Mobility (Video RAM 4M) | | | | 3.01GHz RAM 1 G VGA card GeFroce FX5200 (Video RAM 128M) | | | |
| | avi | swf | desktop | Active Window | avi | swf | desktop | Active Window |
| 256x64 | 51 | 52 | 46 | 53 | 64 | 64 | 64 | 64 |
| 256x128 | 36 | 36 | 36 | 37 | 64 | 64 | 64 | 64 |
| 256x192 | 32 | 32 | 30 | 32 | 64 | 64 | 64 | 64 |
| 320x240 | 22 | 22 | 22 | 22 | 64 | 64 | 64 | 64 |
| 480x360 | 12 | 11 | 12 | 12 | 54 | 59 | 57 | 59 |
| 640x480 | 8 | 6 | 7 | 7 | 40 | 37 | 40 | 40 |
| 800x600 | X | X | X | X | 32 | 32 | 32 | 32 |
| 1024x768 | X | X | X | X | 30 | 31 | 24 | 24 |

* X ไม่สามารถแสดงภาพเคลื่อนไหวได้

ตารางที่ 5.1 ความเร็วในการจับภาพของโปรแกรมส่วนส่งข้อมูล

| ขนาดภาพ | ความเร็วในการจับภาพ (ภาพ/วินาที) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1.11GHz RAM 256M VGA card GeFroce FX5200 (Video RAM 128M) | | | | 3.01GHz RAM 1 G VGA card ATI RAGE Mobility (Video RAM 4M) | | | |
| | avi | swf | desktop | Active Window | avi | swf | desktop | Active Window |
| 256x64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 |
| 256x128 | 64 | 64 | 64 | 64 | 44 | 47 | 44 | 49 |
| 256x192 | 64 | 64 | 64 | 64 | 36 | 39 | 40 | 39 |
| 320x240 | 64 | 64 | 64 | 64 | 31 | 32 | 32 | 32 |
| 480x360 | 37 | 37 | 37 | 38 | 17 | 17 | 17 | 17 |
| 640x480 | 32 | 32 | 32 | 32 | 11 | 12 | 12 | 12 |
| 800x600 | 22 | 26 | 24 | 24 | 8 | 9 | 8 | 8 |
| 1024x768 | 20 | 22 | 19 | 22 | X | X | X | X |

* X ไม่สามารถแสดงภาพเคลื่อนไหวได้

ดารางที่ 5.1 ความเร็วในการจับภาพของโปรแกรมส่วนส่งข้อมูล (ต่อ)

จากการทดสอบกรณีที่ใช้การ์ดจอแบบเดียวกัน พบว่าเครื่องที่มีความเร็วสูงกว่าจะสามารถจับภาพได้ที่ความเร็วสูงกว่า และการ์ดจอที่มีหน่วยความจำสูง (Video RAM) จะมีความเร็วการจับภาพของระบบสูงกว่าการ์ดจอที่มีหน่วยความจำต่ำ

การจับภาพที่ขนาดสูงมาก เช่น กรณี 800x600 จุดภาพ และ 1024x768 จุดภาพ ของเครื่องความเร็ว 1.11GHz Video RAM 4M จะทำให้โปรแกรมไม่สามารถเล่นภาพเคลื่อนไหวได้ และทำให้การทำงานของตัวคอมพิวเตอร์ชะงักไป

การทดสอบผลของหน่วยความจำในระบบ (RAM) ได้ทดสอบกับเครื่อง 3.01GHz การ์ดจอ Video RAM128M โดยเปลี่ยนหน่วยความจำจาก 1G เป็น 512M จากการทดสอบความเร็วการจับภาพไม่เปลี่ยนแปลง ดังนั้นหน่วยความจำ 512M จึงเพียงพอต่อการทำงานในส่วนจับภาพของระบบ การเพิ่มหน่วยความจำขึ้นอีกจึงไม่มีผลต่อความเร็วระบบ

ความเร็วในการส่งข้อมูล

ในการทดสอบนี้จะส่งข้อมูลภาพที่จับได้ไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ระบบปฏิบัติการลีนุกส์ฝังตัว Jamp ที่เลือกใช้งาน การทดสอบจะให้ไมโครคอนโทรลเลอร์รับข้อมูลอย่างเดียวไม่มีการส่งข้อมูลไปยังวงจรขับ ในการทดสอบจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ 2 ตัวทดสอบการรับส่ง เพื่อดูความสามารถในการขยายแผงแสดงภาพ ไมโครคอนโทรลเลอร์ 2 ตัวจะมี IP address ต่างกันและรับข้อมูลภาพในส่วนที่ต่างกัน นอกจากนี้เพื่อเปรียบเทียบความเร็วในการรับส่งข้อมูลของไมโครคอนโทรลเลอร์ จึงส่งข้อมูลภาพไปยังคอมพิวเตอร์ความเร็ว 850MHz RAM 256 MB ที่มีระบบปฏิบัติการลีนุกส์ มีโปรแกรมแบบเดียวกับที่ใช้ในไมโครคอนโทรลเลอร์ทำหน้าที่รับข้อมูล

| ขนาดภาพที่ส่งให้แค่ละส่วนรับข้อมูล | ความเร็วในการจับภาพสูงสุด (ภาพ/วินาที) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1.11GHz RAM 256M VGA card ATI RAGE Mobility (Video RAM 4M) | | | 3.01GHz RAM 1G VGA card GeFroce FX5200 (Video RAM 128M) | | |
| | จำนวนบอร์ด Jamp | | PC linux OS | จำนวนบอร์ด Jamp | | PC linux OS |
| | 1 บอร์ด | 2 บอร์ด | | 1 บอร์ด | 2 บอร์ด | |
| 256x64 | 26 | 21 | 36 | 32 | 32 | 64 |
| 256x128 | 13 | 11 | 24 | 16 | 16 | 39 |
| 256x192 | 9 | 7 | 19 | 11 | 11 | 34 |

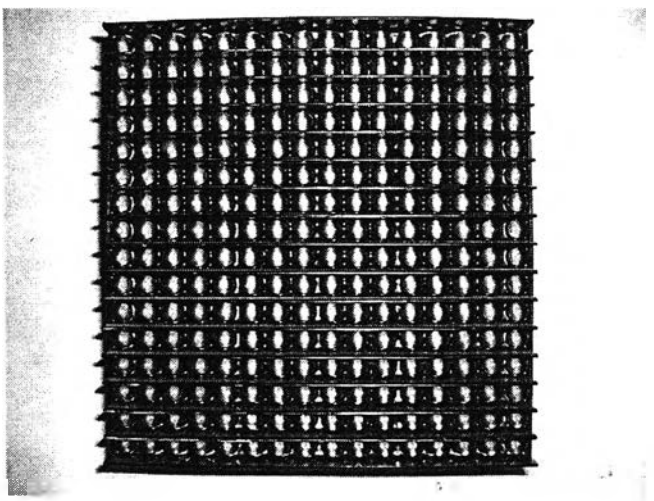
ตารางที่ 5.2 ความเร็วในส่งข้อมูลภาพแบบต่างๆไปยังเซิร์ฟเวอร์ของโปรแกรมส่วนส่งข้อมูล

