# รายงานการวิจัย

# การควบคุมไร้สาย

# Wireless Control

สังวาล บกสุวรรณ

ถาวร เบญจนราสุทธิ์

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2554

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ชื่อโครงการ** การควบคุมไร้สาย (Wireless Control)
ประจำปีงบประมาณ 2554 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 68,000 บาท
**ระยะเวลาทำการวิจัย** 1 ปี ตั้งแต่ 1 ตุลาคม 2553 ถึง 30 กันยายน 2554
**หัวหน้าโครงการ** สังวาล บกสุวรรณ วิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์
โทรศัพท์ 02-3298353 โทรสาร 02-3298354 e-mail kbsungwa@kmitl.ac.th
**ผู้ร่วมโครงการวิจัย** รศ.ดร.ถาวร เบญจนราสุทธิ์ วิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์
โทรศัพท์ 02-3298353 โทรสาร 02-3298354 e-mail kbtaworn@kmitl.ac.th
**คำสำคัญ** (Keywords) Wireless data logging, Wi-Fi module, Wi-Fi programming

**บทคัดย่อ**

เทคโนโลยีการควบคุมแบบไร้สายมีการพัฒนาอย่างมาก ทั้งในส่วนของฮาร์ดแวร์และซอฟท์แวร์ ปัจจุบันราคาต่ำลง ทำให้สามารถออกแบบระบบควบคุมไร้สายสำหรับระบบฝังตัวขนาดเล็กได้ ในโครงงานวิจัยนี้นำเสนอการออกแบบระบบควบคุมไร้สายผ่านการสื่อสารแบบ Wi-Fi โดยการควบคุมแบ่งออกเป็น 2 ระดับ ระดับบนทำหน้าที่ส่งค่าอ้างอิงไปให้ระดับล่างทำการควบคุมให้ได้ตามที่ต้องการซึ่งการควบคุมระดับล่างในโครงงานวิจัยนี้ใช้ตัวควบคุมชนิด On/Off และ PI

วิธีการที่นำเสนอนี้ได้ทำการทดลองควบคุมระบบท่อนำความร้อน ซึ่งผลการทดลองให้ผลดีมาก ระบบวงปิดสามารถควบคุมได้ตามที่ต้องการ

**Abstract**

Wireless control technology comes to an advantage time for embedded systems not only in hardware technology but also in software development. In addition, the cost of Wi-Fi module is not quite expensive. Therefore, the objective of this research is to design the wireless control using Wi-Fi technology. The control strategy is divided into two layers. The top layer sends a reference to the bottom layer. In the bottom layer, the on/off or PI controller is implemented to track that reference, which is obtained from the program running on the computer. The proposed method is applied to control the temperature of a simple temperature transfer system to demonstrate its performance.

The experimental results show that the proposed method can control the temperature of the temperature transfer system very well.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

หน้า

**บทคัดย่อ** ..... I

**บทคัดย่อภาษาอังกฤษ** ..... II

**กิตติกรรมประกาศ** ..... III

**สารบัญ** ..... IV

**สารบัญภาพ** ..... VII

**สารบัญตาราง** ..... IX

**บทที่ 1 บทนำ** ..... 1

1.1 กล่าวนำ ..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงานวิจัย ..... 3

1.3 ขอบเขตของโครงงานวิจัย ..... 3

1.4 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง ..... 3

1.5 เนื้อหาที่จะกล่าวในโครงงานวิจัยนี้ ..... 4

**บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ** ..... 3

2.1 TCP/IP Protocol ..... 3

2.2 พื้นฐานการใช้งาน GDI+ ..... 15

2.3 การสื่อสารแบบWi-Fi ..... 17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.4 สรุป ..... 18

**บทที่ 3 หลักการออกแบบ ..... 19**

3.1 ขั้นตอนการสร้างโปรแกรม ..... 19

3.2 Wi-Fi โมดูล ..... 24

3.3 การออกแบบโปรแกรมสำหรับบอร์ดส่งข้อมูลไร้สาย ..... 24

3.4 สรุป ..... 25

**บทที่ 4การทดลอง ..... 26**

4.1อุปกรณ์สำหรับการทดลอง ..... 26

4.2 การควบคุมระบบท่อนำความร้อนด้วยตัวควบคุม On/Off ..... 27

4.3 การควบคุมระบบท่อนำความร้อนด้วยตัวควบคุม PI ..... 31

4.4 สรุป ..... 34

**บทที่ 5 สรุป ..... 26**

**เอกสารอ้างอิง ..... 27**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญภาพ

**รูปที่** ..... **หน้า**


2.1ขั้นตอนการ Encapsulation และ Demultiplexing ..... 6

2.2 โครงสร้าง TCP/IP ..... 7

2.3 IP Header ..... 8

2.4 ICMP Header ..... 10

2.5 UDP Header ..... 11

2.6 TCP Header ..... 11

2.7 การสื่อสารของ TCP ..... 13

2.8 ขั้นตอนการทำงานจากโฮสต์1 ไปยังโฮสต์2 ..... 14

2.9 ขั้นตอนการทำงานจากโฮสต์1 ไปยังโฮสต์2 ..... 14

3.1 โปรแกรมบันทึกข้อมูลไร้สาย ..... 19

3.2 บอร์ดควบคุมหลัก ..... 20

3.3 บอร์ดควบคุมหลัก ติดตั้งร่วมกับไมโครคอนโทรเลอร์ ..... 21

3.4 บอร์ดขยายการเชื่อมต่อ ..... 21

3.5 โมดูลสำหรับ SD card ..... 22

3.6 โมดูล Wi-Fi ..... 22

3.7 การเชื่อมต่อโมดูล Wi-Fi ..... 23



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญภาพ

**รูปที่** ..... **หน้า**

3.8 ความสัมพันธ์ของแรงดันขาออกและอุณหภูมิ ..... 23

3.9 โมดูลไร้สาย ..... 24

4.1 ระบบควบคุมอุณหภูมิท่อนำความร้อน ..... 26

4.2 โปรแกรมค่าอุณหภูมิที่ต้องการแบบไร้สาย ..... 27

4.3 การแสดงตำแหน่ง IP ของบอร์ดส่งข้อมูล ..... 28

4.4 การรันและการกำหนดความถี่สุ่ม ..... 28

4.5 ค่าอุณหภูมิที่ต้องการ 70 องศา ..... 29

4.6 ค่าอุณหภูมิที่ต้องการ 80 องศา ..... 29

4.7 ค่าอุณหภูมิที่ต้องการ 80 องศา ..... 30

4.8 การหยุดแสดงข้อมูลชั่วคราว ..... 30

4.9 การบันทึกข้อมูล ..... 31

4.10 ค่าอุณหภูมิจากการทดลองวงเปิด ..... 32

4.11 ค่าอุณหภูมิสำหรับอุณหภูมิที่ต้องการ 60 องศา ..... 33

4.12 ค่าอุณหภูมิสำหรับอุณหภูมิที่ต้องการ 80 องศา ..... 33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง

**ตารางที่** ..... **หน้า**

2.1 รายละเอียดของ Flag ..... 12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

# บทนำ

## 1.1 กล่าวนำ

การควบคุมไร้สายเป็นเทคโนโลยีที่น่าสนใจมากในอุตสาหกรรมการควบคุมปัจจุบัน และมีการพัฒนาประสิทธิภาพอย่างรวดเร็ว รวมถึงราคาถูกลงเป็นอย่างมาก ทำให้ในปัจจุบันสามารถนำเทคโนโลยีการควบคุมไร้สายมาใช้กับระบบฝังตัวขนาดเล็กได้ ซึ่งระบบฝังตัวขนาดเล็กเหล่านี้ปัจจุบันมีความต้องการการควบคุมมากขึ้น เพราะระบบต้องการความถูกต้องที่สูงขึ้น การออกแบบระบบควบคุมโดยรวมทั้งหมดนั้นทำได้ค่อนข้างยาก และมีความซับซ้อนสูงมาก ดังนั้นการแบ่งระบบใหญ่ ออกเป็นระบบย่อย แล้วทำการควบคุมแต่ละระบบย่อยแยกกันจะสะดวกกว่า ดังนั้นในโครงงานวิจัยนี้จึงนำเสนอการออกแบบในสองระดับ กล่าวคือระบบจะถูกแบ่งออกเป็น ระดับล่าง และระดับบน โดยที่ระดับล่างเป็นระบบย่อยนั่นเอง ในส่วนนี้การควบคุมจะเป็นลักษณะวงปิด ควบคุมให้ปริมาณที่สนใจมีค่าใดค่าหนึ่งตามต้องการ การควบคุมระดับบนเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ทำหน้าที่คำนวณค่าที่ต้องการเพื่อส่งไปควบคุมระดับล่างอีกครั้งหนึ่ง สังเกตว่าการควบคุมแบบนี้ มีความเป็นอิสระกันระหว่างระดับล่างและระดับบน ทำให้ลดภาระการคำนวณไปได้มาก อย่างไรก็ดีผลที่ได้จากการควบคุมระดับบนจะถูกสงไปยังระบบย่อย การส่งผ่านข้อมูลนี้ทำได้หลายวิธี อาจใช้สายสัญญาณ หรือชนิดไร้สายก็ได้ ในโครงงานวิจัยนี้เลือกใช้การส่งผ่านแบบไร้สาย ชนิด Wi-Fi ด้วยเหตุนี้เอง จึงเรียกการควบคุมแบบนี้ว่าการควบคุมไร้สาย

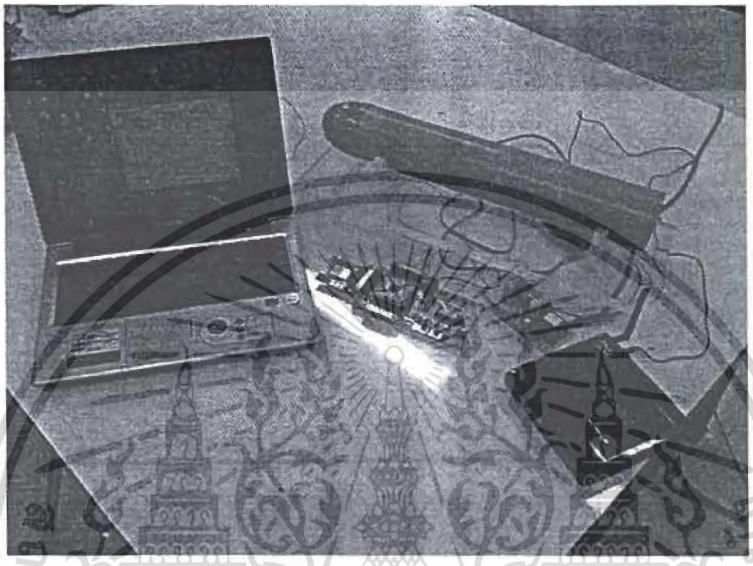
การสื่อสารข้อมูลแบบ Wi-Fi นั้น เป็นการส่งและรับข้อมูลที่น่าเชื่อถือ มีมาตรฐาน และมีข้อดีหลายประการ ที่เหมาะสมกับโครงงานวิจัยนี้

1. เป็นการสื่อสารที่มีโครงสร้างเป็นเน็ตเวิร์ค
2. ประหยัดค่าใช้จ่ายในส่วนของสายส่งและรับข้อมูล การซ่อมบำรุงในระยะยาว การติดตั้งก็ง่าย ดังนั้นจึงไม่มีความจำเป็นต้องใช้ผู้ชำนาญเฉพาะด้าน ข้อดีอีกประการหนึ่ง คือการสะดวกต่อการเคลื่อนย้าย อันนี้เป็นสิ่งที่สำคัญมากในทางปฏิบัติ เพราะถ้าเป็นระบบที่ใช้สายสัญญาณ เมื่อต้องการเปลี่ยนที่ปฏิบัติการ การเคลื่อนย้ายโดยไม่ให้เกิดความเสียหายทำได้ยากมาก
3. เป็นการสื่อสารที่เป็นมาตรฐาน จึงมีความน่าเชื่อถือ และเป็นที่รู้จัก เข้าใจของผู้ใช้ในวงกว้าง ซึ่งจะทำให้ง่ายมากในการใช้งาน

การสื่อสารแบบ Wi-Fi มีลักษณะเป็นเน็ตเวิร์ค ซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์กระจายสัญญาณ (Router) ทำหน้าที่เป็นตัวกลางและควบคุมการสื่อสาร การรับส่งข้อมูลแบบนี้ จะต้องมีโปรแกรมที่

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปใช้ในการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำหน้าที่เป็น Server และ Client ในโครงงานวิจัยนี้ การควบคุมระดับล่างทำหน้าที่เป็น Server ส่วนการควบคุมระดับบนทำหน้าที่เป็น Client เพื่อให้โครงงานวิจัยนี้ มีประโยชน์สูงสุดต่อนักศึกษาด้วย คณะผู้วิจัยได้ทำการสร้างระบบควบคุมอุณหภูมิในฐานะระบบทดสอบ ซึ่งเป็นระบบง่ายๆ ไม่มีความซับซ้อน สร้างขึ้นด้วยอุปกรณ์ที่หาได้ง่ายๆ และราคาถูก ระบบนี้แสดงในรูปที่ 1.1



**รูปที่ 1.1** การควบคุมระบบท่อนำความร้อน

ตัวระบบทำมาจาก PVC ด้านหนึ่งมีอุปกรณ์กำเนิดแหล่งความร้อน ซึ่งใช้ไดเป่าผมทั่วๆไป อีกด้านหนึ่งนั้นมีอุปกรณ์เซนเซอร์วัดค่าอุณหภูมิ ค่าอุณหภูมินี้จะเปลี่ยนไปถ้าปริมาณความเร็วลมของไดเป่าผมเปลี่ยนไป การเปลี่ยนอุณหภูมิภายในท่อสามารถทำได้อีกวิธีหนึ่ง คือการควบคุมความมากน้อยของแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้กับขดลวดกำเนิดความร้อนของไดเป่าผม ดังนั้นในโครงงานวิจัยนี้ได้ทำการสร้างวงจรไฟฟ้าเพื่อควบคุมแรงดันไฟฟ้าดังกล่าวด้วย

ระบบที่สร้างขึ้นนี้ ถูกควบคุมด้วยโครงสร้างการควบคุมชนิดสองระดับที่นำเสนอ กล่าวคือ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ซึ่งติดตั้งอยู่บนระบบปฏิบัติการวินโดว์ ทำหน้าที่คำนวณค่าอุณหภูมิที่ต้องการ และส่งค่านี้ไปยังบอร์ดควบคุมซึ่งเป็นการควบคุมระดับล่าง ผ่านการสื่อสารแบบ Wi-Fi ซึ่งบอร์ดควบคุมรับค่าดังกล่าวมาและทำการควบคุมอุณหภูมิที่ปลายท่อโดยการปรับระดับแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้กับไดเป่าผม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงานวิจัย

1. เพื่อออกแบบการสร้างบอร์ดไมโครคอมพิวเตอร์ สำหรับทดสอบสมรรถนะของทฤษฎีระบบควบคุมและการประมวลผลสัญญาณ
2. เพื่อสร้างองค์ความรู้ และพัฒนากระบวนการเรียนการสอนในรายวิชาที่เกี่ยวข้อง

## 1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1. บอร์ดไมโครคอมพิวเตอร์ สามารถควบคุมความเร็วของ DC มอเตอร์ และส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์ชนิดเวลาจริง โปรแกรมคอมพิวเตอร์ สำหรับการแสดงผลและวิเคราะห์ข้อมูล ผ่านระบบการ สื่อสารไร้สาย ชนิด เวลาจริง
2. บอร์ดไมโครคอมพิวเตอร์สามารถควบคุมระบบการให้ความร้อน และส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์ชนิด เวลาจริง

## 1.4 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

เทคโนโลยีไร้สายสำหรับระบบควบคุม โดยหลักการทั่วไป แล้วไม่มีความแตกต่าง กับเทคโนโลยีไร้สายที่ใช้ทั่วไป เช่นโครงข่ายไร้สายภายในบ้าน แต่ระบบควบคุมไร้สายจำเป็นจะต้องมีความหน้าเชื่อถือสูงมาก และราคาต่ำ Frost และ Sullivan ได้รายงานผลการวิจัย ศักยภาพของโครงข่ายไร้สาย ได้กล่าวถึงความสามารถในการเชื่อมต่อเข้ากับระบบมีสายซึ่งมีใช้ทั่วไปในปัจจุบัน 90 ถึง 95 เปอร์เซน ความยืดหยุ่นในการโยกย้ายสถานที่ติดตั้ง และค่าใช้จ่าย ซึ่งศักยภาพเหล่านี้ หน้าสนใจเป็นอย่างมากสำหรับระบบควบคุม Mahmoud และคณะได้นำเสนอการออกแบบระบบควบคุมไร้สาย โดยใช้ไมโครคอนโทรเลอร์ PIC สำหรับการควบคุมการเคลื่อนที่ของกระจกรถยนต์ด้านข้าง โดยใช้อินฟาเรด ในงานวิจัยนี้ได้สะท้อนให้เห็นว่า แม้แต่ไมโครคอนโทเลอร์ขนาดเล็กก็สามารถสร้างระบบควบคุมไร้สายได้ในปัจจุบัน

การควบคุมระบบและประมวลผลสัญญาณมีความจำเป็นต้องบันทึกข้อมูลในเวลาจริง ทำให้มีการพัฒนาระบบบันทึกข้อมูลเวลาจริงอย่างกว้างขวาง แต่ระบบเหล่านี้ไม่เหมาะกับระบบฝังตัว เพราะเป็นระบบขนาดเล็ก Jinho Kim และ K.G. Shin ได้นำเสนอ ระบบบันทึกข้อมูลในเวลาจริงสำหรับกระบวนการซึ่งต้องการ การประมวลผลในเวลาจริงมากๆ วิธีที่นำเสนอสามารถสร้างขึ้นบนระบบปฏิบัติการเช่น UNIX การประยุกต์กับไมโครคอนโทรเลอร์ยังทำได้ไม่สะดวกนัก Scott South นำเสนอการบันทึกข้อมูลผ่าน Bluetooth ซึ่งทำให้ราคาต่ำ กำลังไฟฟ้าต่ำ และไม่ต้องการสายเคเบิลระหว่างระบบและอุปกรณ์บันทึกข้อมูล

อย่างไรก็ดีการส่งข้อมูลด้วย Bluetooth นั้นไม่สามารถส่งได้ด้วยความเร็วสูง และระยะการส่งไม่ไกลมากนัก ดังนั้นโครงงานวิจัยนี้จึงนำเสนอ วิธีการออกแบบระบบควบคุมไร้สาย ส่งข้อมูลด้วย Wi-Fi ซึ่งมีความเร็วและระยะที่ดีกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**1.5 เนื้อหาที่จะกล่าวในโครงงานวิจัยนี้ประกอบด้วย**

บทที่ 1 บทนำ กล่าวนำถึงวัตถุประสงค์ ประโยชน์ของโครงงานวิจัย พร้อมทั้งรายละเอียดของโครงงานวิจัยแต่ละบท

บทที่ 2 ทฤษฎีและความรู้ที่เกี่ยวข้อง กล่าวถึงหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ในสร้างวินโดว์แอปพลิเคชั่น เพื่อติดต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์การใช้งานชุดโปรโตคอลที่ถูกใช้ในการสื่อสารผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต และชั้นของการสื่อสารในชุดของโปรโตคอล ศึกษาโปรโตคอลสำหรับระบบฝังตัว

บทที่ 3 หลักการออกแบบ บอร์ดควบคุมเพื่อให้มีความยืดหยุ่นในการใช้งาน การติดต่อสื่อสารกับไมโครคอนโทรลเลอร์แบบไร้สายหลักการสร้างโปรแกรมการสื่อสาร Wi-Fi สำหรับระบบฝังตัว

บทที่ 4 ผลการทดลอง นำเสนอการทดลองการควบคุมอุณหภูมิของท่อนำความร้อนโดยใช้บอร์ดควบคุมที่สร้างขึ้น โดยใช้ตัวควบคุม On/Off และตัวควบคุม PI

บทที่ 5 สรุป จะสรุปผลการดำเนินงาน ประโยชน์ที่ได้รับ และแนวทางการปรับปรุงพัฒนาโครงงานวิจัยนี้ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 2
# ทฤษฎีและหลักการ

โครงงานวิจัยนี้ออกแบบระบบบันทึกข้อมูลชนิดไร้สาย กล่าวคือ การสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ซึ่งทำหน้าที่บันทึกและแสดงผลข้อมูลในรูปแบบของกราฟ โปรแกรมที่สร้างขึ้นนี้สามารถที่จะบันทึกข้อมูลแบบไร้สายผ่านการสื่อสารชนิด Wi-Fi และติดตั้งบนระบบปฏิบัติการ Windows เพื่อให้โครงงานวิจัยชิ้นนี้มีประโยชน์สูงสุด คณะผู้วิจัยได้ทำการสร้างระบบควบคุมอุณหภูมิขึ้นมาทดสอบ โปรแกรมบันทึกข้อมูลแบบไร้สาย ซึ่งเป็นระบบง่ายๆ ไม่มีความสลับซับซ้อน สร้างขึ้นด้วยอุปกรณ์ที่หาได้โดยง่ายและราคาถูก ตัวระบบทำมาจากท่อ PVC ด้านหนึ่งมีอุปกรณ์กำเนิดแหล่งความร้อนซึ่งใช้ไดเป่าผมทั่วๆไป อีกด้านหนึ่งนั้นมีอุปกรณ์เซนเซอร์วัดค่าอุณหภูมิ สำหรับไดเป่าผมทั่ว ๆ ไปค่าอุณหภูมินี้จะเปลี่ยนไปถ้าปริมาณความเร็วลมของตัวไดเป่าผมเปลี่ยนไป นอกจากนี้ การเปลี่ยนอุณหภูมิภายในท่อสามารถทำได้อีกวิธีหนึ่ง คือการควบคุมความมากน้อยของแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้กับขดลวดกำเนิดความร้อนของไดเป่าผม ดังนั้นโครงงานชิ้นนี้ได้ทำการสร้างวงจรไฟฟ้าเพื่อควบคุมแรงดันไฟฟ้าดังกล่าวด้วย ในส่วนของข้อมูลอุณหภูมิที่ได้จากอุปกรณ์เซนเซอร์จะถูกส่งไปบันทึกใช้บนคอมพิวเตอร์ ด้วยโปรแกรมบันทึกข้อมูลไร้สายที่สร้างขึ้น ผ่านการสื่อสารแบบ Wi-Fi

## 2.1 **TCP/IP Protocol**

TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) เป็นชุดของโปรโตคอลที่ถูกใช้ในการสื่อสารผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้สามารถใช้สื่อสารจากต้นทางข้ามเครือข่ายไปยังปลายทางได้และสามารถหาเส้นทางที่จะส่งข้อมูลไปได้เองโดยอัตโนมัติถึงแม้ว่าในระหว่างทางอาจจะผ่านเครือข่ายที่มีปัญหาโปรโตคอล(Protocol)ก็ยังคงหาเส้นทางอื่นในการส่งผ่านข้อมูลไปให้ถึงปลายทางได้ชุดโปรโตคอลนี้ได้รับการพัฒนามาตั้งแต่ปี 1960 ซึ่งถูกใช้เป็นครั้งแรกในเครือข่ายARPANET ซึ่งต่อมาได้ขยายการเชื่อมต่อไปทั่วโลกเป็นเครือข่ายอินเตอร์เน็ตทำให้TCP/IPเป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวางจนถึงปัจจุบัน

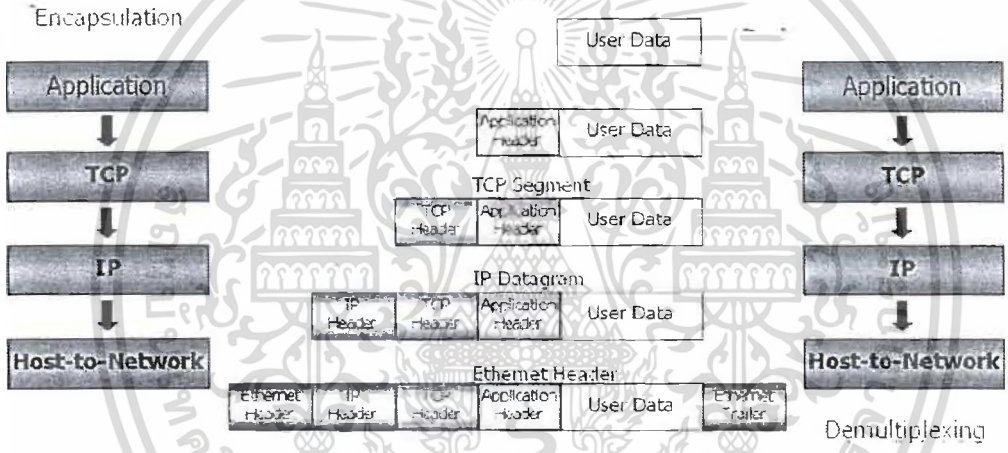
ชุดของโปรโตคอลTCP/IP มีจุดประสงค์ของการสื่อสารตามมาตรฐานสามประการสำหรับการติดต่อสื่อสารคือ

1. เพื่อใช้ติดต่อสื่อสารระหว่างระบบที่มีความแตกต่างกัน
2. ความสามารถในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบเครือข่ายเช่นในกรณีที่ผู้ส่งและผู้รับยังคงมีการติดต่อกันอยู่แต่โนด(node)กลางที่ใช้เป็นผู้ช่วยรับ-ส่งเกิดเสียหายใช้การไม่ได้ หรือสายสื่อสารบางช่วงถูกตัดขาดกฎการสื่อสารนี้จะต้องสามารถจัดหาทางเลือกอื่นเพื่อทำให้การสื่อสารดำเนินต่อไปได้โดยอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. มีความคล่องตัวต่อการสื่อสารข้อมูลได้หลายชนิดทั้งแบบที่ไม่มีความเร่งด่วนเช่นการจัดส่งแฟ้มข้อมูลและแบบที่ต้องการรับประกันความเร่งด่วนของข้อมูลเช่นการสื่อสารแบบเรียลไทม์(Real-time)และทั้งการสื่อสารแบบเสียง(Voice) และข้อมูล(data)

การส่งข้อมูลผ่านในแต่ละระดับชั้น(Layer)แต่ละระดับชั้น จะทำการประกอบข้อมูลที่ได้รับมากับข้อมูลส่วนควบคุมซึ่งถูกนำมาไว้ในส่วนหัวของข้อมูลเรียกว่าเฮดเดอร์(Header)ภายในเฮดเดอร์จะบรรจุข้อมูลที่สำคัญของโปรโตคอลที่ทำการเอนแคปซูเลท(Encapsulate)เมื่อผู้รับได้รับข้อมูลก็จะเกิดกระบวนการทำงานย้อนกลับคือโปรโตคอล(Protocol) เดียวกันทางฝั่งผู้รับก็จะได้รับข้อมูลส่วนที่เป็นเฮดเดอร์ก่อนและนำไปประมวลและทราบว่าข้อมูลที่ตามมามีลักษณะอย่างไรซึ่งกระบวนการย้อนกลับนี้เรียกว่าดีมัลติเพลกซิ่ง(Demultiplexing)




**รูปที่ 2.1** ขั้นตอนการ Encapsulation และDemultiplexing

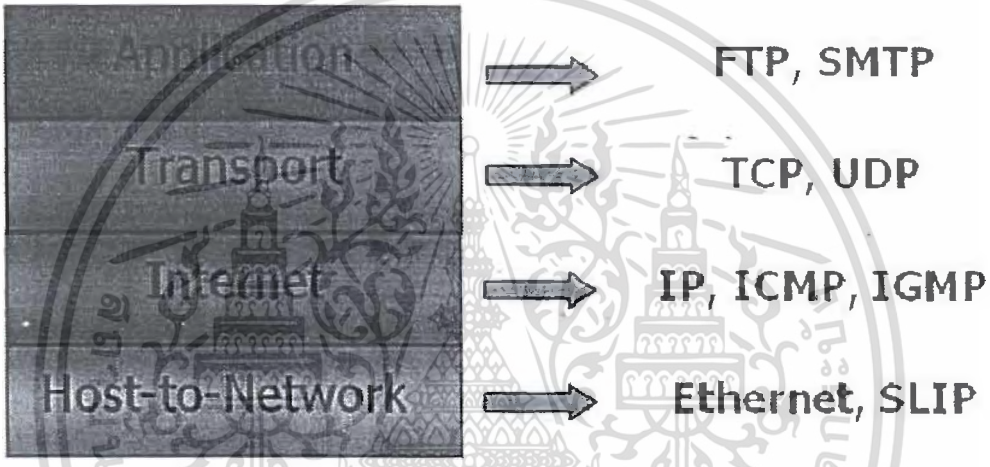
ข้อมูลที่ผ่านการเอนแคปซูเลท(Encapsulate)ในแต่ละระดับชั้น (Layer) มีชื่อเรียกแตกต่างกันดังนี้

