การพัฒนาสภาวะการทำงานบนเครือข่ายสำหรับระบบปฏิบัติการระยะไกลบนอินเตอร์เน็ตเพื่อระบบการผลิต

นายธิติพล ศรัทธาพร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

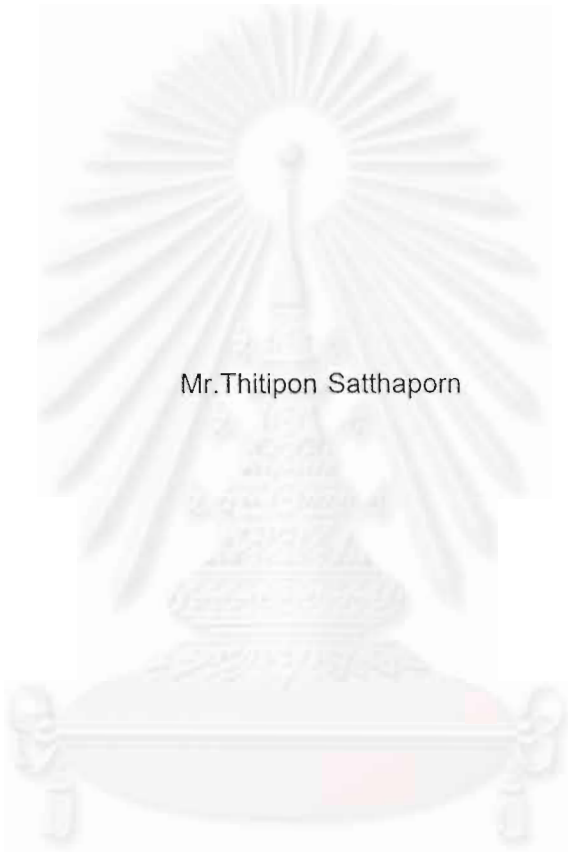
วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2542

ISBN 974-334-512-4

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

20 ก.ค. 2544

DEVELOPMENT OF NETWORK ENVIRONMENT FOR INTERNET-BASED TELEOPERATION FOR MANUFACTURING SYSTEMS



Mr.Thitipon Satthaporn

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Mechanical Engineering
Department of Mechanical Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 1999

ISBN 974-334-512-4

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาสภาวะการทำงานบนเครือข่ายสำหรับระบบปฏิบัติการระยะไกลบนอินเตอร์เน็ตเพื่อระบบการผลิต
โดย	นาย ธิติพล ศรัทธาพร
ภาควิชา	วิศวกรรมเครื่องกล
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. วิบูลย์ แสงวีระพันธุ์ศิริ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.อิทธิพล ปานงาม)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิบูลย์ แสงวีระพันธุ์ศิริ)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิทยา ยงเจริญ)

..... กรรมการ
(อาจารย์ รัชทิน จันทร์เจริญ)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ธิติพล ศรัทธาพร : การพัฒนาสภาวะการทำงานบนเครือข่ายสำหรับระบบปฏิบัติการระยะไกลบนอินเตอร์เน็ตเพื่อระบบการผลิต. (DEVELOPMENT OF NETWORK ENVIRONMENT FOR INTERNET-BASED TELEOPERATION FOR MANUFACTURING SYSTEMS) อ. ที่ปรึกษา : รศ.ดร.วิบูลย์ แสงวีระพันธุ์ศิริ, 63 หน้า. ISBN 974-334-512-4

ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาการพัฒนาสภาวะแวดล้อมทางเครือข่าย ซึ่งหมายถึงเครื่องคอมพิวเตอร์และโปรแกรมคอมพิวเตอร์ต่างๆที่ประกอบกันเข้าทำให้เครื่องจักรเดิมสามารถใช้ผ่านอินเตอร์เน็ตได้ ในงานวิจัยนี้ได้ใช้เครื่องวัดพิกัด 3 มิติเป็นกรณีศึกษา การวิจัยเริ่มจากการทดลองสร้างระบบกล้องสำหรับอินเตอร์เน็ตเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ ก่อนที่จะทำการศึกษาและสร้างระบบที่ใช้กับเครื่องวัดพิกัด 3 มิติ จากการศึกษาการทำงานของการใช้เครื่องวัดพิกัด 3 มิติ โดยผู้วิจัยได้สร้างระบบสั่งการด้วยเวบ ระบบส่งผลการวัดด้วยจดหมายอิเลกทรอนิกส์ และระบบแสดงผลด้วยคอมพิวเตอร์กราฟฟิกในเวลาจริง การทดลองระบบแสดงให้เห็นว่าสภาวะแวดล้อมทางเครือข่ายที่ได้สร้างขึ้นให้กับเครื่องวัดพิกัด 3 มิติ สามารถทำให้ผู้ใช้ใช้เครื่องวัดพิกัด 3 มิติผ่านอินเตอร์เน็ตได้เป็นผลสำเร็จ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล	ลายมือชื่อนิสิต ธิติพล ศรัทธาพร
สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2542	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

4070303821 : MAJOR MECHANICAL ENGINEERING
KEY WORD: INTERNET / TELE-OPERATION / NETWORK / COMPUTER / CONTROL
THITIPON SATTHAPORN: DEVELOPMENT OF NETWORK ENVIRONMENT FOR INTERNET-BASED TELEOPERATION FOR MANUFACTURING SYSTEMS. THESIS ADVISOR : VIBOON SANGVERAPHUNSIRI,Ph.D, 63 pp.
ISBN 974-334-512-4.

The research investigates the internet network environment and develop the infrastructure that suitable of internet tele-operation of machine-tool. The development includes the computer hardware and software system that enable the traditional machine to be remotely operated through the Internet. In the research, an automatic laser scan coordinate measuring machine was used as the case study. The infrastructure consists of a Web-based supervisory control system, electronic mail system, the real-time 3D computer graphic display. TCP and UDP protocol are the main protocols used for developing the connection between the machine and the end user through client-server concept. The user can display the real-time 3D graphic of the scanning results and will receive an e-mail with the attached result file automatically after finishing the scanning process. The experimental results show that the network environment enables the remote-operator to operate the machine successfully through the Internet.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล	ลายมือชื่อนิสิต .....
สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....
ปีการศึกษา 2542	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

กิตติกรรมประกาศ

งานวิทยานิพนธ์นี้สามารถสำเร็จลงได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ รองศาสตราจารย์ วิบูลย์ แสงวีระพันธุ์ศิริ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งได้ให้คำแนะนำ ช่วยเหลือด้านอุปกรณ์ประกอบการวิจัยต่างๆ และให้ความรู้ทั้งการควบคุมอัตโนมัติและเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างมาก และขอขอบคุณ คุณปัญญา ดีประเสริฐกุล ผู้ให้คำแนะนำสำหรับการควบคุมเครื่องวัดพิกัด 3 มิติ ที่ใช้เป็นกรณีศึกษา

ขอขอบคุณ อาจารย์ ดร.พีระพนธ์ โสพัศสถิตย์ ผู้ให้คำแนะนำด้านการศึกษาและแนวคิดที่ชัดเจนในการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และขอขอบคุณ อาจารย์ ปัญญา เหล่าอนันต์ธนา ผู้ให้รู้พื้นฐานด้านระบบคอมพิวเตอร์ ขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา และขอบใจเพื่อนของผู้วิจัยทุกคนที่ให้กำลังใจมาตลอด

ขอขอบคุณแหล่งข้อมูลทุกแหล่ง ที่ได้เอื้อประโยชน์ในการค้นคว้าสำหรับงานวิจัยนี้ และขอขอบคุณเป็นพิเศษสำหรับ Jonathan B. Postel ผู้ล่วงลับ สำหรับงานวิจัยและมาตรฐานต่างๆของท่านอันเป็นรากฐานที่มั่นคงของอินเตอร์เน็ต

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่ออังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญรูปภาพ ..... ญ

บทที่

บทที่ 1 บทนำ 1
- ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
- วัตถุประสงค์ของการวิจัย 1
- ขอบเขตของการวิจัย 1
- ข้อตกลงเบื้องต้น 2
- ข้อจำกัดของการวิจัย 2
- คำจำกัดความที่ใช้ในวิทยานิพนธ์ 2
- ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2
- วิธีดำเนินการวิจัย 2
- โครงสร้างของวิทยานิพนธ์ 3

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4
- 2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4

บทที่ 3 เครือข่ายคอมพิวเตอร์อินเตอร์เน็ต 6
- 3.1 ความนำ 6
- 3.2 โปรโตคอล 6
- 3.3 TCP/IP โปรโตคอลสำหรับเครือข่ายอินเตอร์เน็ต 7
- 3.4 การสื่อสารด้วยโปรโตคอลประยุกต์บนอินเตอร์เน็ต 11
- 3.5 ผลกระทบของอินเตอร์เน็ตกับการออกแบบระบบควบคุม 12
- 3.6 รูปแบบควบคุมระดับสูง 13

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ หน้า

บทที่ 4 เครื่องวัดพิกัด 3 มิติ 15
4.1 โครงสร้างทางกล 15
4.2 อุปกรณ์ควบคุมมอเตอร์ 16
4.3 อุปกรณ์วัดระยะด้วยเลเซอร์ 17
4.4 เครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับควบคุม 18
4.5 การทำการวัดพิกัด 18

บทที่ 5 การศึกษาระบบปฏิบัติการระยะไกลบนอินเตอร์เน็ต 19
5.1 ระบบปฏิบัติการระยะไกลบนเวบ 19
5.2 การศึกษาความเป็นไปได้ 20

บทที่ 6 ระบบวัดพิกัด 3 มิติ : กรณีศึกษาหลักในการพัฒนาระบบปฏิบัติการระยะไกล 29
6.1 การวิเคราะห์และออกแบบระบบ 29
6.2 หลักการทำงานของส่วนย่อยต่างๆในระบบวัดพิกัด 31

บทที่ 7 การทดลองระบบ 45
7.1 ความนำ 45
7.2 สภาพการติดตั้งระบบ 45
7.3 จุดประสงค์ในการทดลอง 46
7.4 วิธีทดลอง 46
7.5 ผลการทดลอง 46
7.6 อภิปรายผลการทดลอง 56
7.7 สรุปผลการทดลอง 57

บทที่ 8 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ 58
8.1 สรุปผลการวิจัย 58
8.2 สิ่งที่ต้องคำนึงถึง 58
8.3 ข้อเสนอแนะ 59

รายการอ้างอิง 61

ประวัติผู้เขียน 63

สารบัญตาราง

บทที่ หน้า

บทที่ 6

ตารางที่ 6.1 คำสั่งของระบบแสดงผลด้วยคอมพิวเตอร์กราฟฟิก 41

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูปภาพ

บทที่ หน้า

บทที่ 3

รูปที่ 3.1 ความสัมพันธ์ของโปรโตคอลต่างๆในกลุ่ม TCP/IP 8

รูปที่ 3.2 รูปแบบการควบคุมระดับสูงผ่านอินเตอร์เน็ต 13

บทที่ 4

รูปที่ 4.1 แสดงโครงสร้างของเครื่องวัดพิกัด แบบ Fixed Bridge 15

รูปที่ 4.2 โครงสร้างทางกลของเครื่องวัดพิกัด 3 มิติ 16

รูปที่ 4.3 ผังของระบบควบคุมของเครื่องควบคุมมอเตอร์ที่ใช้ 16

รูปที่ 4.4 หลักการวัดระยะแบบ Optical Triangulation 17

บทที่ 5

รูปที่ 5.1 ผังการสั่งการของระบบปฏิบัติการระยะไกลบนระบบเวบ 19

รูปที่ 5.2 การเชื่อมต่อภายในเครื่องแม่ข่าย 19

รูปที่ 5.3 ระบบย่อยสองระบบในระบบกล้องบนอินเตอร์เน็ต 21

รูปที่ 5.4 โปรแกรม Webcam32 สำหรับจับภาพจากกล้อง 22

รูปที่ 5.5 โปรแกรมลูกข่ายของระบบถ่ายภาพ 23

รูปที่ 5.6 แสดงการเทียบหามุมที่ต้องหมุน 24

รูปที่ 5.7 กล้องและฐานกล้อง 25

รูปที่ 5.8 วงจรควบคุมมอเตอร์แบบสเตป 26

บทที่ 6

รูปที่ 6.1 ผังแสดงการส่งข้อมูลผ่านส่วนย่อยต่างๆ 30

รูปที่ 6.2 ขั้นตอนวิธีการทำงานในการสลับงานของแม่ข่ายและเครื่องวัดพิกัด 32

รูปที่ 6.3 โครงสร้างฐานข้อมูลของผู้ใช้และคำสั่งระบบวัดพิกัด 3 มิติ 34

รูปที่ 6.4 ขั้นตอนวิธีการตรวจสอบผู้ใช้ 35

รูปที่ 6.5 หน้าจอแรกของโปรแกรม ตรวจสอบผู้ใช้ 35

รูปที่ 6.6 หน้าจอแสดงการทำงานของฟังก์ชันวัดพิกัดจุดเดียว 36

รูปที่ 6.7 ขั้นตอนวิธีของการวัดแบบจุดเดียว 36

รูปที่ 6.8 หน้าจอแสดงแบบฟอร์มสำหรับส่งคำสั่งการวัดแบบชุด 37

รูปที่ 6.9 หน้าจอแสดงคำสั่งที่อยู่ในคิว 38

รูปที่ 6.10 หน้าจอแสดงคำสั่งที่ทำเสร็จแล้ว 38

รูปที่ 6.11 ตัวอย่างระบบจดหมายอิเลกทรอนิกส์ที่ใช้กับระบบวัดพิกัด 3 มิติ 39

รูปที่ 6.12 โปรแกรมอ่านจดหมายเมื่อถอดความจากจดหมายที่ได้ 40

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

บทที่ หน้า

รูปที่ 6.13 โปรแกรมแม่ข่ายของระบบแสดงผลด้วยคอมพิวเตอร์กราฟฟิกในเวลาจริง 42
รูปที่ 6.14 โปรแกรมแสดงผลด้วยคอมพิวเตอร์กราฟฟิกในเวลาจริง 42
รูปที่ 6.15 โปรแกรมลูกข่ายขณะทำงานไปได้ 51 จุด จากคำสั่ง 100 จุด 44
รูปที่ 6.16 โปรแกรมลูกข่ายเมื่อทำงานครบ 100 จุด 44

บทที่ 7

รูปที่ 7.1 ผลการการหาเวลาตอบสนองของเครื่องแม่ข่าย ใช้บริการของ ISP 47
รูปที่ 7.2 ผลการการหาเส้นทางไปยังเครื่องแม่ข่าย ใช้บริการของ ISP 47
รูปที่ 7.3 เวลาที่ใช้ในการทำงานของกล้อง ใช้บริการของ ISP 48
รูปที่ 7.4 เวลาที่ใช้ในการทำการวัดพิกัดจุดเดียว ใช้บริการของ ISP 49
รูปที่ 7.5 เวลาที่ใช้ในการทำการวัดพิกัดแบบชุด ใช้บริการของ ISP 50
รูปที่ 7.6 ตัวอย่างหนึ่งที่ได้ จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์กราฟฟิก 51
รูปที่ 7.7 ผลการการหาเวลาตอบสนองของเครื่องแม่ข่าย ใช้เครือข่ายภายใน 51
รูปที่ 7.8 ผลการการหาเส้นทางไปยังเครื่องแม่ข่าย ใช้เครือข่ายภายใน 52
รูปที่ 7.9 เวลาที่ใช้ในการทำงานของกล้อง ใช้เครือข่ายภายใน 52
รูปที่ 7.10 เวลาที่ใช้ในการทำการวัดพิกัดจุดเดียว ใช้เครือข่ายภายใน 53
รูปที่ 7.11 เวลาที่ใช้ในการทำการวัดพิกัดแบบชุด ใช้เครือข่ายภายใน 54
รูปที่ 7.12 จดหมายอิเลกทรอนิกส์ที่ได้รับจากการวัดแบบชุด 54
รูปที่ 7.13 ข้อมูลจากการวัดแบบชุดที่นำมาเปิดในโปรแกรม AutoCAD 55
รูปที่ 7.14 ภาพคอมพิวเตอร์กราฟฟิกที่ได้รับจากการวัดแบบชุด 55

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การปฏิบัติการระยะไกลนั้นมีประโยชน์ในงานอุตสาหกรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่งการวัดและการควบคุม ในที่ที่ห่างไกลหรือในที่ที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ นักวิจัยหลายคนจากหลายประเทศสามารถเฝ้าดูและเก็บผลการทดลองราคาแพงบางอย่างได้โดยไม่จำเป็นต้องลงมือเอง ในบริษัทที่มีโรงงานอยู่ทั่วประเทศหรือทั่วโลก ผู้เชี่ยวชาญจากโรงงานหนึ่งๆจะสามารถเข้าไปแก้ปัญหา ที่โรงงานอีกแห่งได้โดยไม่ต้องเดินทาง

ในอดีตระบบปฏิบัติการระยะไกลต้องใช้การสื่อสารข้อมูลที่ออกแบบมาโดยเฉพาะ แต่ในปัจจุบันเครือข่ายอินเตอร์เน็ตเป็นระบบสื่อสารข้อมูลที่ใช้กันอย่างแพร่หลายเพราะมีต้นทุนต่ำกว่าการสื่อสารด้วยวิธีอื่นและใช้งานได้ง่าย ผู้ผลิตสินค้าที่ใช้เทคโนโลยีชั้นสูงต่างๆก็มีความพยายามผนวกระบบอินเตอร์เน็ตเข้ากับสินค้าและบริการของตน เช่น โทรทัศน์ โทรศัพท์เคลื่อนที่ วิทยุติดตามตัว แม้กระทั่งหุ่นยนต์ ด้วยเหตุนี้ ผู้ศึกษาจึงได้เริ่มการศึกษาและทดลองระบบปฏิบัติการระยะไกลสำหรับเครือข่ายอินเตอร์เน็ตผู้ศึกษามุ่งที่จะศึกษาถึงปัจจัยพื้นฐานเพื่อเป็นแนวทางการพัฒนาระบบวัดคุมและควบคุมทั่วไปให้ใช้งานผ่านอินเตอร์เน็ตได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อสร้างระบบปฏิบัติการระยะไกลบนเครือข่ายอินเตอร์เน็ตเพื่อเชื่อมต่อกับเครื่องวัดพิกัด 3 มิติโดยจะใช้ระบบเวบเป็นฐานในการพัฒนา

ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษาการทำงานของรูปแบบการควบคุมระดับสูง(Supervisory Control)

2. ศึกษาระบบที่พัฒนาบนพื้นฐานของระบบเวบ

3. ระบบที่ออกแบบไม่เป็นระบบปฏิบัติการจากระยะไกลได้โดยสมบูรณ์ ในเวลาที่เริ่มการทำงานและปรับแต่งจำเป็นต้องใช้มนุษย์ทำการที่ตัวเครื่อง

สมมุติฐาน

ได้ชุดโปรแกรมระบบปฏิบัติการระยะไกลบนเครือข่ายอินเตอร์เน็ตที่ผู้ใช้ที่อยู่ห่างไกลสามารถใช้โปรแกรมเวบบราวเซอร์ ติดต่อเข้ามาผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ตเพื่อสั่งงานให้เครื่องจักร ซึ่งในที่นี้ระบบกล้องถ่ายภาพและเครื่องวัดพิกัด 3 มิติ ทำงานตามคำสั่งและส่งผลให้กับผู้ใช้รับทราบถึงผลการทำงานได้

เนื่องจากเครือข่ายอินเตอร์เน็ตเป็นระบบเครือข่ายที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาทั้งปริมาณการจราจรและคุณภาพของเครือข่าย ทำให้การทดลองระบบผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ตในบทที่ 7 นั้น เป็นเพียงการแสดงให้เห็นว่าระบบที่ออกแบบสามารถใช้งานบนอินเตอร์เน็ตได้ แต่ไม่สามารถนำมาเป็นตัวชี้ประสิทธิภาพทำงานของระบบ

คำจำกัดความที่ใช้ในวิทยานิพนธ์

คำว่าสภาวะแวดล้อมทางเครือข่ายสำหรับระบบปฏิบัติการระยะไกลนั้นหมายถึง คอมพิวเตอร์ในเครือข่าย รวมทั้งโปรแกรมคอมพิวเตอร์ต่างๆที่เชื่อมต่อกัน ทำให้เครื่องจักรเดิมที่มีอยู่ สามารถรับคำสั่งจากผู้ใช้และส่งผลการทำงานให้ผู้ใช้ได้

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ต้นแบบระบบปฏิบัติการระยะไกลบนเครือข่ายอินเตอร์เน็ต เพื่อเป็นฐานในการพัฒนา

2. ได้ความรู้พื้นฐานเพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาระบบอื่นๆ ต่อไป

3. ความรู้ในการนำระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ เข้ามาใช้ในการควบคุมเครื่องจักร

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาถึงองค์ประกอบที่จำเป็นของระบบปฏิบัติการระยะไกล

2. ศึกษาการทำงานของเครือข่ายอินเตอร์เน็ต

3. ศึกษาการทำงานของ โปรแกรมเวบบราวเซอร์ และ เวบเซิฟเวอร์

4. ออกแบบระบบปฏิบัติการระยะไกลบนเครื่องวัดพิกัด 3 มิติ

5. ทดลองสร้างระบบตามที่ได้ออกแบบขึ้น

6. ทดลองการใช้งานระบบ รวบรวมผล และข้อบกพร่องเพื่อแก้ไขระบบให้ดีขึ้น

7. นำเสนอผลการศึกษาเป็นรูปเล่มวิทยานิพนธ์

โครงสร้างของวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์นี้จะเสนองานวิจัยที่เกี่ยวข้องและเอกสารประกอบการวิจัยในบทที่ 2 ในบทที่ 3 จะอภิปรายลักษณะของอินเตอร์เน็ต และปัญหาของอินเตอร์เน็ตที่มีต่อระบบควบคุม บทที่ 4 โครงสร้างและการทำงานของเครื่องวัดพิกัด 3 มิติ ที่ใช้เป็นกรณีศึกษา

บทที่ 5 แสดงการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการโดยการสร้างระบบกล้องบนอินเตอร์เน็ต บทที่ 6 จะเสนอแนวคิดการออกแบบและพัฒนาระบบต่างๆ ที่ใช้ประกอบกันเป็นระบบปฏิบัติการระยะไกลสำหรับเครื่องวัดพิกัด 3 มิติ บทที่ 7 จะแสดงวิธีการทดลองและผลการทดลองระบบปฏิบัติการระยะไกล ในบทสุดท้าย บทที่ 8 จะเป็นการอภิปรายสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในหัวข้อนี้ต่อไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยในหัวข้อการปฏิบัติการระยะไกลผ่านอินเตอร์เน็ตนั้นมีอยู่ 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่ใช้รูปแบบการควบคุมระดับสูง(Supervisory Control) ซึ่งในแนวทางนี้ได้มีรายงานการใช้ในระบบจริงแล้ว และกลุ่มที่ใช้การควบคุมโดยตรงเพื่อใช้กับหุ่นยนต์ แบบเคลื่อนที่นำ-เคลื่อนที่ตาม(Master-Slave Robot) ในเรื่องนี้ทั้งหมดเป็นรายงานของนักวิจัยจากต่างประเทศทั้งสิ้น ส่วนรายงานการวิจัยของไทยที่ได้ศึกษาเป็นเรื่องเครื่องวัดพิกัด 3 มิติ

Sheridan(Sheridan, 1993) รายงานการวิจัยที่สรุปงานวิจัยด้านการปฏิบัติการระยะไกลในตลอด 30 ปีที่ผ่านมาอย่างกว้างขวาง ซึ่งที่ผ่านมาระบบควบคุมที่ใช้ในโครงการอวกาศเป็นระบบที่ได้รับผลกระทบจากเวลาหน่วงมากที่สุด แม้รายงานนี้ไม่ได้กล่าวถึงระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ แต่ก็แสดงให้เห็นธรรมชาติของระบบที่มีเวลาหน่วง นั่นก็คือระบบจะเกิดความไม่เสถียร รายงานฉบับนี้กล่าวถึงการแก้ปัญหาความไม่เสถียรที่เกิดจากเวลาหน่วงในแบบต่างๆ การใช้อุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งทำให้มนุษย์ทำงานในระบบที่มีเวลาหน่วงได้ดีขึ้น เช่นการใช้คอมพิวเตอร์กราฟฟิกเข้าช่วย และในตอนหนึ่งของรายงานฉบับนี้ยังเสนอว่า การควบคุมระดับสูงนั้นทำให้เราสามารถหลีกหนีจากความไม่เสถียรนั้นได้

Goldberg et al.(Goldberg et al., 1995) กล่าวถึงการทดลองนำระบบควบคุมหุ่นยนต์แบบ SCARA มาต่อเข้ากับอินเตอร์เน็ตเพื่อให้ผู้ใช้อินเตอร์เน็ตสามารถลองเคลื่อนหุ่นยนต์ซึ่งติดกล้องที่ปลายแขนไปมา และ ลองเป่าลมให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมตามต้องการได้ ผู้สร้างได้รายงานสภาวะแวดล้อมทางเครือข่ายของหุ่นยนต์ เช่นระบบ Web Server การสั่งการหุ่นยนต์ผ่านระบบ Web การส่งภาพจากกล้องผ่านอินเตอร์เน็ต และปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นกับระบบ

Mitsuishi et al.(Mitsuishi et al., 1996) เป็นงานวิจัยเดียวที่เน้นในการประยุกต์ใช้งานกับเครื่อง CNC ผู้สร้างระบบนี้ใช้คันบังคับชนิดมีการป้อนแรงกลับในการบังคับเครื่อง CNC และใช้ระบบถ่ายทอดภาพเคลื่อนไหวในเวลาจริงจากเครื่องCNCมายังผู้ใช้ และยังมีระบบแสดงผลด้วยกราฟฟิกแบบเดาล่วงหน้า(Predictive Display) ทั้งหมดนี้ผู้สร้างสร้างการเชื่อมต่อบนโปรโตคอล UDP ดังนั้นจึงต้องใช้การเชื่อมต่อที่มีความเร็วสูงพอในการทำงาน มิฉะนั้นจะไม่สามารถทำงานได้(ผู้สร้างระบบ Prof. Mitsuishi ได้มาแสดงงานวิจัยนี้ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เดือนพฤศจิกายน ปี 2542 ต้องใช้สายสัญญาณความเร็วประมาณ 512 kbps จากจุดทดลองไปยังเครือข่าย NACSIS ประเทศญี่ปุ่น)

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Taylor and Trevelyan(Taylor and Trevelyan, 1997) กล่าวถึงการเชื่อมต่อหุ่นยนต์แบบ Articulated เข้ากับอินเตอร์เน็ตแล้วส่งภาพการทำงานของหุ่นยนต์กลับไปยังผู้บังคับด้วย ผู้สร้างได้ออกแบบให้หุ่นหยิบจับก้อนวัตถุ มาเรียงกันตามต้องการได้ เช่นกันกับรายงานของ Goldberg และรายงานนี้กล่าวถึงการพัฒนาสภาวะแวดล้อมต่างทางเครือข่ายของหุ่นยนต์ด้วย

Simmons et al.(Simmons et al.,1997) กล่าวถึงการสร้างหุ่นยนต์แบบเคลื่อนที่ตัวหนึ่งชื่อ Xavier ซึ่งสนับสนุนรูปแบบการควบคุมระดับสูง อย่างชัดเจน กล่าวคือ หุ่น Xavier นั้นประกอบด้วยระดับชั้นในการประมวลคำสั่งหลายๆ ชั้น ผู้ใช้เพียงสั่งว่าต้องการให้หุ่นทำอะไรโดยผ่านเวบ หุ่นจะทำงานตามต้องการแล้วรายงานผู้ที่สั่งผ่านจดหมายอิเลกทรอนิกส์ เมื่อทำงานนั้นเสร็จแล้ว แนวคิดหลักที่น่าสนใจก็คือ การสร้างให้ส่วนเครื่องจักรมีความชาญฉลาดมากขึ้น แทนที่จะสร้างให้มีการตอบสนองต่อการควบคุมดีขึ้น

Backes and Tharp(Backes and Tharp, 1997) กล่าวถึงการพัฒนาระบบการปฏิบัติการระยะไกลผ่านอินเตอร์เน็ตเพื่อให้นักวิจัยจากแห่งต่างๆใช้หุ่นสำรวจดาวอังคารในการศึกษาได้ ระบบนี้ใช้เวบเป็นระบบหลักและใช้จาวาแอพเพลต โปรแกรมลูกข่าย โปรแกรมนี้ให้ผู้ใช้กรอกคำสั่งของหุ่นสำรวจ แล้วส่งไปที่หุ่น และมีการสร้างภาพจำลองที่ลูกข่ายล่วงหน้าด้วย ผู้วิจัยใช้แนวคิดในการสร้างระบบด้วยจาวาแอพเพลต และการใช้ภาพคอมพิวเตอร์กราฟฟิกช่วยจากรายงานนี้

Fiorini and Oboe(Fiorini and Oboe, 1998) รายงานการจำลองการควบคุมแรงแบบแบบเคลื่อนที่นำ-เคลื่อนที่ตามผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ตระหว่างประเทศอิตาลีและสหรัฐอเมริกา พบว่าการจราจรที่หนาแน่นในเครือข่ายนั้นส่งผลกับการควบคุม มีการหาลักษณะของระบบเครือข่าย(System Identification) และใช้อัลกอริทึมในการควบคุมที่ออกแบบขึ้น ผู้วิจัยใช้แนวทางการทดลองหาสภาวะของเครือข่ายในแนวเดียวกับรายงานนี้

ปัญญา ดีประเสริฐกุล(ปัญญา ดีประเสริฐกุล, 2542) กล่าวถึงเครื่องวัดพิกัด 3 มิติ เครื่องที่ผู้วิจัยได้ใช้เป็นกรณีศึกษาในการพัฒนาระบบปฏิบัติการระยะไกล ในงานวิจัยนี้กล่าวถึงการออกแบบ หลักการทำงานของเครื่องและผลการทดลองเชิงคุณภาพของเครื่อง

บทที่ 3
เครือข่ายคอมพิวเตอร์อินเตอร์เน็ต

3.1 ความนำ

แต่เดิมนั้นคอมพิวเตอร์ยังไม่เป็นที่แพร่หลายและแต่ละหน่วยงานก็มีคอมพิวเตอร์ใช้ไม่มากนัก ในเวลาต่อมาเมื่อเครื่องคอมพิวเตอร์มีราคาถูกลงและมีความสามารถมากขึ้นทำให้มีผู้ใช้คอมพิวเตอร์มากขึ้น และทำให้มีความจำเป็นที่จะต้องแลกเปลี่ยนข้อมูลและแบ่งปันทรัพยากรทางสารสนเทศกันมากขึ้น เช่น เครื่องคอมพิวเตอร์สมรรถนะสูง เครื่องพิมพ์ ฐานข้อมูล หรือ ซอฟท์แวร์ราคาแพง การเชื่อมต่อกันเป็นเครือข่ายของคอมพิวเตอร์ทำให้การแลกเปลี่ยนข้อมูลและการแบ่งปันทรัพยากรทางสารสนเทศเป็นไปได้สะดวกขึ้น หลักการเบื้องต้นของการสร้างระบบเครือข่ายก็คือการนำระบบสื่อสารข้อมูลมาเชื่อมระหว่างคอมพิวเตอร์ 2 เครื่องขึ้นไปเพื่อให้ส่งผ่านข้อมูลให้แก่กันและกันได้

อินเตอร์เน็ตเป็นเครือข่ายของเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ปัจจุบันอินเตอร์เน็ตได้เชื่อมต่อเครือข่ายของหน่วยงานของรัฐ เอกชน องค์กร สถานศึกษาต่างๆ เข้าหากันในเกือบทุกประเทศทั่วโลก รวมถึงผู้ใช้ส่วนบุคคลต่างๆที่ใช้บริการบริษัทผู้ให้บริการอินเตอร์เน็ต ทำให้อินเตอร์เน็ตเป็นช่องทางการสื่อสารที่เรียกได้ว่าเข้าถึงทุกมุมโลก ทำให้การแบ่งปันทรัพยากรทางสารสนเทศเป็นไปได้อย่างกว้างขวาง

การสื่อสารในอินเตอร์เน็ตเป็นแบบแพ็กเกตสวิทช์ ในแบบนี้จะผู้ใช้ต่างๆในเครือข่ายจะแบ่งกันใช้วงจรที่มีอยู่จำกัดในการสื่อสารซึ่งในการส่งข้อมูลแบบนี้จะทำการตัดข้อมูลทั้งหมดเป็นชิ้นเล็กๆเรียกว่าเป็นแพ็กเกต แล้วทยอยส่งไปยังผู้รับ วิธีนี้ทำให้ข้อมูลสามารถใช้วงจรสื่อสารร่วมกัน ทำให้ประหยัดกว่าแบบอื่นๆ

3.2 โปรโตคอล

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วเครือข่ายคอมพิวเตอร์เกิดขึ้นเพื่อการแลกเปลี่ยนข้อมูลและแบ่งปันทรัพยากร ในเครือข่ายหนึ่งๆอาจจะมีอุปกรณ์หลายๆชนิด มีคอมพิวเตอร์หลากหลายประเภทเชื่อมต่อกันอยู่เพราะว่าสิ่งที่อยู่บนเครือข่ายมีลักษณะที่ต่างกัน จึงต้องมีการสร้างข้อกำหนดของแนวทาง กรรมวิธีและกฎเกณฑ์ ที่ทำให้คอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ต่างๆสื่อสารกันได้ ข้อกำหนดของแนวทาง กรรมวิธี และกฎเกณฑ์ในการสื่อสารข้อมูลเรียกว่า โปรโตคอล

โปรโตคอล อาจจะหมายถึงข้อกำหนดทางกายภาพเช่นแรงดันไฟฟ้าที่ใช้บนสายสัญญาณ หรือเป็นข้อกำหนดทางตรรกะ เช่นภาษาหรือรหัสคำสั่งก็ได้ ด้วยความหลากหลายและซับซ้อนของโปรโตคอลที่มีมากชนิด ISO(International Standard Organization)

จึงกำหนดแจกแจงโปรโตคอลต่างๆ ให้เป็นระดับ 7 ชั้น เรียกว่า OSI Model(Open Systems Interconnection Model) เป็นเพื่อเป็นมาตราฐานในการอธิบายโปรโตคอลแบบต่างๆ โดยที่ ชั้นที่ 1 จะเป็นชั้นที่เกี่ยวกับลักษณะกายภาพมากที่สุด และชั้นที่ 7 จะมีลักษณะเป็นเชิงตรรกะมากที่สุด โดยมีความหมายของโปรโตคอลในระดับชั้นต่างๆโดยย่อดังต่อไปนี้

ชั้นที่ 1.กายภาพ ส่งข้อมูลด้วยวิธีทางกายภาพผ่านวงจร ตัวอย่าง: แรงดันไฟฟ้า หัวต่อสายสัญญาณ

ชั้นที่ 2.เชื่อมโยงข้อมูลส่งข้อมูลอย่างไม่มีความผิดพลาดผ่านวงจรที่ต่อระหว่างคอมพิวเตอร์ที่อยู่ประชิดกัน ตัวอย่าง: โปรโตคอลอีเทอร์เน็ต(Ethernet)

ชั้นที่ 3.โครงข่ายจัดเส้นทางปลายถึงปลายผ่านคอมพิวเตอร์ระหว่างทาง ตัวอย่าง: โปรโตคอลอินเตอร์เน็ต(IP, Internet Protocol)

ชั้นที่ 4.เคลื่อนย้าย จัดหาช่องสัญญาณเพื่อส่งข่าวสารให้ตรงตามลำดับและไม่มีความผิดพลาดจากกระบวนการผู้ใช้หนึ่งไปยังกระบวนการผู้ใช้อื่น ตัวอย่าง: โปรโตคอล TCP(Transmission Control Protocol) และUDP(User Datagram Protocol)

ชั้นที่ 5.เซสชัน รวบรวมและซิงโครไนซ์การแลกเปลี่ยนข้อมูล ตัวอย่าง: ขั้นตอนเข้าถึงระบบ(Access Procedure) และ วิธีการสื่อสารฮาล์ฟดูเพลกซ์(Half Duplex) และฟูลดูเพลกซ์(Full Duplex)

ชั้นที่ 6.นำเสนอ กำหนดฟอร์แมตในการส่งข้อมูล ตัวอย่าง: การเข้ารหัสข้อมูล(Data Encryption)