จากการทดสอบ พบว่าการส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์ที่มีระบบปฏิบัติการลีนุกส์ มีความเร็วการส่งข้อมูลที่สูงกว่าการส่งไปยังบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เลือกใช้งาน เมื่อใช้คอมพิวเตอร์ส่วนส่งข้อมูลแบบเดียวกัน ดังนั้นข้อจำกัดในการส่งข้อมูลของระบบที่ออกแบบผ่านระบบเครือข่ายท้องถิ่นส่วนหนึ่งจึงมาจากความเร็วในการรับข้อมูลของไมโครคอนโทรลเลอร์ จากการคำนวณไมโครคอนโทรลเลอร์ Jamp มีความเร็วการรับข้อมูลสูงสุดอยู่ที่ประมาณ 12 Mbps

เมื่อเปรียบเทียบกับตารางที่ 5.1 พบว่าการจับภาพข้อมูลขนาด 256x64 จุดภาพ และ 256x128 จุดภาพของเครื่องความเร็ว 1.11 GHz มีความเร็วการจับภาพที่ต่างกัน ซึ่งจะมีผลต่อการความเร็วของการทดสอบนี้ อย่างไรก็ตามจากการทดสอบจะพบว่าการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ 2 บอร์ดแสดงภาพส่วนละ 256x64 จุดภาพ (ขนาดภาพรวม 256x128 จุดภาพ) จะมีความเร็วในการรับส่งมากกว่าการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวเดียวแสดงภาพขนาด 256x128 จุดภาพโดยตรง

## 5.3 การทดสอบระบบกับแผงแสดงภาพไดโอดเปล่งแสง 2 สี

การทดสอบในส่วนนี้ จะทดสอบกับแผงแสดงภาพไดโอดเปล่งแสงที่ประกอบจากโมดูลไดโอดเปล่งแสงรุ่น LMD10A-LRGS-G4 ขนาด 16 x 16 จุดภาพ จำนวน 16 x 8 โมดูล ทำให้แผงมีขนาด 256 x 128 จุดภาพ แผงแสดงภาพไดโอดเปล่งแสงนี้สามารถแสดงสีได้ 2 สี คือสีแดง และสีเขียวอมเหลือง โดยแต่ละสีมีความละเอียด 4 บิต

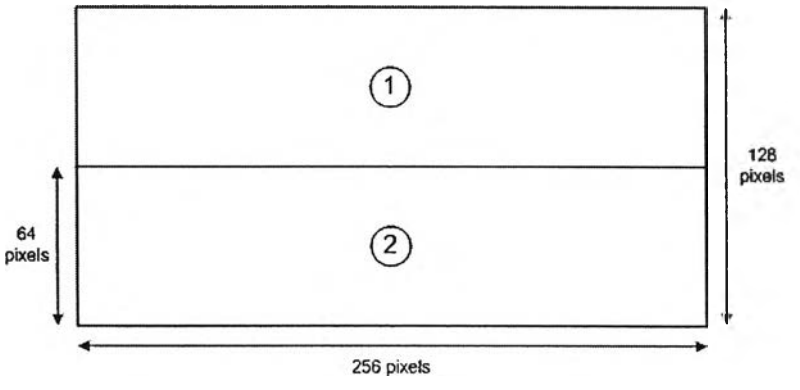


รูปที่ 5.6 โมดูลไดโอดเปล่งแสงชนิด 2 สีที่ใช้งาน

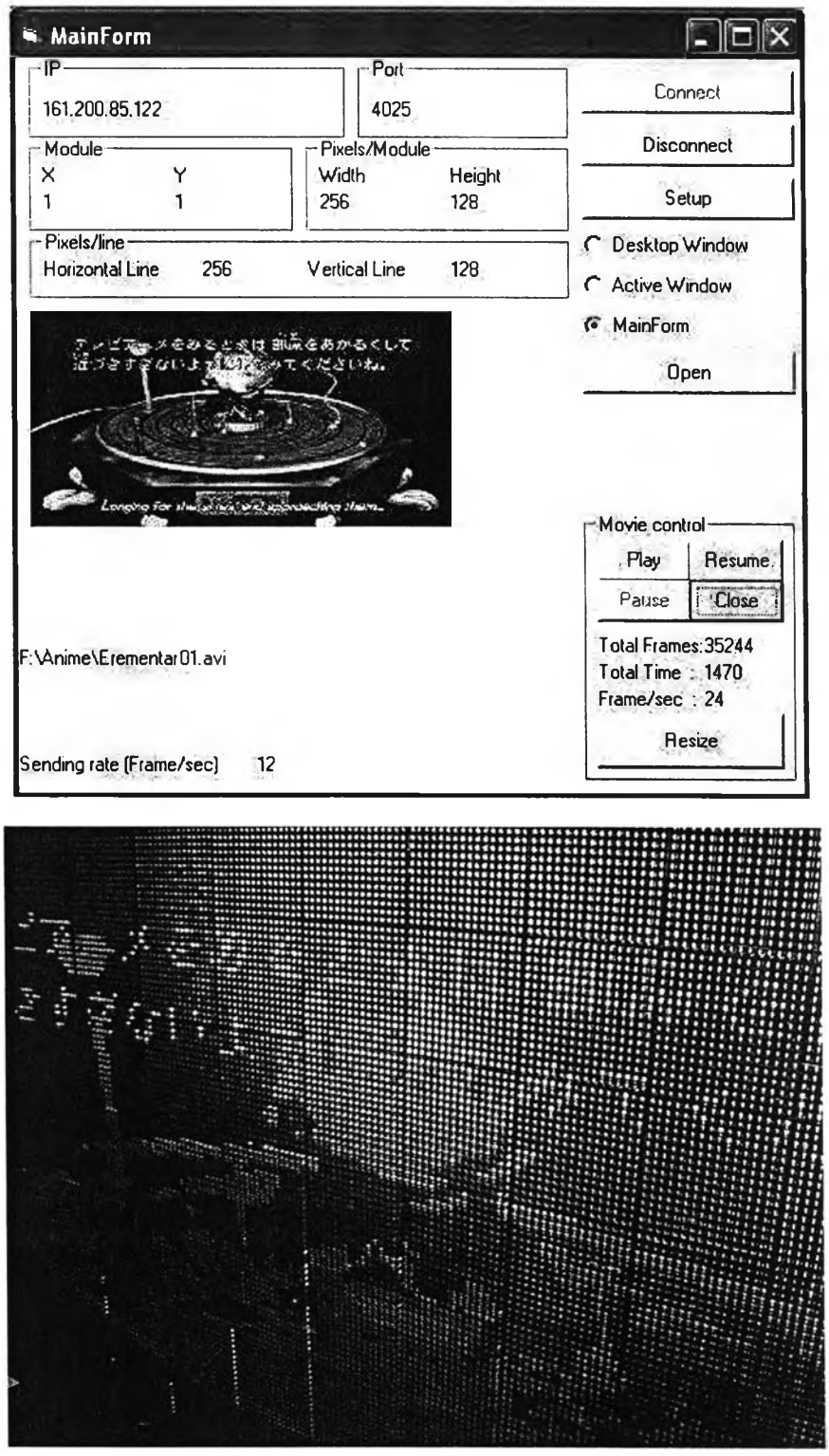
การทดสอบนี้เพื่อดูผลของการแสดงภาพ เนื่องจากแผงแสดงภาพสีไดโอดเปล่งแสงที่นำมาทดลองมีขนาดเล็ก ทำให้ไม่สามารถเห็นผลได้ชัดเจน ในการทดสอบนี้วิธีการส่งข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายท้องถิ่นจะเหมือนการส่งไปยังแผงแสดงภาพสี คือส่งข้อมูลสีแดง , สีเขียว และสีน้ำเงิน ขนาด ε บิต แต่ข้อมูลของสีน้ำเงินจะไม่นำมาใช้งาน แสดงเพียงสีแดงและสีเขียว โดยปรับความละเอียดให้มีขนาด 4 บิต เพื่อให้เหมาะสมกับการแสดงบนแผงแสดงภาพไดโอเปล่งแสง 2 สีนี้ โดยมีการทดสอบต่างๆ ดังนี้