- ข้อมูลที่มาจากผู้ใช้(User)หรือก็คือข้อมูลที่ผู้ใช้(User)เป็นผู้ป้อนให้กับแอปพลิเคชั่น(Application)เรียกว่ายูสเซอร์ดาต้า(User Data)
- เมื่อแอพพลิเคชั่น(Applicaion)ได้รับข้อมูลจากผู้ใช้(User)ก็จะนำมาประกอบกับส่วนหัวของแอพพลิเคชั่นเรียกว่าแอปพลิเคชั่นดาต้า(Application Data)และส่งต่อไปยังโปรโตคอลทีซีพี(Protocol TCP)
- เมื่อโปรโตคอลทีซีพีได้รับแอปพลิเคชั่นดาต้า(Application Data)ก็จะนำมารวมกับเฮดเดอร์ของโปรโตคอลทีซีพีเรียกว่าทีซีพีเซกเมนต์(TCP Segment)และส่งต่อไปยังโปรโตคอลไอพี(Protocol IP)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เมื่อโปรโตคอล(Protocol) IP ได้รับทีซีพีเซกเมนต์ก็จะนำมารวมกับเฮดเดอร์ของโปรโตคอลไอพีเรียกว่า ไอพีดาต้าแกรม(IPDatagram)และส่งจากโฮสต์ไปยังเน็ทเวิร์คเลเยอร์(Host-to-Network Layer)
- ในระดับ Host-to-Network จะนำ IP Datagram มาเพิ่มส่วนError Correction และ flag เรียกว่าEthernet Frame ก่อนจะแปลงข้อมูลเป็นสัญญาณไฟฟ้าส่งผ่านสายสัญญาณที่เชื่อมโยงอยู่ต่อไป

ในแต่ละเลเยอร์ของโครงสร้าง TCP/IP สามารถอธิบายได้ดังนี้




**รูปที่2.2**โครงสร้าง TCP/IP

### 2.1.1 ชั้นโฮสต์-เครือข่าย (Host-to-Network Layer)

โพรโตคอลสำหรับการควบคุมการสื่อสารในชั้นนี้เป็นสิ่งที่ไม่มีการกำหนดรายละเอียดอย่างเป็นทางการหน้าที่หลักคือการรับข้อมูลจากชั้นสื่อสาร IP มาแล้วส่งไปยังโหนดที่ระบุไว้ในเส้นทางเดินข้อมูลทางด้านผู้รับก็จะทำงานในทางกลับกันคือรับข้อมูลจากสายสื่อสารแล้วนำส่งให้กับโปรแกรมในชั้นสื่อสาร

### 2.1.2 ชั้นสื่อสารอินเทอร์เน็ต (The Internet Layer)

ใช้ประเภทของระบบการสื่อสารที่เรียกว่าระบบเครือข่ายแบบสลับช่องสื่อสารระดับแพ็กเก็ต (PacketSwitchingNetwork) ซึ่งเป็นการติดต่อแบบไม่ต่อเนื่อง (Connectionless) หลักการทำงานคือการปล่อยให้ข้อมูลขนาดเล็กที่เรียกว่าแพ็กเก็ต (Packet) สามารถไหลจากโหนดผู้ส่งไปตามโหนดต่างๆในระบบจนถึงจุดหมายปลายทางได้โดยอิสระหากว่ามีการส่งแพ็กเก็ตออกมาเป็นชุดโดยมีจุดหมายปลายทางเดียวกันในระหว่างการเดินทางในเครือข่ายแพ็กเก็ตแต่ละตัวในชุดนี้ก็จะเป็นอิสระแก่กันและกันดังนั้นแพ็กเก็ตที่ส่งไปถึงปลายทางอาจจะไม่เป็นไปตามลำดับก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.1.3 IP (Internet Protocol)

IP เป็นโปรโตคอลในระดับเน็ตเวิร์คเลเยอร์ทำหน้าที่จัดการเกี่ยวกับแอดเดรสและข้อมูลและควบคุมการส่งข้อมูลบางอย่างที่ใช้ในการหาเส้นทางของแพ็กเก็ตซึ่งกลไกในการหาเส้นทางของ IP จะมีความสามารถในการหาเส้นทางที่ดีที่สุดและสามารถเปลี่ยนแปลงเส้นทางได้ในระหว่างการส่งข้อมูลและมีระบบการแยกและประกอบดาต้าแกรม (datagram) เพื่อรองรับการส่งข้อมูลระดับ data link ที่มีขนาด MTU(MaximumTransmission Unit) ที่แตกต่างกันทำให้สามารถนำ IP ไปใช้บนโปรโตคอลอื่นได้หลากหลายเช่น Ethernet ,Token Ring หรือApple Talkการเชื่อมต่อของ IP เพื่อทำการส่งข้อมูลจะเป็นแบบ Connectionless หรือเกิดเส้นทางการเชื่อมต่อในทุกๆครั้งของการส่งข้อมูล 1 ดาต้าแกรมโดยจะไม่ทราบถึงข้อมูลดาต้าแกรมที่ส่งก่อนหน้าหรือส่งตามมาแต่การส่งข้อมูลใน 1 ดาต้าแกรมอาจจะเกิดการส่งได้หลายครั้งในกรณีที่มีการแบ่งข้อมูลออกเป็นส่วนย่อยๆ (Fragmentation) และถูกนำไปรวมเป็นดาต้าแกรมเดิมเมื่อถึงปลายทาง

**รูปที่2.3** IP Header

เฮดเดอร์ของ IP โดยปกติจะมีขนาด 20 bytes ยกเว้นในกรณีที่มีการเพิ่ม Option บางอย่าง ฟิลด์ของเฮดเดอร์ IP จะมีความหมายดังนี้

**Version:**หมายเลขเวอร์ชันของโปรโตคอลที่ใช้งานในปัจจุบันคือเวอร์ชัน 4 (IPv4) และเวอร์ชัน 6 (IPv6)

**Header Length:**ความยาวของข้อมูล เฮดเดอร์โดยทั่วไปถ้าไม่มีส่วนข้อมูล optionจะมีค่าเป็น 5 (5*32 bit)

**Type of Service (TOS):**ใช้เป็นข้อมูลสำหรับเราเตอร์(Router)ในการตัดสินใจเลือกการเราต์ข้อมูลในแต่ละดาต้าแกรมแต่ในปัจจุบันไม่ได้มีการนำไปใช้งานแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Length:**ความยาวทั้งหมดเป็นจำนวนไบต์ของดาต้าแกรมซึ่งด้วยขนาด16 บิตของฟิลด์จะหมายถึงความยาวสูงสุดของดาต้าแกรมคือ 65535byte (64k) แต่ในการส่งข้อมูลจริงข้อมูลจะถูกแยกเป็นส่วนๆตามขนาดของ MTU ที่กำหนดในลิงค์เลเยอร์และนำมารวมกันอีกครั้งเมื่อส่งถึงปลายทางแอพพลิเคชั่นส่วนใหญ่จะมีขนาดของดาต้าแกรมไม่เกิน 512 byte

**Identification:**เป็นหมายเลขของดาต้าแกรมในกรณีที่มีการแยกดาต้าแกรมเมื่อข้อมูลส่งถึงปลายทางจะนำข้อมูลที่มี Identification เดียวกันมารวมกัน

**Flag:**ใช้ในกรณีที่มีการแยกดาต้าแกรม

**Fragment offset:**ใช้ในการกำหนดตำแหน่งข้อมูลในดาต้าแกรมที่มีการแยกส่วนเพื่อให้สามารถนำกลับมาเรียงต่อกันได้อย่างถูกต้อง

**Time to live (TTL):**กำหนดจำนวนครั้งที่มากที่สุดที่ดาต้าแกรมจะถูกส่งระหว่าง hop (การส่งผ่านข้อมูลระหว่างเน็ตเวิร์ค) เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการส่งข้อมูลโดยไม่สิ้นสุดโดยเมื่อข้อมูลถูกส่งไป 1 hop จะทำการลดค่าTTL ลง 1 เมื่อค่าของ TTL เป็น 0 และข้อมูลยังไม่ถึงปลายทางข้อมูลนั้นจะถูกยกเลิกและเราเตอร์สุดท้ายจะส่งข้อมูล ICMP แจ้งกลับมายังต้นทางว่าเกิด time out ในระหว่างการส่งข้อมูล

**Protocol:**ระบุโปรโตคอลที่ส่งในดาต้าแกรมเช่นTCP ,UDPหรือICMP

**Header checksum:**ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลในเฮดเดอร์

**Source IP address:**หมายเลข IP ของผู้ส่งข้อมูล

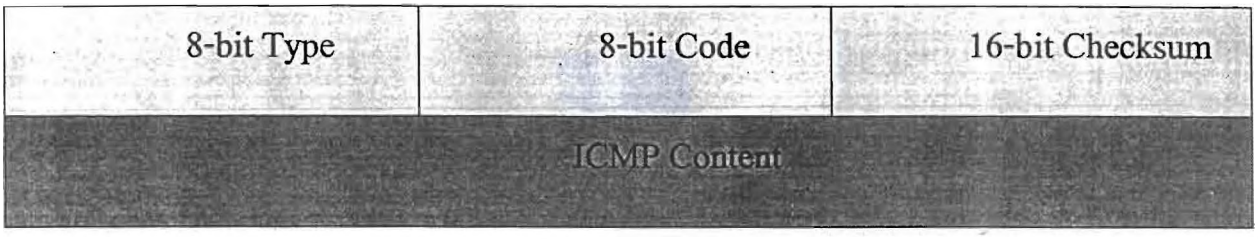
**Destination IP address:**หมายเลข IP ของผู้รับข้อมูล

**Data:**ข้อมูลจากโปรโตคอลระดับบน

### 2.1.4 ICMP โปรโตคอล

ICMP (Internet Control Message Protocol)เป็นโปรโตคอลที่ใช้ในการตรวจสอบและรายงานสถานภาพของดาต้าแกรม(Datagram) ในกรณีที่เกิดปัญหากับดาต้าแกรมเช่นเราเตอร์ไม่สามารถส่งดาต้าแกรมไปถึงปลายทางได้ ICMP จะถูกส่งออกไปยังโฮสต้นทางเพื่อรายงานข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นอย่างไรก็ดีไม่มีอะไรรับประกันได้ว่า ICMP Message ที่ส่งไปจะถึงผู้รับจริงหรือไม่หากมีการส่งดาต้าแกรมออกไปแล้วไม่มี ICMP Message ฟ้อง Error กลับมาก็แปลความหมายได้สองกรณีคือข้อมูลถูกส่งไปถึงปลายทางอย่างเรียบร้อยหรืออาจจะมีปัญหาในการสื่อสารทั้งการส่งดาต้าแกรมและ ICMP Message ที่ส่งกลับมาก็มีปัญหาระว่างทางก็ได้ ICMP จึงเป็นโปรโตคอลที่ไม่มีความน่าเชื่อถือ (Unreliable) ซึ่งจะเป็นหน้าที่ของโปรโตคอลในระดับสูงกว่า NetworkLayerในการจัดการให้การสื่อสารนั้นๆมีความน่าเชื่อถือในส่วนของ ICMP Message จะประกอบด้วย Type ขนาด 8 บิต Checksum ขนาด 16 บิตและส่วนของ Content ซึ่งจะมีขนาดแตกต่างกันไปตาม Type และ Code ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่2.4** ICMP Header

### 2.1.5 ชั้นสื่อสารนำส่งข้อมูล

แบ่งเป็นโพรโตคอล 2 ชนิดตามลักษณะลักษณะแรกเรียกว่า Transmission Control Protocol (TCP)เป็นแบบที่มีการกำหนดช่วงการสื่อสารตลอดระยะเวลาการสื่อสาร (Connection-oriented) ซึ่งจะยอมให้มีการส่งข้อมูลเป็นแบบ Byte stream ที่ไว้ใจได้โดยไม่มีข้อผิดพลาดข้อมูลที่มีปริมาณมากจะถูกแบ่งออกเป็นส่วนเล็กๆเรียกว่า Message ซึ่งจะถูกส่งไปยังผู้รับผ่านทางชั้นสื่อสารของอินเทอร์เน็ตทางฝ่ายผู้รับจะนำ Message มาเรียงต่อกันตามลำดับเป็นข้อมูลตัวเดิม TCP ยังมีความสามารถในการควบคุมการไหลของข้อมูลเพื่อป้องกันไม่ให้ผู้ส่งส่งข้อมูลเร็วเกินกว่าที่ผู้รับจะทำงานได้ทันอีกด้วยโปรโตคอลการนำส่งข้อมูลแบบที่สองเรียกว่า UDP (User Datagram Protocol) เป็นการติดต่อแบบไม่ต่อเนื่อง (Connectionless) มีการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลแต่จะไม่มีการแจ้งกลับไปยังผู้ส่งจึงถือได้ว่าไม่มีการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลอย่างไรก็ตามวิธีการนี้มีข้อดีในด้านความรวดเร็วในการส่งข้อมูลจึงนิยมใช้ในระบบผู้ให้และผู้ใช้บริการ (client/server system) ซึ่งมีการสื่อสารแบบถาม/ตอบ(request/reply) นอกจากนั้นยังใช้ในการส่งข้อมูลประเภทภาพเคลื่อนไหวหรือการส่งเสียง (voice) ทางอินเทอร์เน็ต

### 2.1.6 UDP โปรโตคอล

เป็นโปรโตคอลที่อยู่ใน Transport Layer เมื่อเทียบกับโมเดล OSI โดยการส่งข้อมูลของUDP นั้นจะเป็นการส่งครั้งละ 1 ชุดข้อมูลเรียกว่า UDP datagram ซึ่งจะไม่มีความสัมพันธ์กันระหว่างดาต้าแกรมและจะไม่มีกลไกการตรวจสอบความสำเร็จในการรับส่งข้อมูลกลไกการตรวจสอบโดย checksum ของ UDP นั้นเพื่อเป็นการป้องกันข้อมูลที่อาจจะถูกแก้ไขหรือมีความผิดพลาดระหว่างการส่งและหากเกิดเหตุการณ์ดังกล่าวปลายทางจะได้รู้ว่ามีข้อผิดพลาดเกิดขึ้นแต่มันจะเป็นการตรวจสอบเพียงฝ่ายเดียวเท่านั้นโดยในข้อกำหนดของ UDPหากพบว่า Checksum Error ก็ให้ผู้รับปลายทางทำการทิ้งข้อมูลนั้นแต่จะไม่มีการแจ้งกลับไปยังผู้ส่งแต่อย่างใดการรับส่งข้อมูลแต่ละครั้งหากเกิดข้อผิดพลาดในระดับ IP เช่นส่งไม่ถึง,หมดเวลาผู้ส่งจะได้รับ Error Message จากระดับ IP เป็น ICMP Error Message แต่เมื่อข้อมูลส่งถึงปลายทางถูกต้องแต่เกิดข้อผิดพลาดในส่วนของ UDP เองจะไม่มีการยืนยันหรือแจ้งให้ผู้ส่งทราบแต่อย่างใด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| 16-bit Source Port | 16-bit Destination Port |
|---|---|
| Lenght | Checksum |
| Data | |

**รูปที่2.5** UDP Header

**Source Port Number**:หมายเลขพอร์ตต้นทางที่ส่งดาต้าแกรมนี้

**Destination Port Number**:หมายเลขพอร์ตปลายทางที่จะเป็นผู้รับดาต้าแกรม

**UDP Length**:ความยาวของดาต้าแกรมทั้งส่วน Header และ data นั่นหมายความว่าค่าที่น้อยที่สุดในฟิลด์นี้คือ 8 ซึ่งเป็นขนาดของ Header