ชั้นที่ 7.ประยุกต์ใช้งาน กระทำกระบวนการผู้ใช้(User Process) โดยการใช้บริการของชั้นที่อยู่ต่ำกว่า ตัวอย่าง: โปรโตคอล SMTP(Simple Mail Tranfer Protocol) สำหรับส่งจดหมายอิเลกทรอนิกส์ และโปรโตคอล HTTP(Hypertext Tranfer Protocol) สำหรับระบบเวบ

(วาทิต เบญจพลกุล, 2541)

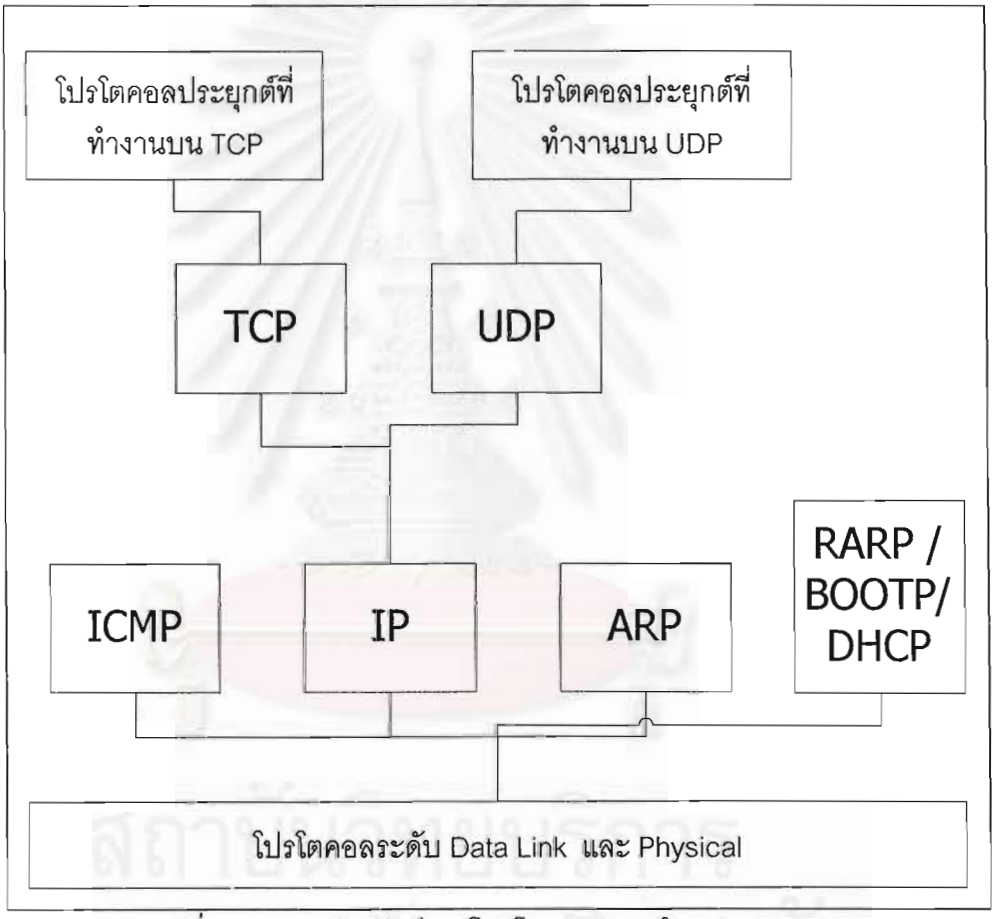
3.3 TCP/IP โปรโตคอลสำหรับเครือข่ายอินเตอร์เน็ต

โปรโตคอลสำหรับอินเตอร์เน็ตนั้นใช้กลุ่มโปรโตคอลที่เรียกว่า TCP/IP ซึ่ง TCP/IP เป็นกลุ่มของโปรโตคอลในระดับชั้นที่ 3 ถึง 4 ซึ่งไม่ขึ้นกับลักษณะทางกายภาพของ

อุปกรณ์สื่อสาร ทำให้เครื่องคอมพิวเตอร์ทุกแบบสามารถเชื่อมต่อเข้า สู่อินเตอร์เน็ตได้ถ้ามีซอฟท์แวร์ที่รองรับโปรโตคอล TCP/IP ในหัวข้อนี้จะอธิบายองค์ประกอบต่างๆของเครือข่ายที่ใช้โปรโตคอลในกลุ่ม TCP/IP

3.3.1 ความสัมพันธ์ของโปรโตคอลต่างๆในกลุ่ม TCP/IP

TCP/IP เป็นชื่อของกลุ่มของโปรโตคอลหลายแบบซึ่งแต่ละแบบก็เหมาะกับลักษณะการส่งข้อมูลต่างๆ กัน ในรูปที่ 3.1 แสดงถึงความสัมพันธ์ของโปรโตคอลต่างๆในกลุ่ม TCP/IPที่ทำงานร่วมกันในเครื่องๆหนึ่ง(Steven, 1990)



รูปที่ 3.1 ความสัมพันธ์ของโปรโตคอลต่างๆในกลุ่ม TCP/IP

-TCP(Transmission Control Protocol) เป็นโปรโตคอลที่ทำการส่งข้อมูลที่เชื่อถือได้ และรับประกันว่าข้อมูลจะถูกส่งไปยังผู้รับครบถ้วน โปรโตคอล TCP ทำงานอยู่บนโปรโตคอล IP และใช้กันมากในการสื่อสาร จึงทำให้เรียก TCP/IP เป็นชื่อของโปรโตคอลกลุ่มนี้ โปรโตคอล TCP นั้นทำการส่งข้อมูลโดยการแบ่งข้อมูลเป็นกลุ่มย่อยๆเรียกว่าแพ็กเกต และส่งไปยังที่หมาย กลไกที่ทำให้ TCP มีความน่าเชื่อถือ สามารถแก้ปัญหาการสูญหายและการสลับลำดับของแพ็กเกตได้ ก็คือ(Postel, 1981)

1. แพ็กเกตที่ส่งจะมีเลขลำดับแนบไปด้วยเพื่อการจัดเรียงที่ถูกต้อง

2. ฝ่ายรับข้อมูลจะทำการส่งคำตอบรับ(Acknowledgement) ตอบไปยังฝ่ายส่งว่าแพ็กเกตลำดับใดได้รับแล้ว ถ้าฝ่ายรับไม่ได้ข้อมูลตอบกลับในลำดับใดภายในเวลาที่กำหนด จะทำการส่งแพ็กเกตในลำดับนั้นใหม่

3. ข้อมูลในแต่ละแพ็กเกตมีค่าตรวจสอบด้วยวิธีบวก(checksum) แนบไปกับข้อมูลด้วย ถ้าผลการตรวจสอบไม่ตรงกับค่าตรวจสอบ ผู้รับจะไม่ส่งคำตอบรับ เพื่อให้ผู้ส่งทำการส่งใหม่

ขั้นตอนดังกล่าวแก้ปัญหาการสูญหายและสลับลำดับของแพ็กเกตได้ แต่ก็ใช้เวลาในการรับส่งมากขึ้น Jonathan Postel เปรียบเทียบการรับส่งข้อมูลด้วยโปรโตคอล TCP สำหรับผู้ใช้เหมือนกับการเขียนอ่านไฟล์ในดิสค์ นั่นคือมีความเชื่อถือได้สูง(ถ้าเครื่องคอมพิวเตอร์ไม่เกิดความเสียหาย) ดังนั้นโปรโตคอล TCP เหมาะกับการรับส่งข้อมูลที่ถูกต้องครบถ้วนและต่อเนื่องเป็นจำนวนมาก แต่อาจจะเสียเวลาการรับส่งมากกว่า (Postel, 1981)

-UDP(User Datagram Protocol) เป็นโปรโตคอลที่ส่งข้อมูลที่เชื่อถือในความถูกต้องได้ แต่ไม่รับประกันว่าข้อมูลจะถูกส่งถึงปลายทางเช่น TCP โปรโตคอล UDP ถูกออกแบบให้มีความรวดเร็วกว่าในการส่งสำหรับการส่งข้อมูลอย่างง่ายๆ ในโปรโตคอล UDP จะไม่มีกลไกการควบคุมลำดับของข้อมูลและการแก้ไขการสูญหายของข้อมูล มีแต่เพียงค่าตรวจสอบ(checksum)สำหรับตรวจความถูกต้องเท่านั้น โปรโตคอลที่ทำงานบน UDP เป็นโปรโตคอลที่ต้องการความรวดเร็วในการทำงาน และไม่จำเป็นต้องรับส่งข้อมูลอย่างต่อเนื่องเป็นจำนวนมาก ตัวอย่างของโปรโตคอลระดับประยุกต์ที่ใช้ UDP คือโปรโตคอล DNS สำหรับการแปลงชื่อเครื่องเป็นที่อยู่ IP

-ICMP(Internet Control Message Protocol) เป็นโปรโตคอลที่รองรับความผิดพลาดและคำสั่งระหว่างเครื่องผู้ใช้และอุปกรณ์สื่อสารที่ทำหน้าที่เชื่อมต่อเครือข่าย(Gateway) โดยทั่วไปผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องใช้โปรโตคอลนี้เนื่องจากโปรแกรมไดรเวอร์ระดับ TCP/IP จะทำหน้าที่ตรวจสอบเอง

-IP(Internet Protocol)ทำหน้าที่ส่งแพ็กเกตให้กับโปรโตคอล TCP UDPและ ICMP

-ARP(Address Resolution Protocol) ทำหน้าที่บอกที่อยู่ทางฮาร์ดแวร์ที่ตรงกับที่อยู่IP ให้กับโปรโตคอล IP

-RARP(Reverse Address Resolution Protocoi)/BOOTP(Boot Protocol)/ DHCP(Dynamic Host Configuration Protocol) โปรโตคอลกลุ่มนี้ทำหน้าที่กำหนดค่าเริ่มต้นที่จำเป็นให้แก่คอมพิวเตอร์ที่เข้าใช้เครือข่าย เช่นที่อยู่ทาง IP(IP Address)

3.3.2 เอกลักษณ์ของการติดต่อ

ในอินเตอร์เน็ตมีเครื่องต่ออยู่มากนับล้านเครื่อง แต่ละเครื่องก็อาจจะมีโปรแกรมสื่อสารหลายโปรแกรมทำงานอยู่ การจะส่งข้อมูลไปยังแต่ละโปรแกรมในเครื่องแต่ละเครื่องอย่างถูกต้อง จำเป็นต้องมีการระบุการติดต่อ โดยข้อมูลเหล่านี้

- ชนิดโปรโตคอล ระบุว่าเป็น TCP หรือ UDP อย่างใดอย่างหนึ่ง

- ที่อยู่ของเครื่องในเครือข่าย(IP Address)

ในเครือข่ายคอมพิวเตอร์ที่ใช้โปรโตคอล TCP/IP เครื่องทุกเครื่องจะต้องรหัสบอกที่อยู่ของตนเอง ลักษณะเป็นเลขฐานสิบ 4 ตัว คั่นด้วยจุด แต่ละตัวมีค่าได้ตั้งแต่ 0 ถึง 255 รหัสดังกล่าวเรียกว่าที่อยู่ IP(IP Address) ที่อยู่ IP จะเป็นค่าที่มีได้หนึ่งเดียว(Unique) ในอินเตอร์เน็ต นอกจากนั้นจำเป็นต้องกำหนดให้เครื่องที่อยู่ในเครือข่ายเดียวกันมีที่อยู่อยู่ในกลุ่มเดียวกันด้วย เช่น เครื่องในเครือข่ายจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ต้องใช้เลขที่อยู่ นำหน้าด้วย 161.200 อาทิเช่น 161.200.80.1 และ 161.200.192.4 การกำหนดที่อยู่ IP นั้น ต้องจัดให้ใช้ไม่ซ้ำกัน โดยอาจจะใช้โปรโตคอลข้างต้นในการกำหนด

- พอร์ต

การระบุโปรแกรมในเครื่องแต่ละเครื่องที่กำลังทำงานด้วยนั้นใช้เลขบ่งชี้ตัวหนึ่ง สำหรับการติดต่อแต่ละครั้งตัวเลขนี้มีขนาด 16 บิต มีค่าระหว่าง 0 ถึง 65535 เราเรียกเลขนี้ว่าพอร์ต โปรแกรมสื่อสารจะเป็นผู้จองเลขพอร์ตสำหรับการติดต่อแต่ละครั้ง

สรุปแล้ว ชนิดโปรโตคอล เลขที่อยู่ IP และเลขพอร์ต ทำให้เราสร้างเอกลักษณ์ของการสื่อสารในแต่ละครั้งได้ กล่าวคือ การสื่อสารแต่ละครั้งจะ มีข้อมูลรวมต่อไปนี้เป็นหนึ่งเดียวในอินเตอร์เน็ต เอกลักษณ์อันนี้ช่วยให้โปรโตคอล TCP/IP แยกข้อมูลให้กับโปรแกรมแต่ละโปรแกรมได้ โดยมีข้อมูลระบุเอกลักษณ์ของการติดต่อ

- ชนิดโปรโตคอล

- เลขที่อยู่ผู้ส่ง

- เลขพอร์ตของผู้ส่ง

- เลขที่อยู่ผู้รับ

- เลขพอร์ตของผู้รับ

3.4 การสื่อสารด้วยโปรโตคอลประยุกต์บนอินเตอร์เน็ต

โปรแกรมสื่อสารบนอินเตอร์เน็ตจะใช้โปรโตคอลในระดับประยุกต์ในการทำงานของโปรแกรมสื่อสารแต่ละประเภท(กล่าวรวมทั้ง โปรโตคอลชั้นที่ 5 6 และ 7) โปรโตคอลระดับประยุกต์จะทำงานบนโปรโตคอล TCP หรือ UDP ซึ่งเป็นชั้นเคลื่อนย้าย ยกตัวอย่างเช่น HTTP ใช้ในการส่งข้อมูลแบบ HTML ซึ่งใช้กับระบบเวบ เป็นโปรโตคอลที่ทำงานบนโปรโตคอล TCP

โมเดลแม่ข่ายและลูกข่าย(Client-Server Model) เป็นโมเดลการสื่อสารหลักในอินเตอร์เน็ต เราจะเห็นโมเดลนี้ในการทำงานของโปรโตคอลระดับประยุกต์บน TCP/IP เกือบทุกโปรโตคอล โมเดลนี้ประกอบด้วยองค์ประกอบ สองส่วนคือ แม่ข่ายและลูกข่าย การทำงานของแม่ข่ายจะเป็นผู้เริ่มก่อนและมีขั้นตอนดังนี้

1. เริ่มเปิดการสื่อสาร โดยจองพอร์ตบนเครื่องแม่ข่าย

2. รอลูกข่ายติดต่อเข้ามาตามพอร์ตที่กำหนด

3. เมื่อมีลูกข่ายติดต่อเข้ามาก็ทำการอ่านคำสั่ง และตอบข้อมูลโต้ตอบกันตามลักษณะของโปรโตคอล

4. เมื่อตัดการติดต่อ กลับไปยังข้อ 2.

ส่วนการทำงานของลูกข่ายเป็นดังนี้

1. เริ่มเปิดการสื่อสาร โดยจองพอร์ตบนเครื่องลูกข่าย

2. เปิดการสื่อสาร ติดต่อไปยังเครื่องแม่ข่ายตามพอร์ตที่กำหนด

3. ส่งคำสั่งและตอบข้อมูล โต้ตอบกับแม่ข่ายตามลักษณะของโปรโตคอล

4. เมื่อเสร็จสิ้นการทำงาน ปิดการสื่อสาร

สำหรับวิทยานิพนธ์นี้ ก็ใช้โมเดลนี้ในการออกแบบการทำงานของระบบ ดังนั้นจะเห็นโมเดลนี้ในการอธิบายการออกแบบ โดยตลอดในบทที่ 5 และ 6

3.5 ผลกระทบของอินเตอร์เน็ตกับการออกแบบระบบควบคุม

เนื่องจากอินเตอร์เน็ตเป็นเครือข่าย แพ็กเกตสวิทช์ขนาดใหญ่ ทั้งในแง่จำนวนผู้ใช้และในแง่ของขอบเขตทางกายภาพ ขนาดและจำนวนผู้ใช้ของอินเตอร์เน็ต ทำให้เกิดลักษณะปัญหาของอินเตอร์เน็ตตามที่ Fiorini และ Oboe(Fiorini and Oboe 1998) ได้ทำการศึกษาไว้ดังนี้

1.เวลาเดินทางของแพ็กเกตสวิทช์ไม่คงที่(Variable Transmission Delay) ในการส่งแพ็กเกตหนึ่งไปยังปลายทางในอินเตอร์เน็ต ถ้าอุปกรณสื่อสารทำงานช้า เนื่องจากเกิดปริมาณการจราจรมากทำให้เวลาเดินทางช้าลง

2.ลำดับของแพ็กเกตผิดพลาด(Wrong Sequence of Packets) ปัญหานี้สืบเนื่องมาจากปัญหาข้อแรก กล่าวคือ เมื่อข้อมูลชิ้นหนึ่งถูกแบ่งเป็น แพ็กเกต ชิ้นเล็กๆ ถ้าแพ็กเกตแรกเดินทางไปเส้นทางที่เกิดการจราจรคับคั่งทำให้เดินทางช้า แต่แพ็กเกตต่อมาได้ถูกส่งไปยังเส้นทางอื่นที่เร็วกว่า ก็ทำให้ไปถึงที่หมายเร็วกว่า ทำให้ลำดับเกิดผิดพลาดได้

3. เกิดการสูญหายของแพ็กเกต(Packet Lost) เนื่องจากเส้นทางการสื่อสารบางส่วนเกิดการติดขัด หรือทำให้อุปกรณ์เครือข่ายในบางส่วนทำงานไม่ทัน ยกตัวอย่างเช่น ถ้าอุปกรณ์ชิ้นหนึ่งส่งข้อมูลได้ 100 ชิ้นต่อวินาที ถ้าข้อมูลชิ้นที่ 101 ถูกส่งไปยังอุปกรณ์นั้น อุปกรณ์นั้นจะไม่สามารถรับได้ ทำให้เกิดการสูญหาย ข้อสังเกตุอย่างหนึ่งก็คือถ้าแพ็กเกตนั้นสูญหายในอินเตอร์เน็ต จะไม่สามารถกู้ได้ เพราะอันที่จริงแพ็กเกตก็คือสัญญาณทางไฟฟ้า ถ้าส่งออกไปโดยไม่มีผู้รับก็เป็นการสูญเปล่า