1. ทดสอบการแสดงภาพเคลื่อนไหว การทดสอบนี้จะส่งข้อมูลภาพจากไฟล์หนังไปแสดงบนแผงแสดงภาพขนาด 256 x 128 จุดภาพผ่านระบบเครือข่ายท้องถิ่น โดยใช้คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลที่มีความเร็ว 3.01GHz RAM 1G เป็นส่วนส่งข้อมูล พบว่าการส่งข้อมูลภาพขนาด 256 x 128 จุดภาพ ระบบแสดงภาพเคลื่อนไหวได้ไม่ดี โดยความเร็วภาพที่ส่งไปยังแผงแสดงภาพของขนาดภาพนี้จะอยู่ที่ 12 ภาพต่อวินาที ซึ่งต่ำกว่าค่าในตารางที่ 5.2 เนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องทำการประมวลผลและส่งสัญญาณข้อมูลออกไปยังวงจรขับด้วย

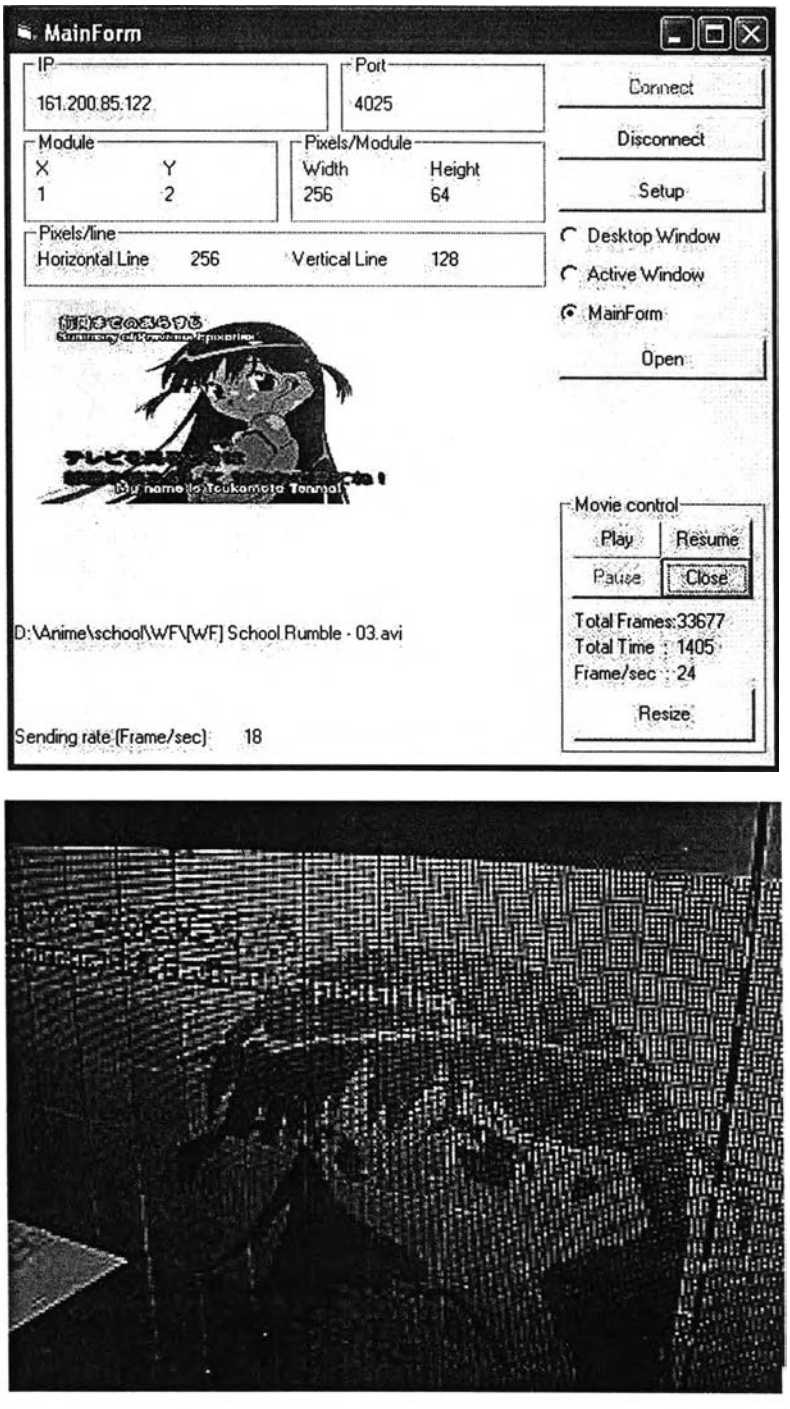
2. การทดสอบความเข้ากันของภาพที่แสดงบนแผงแสดงภาพ 2 แผง การทดสอบนี้จะแบ่งแผงแสดงภาพออกเป็น 2 แผงโดยแต่ละแผงมีขนาด 256 x 64 จุดภาพ ดังรูปที่ และใช้อุปกรณ์ 2 ชุดในการรับข้อมูล โดยแต่ละแผงจะแยกจากกันอิสระ จากการทดลองพบว่าระบบที่ออกแบบให้มีการส่งข้อมูลสลับไปมาระหว่างแผงแสดงภาพสามารถแสดงภาพบนแผง 2 แผงได้ต่อเนื่องกัน ไม่มีความติดขัดในการแสดง มีความเร็วในการแสดงภาพอยู่ที่ 18 ภาพต่อวินาที