**Checksum**:เป็นตัวตรวจสอบความถูกต้องของ UDP datagram และจะนำข้อมูลบางส่วนใน IP Header มาคำนวณด้วย

### 2.1.7 TCP โปรโตคอล

อยู่ใน Transport Layer เช่นเดียวกับ UDP ทำหน้าที่จัดการและควบคุมการรับส่งข้อมูลซึ่งมีความสามารถและรายละเอียดมากกว่า UDP โดยดาต้าแกรมของ TCP จะมีความสัมพันธ์ต่อเนื่องกันและมีกลไกควบคุมการรับส่งข้อมูลให้มีความถูกต้อง (Reliable) และมีการสื่อสารอย่างเป็นกระบวนการ (Connection - oriented)

| 16-bit Source Port Number | | | | | | | | 16-bit Source Destination Port |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 32-bit Sequence Number | | | | | | | | |
| 32-bit Acknowledge Number | | | | | | | | |
| Header Length | 6-Bit Reserved | URG | ACK | PUSH | RESET | SYN | FIN | 16-bit Windows Size |
| 16-bit TCP Checksum | | | | | | | | 16-bit Urgent Pointer |
| TCP Option | | | | | | | | |
| Data | | | | | | | | |

**รูปที่2.6** TCP Header

**Source Port Number**:หมายเลขพอร์ต(Port) ต้นทางที่ส่งดาต้าแกรมนี้

**Destination Port Number**:หมายเลขพอร์ตปลายทางที่จะเป็นผู้รับดาต้าแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Sequence Number**:ฟิลด์ที่ระบุหมายเลขลำดับอ้างอิงในการสื่อสารข้อมูลแต่ละครั้งเพื่อใช้ในการแยกแยะว่าเป็นข้อมูลของชุดใดและนำมาจัดลำดับได้ถูกต้อง

**Acknowledgment Number**:ทำหน้าที่เช่นเดียวกับ Sequence Number แต่จะใช้ในการตอบรับ

**Header Length**:โดยปกติความยาวของเฮดเดอร์ TCP จะมีความยาว 20 ไบต์แต่อาจจะมากกว่านั้นถ้ามีข้อมูลในฟิลด์ Option แต่ต้องไม่เกิน 60 ไบต์

**Flag**:เป็นข้อมูลระดับบิตที่อยู่ในเฮดเดอร์ TCP โดยใช้เป็นตัวบอกคุณสมบัติของแพ็กเก็ต TCP ขณะนั้นๆและใช้เป็นตัวควบคุมจังหวะการรับส่งข้อมูลด้วยซึ่ง Flag มีอยู่ทั้งหมด 6 บิตแบ่งได้ดังนี้

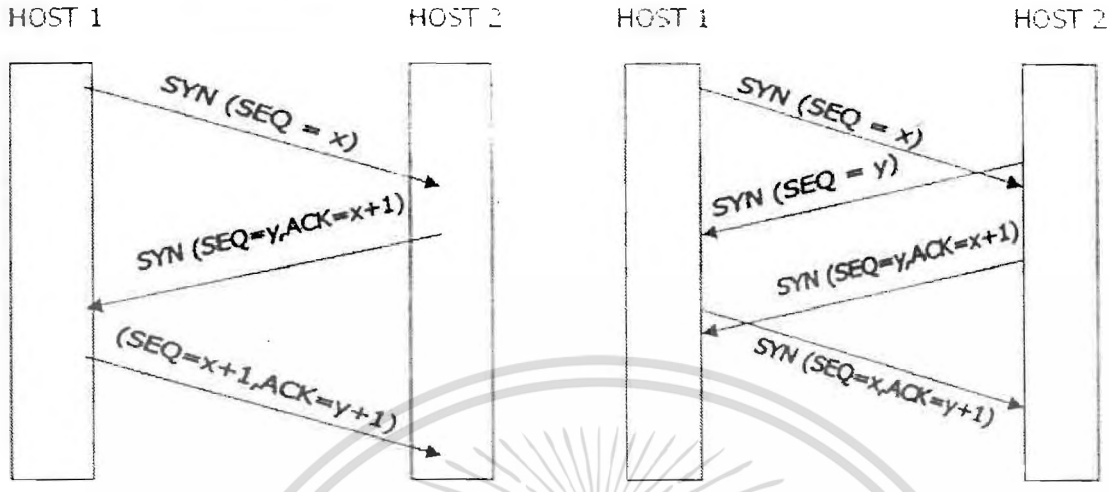
| Type | Description |
|---|---|
| URG | ใช้บอกความหมายว่าเป็นข้อมูลด่วน และมีข้อมูลพิเศษมาด้วย (อยู่ใน Urgent Pointer) |
| ACK | แสดงว่าข้อมูลในฟิลด์ Acknowledge Number นำมาใช้งานได้ |
| DSH | เป็นการแจ้งให้ผู้รับข้อมูลทราบว่าควรจะส่งข้อมูล Segment นี้ไปยัง Application ที่กำลังรออยู่โดยเร็ว |
| RST | ยกเลิกการติดต่อ(reset)เนื่องจากในกรณีที่เกิดการสับสนขึ้นด้วยเหตุผลต่างๆ เช่น โฮสต์มีปัญหา ให้เริ่มต้นสื่อสารกันใหม่ |
| SYN | ใช้ในการเริ่มต้นขอติดต่อกับปลายทาง |
| FIN | ใช้ส่งเพื่อแจ้งให้ปลายทางทราบว่ายุติการติดต่อ |

**ตารางที่ 2.1** รายละเอียดของ Flag

Flag ในเฮดเดอร์ของ TCP มีความสำคัญในการกำหนดการทำงานของ TCP segment เนื่องจากข้อมูลในเฮดเดอร์ของ TCP จะมีข้อมูลครบถ้วนทั้งการรับและการส่งข้อมูลซึ่งในการทำงานแต่ละอย่างจะมีการใช้งานฟิลด์ไม่เหมือนกัน Flag จะเป็นตัวกำหนดว่าให้ใช้งานฟิลด์ไหน เช่นฟิลด์ Acknowledgment numberจะไม่ถูกใช้ในขั้นตอนการเริ่มต้นการเชื่อมต่อแต่จะมีข้อมูลในฟิลด์ซึ่งเป็นข้อมูลที่ไม่มีความหมายใดๆซึ่งถ้าไม่มี flag เป็นตัวกำหนดก็อาจจะมีการนำข้อมูลมาใช้และก่อให้เกิดความผิดพลาดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.1.7.1 การสื่อสารของ TCP**



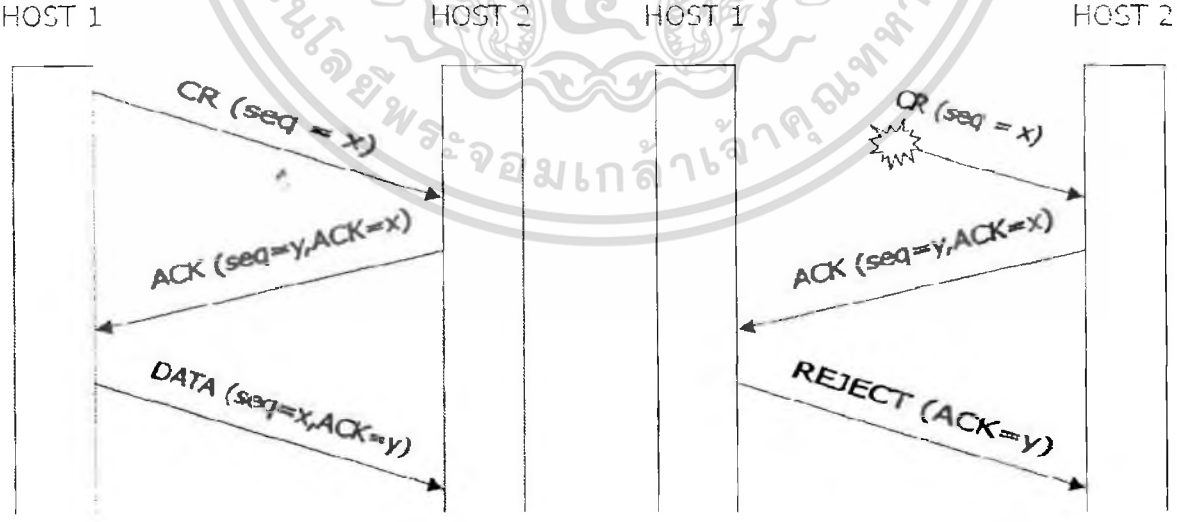

**รูปที่ 2.7**การสื่อสารของ TCP

เมื่อเซกเมนต์ CONNECT (SYN = "1" และ ACK = "0") เดินทางมาถึง Entity TCP ที่โฮสต์ปลายทางจะค้นหาโพรเซส(Process) ตามหมายเลขพอร์ตที่กำหนดในเขตข้อมูล Destination port ซึ่งถ้าหากไม่พบก็จะตอบปฏิเสธด้วยเซกเมนต์ที่มี RST = "1" กลับไปยังผู้ส่งเซกเมนต์ CONNECT ของผู้ส่งจะถูกส่งต่อไปยังโพรเซสตามพอร์ตที่ระบุซึ่งอาจจะตอบรับหรือตอบปฏิเสธก็ได้ถ้าโพรเซสนั้นต้องการสื่อสารด้วยก็จะส่งเซกเมนต์ตอบรับกลับไปรูปที่ 2.7แสดงลำดับขั้นตอนการส่ง TCP เซกเมนต์ในการสร้างการเชื่อมต่อในสภาวะปกติระหว่างผู้ส่งและผู้รับในกรณีที่โฮสต์สองแห่งพยายามสร้างการเชื่อมต่อระหว่างซ็อคเก็ต(Socket) คู่เดียวกันผลสุดท้ายจะมีการเชื่อมต่อเกิดขึ้นเพียงหนึ่งช่องทางเท่านั้นเนื่องจากการเชื่อมต่อในแต่ละช่องทางจะถูกกำหนดขึ้นโดยใช้หมายเลขซ็อคเก็ตผู้ส่งและผู้รับถ้าการเชื่อมต่อลำดับแรกสำเร็จก็จะถูกบันทึกไว้ในตารางการสื่อสาร เช่น (x, y) ถ้าการเชื่อมต่อลำดับที่สองสำเร็จในเวลาต่อมาข้อมูลนี้ก็จะถูกบันทึกไว้ที่เดียวกันคือ (x, y)ขั้นตอนในการสร้างการเชื่อมต่อและการยกเลิกสามารถเขียนอธิบายด้วยไฟไนท์สเตทแมชชีน (Finite State Machine)ที่มีการทำงาน 11 สถานะในแต่ละสถานะจะมีเหตุการณ์บางอย่างที่เป็นไปได้ซึ่งจะได้รับการตอบสนองด้วยการกระทำที่เหมาะสมในทางตรงกันข้ามเหตุการณ์ที่เป็นไปไม่ได้จะกลายเป็นข้อผิดพลาดที่จะต้องรายงานให้ทราบการเชื่อมต่อเริ่มต้นจากสถานะ CLOSED เมื่อเรียกใช้บริการ LISTEN หรือ CONNECT ก็จะมีการเปลี่ยนสถานะไปจากเดิมและถ้าอีกฝ่ายตองการเชื่อมต่อด้วยการเชื่อมต่อก็จะเกิดขึ้นและย้ายไปอยู่ในสถานะESTABLISHED คือการเชื่อต่อสมบูรณ์และเมื่อยกเลิกการติดต่อก็จะกลับไปสู่สถานะ CLOSED อย่างเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.1.7.2 การบันทึกเวลาแบบ Three-way handshake**

Three-way Handshake เป็นวิธีการส่งแพ็กเก็ตที่สามารถช่วยแก้ปัญหาในเรื่องแพ็กเก็ตซ้ำซ้อนได้ดีแต่วิธีนี้จำเป็นจะต้องสร้างช่องสื่อสารให้ได้ก่อนที่จะเริ่มรับ-ส่งข้อมูลอย่างไรก็ตามแพ็กเก็ตควบคุมที่ใช้ในการต่อรองค่าตัวแปรสำหรับการสื่อสารต่างๆอาจเกิดการตกค้างอยู่ในระบบได้ทำให้การกำหนดค่าหมายเลขลำดับมีปัญหาไปด้วยเช่นการสร้างช่องสื่อสารระหว่างโฮสต์1 และโฮสต์2 เริ่มจากโฮสต์1 ขอเริ่มการเชื่อต่อด้วยการส่งแพ็กเก็ต CR (Connection Request) ไปยังโฮสต์ 2 ซึ่งจะมีค่าตัวแปรต่างๆสำหรับการสื่อสารรวมทั้งหมายเลขลำดับและหมายเลขช่องสื่อสารไปด้วย ผู้รับคือโฮสต์2 ก็จะส่ง ACK (Acknowledge)กลับมายังโฮสต์1 แต่ถ้าแพ็กเก็ตจากผู้ส่งเกิดสูญหายระหว่างทางและสำเนาแพ็กเก็ตที่ยังตกค้างอยู่ระบบเกิดเดินทางไปถึงผู้รับในภายหลังก็จะทำให้การสร้างช่องสื่อสารใช้การไม่ได้เนื่องจากมีค่าตัวแปรต่างๆไม่ตรงกันการใช้ Three-way handshake เป็นการไม่บังคับให้ผู้ส่งและผู้รับข้อมูลจะต้องกำหนดค่าเริ่มต้นของหมายเลขลำดับเป็นเลขเดียวกันทำให้สามารถนำวิธีนี้มาใช้ร่วมกับวิธีการจัดจังหวะการทำงานให้พร้อมกัน(Synchronization) แบบต่างๆได้แทนที่จะเป็นการใช้วิธีการบันทึกเวลาดังรูปที่ 7-1 แสดงขั้นตอนการเริ่มต้นการทำงานจากโฮสต์ 1 ไปยังโฮสต์ 2 สมมุติให้โฮสต์ 1 เลือกหมายเลขลำดับเป็น “x” และส่งแพ็กเก็ต CONNECTION REQUEST ไปยังโฮสต์ 2 โฮสต์ 2 ตอบรับด้วยแพ็กเก็ต CONNECTION ACCEPTED ซึ่งจะยอมรับหมายเลขลำดับ “x” พร้อมกับประกาศหมายเลขลำดับ “y” ที่เป็นของตนเองจากนั้นโฮสต์ 1 ก็จะตอบรับค่าตัวเลือกของโฮสต์ 2 ผ่านทางเขตข้อมูลสำหรับการควบคุมในแพ็กเก็ตข้อมูลแรกที่ส่งมา