ดังนั้นถ้าเราใช้อินเตอร์เน็ตในการเชื่อมต่อระบบควบคุมแบบวงรอบปิด(Closed Loop Control) นั้นจะเกิดลักษณะของปัญหาดังนี้

1.เกิดเวลาหน่วงแบบแปรค่าในระบบควบคุม เวลาหน่วง(Time Delay) ที่มีอยู่ในระบบควบคุมแบบป้อนกลับนั้น ส่งผลต่อเสถียรภาพของระบบ(Sheridan, 1993) ระบบที่มีเวลาหน่วงแปรค่านั้นทำให้มีโอกาสเกิดความไม่เสถียรตามขนาดของเวลาหน่วงในแต่ละขณะ สำหรับอินเตอร์เน็ตนั้น ขนาดของเวลาหน่วง เป็นฟังก์ชั่นของความเร็วของสายสื่อสารและปริมาณการจราจรในอินเตอร์เน็ต

2. เกิดความบิดเบี้ยวและขาดตอนของรูปฟังก์ชั่นกระตุ้นเนื่องจากเกิดการสลับลำดับของแพ็กเกตและการสูญหายของแพ็กเกต

ปัญหาทั้งสองเป็นเหตุและผลซึ่งกันและกันกล่าวคือถ้าต้องการให้เกิดความบิดเบี้ยวและขาดตอนน้อยลงเราอาจจะใช้โปรโตคอลที่มีการแก้ไขข้อมูลผิดพลาดได้ นั่นคือ

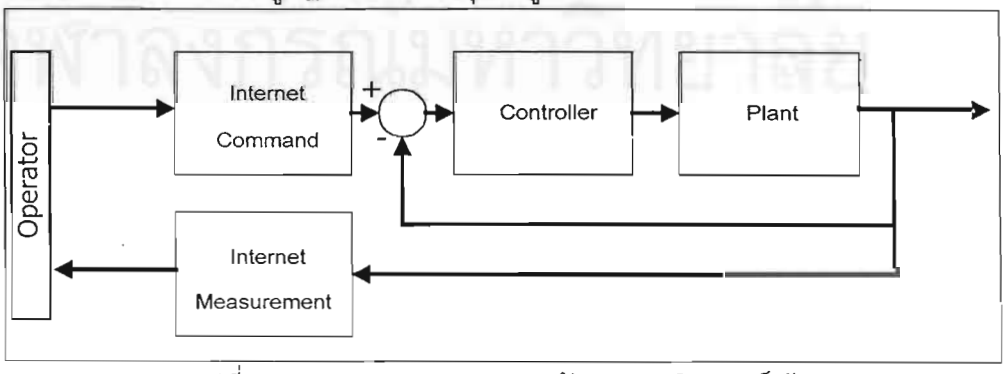
โปรโตคอล TCP ก็จะได้ข้อมูลที่ถูกต้อง แต่ก็มีเวลาหน่วงมากขึ้น เนื่องจากต้องเสียเวลาในการแก้ข้อผิดพลาด แต่ถ้าต้องการให้เวลาหน่วงลดลงจึงใช้โปรโตคอลที่เร็วขึ้น คือโปรโตคอล UDP แต่โปรโตคอล UDP นั้นรับประกันความครบถ้วนถูกต้องของแต่ละแพ็กเกต ถ้าแพ็กเกตนั้นส่งถึง เช่นนี้ก็จะเกิดความบิดเบี้ยวและขาดตอนของฟังก์ชั่น

Fiorini and Oboe(1998) พยายามแก้ปัญหานี้ด้วยการหาลักษณะของระบบ(System Identification) และส่งแพ็กเกตนำร่องเพื่อวัดเวลาหน่วงแต่ก็ยังไม่ประสบความสำเร็จเป็นที่น่าพอใจ เพราะว่าในความเป็นจริงนั้นปริมาณการสื่อสารบนอินเตอร์เน็ตนั้นเป็นปรากฏการณ์ซึ่งเกิดจากมนุษย์ ซึ่งยากที่จะทำนายการเกิดเวลาหน่วงในขณะทำงานได้ และการแก้ปัญหาโดยการเพิ่มความเร็วในการสื่อสารให้เพียงพอกับความต้องการของระบบควบคุมก็จะเสียจุดมุ่งหมายแรกของงานวิจัยด้านนี้ไปเนื่องจากมีต้นทุนที่สูงขึ้นมาก

อย่างไรก็ตาม ถ้าเราบังคับให้เกิดปัญหาเวลาหน่วงไม่คงที่เท่านั้นโดยการเลือกใช้โปรโตคอล TCP จะเห็นว่าจะเกิดความไม่เสถียรกับระบบควบคุมแบบวงรอบปิดเท่านั้น ถ้าระบบควบคุมเป็นแบบวงรอบเปิดก็จะไม่เกิดปัญหาความไม่เสถียร ดังนั้นจึงเป็นไปได้ที่จะใช้โปรโตคอล TCP ที่มีการแก้ข้อมูลผิดพลาดได้ แต่ทว่าการควบคุมแบบวงรอบเปิดก็ไม่สามารถควบคุมระบบได้ดี ทางแก้ที่เหมาะสมก็คือการควบคุมด้วยรูปแบบควบคุมระดับสูง

3.6 รูปแบบการควบคุมระดับสูง

ความหมายของรูปแบบการควบคุมระดับสูง ณ ที่นี้ก็คือการที่เรามองระบบควบคุมป้อนกลับเป็นกล่องดำ ซึ่งเมื่อเราป้อนคำสั่งที่ต้องการเข้าไปก็จะได้ผลตอบสนองที่แน่นอน เชื่อถือได้ และทำได้ในเวลาที่ต้องการ โดยไม่มีวงรอบป้อนกลับอีก ระบบควบคุมรูปแบบนี้ จะพบเห็นได้ในระบบควบคุมหุ่นยนต์หรือเครื่อง CNC คำสั่งของระบบควบคุมที่ใช้รูปแบบควบคุมระดับสูง จะมีลักษณะเป็นภาษาอย่างง่าย แทนที่จะเป็นสัญญาณควบคุมเหมือนระบบควบคุมป้อนกลับ ดังรูปที่ 3.2 รูปแบบการควบคุมระดับสูงผ่านอินเตอร์เน็ต จะทำการส่งคำสั่งผ่านอินเตอร์เน็ต เข้าสู่ตัวควบคุมที่มีวงรอบป้อนกลับที่ไม่ผ่านอินเตอร์เน็ต แต่มีการวัดผ่านอินเตอร์เน็ตเพื่อให้ผู้ปฏิบัติการควบคุมรับรู้ได้



รูปที่ 3.2 รูปแบบการควบคุมระดับสูงผ่านอินเตอร์เน็ต

ในวิทยานิพนธ์นี้จะทำการศึกษาการใช้รูปแบบการควบคุมระดับสูงในการปฏิบัติการระยะไกลผ่านอินเตอร์เน็ต ระบบที่ออกแบบนั้น การสั่งการนั้นจะทำงานด้วยโปรโตคอล HTTP(Berners-Lee, Fielding and Frystyk, 1996) ซึ่งเป็นโปรโตคอลที่ทำงานบน TCP ส่วนการส่งค่าที่วัดได้จะใช้ทั้งโปรโตคอล HTTP สำหรับระบบเวบ โปรโตคอล SMTP(Postel, 1982) สำหรับจดหมายอิเลกทรอนิกส์ และ โปรโตคอลเฉพาะตัวแบบหนึ่งสำหรับการส่งข้อมูลกลับในเวลาจริงบน UDP เนื่องจากทำงานได้เร็วกว่า

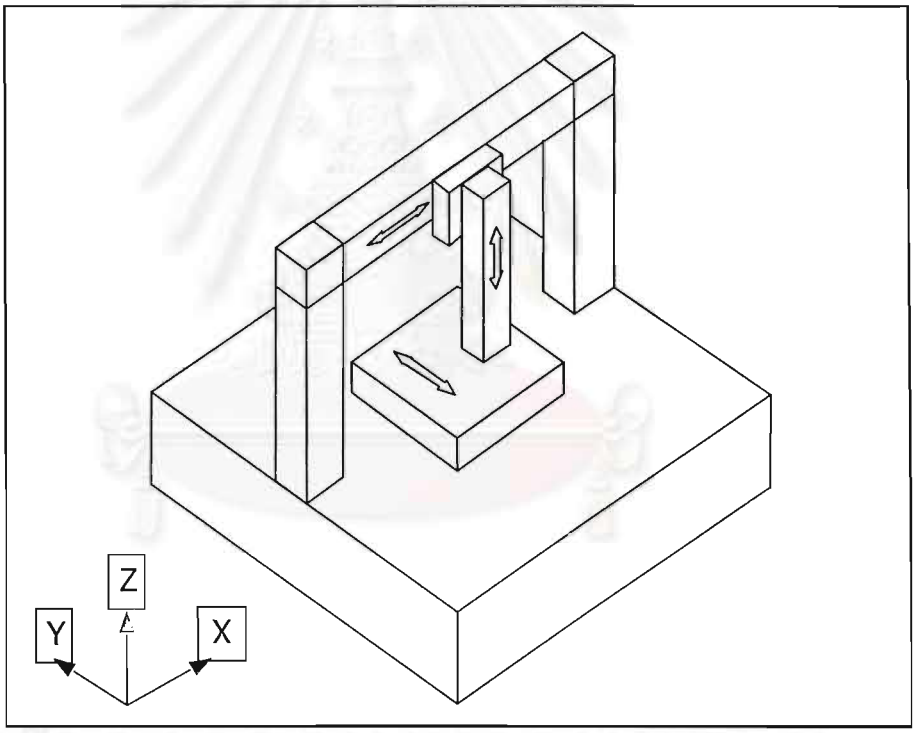
สำหรับอุปกรณ์ควบคุม และโปรแกรมคอมพิวเตอร์ต่างๆที่ผู้วิจัยเลือกใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เลือกสร้างระบบที่ใช้ต้นทุนการสร้างที่ต่ำ โดยจะใช้อุปกรณ์และโปรแกรมที่ทำงานบนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล เช่นระบบปฏิบัติการดอส วินโดวส์และลีนุกซ์ สำหรับโปรแกรมที่ใช้บางโปรแกรมเป็นโปรแกรมฟรีเช่นโปรแกรมเวบเซิฟเวอร์ Apache (Apache Software Foundation, 2000)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4
เครื่องวัดพิกัด 3 มิติ

4.1 โครงสร้างทางกล

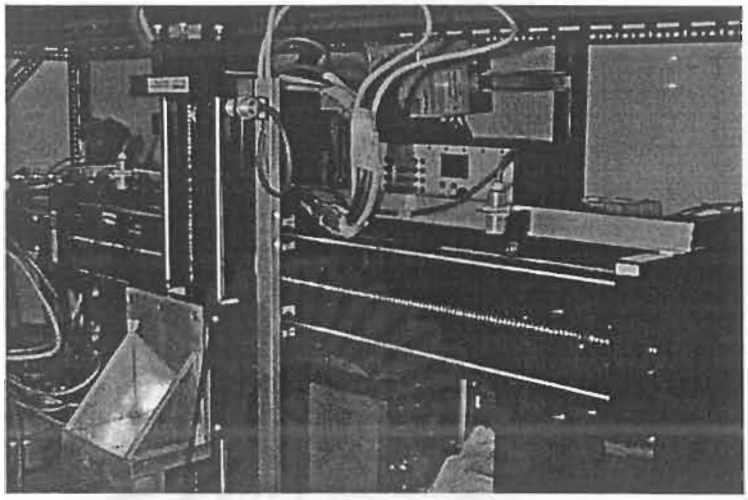
ปัญญา ดีประเสริฐกุล(ปัญญา ดีประเสริฐกุล, 2542) ได้สร้างเครื่องวัดพิกัด 3 มิติเครื่องที่ใช้เป็นกรณีศึกษานี้ เครื่องวัดพิกัด 3 มิติคือเครื่องจักรซึ่งให้พิกัดของตำแหน่งในระบบพิกัดฉาก เครื่องที่ใช้ในวิทยานิพนธ์นี้เป็นเครื่องที่มีโครงสร้างแบบ Fixed Bridge โครงสร้างลักษณะนี้เสาทั้งสองของคานจะยึดติดกับตัวเครื่องส่วนโต๊ะวางชิ้นงานจะเคลื่อนที่แทน โครงสร้างแบบนี้ลดการบิดตัวของคานได้และมีความแข็งแกร่งสูง ข้อด้อยของโครงสร้างแบบนี้ก็คือมอเตอร์ที่ขับโต๊ะจะต้องออกแรงขับมวลของชิ้นงานด้วย ทำให้ความเร็วของการเคลื่อนที่ในแกนนั้นแปรผกผันกับขนาดมวลของชิ้นงาน และการออกแบบเครื่องแบบนี้ต้องเผื่อเนื้อที่สำหรับการเคลื่อนที่ของโต๊ะด้วย



รูปที่ 4.1 แสดงโครงสร้างของเครื่องวัดพิกัด แบบ Fixed Bridge

เครื่องวัดพิกัดเครื่องนี้ เดิมมีแกนเคลื่อนที่ 4 แกน แต่เนื่องจากเครื่องนี้ ต้องใช้งานผ่านเครือข่ายโดยไม่มีผู้ทำงานอยู่ที่เครื่องจึงตัดแกนหมุนตามผิวโค้งออก เพื่อความปลอดภัยจากการชนของขอบหัววัดกับชิ้นงาน หากผู้ใช้สังเกตุเครื่องจากกล้องได้ไม่ชัดเจน เครื่องวัดพิกัดใช้บอลสกรู ในการขับเคลื่อนหัวอ่านและโต๊ะวางชิ้นงานกำลังขับได้มาจากมอเตอร์เซอร์โวแบบไม่มีแปรงถ่าน ที่

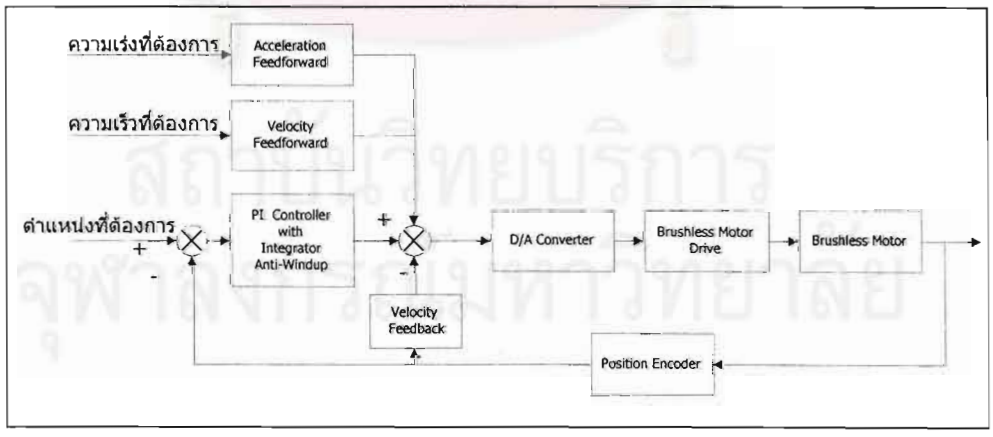
ต่อเข้ากับบอลสกรูที่แกนขับทั้งสาม ในรูปที่ 4.2 จะเห็นบอลสกรูในแกน X(แนวนอน)และและแกน Z(แนวตั้ง)



รูปที่ 4.2 โครงสร้างทางกลของเครื่องวัดพิกัด 3 มิติ

4.2 อุปกรณ์ควบคุมมอเตอร์

เครื่องวัดพิกัดใช้อุปกรณ์ควบคุมมอเตอร์แบบไม่มีแปรงถ่านรุ่น 6250 สำหรับควบคุมแกน X กับ Z และรุ่น BLX30 สำหรับควบคุมแกน Y อัลกอริทึมในการควบคุมเป็นแบบ PIV&F(Proportional Integral Velocity Feedforward) การควบคุม PIV&F จะมีข้อแตกต่างจากการควบคุมแบบ PID คือ ส่วนของการป้อนกลับด้วยความเร็วซึ่งใช้ความเร็วของระบบแทนที่จะใช้อนุพันธ์ของความผิดพลาดดังที่ใช้ในการควบคุมแบบ PID



รูปที่ 4.3 ผังของระบบควบคุมของเครื่องควบคุมมอเตอร์ที่ใช้

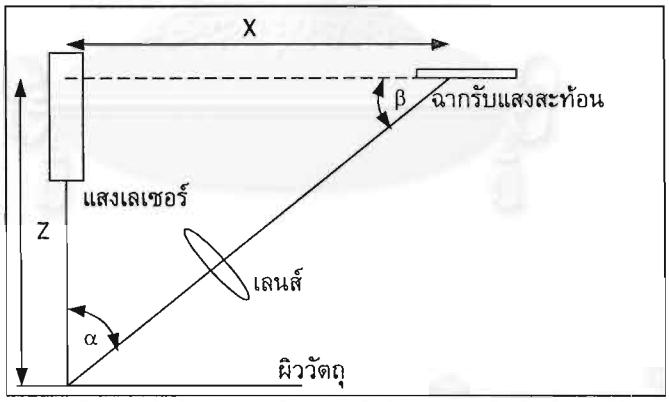
ข้อดีของการป้อนกลับด้วยความเร็วจริงของระบบคือสามารถหลีกเลี่ยงไม่ให้ขนาดของสัญญาณควบคุมมีค่ามากเกินไปเนื่องจากสัญญาณอ้างอิงมีการเปลี่ยนแปลงอย่างทัน

ทีทันใดหรือเมื่อมีสัญญาณรบกวนเข้ามาอย่างกะทันหัน ทำให้อนุพันธ์ของความผิดพลาดมีค่ามาก แต่ข้อด้อยของการควบคุมแบบ PIV&F เมื่อเทียบกับ PID คือการตอบสนองจะช้ากว่า แต่การควบคุมแบบ PIV&F มีส่วนของส่วนป้อนไปข้างหน้า(Feedforward) ช่วยในเรื่องการตอบสนองให้เร็วขึ้น ดูจากรูปที่4.3 ระบบมีข้อมูลเข้าจากผู้ใช้เป็นตำแหน่งที่ต้องการ ความเร็ว และความเร่ง เมื่อตัวควบคุมคำนวณสัญญาณควบคุมที่คำนวณตามอัลกอริทึมควบคุม ได้ผลลัพธ์เป็นสัญญาณควบคุมผ่านเข้าวงจรขับมอเตอร์ เมื่อมอเตอร์หมุนจะได้สัญญาณบอกตำแหน่งและความเร็วจากเอนโคดเดอร์ ป้อนกลับเข้าตัวควบคุม เพื่อคำนวณหาสัญญาณควบคุมต่อไป