รูปที่ 5.7 การติดตั้งแผงแสดงภาพขนาด 256x64 จุดภาพจำนวน 2 แผง



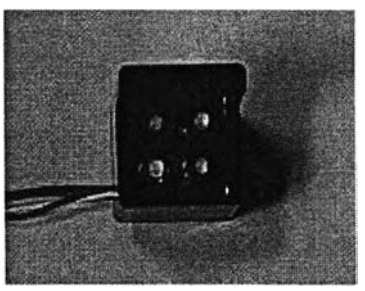

รูปที่ 5.8 ภาพตัวอย่างที่ 1 แสดงการทำงานในส่วนส่งข้อมูล และภาพที่แสดงบนแผงแสดงภาพไดโอดเปล่งแสงชนิด 2 สี



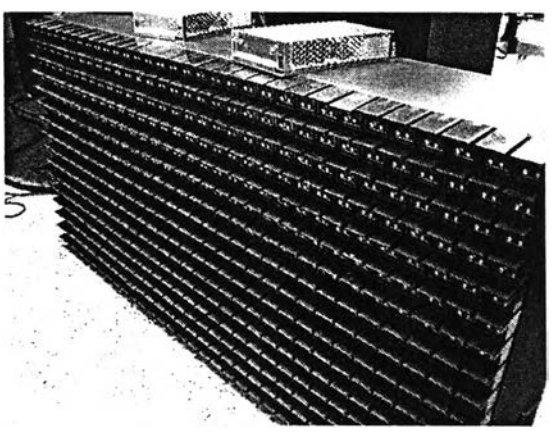

รูปที่ 5.9 ภาพตัวอย่างที่ 2 แสดงการทำงานในส่วนส่งข้อมูล และภาพที่แสดงบนแผงแสดงภาพไดโอดเปล่งแสงชนิด 2 สี

## 5.4 การทดสอบระบบกับแผงแสดงภาพสีไดโอดเปล่งแสง

การทดสอบนี้จะทดสอบกับแผงแสดงภาพขนาด 32 x 16 จุดภาพ โดยจุดภาพบนแผงแสดงภาพจะใช้จุดภาพแบบคลัสเตอร์ สร้างขึ้นจากหลอดไดโอดเปล่งแสงของบริษัท Toyoda gosei รุ่น E1L5E-SB1A เนื่องจากหลอดไดโอดเปล่งแสงในรุ่นนี้มีสีครบทั้ง 3 สี และมีมุมการมองเห็นของแต่ละสีที่เหมือนกัน คลัสเตอร์ที่ออกแบบมีอัตราส่วนหลอดไดโอดสีแดง , สีเขียว และสีน้ำเงิน เป็น 2 : 1 : 1 ตามลำดับ เนื่องจากไดโอดสีแดงมีความเข้มน้อยกว่าสีอื่น แต่ละคลัสเตอร์จะมีขนาด 2.8 x2.8 เซนติเมตร และมีขนาดแผงรวมเป็น 100 x 50 เซนติเมตร



รูปที่ 5.10 คลัสเตอร์ที่ใช้งาน



รูปที่ 5.11 แผงแสดงภาพสีไดโอดเปล่งแสงขนาด 32 x 16 จุดภาพที่ใช้งาน

ในส่วนการสร้างกระแสคงที่ ใช้วงจรขับที่มีชิปสร้างกระแสคงที่ MBI5026CN ของบริษัท Macroblock เป็นส่วนสร้างกระแสคงที่เพื่อขับไดโอดเปล่งแสงในแต่ละหลอด โดยชิปดังกล่าวมีขาสัญญาณออก 16 ขา สามารถปรับขนาดกระแสที่สร้างออกมาได้ในช่วง 5 – 90 mA รับความถี่สูงสุดได้ 25 MHz สามารถเปลี่ยนสัญญาณออกได้ทุกๆ 200 ns และสามารถเชื่อมต่อกันระหว่างชิปเองได้ กรณีต้องการขับไดโอดเปล่งแสงมากกว่า 16 หลอด ในวิทยานิพนธ์นี้จะปรับให้ชิปสร้างกระแสคงที่ที่ 25 mA และใช้การสร้างสัญญาณด้วย PWM เป็นปรับกระแสให้มีขนาดตามที่ต้องการ

การสร้างสัญญาณด้วย PWM โดยใช้ FPGA นั้น เลือกใช้บอร์ดทดลอง FPGA Discovery-III XC3S200F ของบริษัท เอเพกอินสตรูเมนต์ ซึ่งใช้ FPGA ของบริษัท Xilinx รุ่น Spartan3 -144 ซึ่ง FPGA รุ่นดังกล่าวมีขนาด 200,000 เกต (gates) , มี Block RAM ที่สามารถปรับเป็น Dual port RAM ให้ใช้งานถึง 12 ตัว และมีขาสัญญาณเข้าและออกมากถึง 144 ขา การออกแบบโปรแกรม ใช้โปรแกรม ISE 7.1i ของ Xilinx ในการออกแบบ