**รูปที่ 2.8**ขั้นตอนการทำงานจากโฮสต์1 ไปยังโฮสต์2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมมติว่าได้เกิดปัญหาการสูญหายของแพ็กเก็ตในขณะที่สำเนาแพ็กเก็ตที่ค้างในระบบเดินทางไปถึงผู้รับแทนรูปที่7-2 แสดงเหตุการณ์ที่แพ็กเก็ตTPDU (ตัวแรกในรูป) เป็นสำเนาแพ็กเก็ตเก่าที่พึ่งจะเดินทางไปถึงโฮสต์ 2 โดยที่โฮสต์ 1 ไม่ทราบโฮสต์ 2 ก็จะทำงานตามปกติคือจะตอบรับด้วยการส่งแพ็กเก็ตCONNECTION ACCEPTED TPDU กลับมาที่โฮสต์ 1 ซึ่งโฮสต์1 จะสามารถตรวจสอบได้ว่าหมายเลขลำดับโฮสต์2 ตอบกลับมานั้นเป็นหมายเลขลำดับที่ได้เลิกใช้ไปแล้วจึงมีการส่งแพ็กเก็ต REJECTกลับมายังโฮสต์ 2 เพื่อบอกยกเลิกการทำงานจะเห็นว่าวิธีการนี้อาศัยการสื่อสารผ่านแพ็กเก็ต 3 ตัวซึ่งเป็นที่มาของคำว่า "การจับมือร่วมสามขั้นตอน" ผลสุดท้ายทั้งโฮสต์ 1 และโฮสต์ 2 ก็จะไม่มีการสร้างช่องสื่อสารขึ้นมาจากข้อมูลในสำเนาแพ็กเก็ตเก่าแต่อย่างใด

**2.1.7.3 ชั้นสื่อสารการประยุกต์**

มีโพรโตคอลสำหรับสร้างจอเทอร์มินัลเสมือนเรียกว่า TELNET โพรโตคอลสำหรับการจัดการแฟ้มข้อมูลเรียกว่า FTP และโพรโตคอลสำหรับการให้บริการจดหมายอิเล็กทรอนิกส์เรียกว่า SMTP โดยโพรโตคอลสำหรับสร้างจอเทอร์มินัลเสมือนช่วยให้ผู้ใช้สามารถติดต่อกับเครื่องโฮสต์ที่อยู่ไกลออกไปโดยผ่านอินเทอร์เน็ตและสามารถทำงานได้เสมือนกับว่ากำลังนั่งทำงานอยู่ที่เครื่องโฮสต์นั้นโพรโตคอลสำหรับการจัดการแฟ้มข้อมูลช่วยในการคัดลอกแฟ้มข้อมูลมาจากเครื่องอื่นที่อยู่ในระบบเครือข่ายหรือส่งสำเนาแฟ้มข้อมูลไปยังเครื่องใดๆก็ได้โพรโตคอลสำหรับให้บริการจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ช่วยในการจัดส่งข้อความไปยังผู้ใช้ในระบบหรือรับข้อความที่มีผู้ส่งเข้ามา

## 2.2 พื้นฐานการใช้งาน GDI+

คำว่า GDI+ (อ่านว่า จีดีไอพลัส) ย่อมาจากคำว่า Graphics Device Interface เป็นคำที่ใช้เรียกกลุ่มออบเจ็กต์(Object)ที่รับผิดชอบด้านการแสดงผลในสถาปัตยกรรม .NET GDI+ แยกได้ 5 ลักษณะ คือ

1. ส่วนแสดงผลของคอนโทรลต่าง ๆ
2. การจัดการเกี่ยวกับระบบไฟล์รูปภาพ
3. ระบบการพิมพ์เอกสารไปยังเครื่องพิมพ์
4. การทำภาพเคลื่อนไหวแอนิเมชั่น(Animation)
5. ระบบฟอนต์และสี

### 2.2.1 พื้นฐานระบบกราฟิกใน GDI+

พื้นฐานการแสดงกราฟิกหน่วยที่เล็กที่สุดคือ "จุด" เมื่อนำจุดมาเรียงต่อกันจะได้เส้นตรง และเมื่อจุดหลายจุด หลายสีมาเรียงต่อกันก็จะได้ภาพขึ้นมาออบเจ็กต์ที่ทำหน้าที่รับผิดชอบหน่วยกราฟิกที่เล็กที่สุดมีอยู่ 2 ตัว คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. **ออบเจ็กต์ Point** ทำหน้าที่ระบุพิกัดคู่ลำดับ (Co-ordinate) x,y โดยเทียบจากมุมซ้ายบนของพื้นที่แสดงผล
2. **ออบเจ็กต์ Size** ทำหน้าที่กำหนดพื้นที่จำลองขึ้นมา เพื่อสร้างงานด้านกราฟิก โดยทำงานร่วมกับออบเจ็กต์ Rectangle อาจจะใช้พื้นที่แสดงผลทั้งหมดของฟอร์ม หรืออยู่ในขอบเขตของพื้นที่จำลองก็ได้

2.2.1.1 **พื้นที่แสดงผล** หมายถึง พื้นที่แสดงผลทั้งหมดของฟอร์ม เรียกว่า ClientRectangle

2.2.1.2 **พื้นที่จำลอง** หมายถึง พื้นที่ที่คุณสร้างขึ้นมาด้วยออบเจ็กต์ Size เพื่อใช้เป็นเนื้อที่สำหรับแสดงงานด้านกราฟิก สามารถกำหนดขนาดพื้นที่จำลองได้ที่เราต้องการ ซึ่งอาจจะใช้พื้นที่บางส่วน หรือทั้งหมดของพื้นที่แสดงผลในฟอร์มก็ได้

### 2.2.2 ขั้นตอนการสร้างพื้นที่จำลองใน GDI+

1. ใช้ออบเจ็กต์ Point ระบุตำแหน่ง โดยวัดจากมุมซ้ายบนของฟอร์มกับมุมซ้ายบนของพื้นที่จำลอง
2. ใช้ออบเจ็กต์ Size กำหนดขนาดพื้นที่จำลองที่ต้องการสร้างขึ้นมา

### 2.2.3 ระบบสีใน GDI+

ก่อนที่เราจะเริ่มสร้างงานด้านกราฟิก VC# พื้นฐานแรกที่เราควรจะทราบก็คือ ระบบสี ในสถาปัตยกรรม GDI+ จะกำหนดให้ออบเจ็กต์ Color รับผิดชอบส่วนของการแสดงสีทั้งหมด โดยอ้างอิงระบบแม่สีแบบ RGB (แดง เขียว น้ำเงิน)

### 2.2.4 การใช้สีจากออบเจ็กต์ Color

สามารถระบุได้ 2 ลักษณะ

1. อาศัยเมธอด FromArgb() ทำหน้าที่ผสมแม่สี 3 สี คือ Red, Green, Blue
2. ระบุชื่อสีที่ออบเจ็กต์ Color สนับสนุน เช่น Color.White, Color.Red

### 2.2.5 การใช้งานเหตุการณ์ Paint() ของฟอร์ม

สำหรับวิธีการที่สามารถสั่งให้วาดงานด้านกราฟิกลงในพื้นที่แสดงผลของฟอร์ม สามารถทำได้ 2 วิธีคือ

1. อาศัยเหตุการณ์ Paint() ของฟอร์มเป็นวิธีพื้นฐาน โดยกำหนดให้เมื่อเกิดเหตุการณ์ Form_Paint() ขึ้นแล้ว สั่งให้วาดงานด้านกราฟิกลงในพื้นที่แสดงผล โดยเหตุการณ์ Form_Paint() เป็นเหตุการณ์ที่เกิดต่อจากเหตุการณ์ Form_Load() อัตโนมัติ
2. การทำ override เหตุการณ์ Form_Paint() ของฟอร์ม เป็นวิธีการที่เราสามารถจำลองหรือเลียนแบบเหตุการณ์ Form_Paint() โดยการใช้คำสั่ง override

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



### 2.2.6 การใช้งานออบเจ็กต์ Pen

ออบเจ็กต์ Pen ใช้สำหรับวาดเส้น โดยการกำหนดจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดด้วยออบเจ็กต์ Point ซึ่งเป็นออบเจ็กต์ที่มีลักษณะใกล้เคียงกับปากกาของจริง เพราะว่าในการเลือกปากกา สิ่งที่ต้องคำนึงถึงมี 2 อย่างคือ

1. สีน้ำหมึกของปากกา เช่น หมึกสีแดง หมึกสีดำ ฯลฯ
2. ขนาดหัวปากกาที่ใช้ เช่น ขนาด 0.5, 0.3 ฯลฯ

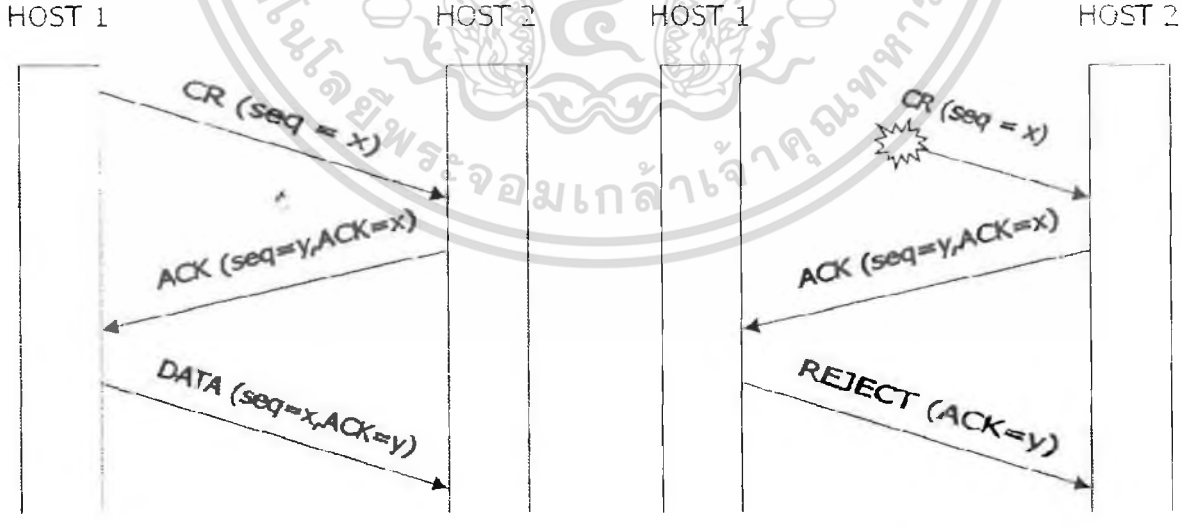
นั่นคือ สิ่งที่คิดเมื่อใช้ปากกาในโลกของความเป็นจริง แต่ในโลกของ GDI+ แล้วปากกาสามารถกำหนดได้ 3 อย่างคือ

3. สีน้ำหมึก
4. ขนาดหัวปากกา
5. ลวดลายเส้นที่ออกจากหัวปากกา

## 2.3 การสื่อสารแบบ Wi-Fi

การสื่อสารแบบ Wi-Fi มีลักษณะเป็นเน็ทเวิร์ค ซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์กระจายสัญญาณ Router ทำหน้าที่เป็นตัวกลาง และควบคุมการสื่อสาร การสื่อสารแบบนี้โปรแกรมจะต้องทำหน้าที่เป็น Server และ Client กล่าวคือตัวบอร์ดวัดอุณหภูมิจะต้องมีโปรแกรมในส่วนของ Server หรือ Client ติดตั้งอยู่ ซึ่งในโครงงานวิจัยนี้ โปรแกรม Server ถูกติดตั้งเอาไว้ ดังนั้นโปรแกรม Client จะถูกติดตั้งไว้ในโปรแกรมบันทึกค่าและแสดงผล ซึ่งจะถูกติดตั้งไว้บนระบบปฏิบัติการ Windows

โครงสร้างการสื่อสาร




**รูปที่ 2.9** ขั้นตอนการทำงานจากโฮสต์1 ไปยังโฮสต์2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
121388

## 2.4 สรุป

เหตุผลข้อหนึ่งของการทำโครงงานวิจัยชิ้นนี้ก็เพื่อนำผลลัพธ์ที่ได้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์กับการทำการทดลองของนักศึกษา ซึ่งปัจจุบันนักศึกษามีคอมพิวเตอร์เป็นของตนเองเกือบทุกคน และคอมพิวเตอร์เหล่านี้สามารถสื่อสารแบบ Wi-Fi ได้ทั้งสิ้น นั่นคือโปรแกรมเก็บข้อมูลไร้สายที่โครงงานวิจัยนี้สร้างขึ้น นำมาติดตั้งและใช้ร่วมกับบอร์ดทดลองที่สร้างขึ้นได้เป็นอย่างดี ดังนั้นถ้าใช้วิธีนี้ในการทำการทดลอง จะทำให้นักศึกษาทำการเก็บข้อมูลได้สะดวกและนำข้อมูลไปวิเคราะห์ได้ทันที การทำแบบนี้นอกจากจะสะดวกต่อการทำการทดลองแล้วยังประหยัดในส่วนของเครื่องมือวัดด้วย ซึ่งเครื่องมือวัดเหล่านี้มีข้อจำกัดในเรื่องของการดึงข้อมูลไปวิเคราะห์ต่อ ซึ่งส่วนใหญ่แล้วเครื่องมือวัดเหล่านี้จะเน้นไปทางแสดงผลเป็นหลัก

นอกเหนือจากประโยชน์หลักๆ ที่กล่าวไปแล้ว ความรู้ที่ได้ยังสามารถนำไปใช้ในด้านอื่นๆ เช่นเซนเซอร์ไร้สาย รวมถึงอุปกรณ์ควบคุมไร้สาย ทั้งนี้เนื่องจากระบบต่างๆ มีทิศทางไปในทิศเดียวกัน คือการรับส่งข้อมูลไร้สายนั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

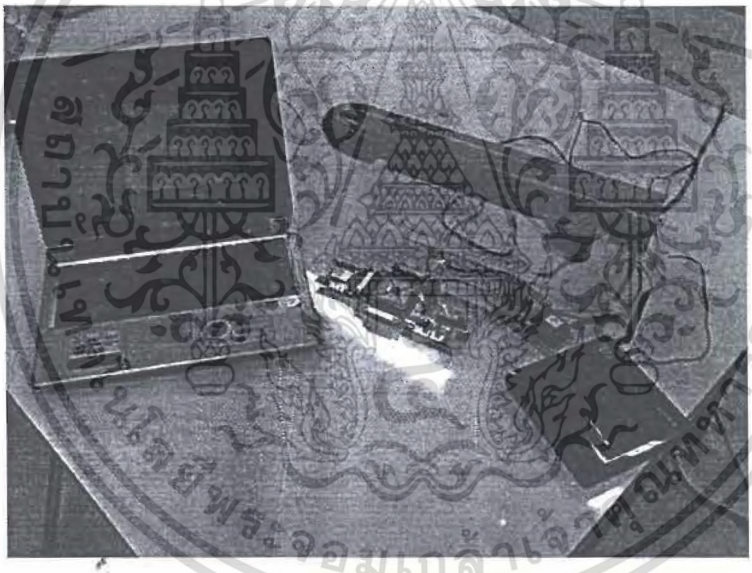
# บทที่ 3

# หลักการออกแบบ

การออกแบระบบควบคุมไร้สายนั้นแบ่งออกเป็นสองส่วน คือการออกแบบทางด้านฮาร์ดแวร์ และการออกแบบทางด้านซอฟแวร์ โดยการออกแบบทางด้านฮาร์ดแวร์มีวัตถุประสงค์เพื่อนำผลที่ได้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อนักศึกษามากที่สุด กล่าวคือนักศึกษาสามารถนำบอร์ดควบคุมนี้ไปทำการศึกษาไมโครคอนโทรเลอร์ และ โมดูลต่างๆได้เป็นอย่างดี