อุปกรณ์ควบคุมทั้งรุ่น 6250 และ BLX30 เชื่อมต่อเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ทำหน้าที่สร้างทางเดินและควบคุมการวัดระยะด้วยพอร์ตสื่อสารอนุกรมตามมาตรฐาน RS-232C

4.3 อุปกรณ์วัดระยะด้วยเลเซอร์

อุปกรณ์วัดระยะด้วยเลเซอร์ที่ใช้กับเครื่องวัดพิกัดเครื่องนี้เป็น เครื่องวัดระยะด้วยเลเซอร์ วิธีการวัดของอุปกรณ์นี้เป็นแบบ Optical Triangulation หลักการการวัดระยะ Z ในรูปที่ 4.3 อุปกรณวัดด้วยวิธีนี้จะยิงแสงเลเซอร์กำลังต่ำไปยังผิวของวัตถุ เมื่อแสงที่สะท้อนจากผิวของวัตถุผ่านเลนส์ จะไปรวมกันที่ฉากรับแสง เมื่อวัดจุดตกของแสงที่ฉากรับแสง X ได้จะสามารถคำนวณระยะห่างของผิววัตถุจากอุปกรณ์วัดได้



รูปที่ 4.4 หลักการวัดระยะแบบ Optical Triangulation

อุปกรณ์วัดระยะด้วยเลเซอร์ที่ใช้ในระบบ จะส่งผลการวัดเป็นสัญญาณอนาลอกมายังเครื่องคอมพิวเตอร์โดยผ่านแผงวงจรสำหรับแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล

4.4 เครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับควบคุม

เครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับควบคุม เป็นเครื่องแบบ IBM-PC Compatible ใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ Intel-Pentium 166 เมกกะเฮิร์ซ มีหน่วยความจำ 16 เมกกะไบต์ โปรแกรมควบคุมเดิมนั้นเป็นโปรแกรมที่ทำงานบนระบบไมโครซอฟต์วินโดวส์ 3.11 แต่เนื่องจาก ในการใช้กับระบบปฏิบัติการระยะไกลนั้น ไม่มีการใช้งานเครื่องคอมพิวเตอร์นี้ที่หน้าเครื่อง และระบบต้องการเสถียรภาพในการทำงานสูงขึ้น ในขณะที่ต้องทำงานควบคู่กับเครื่องแม่ข่ายด้วยจึงเปลี่ยนระบบมาเป็นระบบดอส(DOS)แทน เพื่อให้โปรแกรมควบคุมเครื่องสามารถบริหารทรัพยากรของเครื่อง เช่นการทำงาน CPU และลำดับการสลับงานได้อย่างสมบูรณ์

อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เชื่อมต่อกับระบบวัดด้วยเลเซอร์ก็คือแผงวงจรสำหรับแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล(Analog to Digital Converter Card, A/D Card) แบบที่ใช้เป็นรุ่น DT-2801a มีความละเอียดในการแปลง 12 บิต ส่วนการส่งคำสั่งขับมอเตอร์นั้นจะใช้พอร์ตสื่อสารอนุกรมตามมาตรฐาน RS-232C ในการเชื่อมต่อ ที่อัตรารับส่ง 9600 บิตต่อวินาที

4.5 การทำการวัดพิกัด

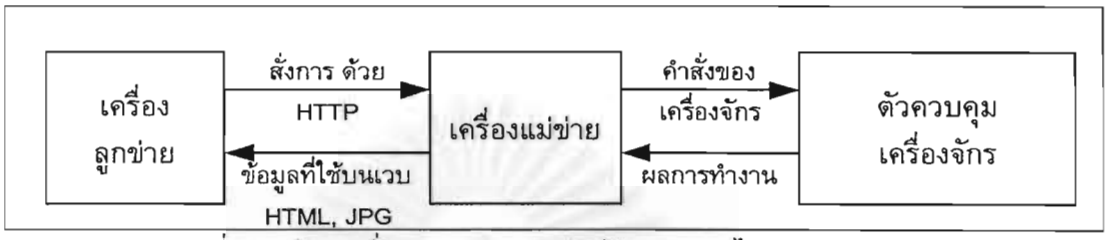
โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในส่วนระบบควบคุมทำหน้าที่สร้างเส้นทางเดินของหัวอ่านเลเซอร์และโต๊ะวางชิ้นงาน ให้หัวอ่านเคลื่อนที่ไปยังจุดที่ต้องการเมื่อถึงไปยังจุดที่ต้องการวัดแล้ว โปรแกรมจะเคลื่อนหัวอ่านที่ระยะทำงานประมาณ 40 มิลลิเมตร เหนือผิวของชิ้นงาน ณ จุดที่ต้องการวัด เครื่องจะบันทึกค่าที่อ่านได้จากแกนตั้งของเครื่อง ลบกับระยะห่างที่วัดได้ที่จุดวัด จะได้ค่าความสูงของชิ้นงาน ณ จุดที่ต้องการวัด จากนั้นเครื่องก็จะเคลื่อนหัวอ่านขึ้นเล็กน้อยเพื่อข้ามจุดที่อาจจะสูงขึ้นมาเลยช่วงวัด แล้วเคลื่อนไปวัดที่จุดต่อไป ผลการวัดที่ได้ทั้งหมดนั้นจะถูกจัดเก็บในไฟล์ข้อมูล สำหรับการนำเข้าด้วยคำสั่ง CLOUD ของโปรแกรม CATIA

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5
การศึกษาระบบปฏิบัติการระยะไกลบนอินเตอร์เน็ต

5.1 ระบบปฏิบัติการระยะไกลบนเวบ

5.1.1 องค์ประกอบของระบบปฏิบัติการระยะไกลบนเวบ



รูปที่ 5.1 ผังการสั่งการของระบบปฏิบัติการระยะไกลบนระบบเวบ

ดังรูปที่ 5.1 ระบบปฏิบัติการระยะไกลบนเวบ(World Wide Web) ได้ต่อเติมจากระบบเวบเป็นระบบที่มีองค์ประกอบหลัก 3 ส่วนก็คือ

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย ทำหน้าที่รองรับการใช้งานของผู้ใช้ระบบ ที่เครื่องลูกข่ายจะต้องติดตั้งระบบอินเตอร์เน็ตและโปรแกรมต่างๆ ได้แก่โปรแกรมเวบบราวเซอร์เป็นโปรแกรมหลัก และโปรแกรมสนับสนุนอื่นๆ เช่นโปรแกรมอ่านจดหมายอิเลกทรอนิกส์ นอกจากโปรแกรมเวบบราวเซอร์จะทำหน้าที่เรียกข้อมูลให้ผู้ใช้แล้วยังต้องทำหน้าที่ทำงาน(Run) โปรแกรมจาวาแอพเพลต ซึ่งเป็นโปรแกรมสำหรับระบบเวบด้วย

2. เครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย ใช้โปรแกรมเวบเซิฟเวอร์ โปรแกรมเชื่อมต่อกับโปรแกรมเวบเซิฟเวอร์ ในที่นี้จะใช้คำว่าโปรแกรมแม่ข่ายจริงของเวบ สำหรับวิทยานิพนธ์นี้เลือกใช้โปรแกรมแบบ CGI(Common Gateway Interface ดู NCSA HTTPd Development Team, 1993) และโปรแกรมแม่ข่ายของระบบอื่นๆ ที่สำคัญโปรแกรมแม่ข่ายทุกโปรแกรมจะต้องมีวิธีเชื่อมต่อกับตัวควบคุมเครื่องจักรด้วยวิธีใดวิธีหนึ่ง

3. ตัวควบคุมเครื่องจักร ทำหน้าที่ควบคุมเครื่องจักรและโปรแกรมควบคุมเครื่องจักรซึ่งต้องมีส่วนติดต่อกับเครื่องแม่ข่าย ตัวควบคุมเครื่องจักรก็หมายถึงอุปกรณ์การวัดต่างๆ ด้วยในกรณีไม่มีการควบคุม

รูปที่ 5.2 การเชื่อมต่อภายในเครื่องแม่ข่าย

5.1.2 หลักการทำงานของระบบปฏิบัติการระยะไกลบนเวบ

เมื่อเตรียมเครื่องจักรพร้อมแล้ว ที่เครื่องแม่ข่าย โปรแกรมเวบเซิฟเวอร์และโปรแกรมแม่ข่ายอื่นๆจะเริ่มทำงานรอรับการติดต่อจากเครื่องลูกข่าย เมื่อมีการติดต่อเข้ามาเป็นครั้งแรกเวบเซิฟเวอร์จะจ่ายข้อมูลและแบบฟอร์มเป็นไฟล์แบบ HTML ให้กับลูกข่าย เพื่อเริ่มการทำงาน เมื่อผู้ใช้ได้แบบฟอร์มก็จะกรอกคำสั่งและข้อมูลที่ต้องการให้เครื่องจักรทำงานแล้วส่งให้กับเวบเซิฟเวอร์

เมื่อเวบเซิฟเวอร์ได้รับคำสั่งและข้อมูลที่ผู้ใช้ส่งมา ก็จะเชื่อมการติดต่อไปยังโปรแกรมแม่ข่ายจริงของเวบดังในรูปที่ 5.2 โปรแกรมแม่ข่ายจริงของเวบจะได้รับคำสั่งและข้อมูลจากโปรแกรมเวบเซิฟเวอร์แล้วจะแปลคำสั่งให้เป็นแบบที่ตัวควบคุมเครื่องจักรเข้าใจได้ แล้วส่งไปให้ตัวควบคุมเครื่องจักร

ตัวควบคุมเครื่องจักรได้รับคำสั่ง ก็จะทำงานตามคำสั่งแล้วส่งผลลัพธ์ที่ได้ไปยังโปรแกรมแม่ข่ายจริงของเวบ โปรแกรมแม่ข่ายจริงของเวบจะจัดรูปผลลัพธ์และเตรียมแบบฟอร์มสำหรับการทำงานขั้นตอนต่อไป จากนั้นส่งผลลัพธ์ทั้งหมดให้โปรแกรมเวบบราวเซอร์ที่เครื่องลูกข่าย

5.2 การศึกษาความเป็นไปได้

เนื่องจากไม่มีรายงานของการศึกษาวิจัยระบบปฏิบัติการบนอินเตอร์เน็ตมาในประเทศไทย จึงได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้โดยการทำระบบปฏิบัติการระยะไกลบนอินเตอร์เน็ตอย่างง่ายขึ้นมาก่อน ระบบที่เลือกทำการศึกษาคือระบบกล้องบนอินเตอร์เน็ตที่หมุนฐานกล้องได้ เพราะเห็นว่าใช้ต้นทุนไม่มากและสามารถนำมาประกอบระบบอื่นๆต่อไปได้ ซึ่งถ้าทดลองสร้างเป็นผลสำเร็จ ก็สามารถทำการออกแบบระบบหลักตามแบบนี้ได้

ระบบกล้องบนอินเตอร์เน็ตเป็นระบบปฏิบัติการระยะไกลที่สร้างได้ไม่ยากและใช้กันมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเฝ้าดูสภาพแวดล้อมที่น่าสนใจเช่นการจราจรหรือการทดลอง ในเริ่มแรก Goldberg(Goldberg, 1995) ได้ทดลองนำกล้องแบบ CCD ติดที่ปลายของหุ่นแบบ SCARA เพื่อที่จะให้ผู้ใช้เคลื่อนกล้องไปมาเพื่อดูสถานที่รอบๆตัวหุ่น ระบบกล้องที่สร้างขึ้นในการศึกษาความเป็นไปได้ เป็นระบบกล้องดิจิตอลซึ่งสามารถหมุนรอบแกนตั้งได้ 360 องศา เมื่อผู้ใช้สั่งหมุนฐานกล้องแล้วกล้องก็จะทำการถ่ายภาพที่มุมมองใหม่และส่งไปยังผู้ใช้ผ่านระบบเวบ การดำเนินการศึกษาเริ่มโดยการออกแบบขั้นตอนการทำงานดังนี้

1. โปรแกรมเวบบราวเซอร์ที่เครื่องลูกข่ายเรียกข้อมูลเริ่มต้นการทำงานจากโปรแกรมเวบเซิฟเวอร์ที่เครื่องแม่ข่าย

2. ในครั้งแรก โปรแกรมแม่ข่ายทำการถ่ายภาพส่งไปยังลูกข่ายพร้อมข้อมูลประกอบอื่นๆ

3. เมื่อผู้ใช้รอดู ลูกข่ายจะเรียกภาพใหม่ตามเวลาที่กำหนด

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

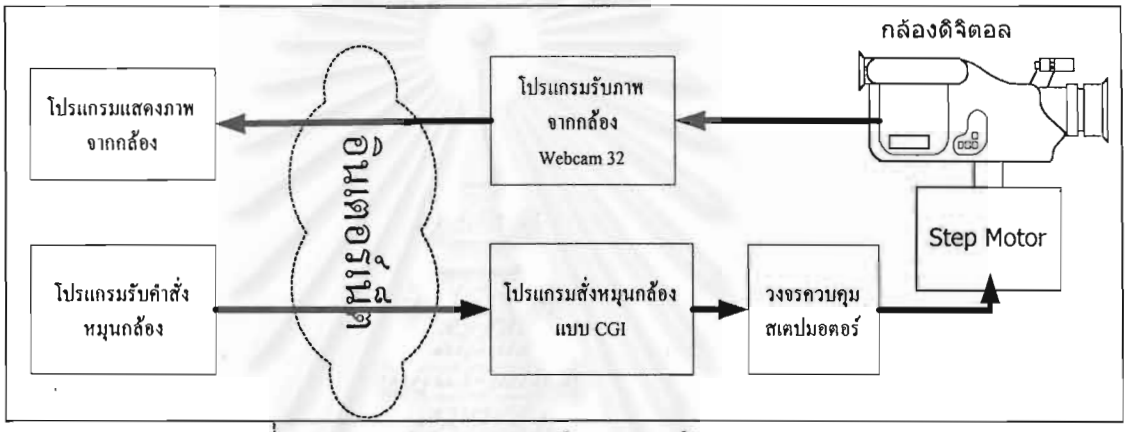
4. ถ้าต้องการเปลี่ยนมุมมอง ผู้ใช้งานที่ลูกข่ายจะใช้เมาส์กดที่ด้านซ้ายหรือขวาของภาพเพื่อหมุนกล้องไปยังทิศที่ต้องการ

5. เมื่อแม่ข่ายได้รับแจ้งคำสั่งหมุนกล้อง ก็จะสั่งให้กล้องหมุน

6. หลังจากที่กล้องหมุนไปแล้ว ก็จะถ่ายภาพใหม่อีกครั้งหนึ่ง

7. ผู้ใช้กลับไปทำยังข้อ 3 หรือ ออกจากระบบ

จากการวิเคราะห์ระบบงาน ระบบกล้องนี้อาจจะแบ่งเป็นระบบย่อยได้เป็น 2 ส่วนดังรูปที่ 5.3 คือระบบถ่ายภาพ(ส่วนบนของรูปที่ 5.3)และระบบหมุนฐานกล้องส่วนล่างของรูปที่ 5.3 ส่วนย่อยทั้งสองสามารถพิจารณาการสร้างแยกกันได้ โดยจะมีความสัมพันธ์กันก็คือกล้องนั้นวางอยู่บนมอเตอร์ เมื่อมอเตอร์หมุน มุมมองของกล้องก็จะเปลี่ยนไป



รูปที่ 5.3 ระบบย่อยสองระบบในระบบกล้องบนอินเตอร์เน็ต

5.2.1 ระบบถ่ายภาพ

ระบบนี้มีองค์ประกอบ 3 ส่วนได้แก่ ระบบกล้องดิจิตอล โปรแกรมแม่ข่ายของระบบกล้อง(WebCam32) และโปรแกรมลูกข่ายของระบบกล้อง

-ระบบกล้องดิจิตอล

กล้องดิจิตอลทำงานโดยใช้อุปกรณจับภาพแบบ CCD ซึ่งมีความไวต่อแสงทำหน้าที่แทนฟิล์ม เมื่ออุปกรณ์จับภาพทำงาน วงจรในกล้องจะแปลงภาพที่ได้เป็นข้อมูลภาพดิจิตอลแล้วส่งไปยังคอมพิวเตอร์ ที่คอมพิวเตอร์ที่กล้องต่ออยู่จะมีโปรแกรมที่เรียกว่าไดร์เวอร์ทำหน้าที่ส่งภาพให้กับโปรแกรมภายนอกที่ติดต่อขอภาพจากกล้อง กล้องที่ใช้ในที่นี้เป็นกล้องดิจิตอลยี่ห้อ Kodak รุ่น DVC-323 เชื่อมต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ด้วยสายสัญญาณแบบ USB(Universal Serial Bus) สำหรับการต่อกับฐานกล้องนั้นทำได้โดยยึดสลักเกลียวเข้ากับแป้นเกลียวที่ส่วนล่างของกล้อง

-โปรแกรมแม่ข่ายของระบบถ่ายภาพ

เนื่องจากระบบถ่ายภาพด้วยกล้องดิจิตอลบนอินเตอร์เน็ตเป็นที่นิยมมาก จึงได้มีโปรแกรมสำเร็จรูปทำหน้าที่แม่ข่ายของระบบโดยเฉพาะก็คือโปรแกรม WebCam32 รุ่นทดลองใช้(Surveyor, 1999) การทำงานของโปรแกรม WebCam32 มีดังนี้

1. เมื่อเริ่มทำงาน โปรแกรมจะค้นหากล้องที่มีในระบบแล้วเรียกภาพจากกล้องขึ้นหน้าจอ เพื่อปรับโฟกัส ความละเอียดของภาพและกำหนดพอร์ตที่จะเปิดเป็นเวบเซิฟเวอร์