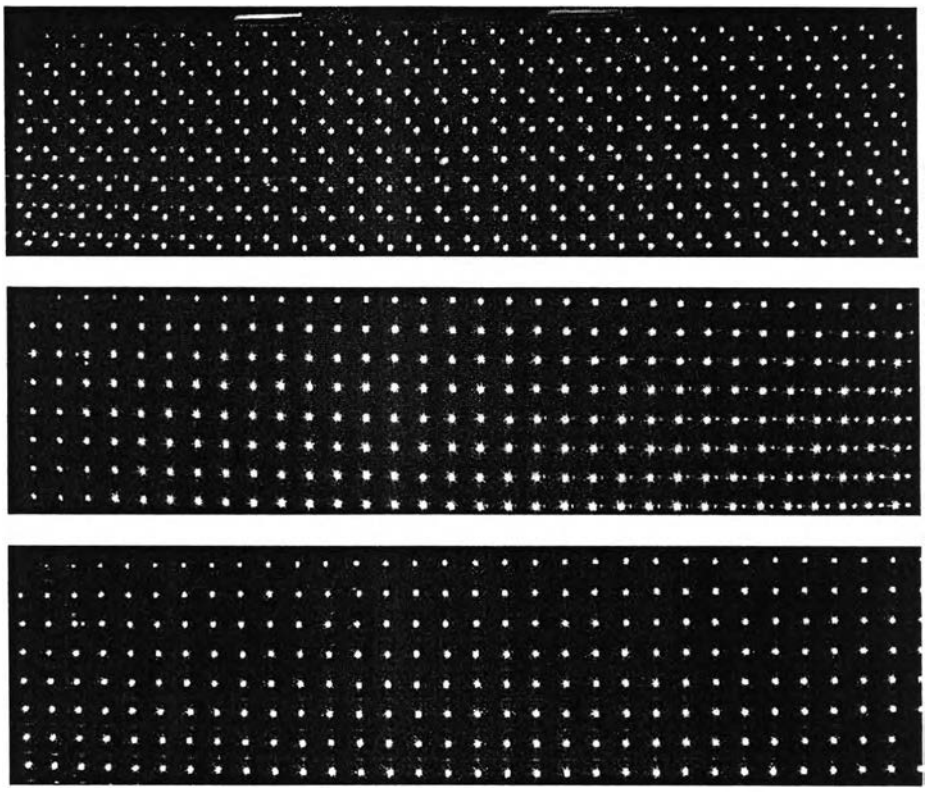
เมื่อเปรียบเทียบขนาดของ FPGA ที่เลือกกับโปรแกรมที่ออกแบบ พบว่า FPGA นี้มีขนาดใหญ่กว่าค่อนข้างมากเนื่องจากการออกแบบใช้ Block RAM ในการเก็บข้อมูลทำให้การใช้งานอุปกรณ์ต่าง ๆ น้อยมาก แต่เนื่องจากขนาดแผงแสดงภาพที่มีขนาดใหญ่ ทำให้การใช้งานขาสัญญาณเข้าออกถูกใช้งานจนเกือบหมด

การทดสอบแสดงภาพบนแผงแสดงภาพสีไดโอดเปล่งแสงที่ออกแบบนี้ จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

1. การไล่ระดับสี

เพื่อทดสอบการแสดงระดับสีของวงจรขับที่ออกแบบ จึงให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ส่งค่าข้อมูลสี จากค่า 0 เพิ่มขึ้นทีละ 1 จนครบ 256 ค่าจากการทดสอบวงจรขับสามารถแสดงระดับสีได้ 256 ระดับตามต้องการ

เมื่อเปรียบเทียบการแสดงสี กรณีที่ให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ส่งค่าไล่ระดับสีซ้ำเดิมเรื่อยๆ กับหยุดการส่งค่าซ้ำ พบว่าสามารถสังเกตเห็นความแตกต่างของสีที่แสดงในช่วง 0-10 ระดับแรก ทั้งนี้เนื่องจากการสร้างสัญญาณด้วย PWM ในกรณีที่ส่งค่าซ้ำเรื่อยๆ ต้องเริ่มการแสดงค่าใหม่ทุกครั้งที่ได้รับข้อมูลภาพใหม่เข้ามา ทำให้การสร้างสัญญาณด้วย PWM ไม่ครบรอบ (1024 ค่า) ต่างจากกรณีการหยุดส่งค่าที่การสร้างสัญญาณด้วย PWM จะถูกสร้างต่อเนื่องไปเรื่อยๆ ค่าที่แสดงในกรณีหยุดส่งค่าจึงเป็นค่าที่ต้องการให้แสดงจริง ดังนั้นระดับสีที่เปลี่ยนไปนี้จึงเป็นความผิดพลาดของการสร้างสัญญาณด้วย PWM โดยใช้วงจรที่ออกแบบ

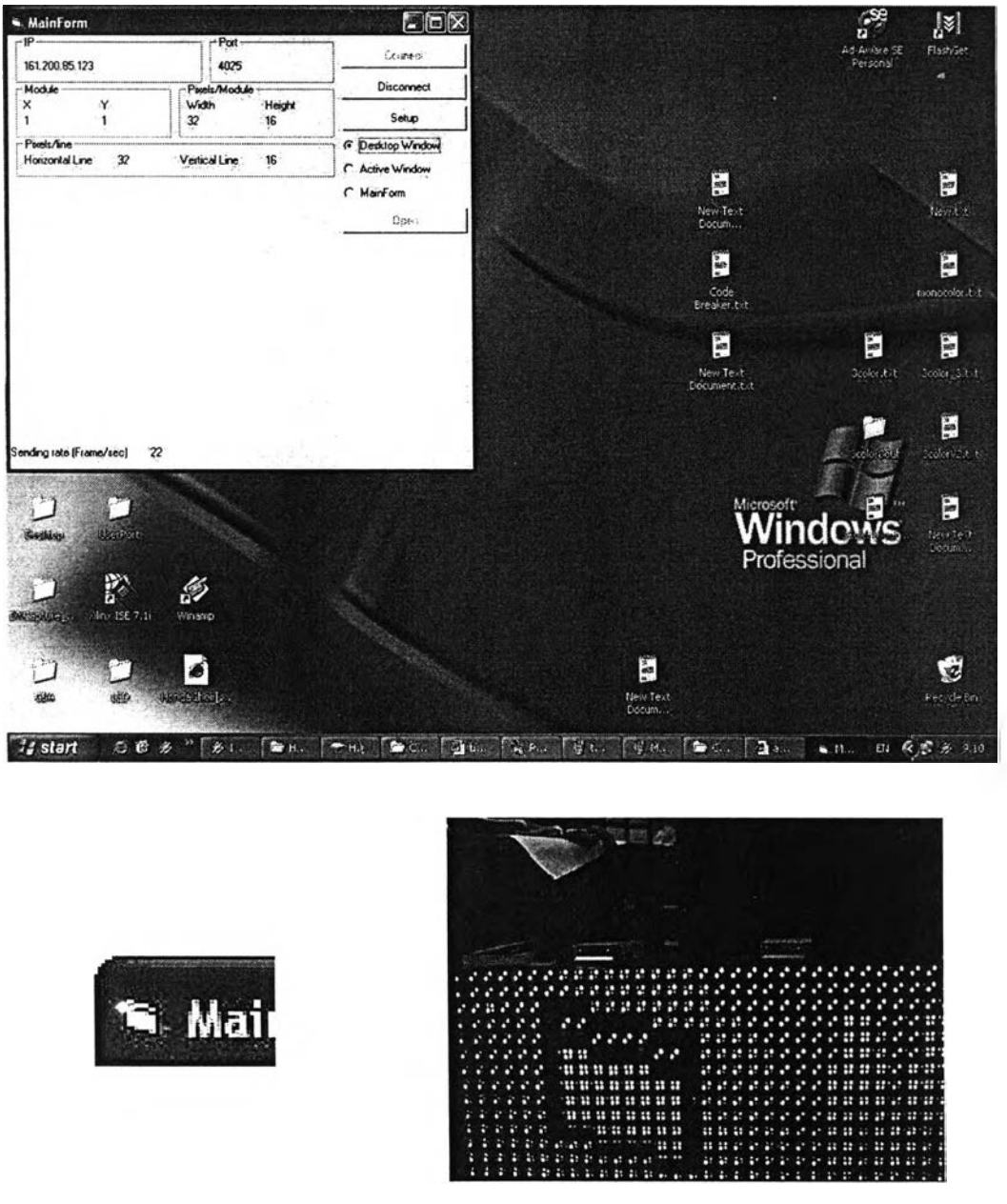


รูปที่ 5.12 การไล่ระดับสีของสีแดง (บน) , สีเขียว (กลาง) และสีน้ำเงิน (ล่าง)