## 3.1 ขั้นตอนการสร้างโปรแกรม

ก่อนที่จะกล่าวถึงขั้นตอนการออกแบบ ควรพิจารณาระบบควบคุมความร้อนที่เสร็จสมบูรณ์ก่อน ในรูปที่ 3.1 เพื่อความสะดวกต่อการทำความเข้าใจขั้นตอนต่าง ๆ



**รูปที่ 3.1** โปรแกรมบันทึกข้อมูลไร้สาย

ฮาร์ดแวร์สำหรับโครงงานวิจัยนี้ประกอบด้วย ระบบท่อนำความร้อน และบอร์ดควบคุม รวมถึงวงจรปรับลดแรงดันต่างๆ ตัวโปรแกรมสำหรับส่งค่าอุณหภูมิที่ต้องการ ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ทั้งสิ้น 5 ส่วนหลัก ๆ กล่าวคือ ส่วนการเชื่อมต่อโปรแกรมเข้ากับเน็ทเวิก ส่วนการบันทึกข้อมูล ส่วนแสดงกราฟ ส่วนส่งค่าอ้างอิง และ ส่วนการควบคุมการทำงาน

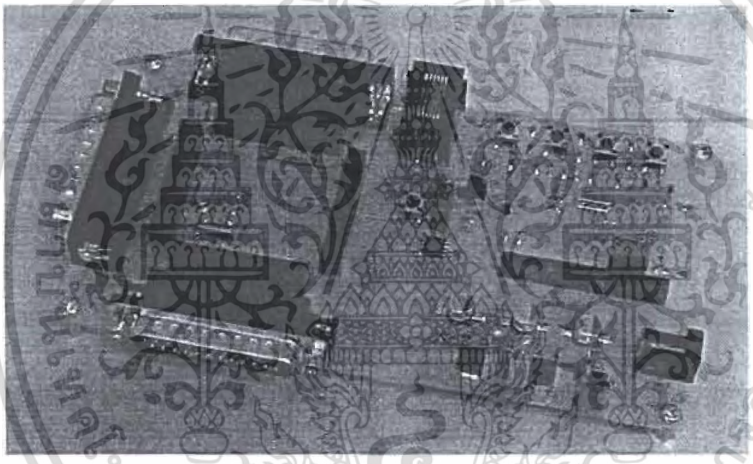
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.1.1 ระบบท่อนำความร้อน

ระบบท่อนำความร้อนแสดงในรูป 3.1 สร้างขึ้นจากอุปกรณ์ที่หาได้ทั่วไป ตัวท่อนำความร้อนทำจากท่อ PVC และอุปกรณ์กำเนิดความร้อนสร้างขึ้นจากไดเป่าผม ซึ่งสามารถปรับปริมาณความร้อนได้จากความมากน้อยของแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้กับขดลวดกำเนิดความร้อนของไดเป่าผม นอกจากนี้ยังสามารถเพิ่มหรือลดความเร็วลมของไดเป่าผมได้ ซึ่งอาจใช้เป็นสัญญาณรบกวนของระบบได้ การปรับแรงดันไฟฟ้าใช้วงจร Triac และวงจรตัดแรงดันศูนย์

### 3.1.2 บอร์ดควบคุม

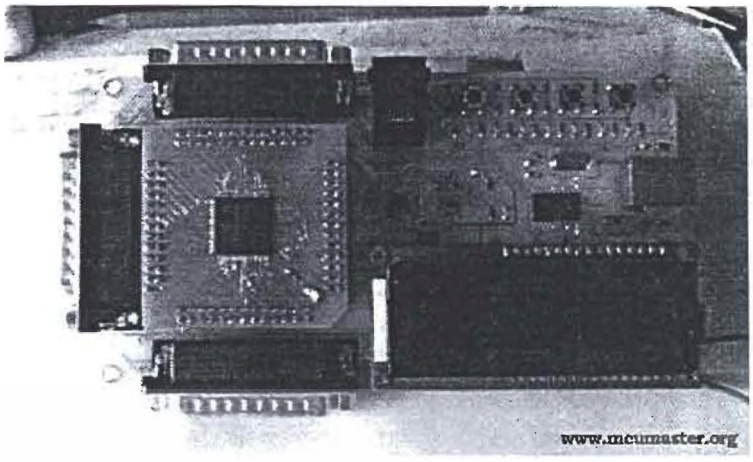
การออกแบบบอร์ดควบคุมเน้นความยืดหยุ่นเห็นหลัก กล่าวคือสามารถใช้ประโยชน์ได้หลากหลายไม่เพียงแค่ สำหรับโครงงานวิจัยนี้เท่านั้นเท่านั้น โดยแนวคิดในการออกแบบนั้นใช้วิธีการสร้างบอร์ดหลักขึ้นมาก่อนดังแสดงในรูปที่ 3.2



**รูปที่ 3.2** บอร์ดควบคุมหลัก

ไฟเลี้ยงมีสามระดับ 3.3 V, 5 V และ Vcc ขึ้นอยู่กับแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้บอร์ด ใช้ DB25 ในการติดต่อกับ Module หรืออุปกรณ์ภายนอก เปลี่ยน Port RS232 เป็น USB ใช้ MCP2200 เปลี่ยน RS232 เป็น USB เพิ่มในส่วนของ Module Board ต่าง ๆ WiFi, LAN, CAN, SD Card, QEI (Quadrature Encoder Interface), MiWi, Infrared, Flash Drive, USB Communication บอร์ดหลักนี้สามารถใช้ร่วมกับไมโครคอนโทรเลอร์ ของไมโครชิพ ขนาด 16 บิต และ 32 บิต ยกตัวอย่างเช่น PIC24FJ128GA010 ซึ่งเป็นกลุ่ม PIC24 เป็นต้น การติดตั้งไมโครคอนโทรเลอร์เข้ากับบอร์ดหลักสามารถทำได้ดังรูป 3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



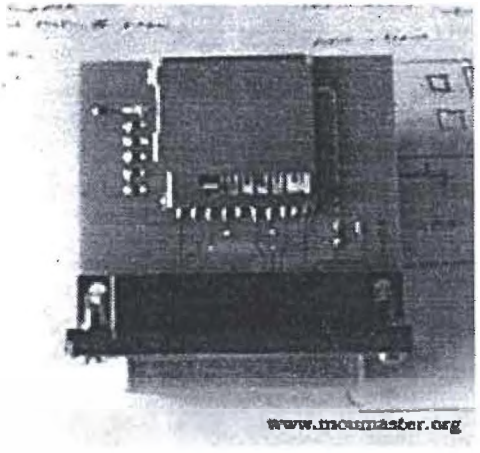

**รูปที่ 3.3** บอร์ดควบคุมหลัก ติดตั้งร่วมกับไมโครคอนโทรเลอร์

บอร์ดในรูปที่ 3.4 ใช้ในกรณีที่ต้องการติดต่อกับ module มากกว่าหนึ่ง module ต้องการสื่อกับคอมพิวเตอร์ผ่าน LAN แล้วบันทึกค่าลง SD Card ต้องใช้ บอร์ดขยายช่วยขยายออกมา ใช้กับ Module สูงสุดได้ 3 Module พร้อมกัน

**รูปที่ 3.4** บอร์ดขยายการเชื่อมต่อ

**MCPSDCard Module** เป็น Module ใช้ในการบันทึกข้อมูลใส่ SD Card เป็นหน่วยความจำแบบ Flash อีกชนิดหนึ่ง รูปแบบการใช้และการติดต่อกับ SD Card แตกต่างจาก RAM, EEPROM, ROM, ... มีโครงสร้างในการบันทึก FAT16, FAT32 ขึ้นอยู่กับ Softwarc

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



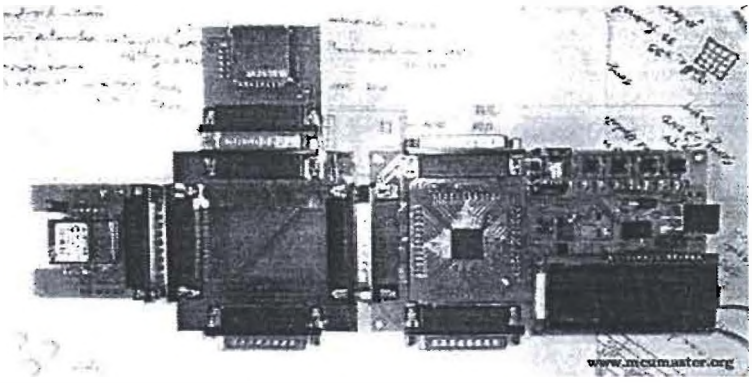

**รูปที่ 3.5** โมดูลสำหรับ SD card

**MCPWiFi Module** เป็นโมดูลใช้ในการพัฒนาเกี่ยวกับ Wireless LAN (WiFi) ภายในโมดูล ก็จะเป็น WiFi Stand Alone จาก Microchip (MRF24WB0MB)

**รูปที่ 3.6** โมดูล Wi-Fi

การเชื่อมต่อโมดูลเข้ากับบอร์ดควบคุมแสดงในรูปที่ 3.7 ซึ่งเป็นโมดูลการสื่อสารไร้สายแบบ Wi-Fi และโมดูล SD card ทำให้เราสารถรถส่งข้อมูลและบันทึกข้อมูลได้ด้วย

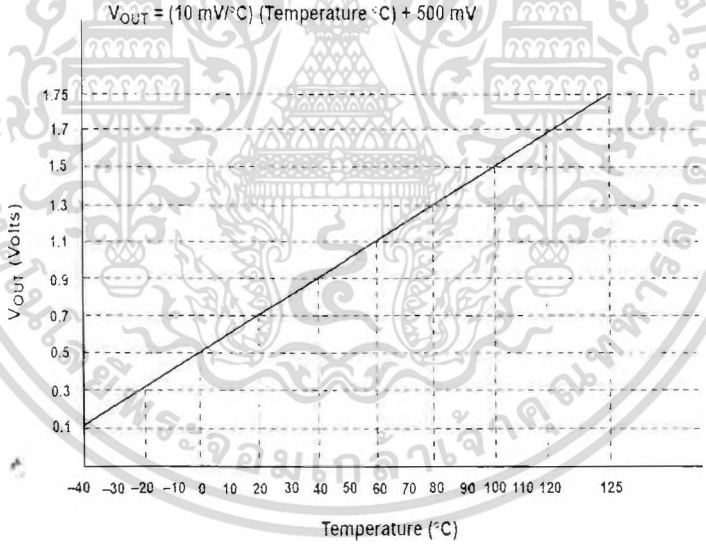
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**รูปที่ 3.7** การเชื่อมต่อโมดูล Wi-Fi

### 3.1.3 การการเลือกใช้เซนเซอร์

TC1047A เป็นเซนเซอร์เปลี่ยนแปลงค่าอุณหภูมิเป็นแรงดันไฟฟ้าต่อเนื่อง โดยมีย่านการวัดอยู่ที่ -40 องศาเซลเซียส ถึง 125 องศาเซลเซียส โดยสามารถคำนวณค่าอุณหภูมิจากแรงดันที่ได้โดยใช้สมการดังนี้ $T = (V_{out} - 0.5) * 100$ โดย $T$ คืออุณหภูมิที่วัดได้ และ $V_{out}$ คือค่าแรงดันที่ปรากฏ




**รูปที่ 3.8** ความสัมพันธ์ของแรงดันขาออกและอุณหภูมิ

### 3.1.4 ออกแบบวงจรควบคุมแรงดันไฟฟ้า

วงจรควบคุมแรงดันไฟฟ้าถูกใช้เพื่อควบคุมระดับแรงดันที่จะป้อนให้กับไดเป่าผม ซึ่งแรงดันไฟฟ้านี้สามารถพิจารณาเป็นสัญญาณขาเข้าหลักของระบบได้ ดังนั้นจึงควรปรับระดับแรงดันไฟฟ้าได้อย่างต่อเนื่อง

การปรับระดับแรงดันเป็นชนิด กล่าวคือ เมื่อมีสัญญาณขาเข้า เข้ามากระตุ้นวงจรแรงดันไฟฟ้า AC ขนาด 200 V ถูกส่งไฟยังขดลวดความร้อนของไดเป่าผม ซึ่งในกรณีนี้สัญญาณขาเข้ามีลักษณะเป็นพัลส์ ซึ่งสามารถปรับเปอร์เซ็น duty cycle ได้ ซึ่งทำให้เราสามารถปรับระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงดันไฟฟ้า AC สำหรับควบคุมขดลวดความร้อนได้อุปกรณ์หลักๆ ของวงจรนี้ ประกอบด้วย อุปกรณ์ขับไฟฟ้ากำลังTriac เท่านั้น

**3.2 Wi-Fi โมดูล**

ในการควบคุมแบบไร้สายนั้น อุปกรณ์ที่สำคัญคือ โมดูลส่งและรับข้อมูลแบบไร้สายใน โครงงานวิจัยนี้เลือกใช้โมดูล Wi-Fi ของไมโครชิพ ดังแสดงในรูปที่ 3.10

**รูปที่ 3.9** โมดูลไร้สาย

โมดูลนี้มีคุณสมบัติที่ดีหลายประการ

1. ใช้ร่วมกับ PIC18, PIC24, PIC32 และ dsPIC
2. เป็นมาตรฐาน IEEE 802.11b ใช้ได้กับอุปกรณ์กระจายสัญญาณ b/g/n
3. สนับสนุนการสื่อสารขนาดใหญ่ และ ad hoc
4. MRF24WB0MA มีขนาดที่เล็ก
5. MRF24WB0MA/B โมดูลเป็น FCC, IC และ Wi-Fi ราคาถูก
6. มี TCP/IP สะแต็กสนับสนุนการเขียนโปรแกรม และมี E2Config ภายใน
7. มี ZeroConf (Bonjour,Avahi) ภายใน
8. สนับสนุน WEP, WPA และ WPA2

**3.3 การออกแบบโปรแกรมสำหรับบอร์ดส่งข้อมูลไร้สาย**

หน้าที่หลักๆ ของบอร์ดส่งข้อมูล คือการอ่านค่าสัญญาณขาออกของเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ ส่งข้อมูลที่ได้ไปยังโปรแกรมแสดงผลผ่านการสื่อสารแบบ Wi-Fi และติดต่อกับผู้ใช้งาน ดังนั้นจะเห็นได้ว่าบอร์ดส่งข้อมูลมีหน้าที่หลัก 3 ประการ หรือมีงานหลักๆ 3 งาน ที่ต้องทำการออกแบบโปรแกรมสำหรับบอร์ดส่งข้อมูลนี้ มุ่งให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานทั้ง 3 งานนี้ ไปพร้อมๆ กัน เสมือนมีไมโครคอนโทรลเลอร์ 3 ตัว วิธีการออกแบบโปรแกรมแบบนี้เรียกว่า multitasking