2. เมื่อเริ่มทำงาน โปรแกรมจะค้นหากล้องที่มีในระบบแล้วเรียกภาพจากกล้องขึ้นหน้าจอ เพื่อปรับโฟกัส ความละเอียดของภาพ

3. หลังจากปรับกล้องเรียบร้อยแล้ว โปรแกรมจะรอรับการติดต่อจากลูกข่าย

4. เมื่อมีลูกข่ายเรียกส่งคำสั่งเรียกภาพเข้ามาที่โปรแกรมWebCam32 โปรแกรมจะจับภาพจากกล้อง แปลงข้อมูลเป็นแบบ jpeg แล้วส่งข้อมูลออกไปยังลูกข่าย

รูปที่ 5.4 โปรแกรม Webcam32 สำหรับจับภาพจากกล้อง

รูปที่ 5.5 โปรแกรมลูกข่ายของระบบถ่ายภาพ

-โปรแกรมลูกข่ายของระบบถ่ายภาพ

โปรแกรมลูกข่ายของโปรแกรม WebCam32 เป็นโปรแกรมแบบจาวาแอพเพลต(Java Applet)(Cornell and Horstman, 1996) โปรแกรมแบบนี้จะทำงานอยู่บนเวบบราวเซอร์ โดยจะขอเนื้อที่การแสดงผลบนโปรแกรมเวบบราวเซอร์เพื่อการทำงานของตน เวบบราวเซอร์ที่ใช้โปรแกรมแบบจาวาแอพเพลตได้ต้องมีฟังก์ชันการทำงานของจาวาที่เรียกว่าเครื่องเสมือนจาวา(Java Virtual Machine) อยู่ด้วย ลักษณะของโปรแกรมลูกข่ายของระบบกล้องเป็นดังรูปที่ 5.5 การทำงานของโปรแกรมลูกข่ายนั้นมีดังนี้

1. อ่านค่าเวลาที่ต้องการเปลี่ยนภาพที่แสดงใหม่แล้วเริ่มจับเวลา

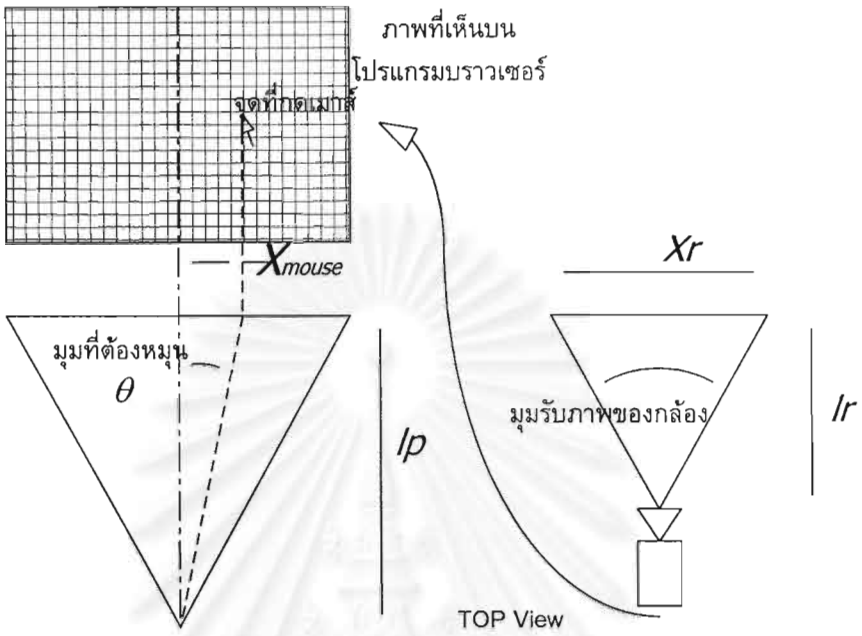
2. เมื่อถึงเวลาที่ต้องการเปลี่ยนภาพ ก็จะเรียกเข้าไปยังโปรแกรม Webcam32 ที่เครื่องแม่ข่ายแล้วอ่านภาพจากกล้องใหม่

3. แสดงภาพที่ได้ใหม่ แล้วกลับไปที่ข้อ 1.

5.2.2 ระบบหมุนฐานกล้อง

ในระบบหมุนฐานกล้อง เป็นระบบที่ทำให้ผู้ใช้กล้องสามารถเปลี่ยนมุมมองของกล้องข้างต้นตามความต้องการได้ ผู้ใช้จะต้องกดเมาส์ไปยังจุดสนใจบนภาพ ระบบจะ

สั่งให้มอเตอร์ที่อยู่ที่ฐานหมุนกล้องโดยประมาณให้กลางภาพตรงกับจุดสนใจด้วยตามสูตรที่ประมาณด้วยความสัมพันธ์รูปสามเหลี่ยมคล้ายและตรีโกณมิติ โดยสมมุติให้กล้องมองตั้งฉากไปยังภาพ



รูปที่ 5.6 แสดงการเทียบหามุมที่ต้องหมุน

ดังแสดงในรูปที่ 5.6 เราต้องหาระยะภาพในกล้อง *lp* เพื่อนำไปคำนวณมุมที่ต้องหมุนไป จากความสัมพันธ์ของสามเหลี่ยมคล้าย เมื่อเราทราบมุมรับภาพของกล้องจากข้อมูลจำเพาะของกล้องหรือจากการทดลอง สร้างรูปสามเหลี่ยมโดยให้ *Xr* เป็นความกว้างของภาพจริง *lr* เป็นระยะห่างจากกล้องถึงภาพ และ *Xp* เป็นความกว้างภาพในกล้อง เราจะหาระยะห่างจากภาพในกล้อง *lp* ได้ ดังนี้

$$l_p = \frac{l_r \cdot X_r}{X_p}$$

เมื่อหาระยะห่างจากภาพในกล้องได้ คำนวณหามุมที่ต้องหมุนไป θ เมื่อผู้ใช้กดเมาส์ที่ระยะ *Xmouse* ห่างจากจุดกลางภาพ ได้จากสมการ

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{X_{mouse}}{l_p}\right)$$

แต่มอเตอร์ที่ใช้เป็นแบบสเตป ดังนั้นจึงเทียบเป็นเป็นจำนวนสเตป(N) ดังนี้

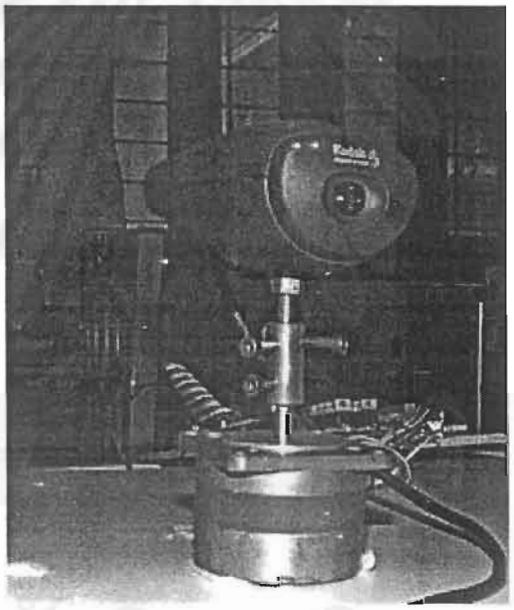
$$n = \frac{N \cdot \theta}{2\pi}$$ เมื่อ N เป็นอัตราส่วนสเตปต่อรอบของมอเตอร์

ในระบบหมุนฐานกล้องนี้มีองค์ประกอบ 3 ส่วน ได้แก่ มอเตอร์และวงจรควบคุม โปรแกรมแม่ข่ายของระบบหมุนฐานกล้องและโปรแกรมลูกข่ายของระบบหมุนฐานกล้อง

-มอเตอร์และวงจรควบคุม

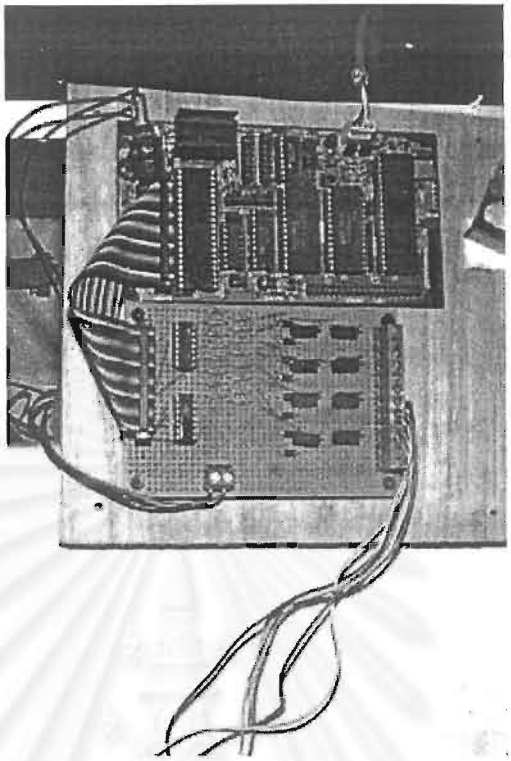
รูปที่ 5.7 แสดงมอเตอร์แบบสเตปที่ใช้เป็นฐานกล้องที่หมุนได้ มอเตอร์แบบสเตปที่ใช้เป็นแบบ 4 เฟส ให้ความละเอียดในการหมุน 1.8 องศาต่อสเตป

มอเตอร์แบบสเตปนี้ต้องการสัญญาณขับเป็นแบบพัลส์ ผู้เขียนสร้างวงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์แบบ MCS-51 และสร้างวงจรขยายสัญญาณด้วยวงจรขยายสัญญาณแบบทรานซิสเตอร์ ซึ่งจะขยายสัญญาณพัลส์ให้กระแสประมาณ 1 แอมแปร์ต่อเฟส ที่ความต่างศักย์ 5 โวลต์ ไมโครคอนโทรลเลอร์นอกจากทำหน้าที่สร้างสัญญาณพัลส์แล้ว ยังทำหน้าที่ติดต่อกับเครื่องแม่ข่ายสำหรับการควบคุมกล้องผ่านพอร์ตสื่อสารอนุกรมด้วย รูปของวงจรที่ได้สร้างขึ้นอยู่ในรูปที่ 5.8



รูปที่ 5.7 กล้องและฐานกล้อง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.8 วงจรควบคุมมอเตอร์แบบสเตป

การใช้งานส่วนเครื่องจักรทำได้โดยต่อสายสัญญาณตามมาตราฐาน RS-232C จากชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ เข้ากับพอร์ตสื่อสารอนุกรมของเครื่องแม่ข่าย เลือกอัตราส่งข้อมูล 9600 บิตต่อวินาที ขนาดข้อมูล 8 บิต ไม่มีพาริตี้บิต และ 1 บิตหยุด(9600,8N1) จากนั้นจึงใช้เรียกโปรแกรมส่วนแม่ข่ายให้ทำงาน โปรแกรมจะสั่งคำสั่งต่อไปนี้ไปยังระบบหมุนฐานกล้อง

1. คำสั่ง M(Move) เครื่องแม่ข่ายจะส่งอักษร 'M' ตามด้วยเลขฐานสิบหก 4 ตัว เช่น 'M0100' หมายถึงหมุนแกน เลขสองตัวแรกหมายถึงไปตำแหน่งที่ 1 สเตป ส่วนเลขสองตัวหลัง สงวนไว้สำหรับพัฒนาเพิ่มเติม ค่าตำแหน่งวัดแบบสัมบูรณ์มีค่าตั้งแต่ 00 ถึง C8(200 ในฐานสิบ) จะได้ความละเอียดในการหมุน 1.8 องศาต่อ step เท่ากับความละเอียดของมอเตอร์ที่ใช้ เมื่อหมุนเสร็จแล้วจะมีอักษร '-' ตอบกลับไปยังเครื่องแม่ข่าย

2. คำสั่ง R(Read) คำสั่งนี้มีอักษรเดียวคือ 'R' เมื่อป้อนคำสั่งแล้วเครื่องจะตอบตำแหน่งปัจจุบันออกมา

-โปรแกรมแม่ข่ายของระบบหมุนฐานกล้อง

โปรแกรมแม่ข่ายสำหรับสั่งการหมุนฐานกล้อง เป็นโปรแกรมแบบ CGI ซึ่งจต้องใช้งานร่วมกับโปรแกรมเวบเซิฟเวอร์ ผู้วิจัยเลือกใช้โปรแกรม Apache (Apache

Software Foundation,2000) เนื่องจากเป็นโปรแกรมที่นำมาใช้ได้โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย (Freeware) ผู้วิจัยได้เขียนโปรแกรมแม่ข่ายด้วยภาษา C มาตราฐาน สำหรับขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมมีดังนี้

1. ถ้ามีโปรแกรมแม่ข่ายหมุนฐานกล้องทำงานอยู่ก่อน ให้แจ้งข้อผิดพลาดแล้วจบโปรแกรม เพราะไม่สามารถใช้พอร์ตสื่อสารพร้อมกันมากกว่า 1 โปรแกรมได้

2. ถ้ามีการส่งคำสั่งหมุนฐานกล้อง โปรแกรมจะอ่านคำสั่งและข้อมูลจากโปรแกรมส่วนลูกข่าย และตีความตัวแปรที่อยู่ในรูปข้อความให้เป็นตัวเลขบอกจุดที่ผู้ใช้กดบนภาพ

3. นำตำแหน่งที่ผู้ใช้กดมาคำนวณมุมที่กล้องต้องหมุนไป ตามสูตรข้างต้น

4. ส่งค่ามุมที่ต้องการผ่านพอร์ตสื่อสารอนุกรมไปยังวงจรควบคุมมอเตอร์ แล้วหยุดรอให้กล้องหมุน

5. เมื่อวงจรควบคุมมอเตอร์ตอบกลับมาว่ากล้องหมุนไปแล้ว โปรแกรมจะพิมพ์ข้อมูลตอบไปยังลูกข่าย แล้วจบโปรแกรม

-โปรแกรมลูกข่ายของระบบหมุนฐานกล้อง

โปรแกรมส่วนนี้เป็น เป็นโปรแกรมที่เขียนขึ้นเสริมโปรแกรมลูกข่ายของระบบถ่ายภาพด้วยภาษาจาวา โดยรวมฟังก์ชันของการติดต่อผ่านเครือข่ายและการแสดงภาพในโปรแกรมลูกข่ายของระบบถ่ายภาพ ในหัวข้อที่แล้วรวมกับฟังก์ชันที่สั่งการหมุนฐานกล้อง การรับคำสั่งหมุนฐานกล้องจะทำได้โดยอ่านจุดที่ผู้ใช้กดเมาส์บนภาพจากกล้อง แล้วสั่งการไปที่โปรแกรมแม่ข่ายของระบบหมุนฐานกล้อง โปรแกรมลูกข่ายมีการทำงานดังนี้

1. เริ่มการทำงานของตัวตั้งเวลา จะทำการเรียกภาพใหม่จากระบบถ่ายภาพทุกๆ 1 วินาที หรือตามเวลาที่กำหนด

2. เมื่อได้ภาพตามที่ต้องการ โปรแกรมจะแสดงผลที่หน้าจอ

3. เมื่อผู้ใช้กดเมาส์ที่บนภาพ โปรแกรมจะส่งตำแหน่งที่กดเมาสืไปยังโปรแกรมหมุนฐานกล้องที่เครื่องแม่ข่าย เพื่อหมุนฐานกล้อง

เนื่องจากฟังก์ชันแสดงผลของโปรแกรมนี้เป็นฟังก์ชันเดียวกับโปรแกรมลูกข่ายของระบบถ่ายภาพ ภาพหน้าจอของโปรแกรมจึงเหมือนกันดังรูปที่ 5.5 แต่ต่างที่โปรแกรมลูกข่ายสำหรับระบบหมุนฐานกล้องจะมีการตอบสนองต่อการกดเมาส์

เมื่อได้สร้างระบบกล้องเป็นต้นแบบในการศึกษาแล้ว ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวทางการออกแบบ โดยใช้หลักการตามหัวข้อ 5.1 เป็นหลัก ผู้วิจัยเชื่อว่าระบบอื่นๆ แม้จะมีขนาดใหญ่กว่าและซับซ้อนกว่าระบบกล้อง ก็สามารถใช้หลักการเดียวกันได้ แต่ต้องศึกษาหลักการทำงานของเครื่องจักรอย่างถี่ถ้วนก่อนจะเริ่มสร้างส่วนสภาวะแวดล้อมทางเครือข่ายให้เหมาะกับการทำงานของเครื่องจักรแต่ละแบบ จากนั้นจึงได้เริ่มการวิเคราะห์การทำงานของ

ระบบวัดพิกัด 3 มิติ เพื่อออกแบบดัดแปลงให้เป็นระบบปฏิบัติการระยะไกลดังบรรยายในบทถัดไป ทั้งนี้ระบบกล้องที่สร้างขึ้นได้ใช้เสริมในการสังเกตุการทำงานของระบบวัดพิกัด 3 มิติด้วย สำหรับผลการทดลองระบบกล้องได้แสดงในบทที่ 7

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6
ระบบวัดพิกัด 3 มิติ : กรณีศึกษาหลักในการพัฒนาระบบปฏิบัติการระยะไกล

6.1 การวิเคราะห์และออกแบบระบบ

ในหัวข้อนี้จะอธิบายถึงการออกแบบระบบการทำงานบนเครือข่ายของเครื่องวัดพิกัด 3 มิติโดยการศึกษาหน้าที่การทำงานหลักของเครื่อง แล้วนำหน้าที่การทำงานที่ได้ศึกษามาสร้างเป็นระบบ สำหรับหลักการออกแบบระบบนั้นผู้วิจัยได้ใช้การออกแบบเป็นส่วนย่อย (Modular Design) ในการแบ่งระบบเป็นโปรแกรมเล็กๆจำนวนมาก

เครื่องวัดพิกัด 3 มิติ(Coordinate Measuring Machine) จะทำการวัดพื้นผิวชิ้นงานด้วยแสงเลเซอร์ทีละจุดแล้วนำข้อมูลที่ได้มาแปลงเป็นไฟล์ข้อมูลของโปรแกรมคาเทีย(CATIA) โปรแกรมนี้จะสร้างพื้นผิว(Surface) สำหรับใช้ในการออกแบบต่อไป จากการทำงานในแบบเดิม ระบบปฏิบัติการระยะไกลที่จะสร้างขึ้นต้องมีคุณสมบัติดังนี้