2. การทดสอบความเร็วการแสดงภาพเคลื่อนไหว

การทดสอบนี้ให้ส่วนส่งข้อมูลจับภาพขนาด 32 x 16 จุดภาพส่งไปยังแผงแสดงภาพสีไดโอดเปล่งแสงที่มีส่วนรับข้อมูลและวงจรขับที่ออกแบบไว้ โดยแต่เวลาการวนรอบการจับภาพและการส่งข้อมูลที่ 40ms เนื่องจากหากความเร็วการส่งข้อมูลสูงมาก จะทำให้ภาพบนแผงแสดงภาพสีไดโอดเปล่งแสงมีอัตราการเปลี่ยนภาพสูงตาม ทำให้การสร้างสัญญาณด้วย PWM ไม่สามารถทำงานได้ครบ 1 รอบ (1024 ค่า) ทำให้ภาพไม่สามารถแสดงได้

จากการทดสอบความเร็วการแสดงภาพเคลื่อนไหว ระบบแผงแสดงภาพสีไดโอดเปล่งแสงที่สร้างขึ้น สามารถแสดงภาพเคลื่อนไหวได้ตามที่ต้องการ โดยไม่มีการกระพริบเกิดขึ้น

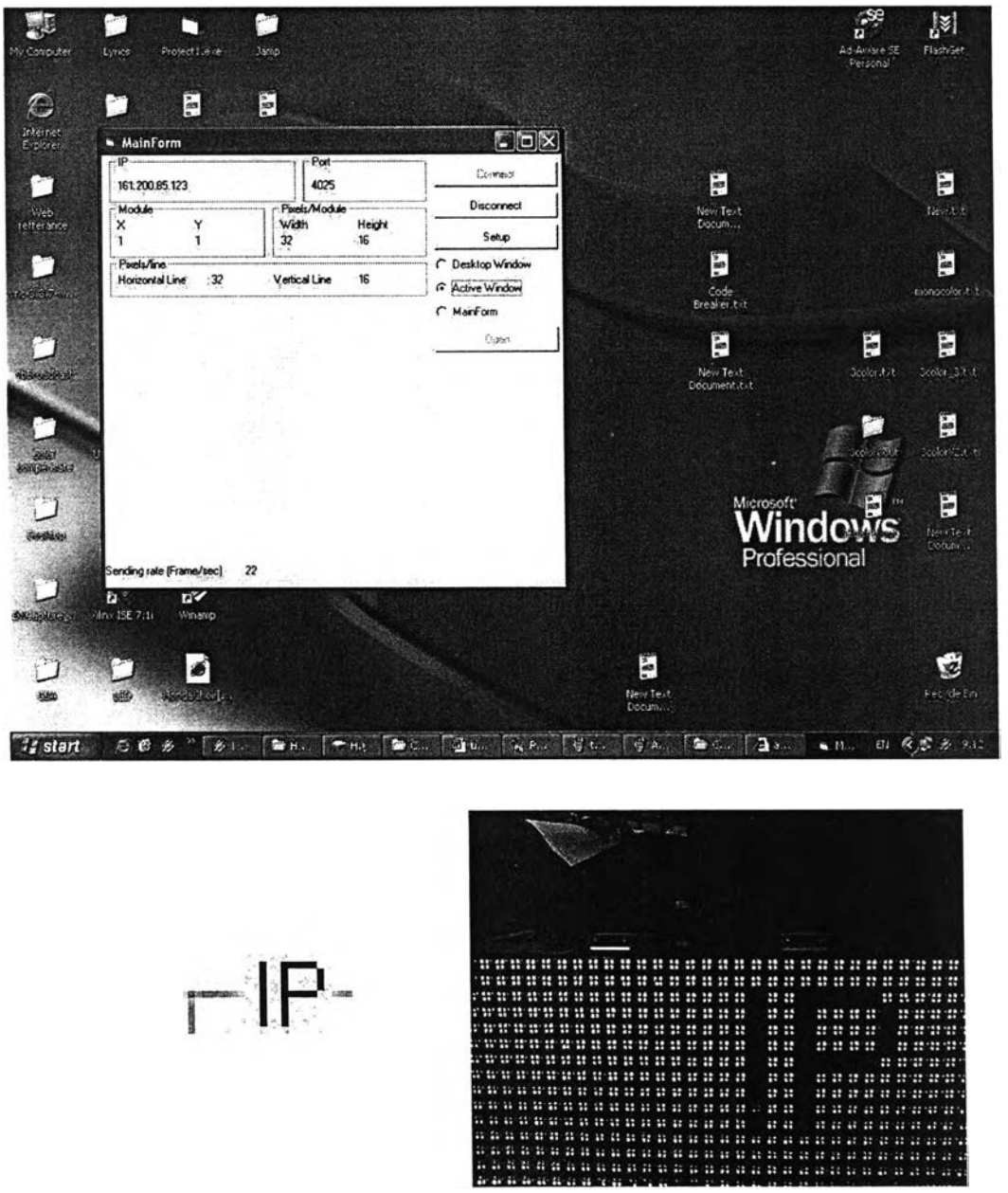








รูปที่ 5.13 ภาพตัวอย่างที่ 1 แสดงการทำงานในส่วนส่งข้อมูล และภาพที่แสดงบนแผงแสดงภาพสีไดโอดเปล่งแสง เมื่อส่งข้อมูลจากส่วน desktop window