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกเหนือจากงานหลักทั้งสามแล้ว ยังต้องควบคุมโมดูล ADC และโมดูล Wi-Fi สำหรับโมดูล ADC นั้นการควบคุมค่อนข้างง่าย ในปัจจุบัน แต่โมดูล Wi-Fi ยังมีความยุ่งยากมาก ในโครงงานนี้ใช้โมดูล Wi-Fi ของบริษัทไมโครชิพ ซึ่งทางบริษัทไมโครชิพได้สร้างสแต็กซึ่งประกอบด้วยข้อมูลที่จำเป็นและพารามิเตอร์ต่างๆ มาให้ ทำให้ผู้ใช้สามารถเขียนโปรแกรมอีกเลเยอร์หนึ่ง ลดความยุ่งยากไปได้บ้าง

**3.4 สรุป**

เนื้อหาในบทนี้กล่าวถึงการออกแบบฮาร์ดแวร์ บอร์ดควบคุมอุณหภูมิ รวมทั้งการเลือกเซนเซอร์ สำหรับค่าอุณหภูมิ การออกแบบบอร์ดควบคุมแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ สุดท้ายกล่าวถึงโมดูลส่งข้อมูลไร้สาย Wi-Fi

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

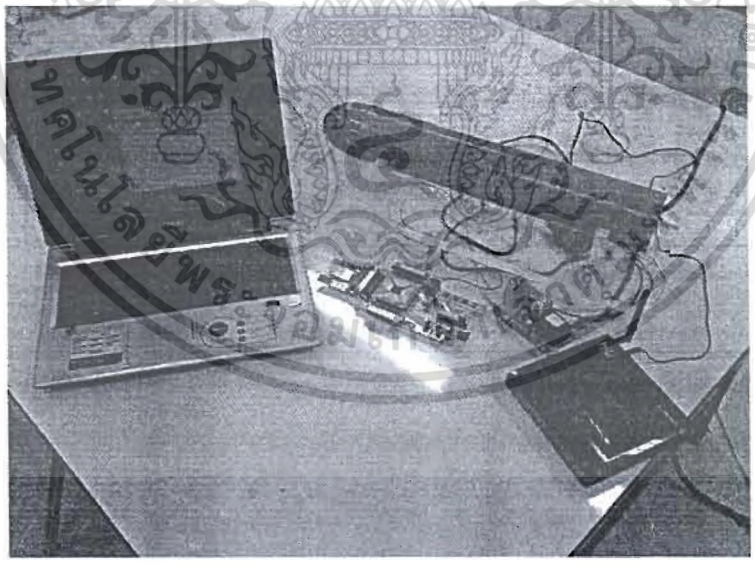
# บทที่ 4

# ผลการทดลอง

การควบคุมระบบท่อนำความร้อน มีเป้าหมายหลักคือควบคุมอุณหภูมิที่ปลายท่อด้านหนึ่งให้เป็นไปตามค่าที่ต้อง ซึ่งค่าที่ต้องการนี้สามารถเปลี่ยนได้ตามที่ผู้ควบคุมต้องการ ในการทดลองนี้ค่าดังกล่าวจะถูกส่งมาจากโปรแกรมซึ่งกำลังทำงานอยู่บนคอมพิวเตอร์ ผ่านการสื่อสารแบบ Wi-Fi มายังบอร์ดควบคุมซึ่งเป็นระบบฝังตัวขนาดเล็ก บนระบบฝังตัวทำการออกแบบระบบควบคุมแบบวงปิดเอาไว้

## 4.1 อุปกรณ์สำหรับการทดลอง

อุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับการทดลองการควบคุมอุณหภูมิแบบไร้สายซึ่งเป็นการรับค่าอุณหภูมิจากโปรแกรม และส่งผลลัพธ์ ที่ได้ผ่านการสื่อสารแบบ Wi-Fi กลับไปแสดงผลบนคอมพิวเตอร์อีกครั้งหนึ่ง อุปกรณ์ทั้งหมดแสดงในรูปที่ 4.1 ในส่วนของโปรแกรมสำหรับส่งค่าอุณหภูมิที่ต้องการ แสดงในรูปที่ 4.2 ข้อมูลที่ได้ยังสามารถนำไปวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมอื่นๆ ได้อีกด้วย เช่น โปรแกรม MATLAB เป็นต้น



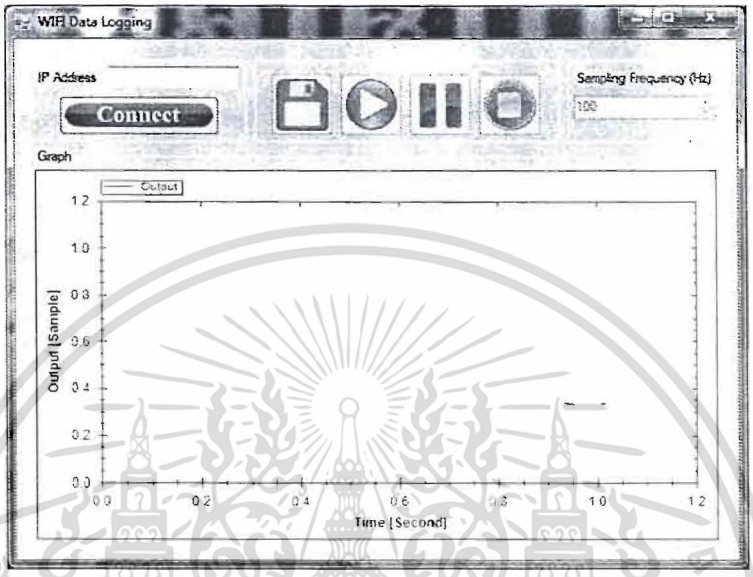
**รูปที่ 4.1** ระบบควบคุมอุณหภูมิท่อนำความร้อน

อุปกรณ์ที่จำเป็นประกอบด้วย

1. ระบบท่อนำความร้อน
2. บอร์ดควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. อุปกรณ์กระจายสัญญาณเร้าเตอร์
4. คอมพิวเตอร์ติดตั้งโปรแกรมส่งค่าอุณหภูมิและแสดงผลข้อมูล
5. เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ

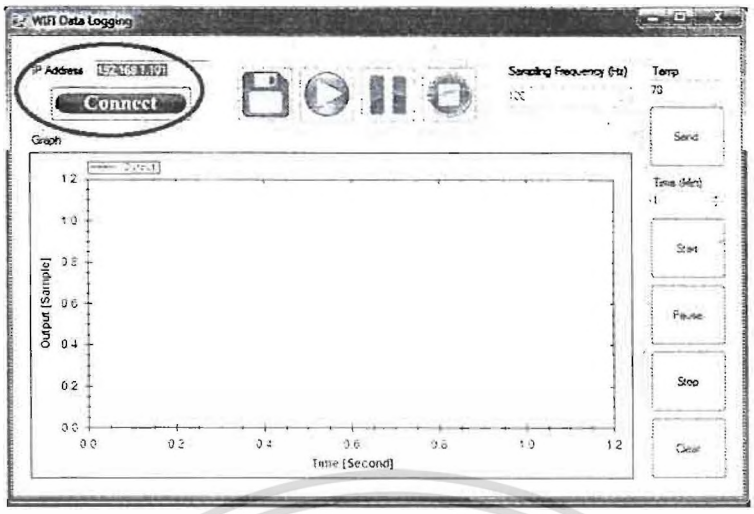



**รูปที่ 4.2** โปรแกรมค่าอุณหภูมิที่ต้องการแบบไร้สาย

## 4.2 การควบคุมระบบท่อนำความร้อนด้วยตัวควบคุม On/Off

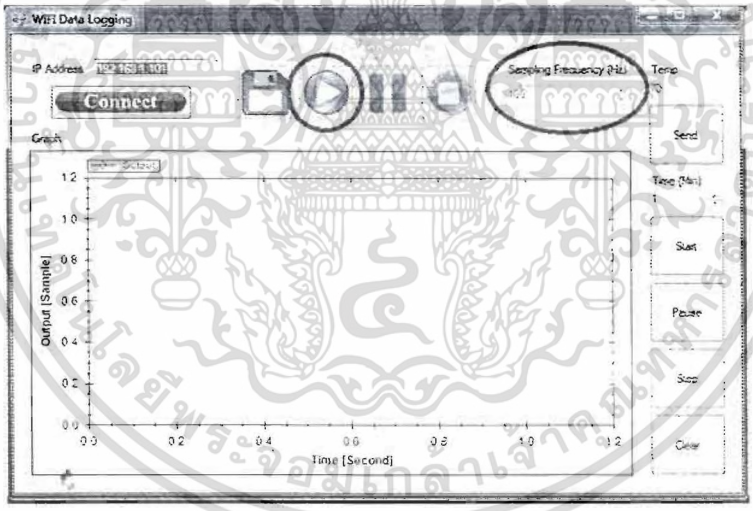
การสื่อสารแบบโครงข่ายโดยใช้ Wi-Fi จะอาศัยตำแหน่ง IP เป็นตัวเลขอ้างอิง ดังนั้นอุปกรณ์ต่างๆ บนเครือข่ายนี้จะมีตัวเลข IP เป็นของตนเอง การสื่อสารชนิดนี้เป็นแบบ Server และ Client โดยที่บอร์ดควบคุมทำหน้าที่เป็น Server และโปรแกรมทำหน้าที่เป็น Client เมื่อเริ่มต้นการทำงาน อุปกรณ์กระจายตำแหน่ง IP จะแจกจ่ายตำแหน่ง IP ให้กับอุปกรณ์ทุกชิ้นบนเครือ ส่วนของโปรแกรม เมื่อต้องการติดต่อกับบอร์ดควบคุม ผู้ใช้จะต้องกำหนดหมายเลข IP ของบอร์ดควบคุม ดังรูปที่ 4.3 จากนั้นสามารถเริ่มการเชื่อต่อโดยการกดปุ่ม Connect

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 4.3 การแสดงตำแหน่ง IP ของบอร์ดส่งข้อมูล

หลังจากทำการเชื่อมต่อโปรแกรมเข้ากับเครือข่ายแล้ว แต่ยังไม่มีข้อมูลใดๆ แสดงบนกราฟ จนกว่าจะกดปุ่มรัน แต่ก่อนรันโปรแกรมเพื่อควบคุมระบบ ควรกำหนดค่าความถี่สุ่มก่อนดังรูปที่ 4.4

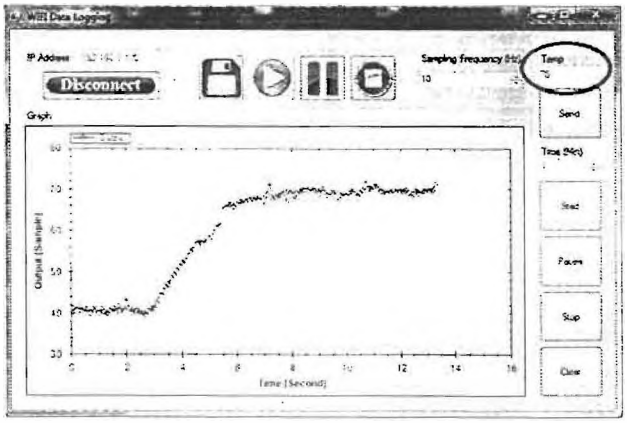



**รูปที่ 4.4** การรันและการกำหนดความถี่สุ่ม

### 4.2.1 การส่งค่าอุณหภูมิที่ต้องการ

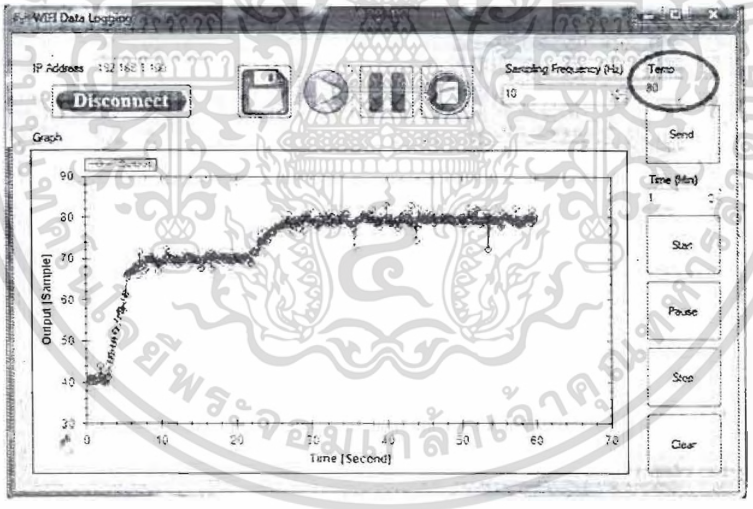
เพื่อทำการควบคุมอุณหภูมิที่ปลายท่อตามที่ต้องการผู้ใช้จะต้องส่งค่าอุณหภูมิที่ต้องการไปให้บอร์ดควบคุม การส่งข้อมูลใช้การสื่อสารแบบ Wi-Fi ช่วงเวลาเริ่มต้นกำหนดค่าอุณหภูมิอยู่ที่ 70 องศา ดังแสดงในรูปที่ 4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 4.5** ค่าอุณหภูมิที่ต้องการ 70 องศา

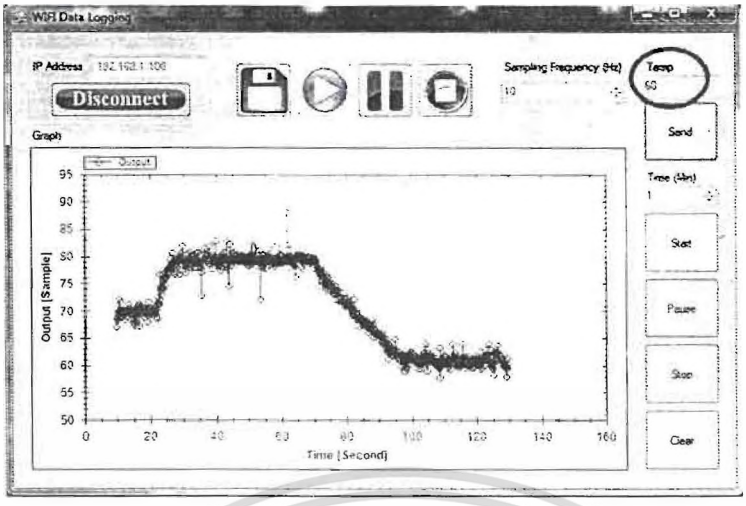
ขณะทำการทดลองอุณหภูมิมีค่า 40 องศา เมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 3 วินาที ทำการส่งค่าอุณหภูมิที่ต้องการไป 70 องศา ตัวควบคุม ใช้เวลาประมาณ 3 วินาทีก็สามารถ ควบคุมให้อุณหภูมิที่ปลายท่อมีค่าที่ต้องการได้ จากนั้นส่งอุณหภูมิที่ต้องการใหม่เป็น 80 องศา ระบบวงปิดสามารถติดตามค่าดังกล่าวได้ดังรูปที่ 4.6