1. วัดพิกัดของพื้นผิวชิ้นงานทีละจุด โดยกำหนดจุดที่ต้องการเป็นพิกัด X,Y เครื่องจะตอบพิกัดในแกน Z กลับไปยังผู้ใช้ทันทีที่วัดเสร็จ

2. วัดพิกัดของพื้นผิวชิ้นงานเป็นบริเวณ แล้วแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปไฟล์ข้อมูลของคาเทียส่งไปยังผู้ใช้ได้การวัดแบบชุดเช่นนี้จะใช้เวลานาน เครื่องจะเก็บข้อมูลไว้ในไฟล์ ให้ผู้ใช้ที่ต้องการข้อมูลมาเปิดใช้ภายหลัง

3.สามารถส่งข้อมูลการทำงานในรูปแบบต่างๆกลับไปยังผู้ใช้ได้

เมื่อดูงานวิจัยในอดีต หุ่นยนต์ของ Taylor กับ Dalton(Taylor and Dalton, 1997) และหุ่นยนต์ของ Goldberg และคณะ(Goldberg et al, 1997) นั้นมีลักษณะการทำงานคล้ายระบบวัดพิกัดทีละจุด คือหุ่นจะทำงานตามคำสั่งทีละคำสั่งแล้วตอบข้อมูลกลับ ส่วนหุ่น Xavier งานของ Simmons(Simmons, 1997) นั้นมีลักษณะคล้ายกับการวัดพิกัดแบบชุด กล่าวคือหุ่นอาจจะต้องทำงานติดต่อกันเป็นเวลานาน จนกว่าจะเสร็จงานในแต่ละงาน และจะตอบข้อมูลกลับเป็นจดหมายอิเลกทรอนิกส์ จึงได้ใช้ระบบทั้งสามเป็นแนวคิดในการออกแบบระบบ แต่ต้องออกแบบระบบสลับงานให้กับเครื่องวัดพิกัด เพื่อทำให้เครื่องวัดพิกัด ทำงานได้ทั้งแบบจุดเดียวและแบบชุดจึงสามารถสรุปฟังก์ชันการทำงานของระบบที่จะสร้างได้ดังนี้

ฟังก์ชันที่ 1. การวัดพื้นผิวจุดเดียว เป็นการสั่งให้เครื่องทำการวัดพิกัดของพื้นผิวเพียงจุดเดียวเพื่อวัดซ้ำตรวจทานจุดที่ผู้ใช้ไม่แน่ใจผลที่ได้จากการวัดแบบชุด เช่นตำแหน่งระหว่างจุดวัดที่การวัดแบบชุดข้ามไป ระบบจะตอบค่าพิกัดกลับไปยังผู้ใช้โดยทันทีที่วัดเสร็จผ่านระบบเวบ

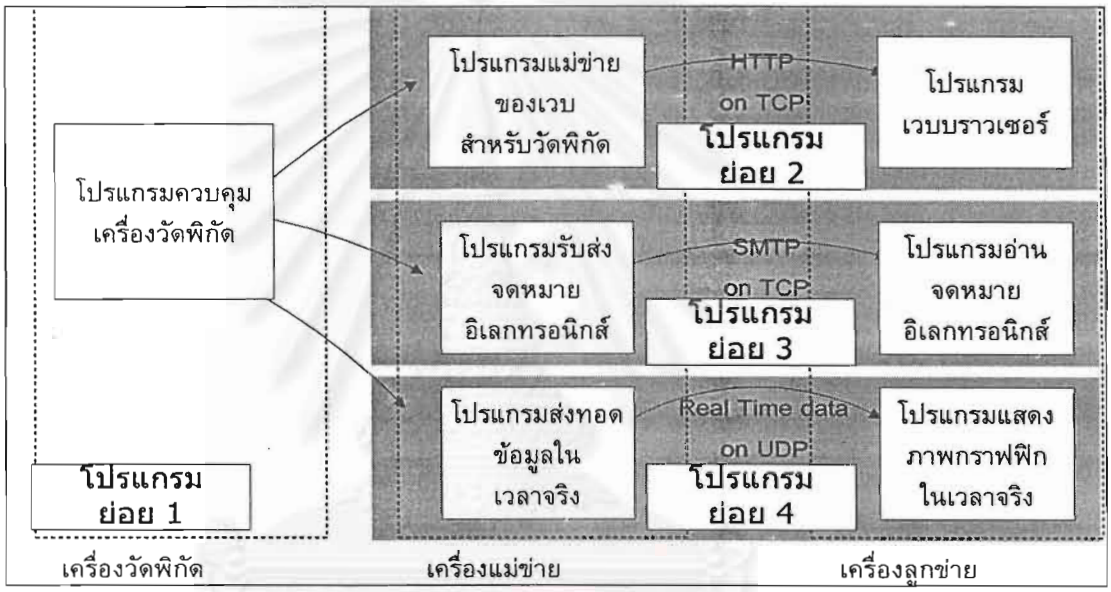
ฟังก์ชันที่ 2. การวัดพื้นผิวแบบชุด เป็นการสั่งให้เครื่องวัดพื้นผิวตลอดพื้นที่ที่ต้องการอย่างต่อเนื่องด้วยความละเอียดที่กำหนด แล้วเครื่องจะแปลงข้อมูลที่วัดได้ส่งเป็นไฟล์ข้อมูลสำหรับโปรแกรมออกแบบ เนื่องจากการทำงานของเครื่องวัดพิกัดอาจกินเวลานานถึง 1

ชั่วโมงสำหรับพื้นที่การวัดกว้างๆและมีความละเอียดมากๆ ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกใช้จดหมายอิเลกทรอนิกส์ในการส่งข้อมูลกลับ เพื่อไม่เป็นการเสียเวลารอคอยของผู้ใช้

ฟังก์ชันที่ 3. ระบบส่งข้อมูลตำแหน่งหัวอ่านและพื้นผิวด้วยโปรโตคอลแบบ UDP ระบบนี้จะทำการส่งทุกครั้งที่หัวอ่านเคลื่อนที่และบันทึกพิกัดของพื้นผิวที่วัดได้ เพื่อการสังเกตุผลการวัดเมื่อวัดพิกัดในแต่ละจุดทันที

ฟังก์ชันที่ 4. ผู้ใช้สามารถสังเกตุการทำงานของเครื่องขณะทำงานอยู่ได้ ด้วยระบบกล้องที่ได้สร้างขึ้นในการศึกษาความเป็นไปได้ของงานวิจัย โดยตั้งอยู่ข้างแท่นวางชิ้นงาน

ในรูปที่ 6.1 ได้แสดงส่วนย่อยต่างๆที่ทำงานตามฟังก์ชันที่ 1 2 และ 3 (พิจารณาฟังก์ชันที่ 4 ระบบกล้องเป็นระบบภายนอก ไม่ขึ้นกับระบบวัดพิกัดโดยตรง)



รูปที่ 6.1 ผังแสดงการส่งข้อมูลผ่านส่วนย่อยต่างๆ

จากรูปที่ 6.1 จะเห็นได้ว่ามีโปรแกรมที่เป็นองค์ประกอบของระบบทั้งหมด 4 ส่วน คือ

- โปรแกรมย่อย 1: โปรแกรมควบคุมเครื่องวัดพิกัด 3 มิติ
- โปรแกรมย่อย 2: ระบบแม่ข่ายและลูกข่ายของระบบเวบ
- โปรแกรมย่อย 3: ระบบแม่ข่ายและลูกข่ายของระบบจดหมายอิเลกทรอนิกส์
- โปรแกรมย่อย 4: ระบบแม่ข่ายและลูกข่ายของระบบแสดงภาพกราฟฟิกในเวลาจริง

6.2 หลักการทำงานของโปรแกรมย่อยต่าง ๆในระบบวัดพิกัด

เมื่อผู้วิจัยได้วิเคราะห์ถึงส่วนย่อยที่ทำหน้าที่ในการเชื่อมต่อเครื่องวัดพิกัดเข้ากับอินเตอร์เน็ตแล้ว จึงได้เขียนโปรแกรมย่อยต่างๆ ดังนี้

6.2.1 โปรแกรมควบคุมเครื่องวัดพิกัด 3 มิติ

โปรแกรมนี้ผู้วิจัยต้องเขียนขึ้นเองทั้งหมดด้วยภาษา C สำหรับระบบดอส เนื่องจากเป็นโปรแกรมที่ซับซ้อน ผู้วิจัยยังคงใช้หลักการออกแบบโปรแกรมเป็นส่วนย่อย(Modular Design) โดยมีองค์ประกอบส่วนย่อย (Module) ต่างๆ ที่สำคัญดังนี้

ส่วนย่อย 1. โปรแกรมหลักทำหน้าที่สลับงานระหว่างการวัดพิกัดจุดเดียวหรือแบบชุด

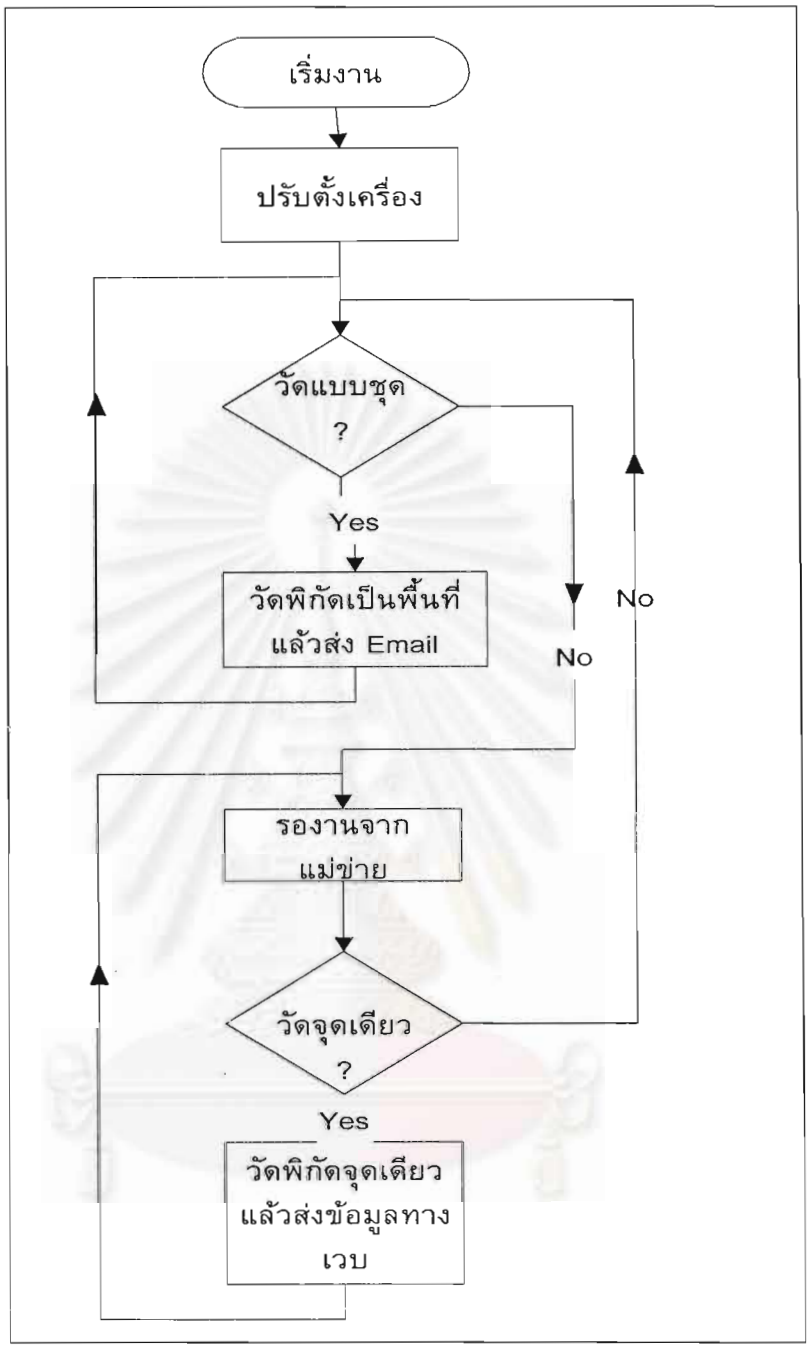
ส่วนย่อย 2. ส่วนควบคุมการวัดพิกัดและแปลงข้อมูล ทำหน้าที่วัดพิกัดและแปลงข้อมูล โดยใช้ขั้นตอนวิธีการทำงานเช่นเดียวกับโปรแกรมเดิม(ปัญญา ดีประเสริฐกุล, 2542)

ส่วนย่อย 3. ส่วนการติดต่อกับเครื่องรับส่งจดหมายอิเลกทรอนิกส์ การส่งจดหมายอิเลกทรอนิกส์นั้น มีกรรมวิธีที่ได้กำหนดไว้ในข้อกำหนดต่างๆ เช่นโปรโตคอลการส่งจะใช้โปรโตคอล SMTP RFC821(Postel, 1982), การจัดรูปข้อมูลตัวอักษรมาตรฐาน RFC822(Crocker, 1982) และการแนบไฟล์ไปกับจดหมายอิเลกทรอนิกส์ นั้นต้องใช้วิธีที่แนะนำใน MIME หรือ Multipurpose Internet Mail Extension RFC2045(Freed & Borenstein, 1996) ในส่วนย่อยนี้จะแปลงข้อมูลที่อยู่ในไฟล์ที่ได้จากการวัดในส่วนย่อยที่ 2 นำมาแปลงข้อมูลเพื่อส่งจดหมายตามข้อกำหนดสำหรับจดหมายที่กล่าวมาข้างต้นแล้วจึงนำส่งไปยังเครื่องรับส่งจดหมายด้วยโปรโตคอล SMTP

ส่วนย่อย 4. ส่วนการติดต่อกับเวบเซิฟเวอร์ ในส่วนนี้จะทำหน้าที่ติดต่อกับเวบเซิฟเวอร์ เพื่ออ่านคิวของคำสั่งการวัดแบบชุด โปรโตคอลที่ใช้ติดต่อก็คือ HTTP/1.0(Berners-lee,1995)

ส่วนย่อย 5. ส่วนการรอการติดต่อจากโปรแกรมแม่ข่าย เมื่อเครื่องจักรหยุดรอคำสั่ง จากเครื่องแม่ข่ายเวบ เครื่องจะเปิดรอการติดต่อโดยจะใช้โปรโตคอลเฉพาะตัวที่ทำงานอยู่บน TCP(Postel, 1981)

ส่วนย่อย 6. ส่วนการติดต่อกับเครื่องส่งทอดข้อมูลในเวลาจริง ส่วนนี้จะทำการส่งข้อมูลการเคลื่อนที่ของเครื่องวัดพิกัดทุกครั้งที่มีการเคลื่อนที่ไปยังโปรแกรมแม่ข่ายของระบบนี้ โดดยใช้โปรโตคอลเฉพาะตัวบน UDP(Postel, 1980)



รูปที่ 6.2 ขั้นตอนวิธีการทำงานในการสลับงานของแม่ข่ายและเครื่องวัดพิกัด

ตามรูปที่ 6.2 ขั้นตอนการทำงานทั้งหมดของเครื่องวัดพิกัด 3 มิติมีดังนี้

1. เริ่มต้นทำงาน อ่านข้อมูลเริ่มต้นทำงานจากไฟล์ แล้วสั่งตัวควบคุมมอเตอร์ให้เริ่มทำงาน(ส่วนย่อย 1)

2. วางชิ้นงานบนแท่นวัด ให้ผู้ควบคุมเครื่องปรับตำแหน่งจุดกำเนิด(จุด 0,0,0) ของหัวอ่านไปยังจุดที่ต้องการกำหนดบนชิ้นงาน แล้วรีเซตตำแหน่ง(ส่วนย่อย 1)

3. อยู่ในสถานะอ่านงาน ติดต่อไปยังเครื่องแม่ข่าย ถ้าไม่มีงาน ไปที่ข้อ 10 (ส่วนย่อย 4)

4. ถ้ามีคำสั่งแบบชุดเข้ามา อ่านข้อมูลของคำสั่งจากเครื่องแม่ข่าย(ส่วนย่อย 4)

5. ทำการวัดพื้นผิวบนพื้นที่ตามคำสั่ง(ส่วนย่อย 2) พร้อมส่งตำแหน่งหัวอ่านไปยังที่อยู่ของผู้สั่งในขณะทำงาน ด้วยโปรโตคอลบน UDP(ส่วนย่อย 6)

6. แปลงข้อมูลที่วัดได้เป็นให้เป็นไฟล์ข้อมูลของโปรแกรม CATIA และ AutoCAD (ส่วนย่อย 2)

7. แปลงไฟล์ข้อมูลของ CATIA และ AutoCAD ให้อยู่ในรูปของจดหมายอิเลกทรอนิกส์ ตามข้อกำหนดต่างๆ(ส่วนย่อย 3)

8. ส่งจดหมายอิเลกทรอนิกส์ไปยังผู้สั่งงาน โดยผ่านเครื่องรับส่งจดหมายอิเลกทรอนิกส์ โดยใช้โปรโตคอล SMTP(ส่วนย่อย 3)

9. กลับไปยังข้อ 3

10. อยู่ในสถานะรอคำสั่ง รอการติดต่อเข้ามาจากเครื่องแม่ข่าย(ส่วนย่อย 5)

11. ถ้าคำสั่งที่เข้ามาเป็นคำสั่งวัดจุดเดียว ทำการวัด(ส่วนย่อย 2) แล้วส่งข้อมูลกลับไปยังโปรแกรมที่เรียกเข้ามา(ส่วนย่อย 5) พร้อมส่งตำแหน่งหัวอ่านไปยังที่อยู่ของผู้สั่งด้วยโปรโตคอลบน UDP แล้วกลับอยู่ในสถานะรองานที่ข้อ 10