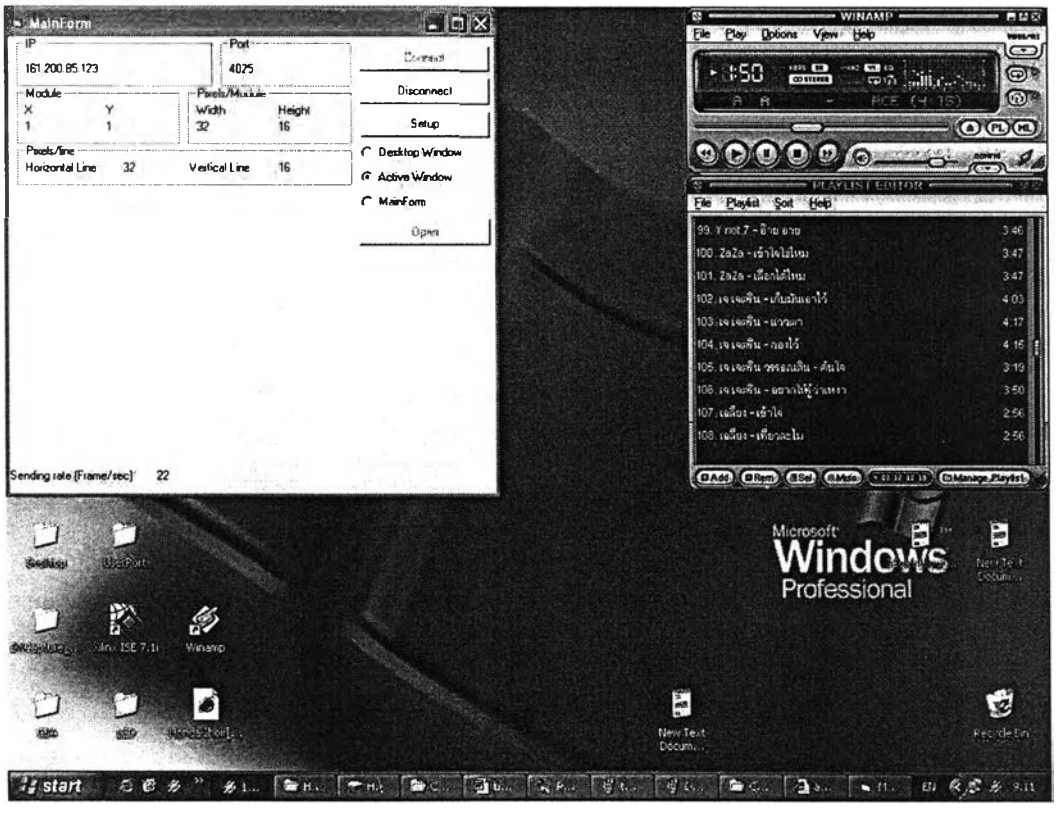


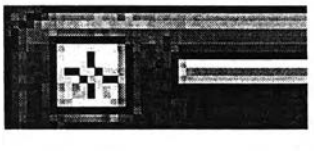


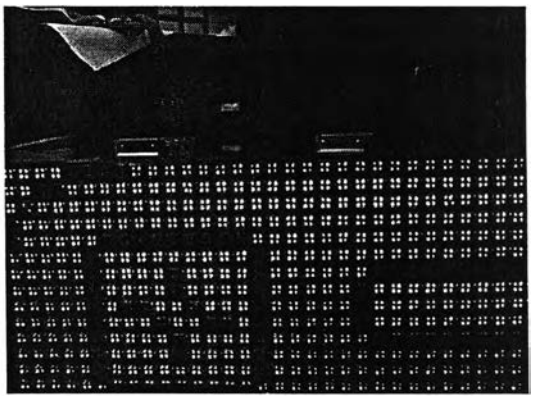




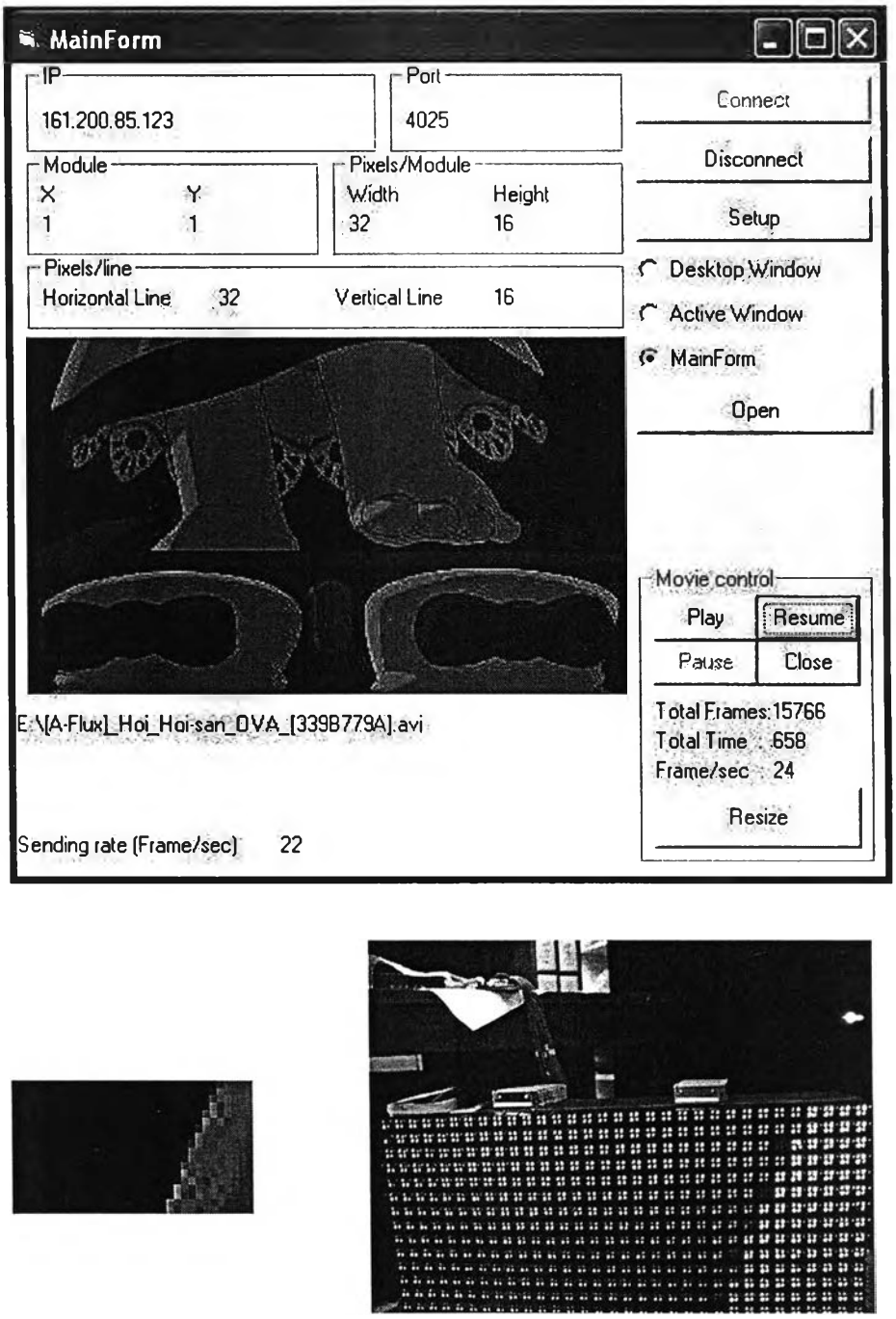
รูปที่ 5.14 ภาพตัวอย่างที่ 2 แสดงการทำงานในส่วนส่งข้อมูล และภาพที่แสดงบนแผงแสดงภาพสีไดโอดเปล่งแสง เมื่อส่งข้อมูลจากส่วน active window ขณะใช้งานส่วนส่งข้อมูลอยู่