**รูปที่ 4.6** ค่าอุณหภูมิที่ต้องการ 80 องศา

ค่าอุณหภูมิที่ต้องการสามารถเปลี่ยนเป็นค่าอื่น ๆ เช่น กำหนดให้มีค่าเท่ากับ 60 องศา เนื่องจากค่าใหม่มีค่าน้อยกว่า ดังนั้นเมื่อทำการส่งค่านี้ไป บอร์ดควบคุมจะหยุดจ่ายแรงดันให้กับขดลวดทำความร้อน ทำให้อุณหภูมิลดลง ซึ่งใช้เวลาประมาณ 30 วินาที ก่อนที่บอร์ดควบคุมทำการจ่ายแรงดันไฟฟ้าอีกครั้งหนึ่ง เพื่อรักษาอุณหภูมิที่ 60 องศา ที่ตำแหน่งนี้เห็นได้ชัดเจนถึงการแกว่งของสัญญาณขาออก ทั้งนี้เนื่องจากคุณสมบัติของตัวควบคุมแบบ On/Off นั้นเอง

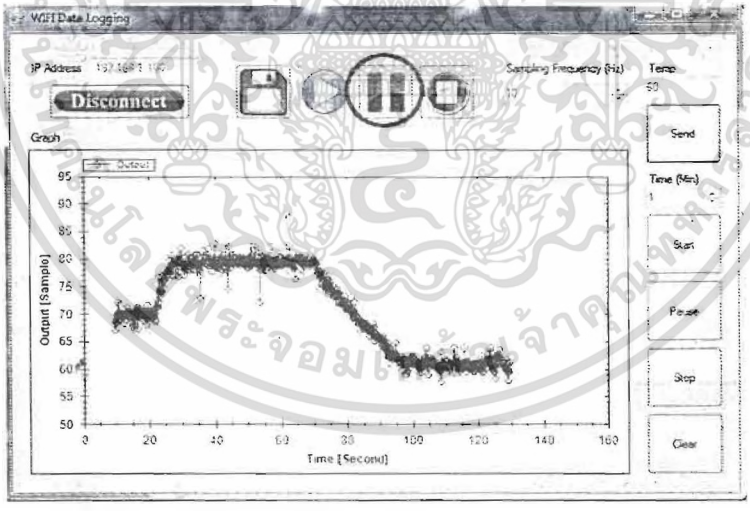
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 4.6 ค่าอุณหภูมิที่ต้องการ 80 องศา

### 4.2.2 การบันทึกข้อมูล

เพื่อให้ข้อมูลที่แสดงบนโปรแกรมควบคุมแบบไร้สายมีประโยชน์มากยิ่งขึ้น ข้อมูลดังกล่าวสามารถถูกบันทึกเป็นลักษณะของไฟล์ได้

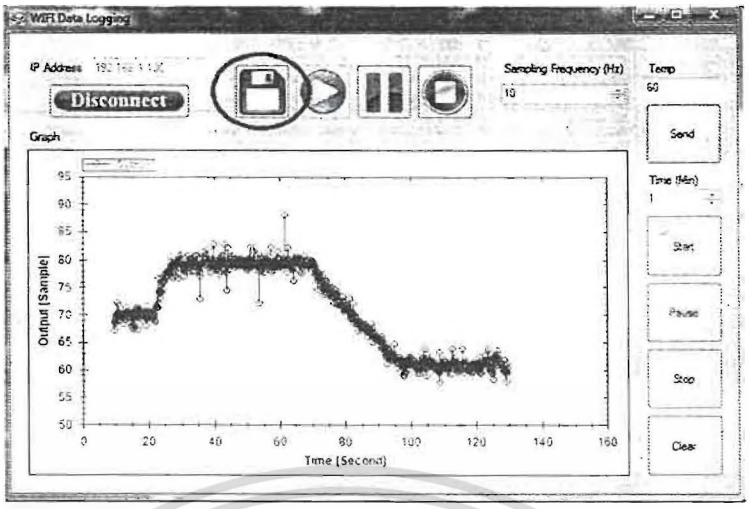



รูปที่ 4.7 การหยุดแสดงข้อมูลชั่วคราว

โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ทำการหยุดแสดงข้อมูลชั่วคราว โดยการกดปุ่ม Pause
2. ทำการบันทึกข้อมูล โดยการกดปุ่ม Save กำหนดชื่อไฟล์และกด Ok

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 4.7** การบันทึกข้อมูล

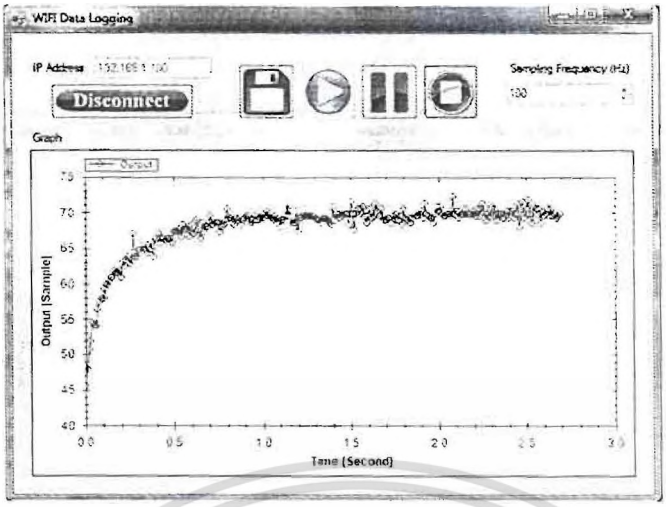
## 4.3 การควบคุมระบบท่อนำความร้อนด้วยตัวควบคุม PI

การการทดลองการอุณหภูมิของระบบท่อนำความร้อนด้วยตัวควบคุม PI นี้ใช้วิธีการกำหนด ค่าในบอร์ดระบบฝังตัว และส่งค่าอุณหภูมิ ไปแสดงยังโปรแกรมผ่านการสื่อสารแบบ Wi-Fi การควบคุมระบบด้วยตัวควบ PI นั้นต่างจากการควบคุมระบบด้วยตัวควบคุม On/Off เพราะต้องมีการกำหนดค่าพารามิเตอร์ให้กับตัวควบคุม และต้องอธิบายระบบด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อนำแบบจำลองดังกล่าวไปออกแบบตัวควบคุม

### 4.3.1 การออกแบบตัวควบคุม PI

ขั้นตอนแรกในการออกแบบระบบควบคุมคือการอธิบายระบบด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ซึ่งในโครงงานวิจัยนี้ ทำการคำนวณแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยวิธีโดยวิธีการทดลองกล่าวคือการป้อนสัญญาณขาเข้าเป็นค่าคงที่ขนาด 110 โวลท์ จากนั้นทำการวัดค่าอุณหภูมิที่ปลายด้านหนึ่งของท่อนำความร้อน และส่งค่าที่ได้ไปแสดงผลที่โปรแกรมดังรูปที่ 4.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 4.7** ค่าอุณหภูมิจากการทดลองวงเปิด

โดยอาศัยข้อมูลที่วัดได้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่ปลายท่อ และแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้กับขดลวดกำเนิดความร้อน สามารถคำนวณได้โดย

$$G(s) = \frac{0.623}{59.47s^2 + 22.75s + 1}$$

จากรูปผลตอบสนองอาจใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์อันดับหนึ่งได้ แต่เพื่อให้แบบจำลองถูกต้องมากขึ้นในโครงงานวิจัยนี้เลือกใช้อันดับสอง จากนั้นทำการออกแบบตัวควบคุม PI ดังนี้

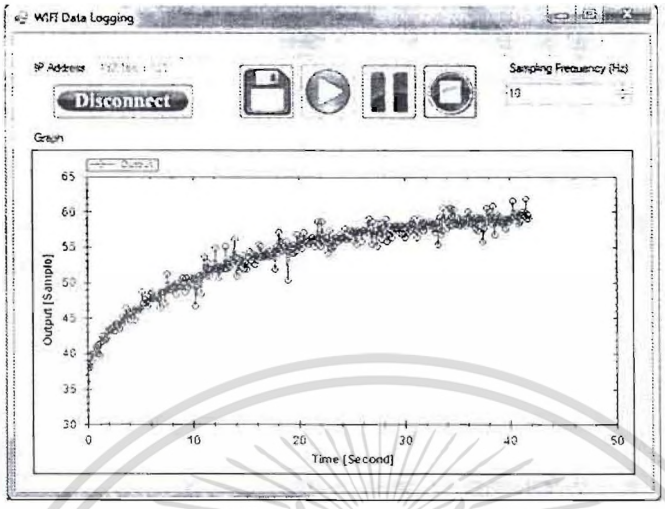
$$K(s) = 2.3593\frac{s + 0.08816}{s}$$

ในการนำตัวควบคุม PI ที่ได้นี้ไปเขียนเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อบรรจุลงบนระบบฝังตัวนั้น สำการดังกล่าวต้องถูกแปลงเป็นสมการผลต่างก่อน

$$u(n) = u(n-1) + 2.37e(n) - 2.349e(n-1)$$

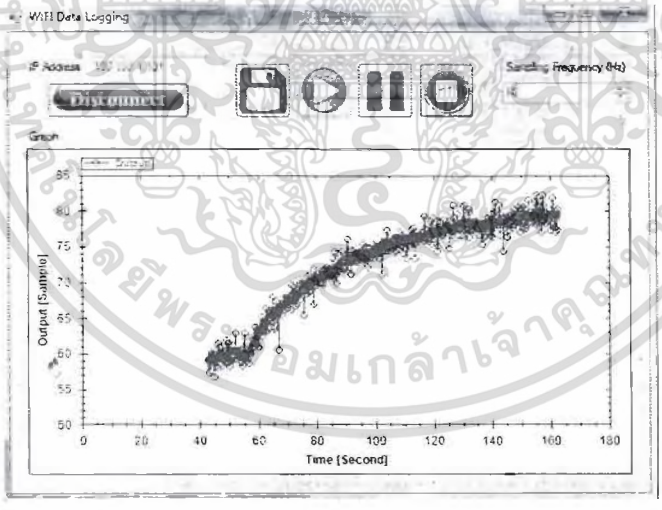
ผลของการควบคุมระบบด้วยตัวควบคุม PI แสดงในรูปที่ 4.8 โดยกำหนดให้อุณหภูมิที่ต้องการอยู่ที่ 60 องศา ระบบใช้เวลา 40 วินาที ถึงจะไปถึงระดับที่ต้องการทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการออกแบบตัวควบคุม PI ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 4.8** ค่าอุณหภูมิสำหรับอุณหภูมิที่ต้องการ 60 องศา

จากนั้นทดลองเปลี่ยนค่าอุณหภูมิที่ต้องการเป็น 80 องศา ซึ่งระบบควบคุมวงปิดก็สามารถติดตามค่าดังกล่าวได้อย่างดีเช่นกัน




**รูปที่ 4.9** ค่าอุณหภูมิสำหรับอุณหภูมิที่ต้องการ 80 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.4 สรุป

จากทดลองควบคุมระบบด้วยตัวควบคุม On/Off และตัวควบคุม PI เห็นได้อย่างชัดเจนว่า วิธีการที่นำเสนอนั้น สามารถควบคุมระบบผ่านการสื่อสารแบบไร้สายชนิด Wi-Fi ได้เป็นอย่างดี รวมถึงการนำค่าคุณหภูมิกลับมาแสดงบนโปรแกรม ซึ่งเป็นการป้อนกลับข้อมูลที่มีประโยชน์มาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 5

# สรุป

โครงงานวิจัยนี้ ทำการออกแบบระบบควบคุมไร้สาย ซึ่งประกอบด้วยโปรแกรมสำหรับการส่งค่าอ้างอิงหรือค่าที่ต้องการแบบไร้สาย และระบบท่อนำความร้อน โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อควบคุมค่าอุณหภูมิที่ปลายท่อด้านหนึ่งให้มีค่าตามที่ต้องการ จากนั้นทำการส่งค่าที่วัดได้ ไปยังโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ที่กำลังรันอยู่บนระบบปฏิบัติการวินโดว์ การสื่อสาร ระหว่างโปรแกรมคอมพิวเตอร์และบอร์ดควบคุมซึ่งเป็นระบบฝังตัวขนาดเล็กใช้การสื่อสารแบบ Wi-Fi เพื่อให้เป็นมาตรฐาน เพราะในปัจจุบันการพัฒนาการสื่อสารชนิดนี้บนระบบฝังตัวขนาดเล็กนั้น ไม่ยุ่งยากมากอย่างในอดีต รวมทั้งราคาก็ถูกลงมาก ตัวโมดูลมีขนาดเล็ก เหมาะมากกับงานระบบฝังตัว

โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับส่งค่าอ้างอิงหรือค่าที่ต้องการแบบไร้สายนี้สร้างขึ้นจากโปรแกรม visual C# 2008 ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ช่วยให้การสร้างหน้าต่างติดต่อกับผู้ใช้งาน มีความสวยงามหน้าใช้ ง่ายต่อการทำความเข้าใจ ส่วนโปรแกรมของบอร์ดระบบฝังตัวพัฒนาโดยใช้ภาษาซีของไมโครชิพ

ผลการทดลองแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของการควบคุมแบบไร้สายที่นำเสนอในโครงงานวิจัยนี้ได้เป็นอย่างดี การควบคุมและแสดงข้อมูลในรูปแบบของกราฟเป็นลักษณะเวลาจริงตามความเร็วของการสุ่มตัวอย่างแต่ไม่เกินความเร็วของการสื่อสารแบบนี้ ผลที่ได้ยังสามารถทำการบันทึกเป็นไฟล์ข้อมูลได้ ทำให้สามารถนำข้อมูลไปวิเคราะห์ต่อได้

โครงงานวิจัยนี้พยายามออกแบบระบบอย่างง่าย ๆ แต่สามารถช่วยให้นักศึกษาสามารถทำความเข้าใจเนื้อหาของวิชาระบบควบคุมได้โดยง่าย ดังนั้นการนำต้นแบบที่สร้างขึ้นไปพัฒนาเป็นอุปกรณ์สำหรับทำการทดลองจะเป็นประโยชน์อย่างมากต่อ นักศึกษา และการใช้เงินวิจัยอย่างคุ้มค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# เอกสารอ้างอิง


[1] บัญชา ปะสีละเตสัง, **การพัฒนาแอปพลิเคชั่น Visual C#**, ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2552.

[2] Harvey M. Deiteland and Paul J. Deitel, **Visual C# 2005: How to Program**, Second Edition, Prentice Hall, 2005.

[3] Microsoft, **MSDN Library**, Available: http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms123401.aspx, 2010.

[4] J. Champion, **A Flexible Charting Library for .NET**, Available: http://www.codeproject.com/KB/graphics/zedgraph.aspx, 2007.

[5] Sourceforge, **ZedGraph Class Library Documentation**, Available: http://zedgraph.sourceforge.net/documentation/default.html, 2010.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้