รูปที่ 5.15 ภาพตัวอย่างที่ 3 แสดงการทำงานในส่วนส่งข้อมูล และภาพที่แสดงบนแผงแสดงภาพสี ไดโอดเปล่งแสง เมื่อส่งข้อมูลจากส่วน active window ขณะใช้งาน winamp








รูปที่ 5.16 ภาพตัวอย่างที่ 4 แสดงการทำงานในส่วนส่งข้อมูล และภาพที่แสดงบนแผงแสดงภาพสีไดโอดเปล่งแสง เมื่อส่งข้อมูลจากไฟล์ avi

## 5.5 การวิเคราะห์ความเร็วการทำงานของระบบ

จากการทดสอบต่างๆของระบบ พบว่าตัวแปรหลักที่มีผลต่อความเร็วในการแสดงภาพของระบบที่ออกแบบมี 3 ส่วนด้วยกัน และในแต่ละส่วนจะมีปัจจัยหลักที่มีผลต่อการความเร็ว ดังนี้

1. เวลาในการจับภาพ ($t_1$) จากการทดสอบ (ตารางที่ 5.1) ความเร็วในการทำงานส่วนนี้ขึ้นกับขนาดภาพที่จับ , ความเร็วเครื่อง และหน่วยความจำบนการ์ดจอ (Video RAM) เป็นหลัก

2. เวลาในการส่งข้อมูลจากส่วนส่งข้อมูลไปยังส่วนควบคุมการแสดงภาพ ($t_2$) ความเร็วในส่วนนี้ขึ้นกับความเร็วการรับข้อมูลของส่วนรับข้อมูล และจำนวนส่วนรับข้อมูลเป็นหลัก (ตารางที่ 5.2)

3. เวลาการส่งข้อมูลจากส่วนรับข้อมูลไปยังวงจรขับในส่วนควบคุมการแสดงภาพ ($t_3$) เวลาในส่วนนี้ขึ้นกับขนาดของจุดภาพที่ต้องแสดงในแผงนั้นๆ

ส่วนการทำงานของวงจรขับในส่วนควบคุมการแสดงภาพนั้นนั้นออกแบบให้ส่วนรับข้อมูลกับส่วนขับทำงานขนานกัน ทำให้ไม่มีผลต่อความเร็วในการแสดงภาพ

หากต้องการแสดงภาพที่ความถี่ 25 ภาพต่อวินาที จำเป็นต้องให้เวลาที่ใช้รวมทุกส่วนมีค่าน้อยกว่า 40ms (เวลาที่ใช้ในแต่ละภาพเมื่อแสดงที่ความถี่ 25 ต่อวินาที)

$$t_1 + t_2 + t_3 < 40 \text{ ms}$$

จากการทดสอบการแสดงภาพเคลื่อนไหวบนแผงแสดงภาพ 2 สีขนาด 256 x 128 จุดภาพ พบว่าการทำงานในส่วนที่ 3 ( $t_3$ ) ทำให้ความเร็วของระบบตกจาก 16 ภาพต่อวินาที หรือเพียง 12 วินาที ซึ่งเมื่อนำข้อมูลส่วนนี้มาคำนวณจะพบว่าเวลาการส่งข้อมูลไปยังวงจรขับจะใช้เวลาทั้งสิ้น 0.25 วินาที (1 – 12/16) โดยการทำงานนี้จะส่งข้อมูลจุดภาพรวมทั้งสิ้น 256x128x12 จุดภาพ เมื่อนำมาเฉลี่ยแล้วจะได้เวลาส่งข้อมูลของแต่ละจุดภาพออกจากบอร์ดทดลอง Jamp เป็น 0.67 us

หากจำกัดขนาดภาพที่ต้องการแสดง และการเพิ่มชุดควบคุมการแสดงภาพเพิ่มขึ้น จะทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในส่วนรับข้อมูลลดข้อมูลภาพที่รับเข้ามาลง ทำให้เวลาในส่วนของ $t_2$ และ $t_3$ ลดลงได้ เช่นเพิ่มเป็น 2 ชุดควบคุม จะทำให้เวลาส่วน $t_2$ และ $t_3$ ลดลงครึ่งหนึ่ง เนื่องจากข้อมูลภาพที่รับเข้ามาลดลงครึ่งหนึ่ง และข้อมูลที่ต้องส่งออกไปยังวงจรขับจะลดลงครึ่งหนึ่ง หากเพิ่มเป็น 4 ชุดควบคุม จะทำให้เวลาส่วน $t_2$ และ $t_3$ ลดลงเหลือ 1 ใน 4

หากต้องการแสดงภาพขนาด 256x64 จุดภาพด้วยความถี่ 25 ภาพต่อวินาที ซึ่งมีข้อมูลที่ต้องส่ง 9.37 Mbps โดยใช้เครื่อง 1.11GHz RAM 256M Video RAM 4M เป็นส่วนส่งข้อมูล จะมีเวลาที่ต้องใช้ในส่วนจับภาพ 20 ms (1/50 จากตารางที่ 5.1) ดังนั้นจึงเหลือเวลาในส่วนของ $t_2$ และ $t_3$ อยู่ 20 ms ซึ่งหากใช้ชุดควบคุมตัวเดียวจะไม่สามารถทำงานได้ทัน จึงต้องคำนวณว่าขนาดโมดูลแต่ละส่วนควรเป็นเท่าใดจึงทำให้สามารถแสดงภาพดังกล่าวที่ความถี่ 25 ภาพต่อวินาทีได้

$$\frac{25\ (f/s) \times 24\ (bits) \times pixels}{12M\ (bps)} + 0.67u\ (s) \times 25\ (f/s) \times pixels \quad - 20m\ (s)$$

โดย 12 M เป็นความเร็วที่บอร์ด Jamp สามารถรับได้ใน 1 วินาที จากการคำนวณจะได้ขนาดแต่ละโมดูลเป็น 300 จุดภาพ ดังนั้นหากต้องการแสดงภาพขนาด 256x64 จะต้องใช้ส่วนควบคุมทั้งหมด 55 ชุด

อย่างไรก็ตามเนื่องจากการแสดงภาพแต่ละแผงแสดงภาพอิสระจากกันทำให้การแสดงภาพของระบบไม่พร้อมกันจริง อาจเกิดปัญหามองเห็นภาพเหลื่อมกันเกิดขึ้นได้ หากขนาดภาพที่แสดงมีขนาดใหญ่มาก