12. ถ้าคำสั่งเป็นคำสั่งวัดเป็นแบบชุด จะไปที่ข้อ 3

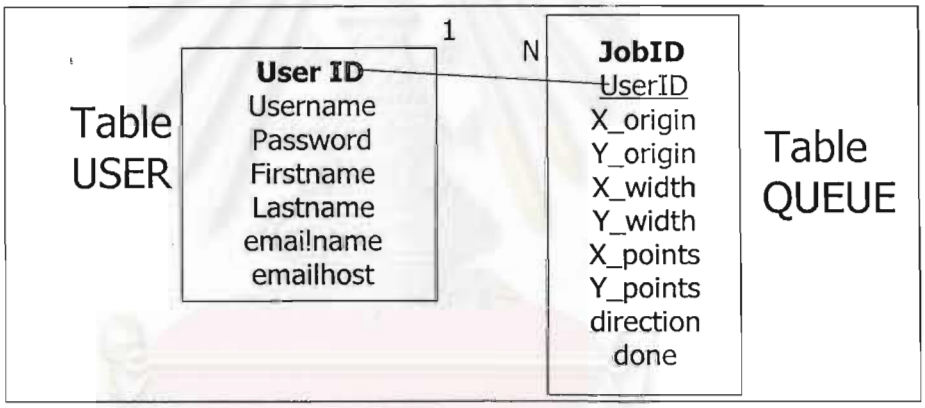
สังเกตุได้ว่าโปรแกรมนี้ไม่สามารถทำงานได้โดยลำพัง แต่จะต้องทำการรับคำสั่งและส่งข้อมูลโต้ตอบกับระบบแม่ข่ายและลูกข่ายทั้ง 3 ระบบซึ่งเป็นส่วนที่ทำให้ใช้เครื่องได้จากอินเตอร์เน็ต

6.2.2 ระบบแม่ข่ายและลูกข่ายของระบบเวบ

ระบบเวบของระบบวัดพิกัดเป็นระบบที่ทำงานควบคู่กันทั้งแม่ข่ายและลูกข่าย จึงรวมเนื้อหาไว้ในส่วนเดียวกัน โปรแกรมแม่ข่ายจริงของเวบในระบบวัดพิกัด 3 มิติ ทำหน้าที่เป็นโปรแกรมแม่ข่ายหลักของระบบ ผู้วิจัยใช้ Borland C++Builder ในการเขียนโปรแกรมส่วนแม่ข่ายจริง โดยต้องเลือกชนิดโปรแกรมเป็นแบบ CGI(Common Gateway Interface) อันเป็นแบบของโปรแกรมที่ใช้กับเวบเซิฟเวอร์ที่กำหนดโดย NCSA(NCSA HTTPd Development Team, 1993) ส่วนโปรแกรมเวบเซิฟเวอร์นั้น ผู้วิจัยใช้โปรแกรมเวบเซิฟเวอร์ Apache ซึ่งเป็นโปรแกรมสำเร็จรูปที่แจกฟรี (Apache Software Foundation,2000) ในส่วนแม่ข่ายทั้งหมดฟังก์ชันการทำงานต่างๆดังนี้

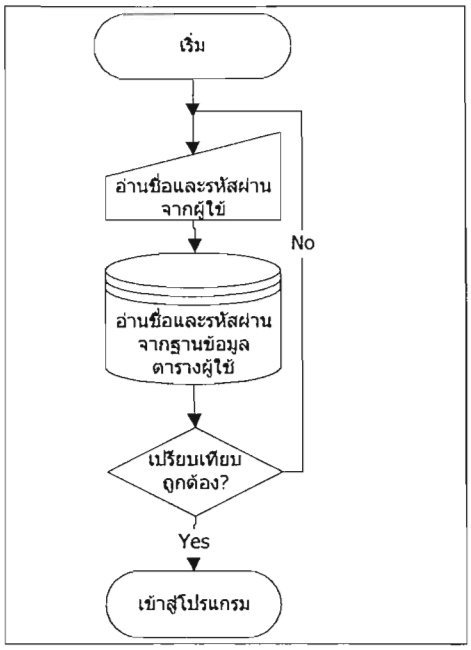
ฟังก์ชั่น 1. ส่งโปรแกรมและข้อมูลที่จำเป็นให้กับลูกข่ายเพื่อเริ่มต้นทำงาน(ในส่วนนี้ ทำโดยโปรแกรมเวบเซิฟเวอร์ Apache)

ฟังก์ชั่น 2. เก็บข้อมูลเฉพาะตัวต่างๆ ของผู้ใช้ เช่นที่อยู่จดหมายอิเลกทรอนิกส์ เครื่องวัดพิกัดจะใช้ข้อมูลนี้ในขณะทำการส่งจดหมายไปยังผู้ใช้ โครงสร้างฐานข้อมูลดังรูปที่ 6.4 มีอยู่ 2 ตาราง ตารางแรกเป็นตารางผู้ใช้ ตารางที่สองเป็นตารางคำสั่งวัดแบบจุด มีความสัมพันธ์ระหว่างตารางทั้งสองเป็นแบบ One to Many คือ ผู้ใช้ 1 คนสามารถส่งการวัดได้มากกว่า 1 ครั้ง โดยข้อมูลการวัด จะอ้างอิงกลับไปยังผู้ใช้ผู้เป็นเจ้าของโดยคีย์ UserID การป้อนข้อมูลผู้ใช้จะทำได้ที่เครื่องแม่ข่ายเท่านั้น โดยใช้โปรแกรม Database Desktop ซึ่งอยู่ในชุดของ Borland C++Builder โครงสร้างฐานข้อมูลแสดงในรูปที่ 6.3 มีอยู่ 2 ตาราง คือ USER และ QUEUE ในตาราง USER เก็บข้อมูลผู้ใช้มี UserID เป็นไพร์มารีคีย์ ตาราง QUEUE เป็นตารางเก็บข้อมูลงานที่เก็บในคิวใช้ JobID เป็นไพร์มารีคีย์ ความเป็นเจ้าของงานแต่ละงานจะทำได้โดยเชื่อมโยงคีย์ UserID ในตาราง QUEUE ไปยังคีย์ UserID ในตาราง USER



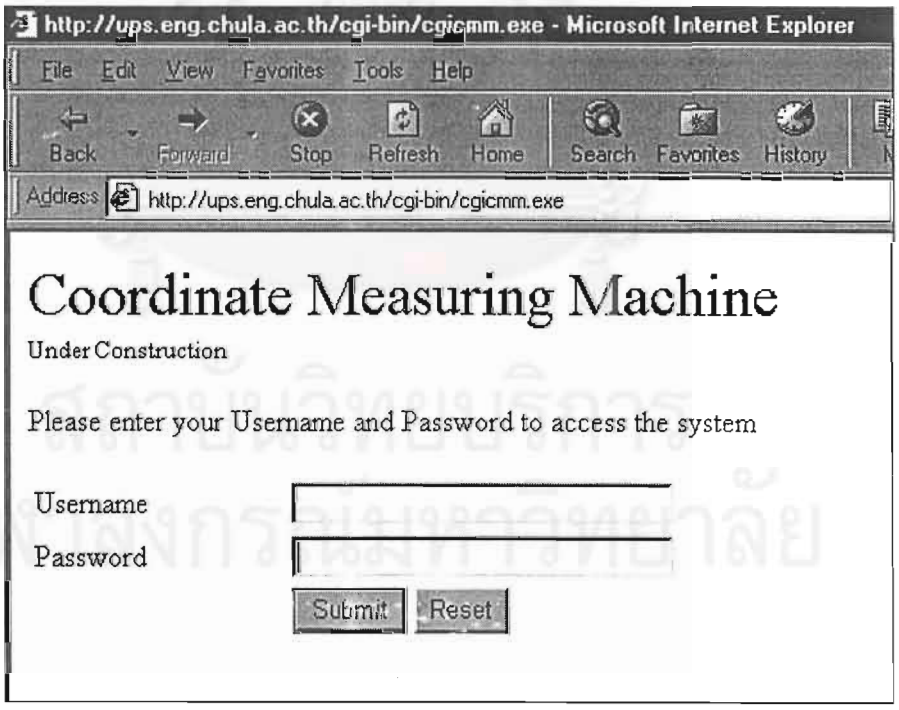
รูปที่ 6.3 โครงสร้างฐานข้อมูลของผู้ใช้และคำสั่งระบบวัดพิกัด 3 มิติ

ฟังก์ชั่น 3. ตรวจสอบผู้ใช้ โดยการตรวจชื่อและรหัสผ่านให้ตรงกับข้อมูลที่มีอยู่ มีขั้นตอนวิธีดังรูปที่ 6.4 ฐานข้อมูลผู้ใช้นั้นเป็นไฟล์ฐานข้อมูลของ Paradox ซึ่ง Borland C++ Builder ใช้เป็นมาตรฐาน



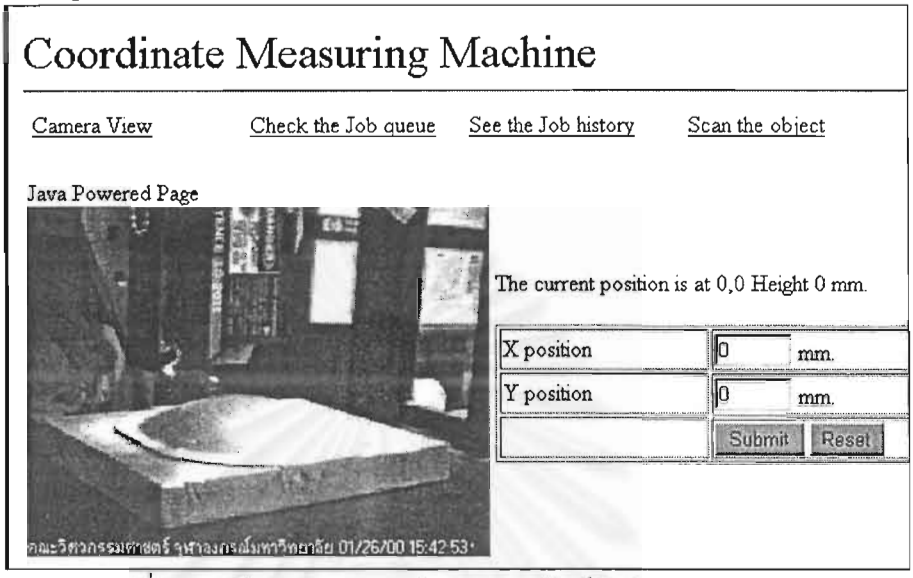
รูปที่ 6.4 ขั้นตอนวิธีการตรวจสอบผู้ใช้

ส่วนในรูปที่ 6.5 เป็นหน้าจอของส่วนตรวจสอบผู้ใช้ ขณะทำงานบนเวบบราวเซอร์ ขณะเขียนโปรแกรมและทดลองนั้นใช้เครื่อง ups.eng.chula.ac.th

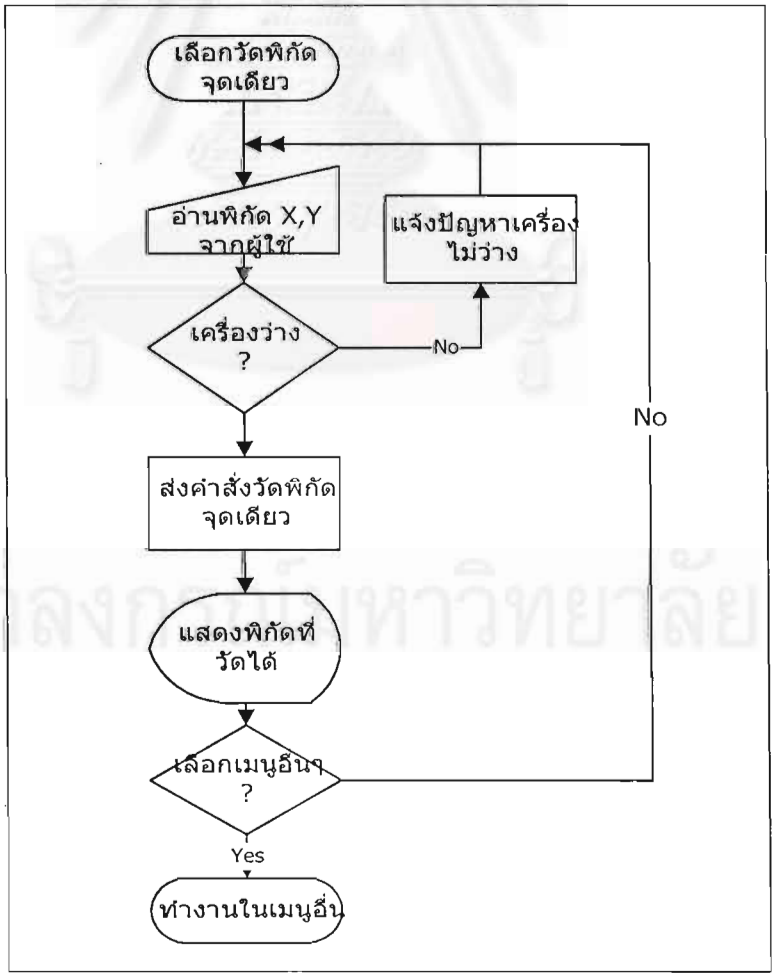


รูปที่ 6.5 หน้าจอแรกของโปรแกรม ตรวจสอบผู้ใช้

ฟังก์ชั่น 4. รับคำสั่งการวัดจุดเดียวและสั่งการไปยังเครื่องวัดพิกัด เมื่อได้ผลลัพธ์ก็จะตอบกลับทางระบบเวบ ถ้าเครื่องไม่ว่างจะให้ผู้ใช้ส่งคำสั่งใหม่ หน้าจอของโปรแกรมส่วนนี้แสดงในรูปที่ 6.6 และ ขั้นตอนวิธีในฟังก์ชันนี้แสดงในรูปที่ 6.7

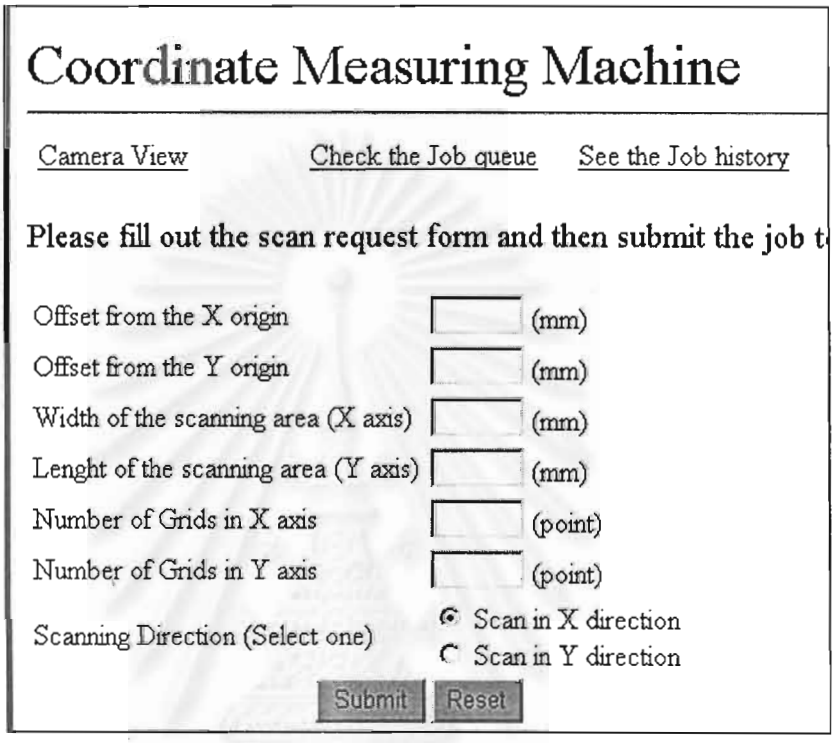


รูปที่ 6.6 หน้าจอแสดงการทำงานของฟังก์ชันวัดพิกัดจุดเดียว



รูปที่ 6.7 ขั้นตอนวิธีของการวัดแบบจุดเดียว

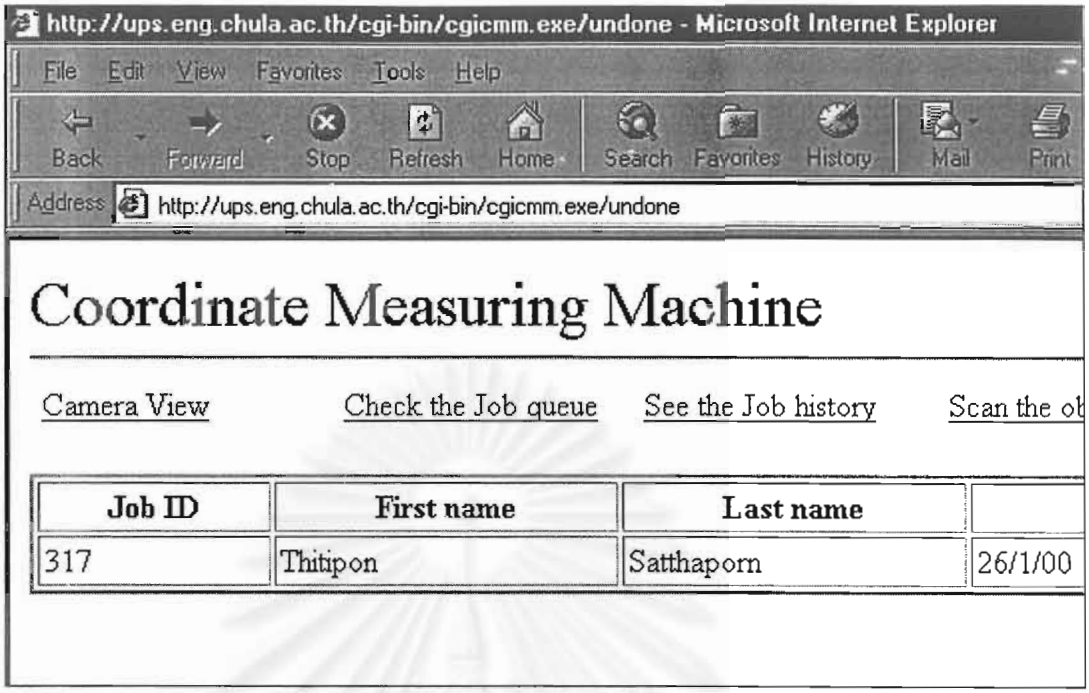
ฟังก์ชั่น 5. รับคำสั่งการวัดแบบชุด ส่งเข้าคิว แล้วจ่ายให้กับเครื่องวัดพิกัดเมื่อเครื่องว่างแล้ว ตัวอย่างหน้าจอการทำงานอยู่ในรูปที่ 6.8 จะสังเกตุเห็นแบบฟอร์มให้กรอกค่าต่างๆ คือ จุดเริ่มวัด จุดสิ้นสุดการวัด ความกว้างยาวของพื้นที่ที่ต้องการวัด จำนวนจุดวัดในแต่ละแกน และทิศทางการวัด



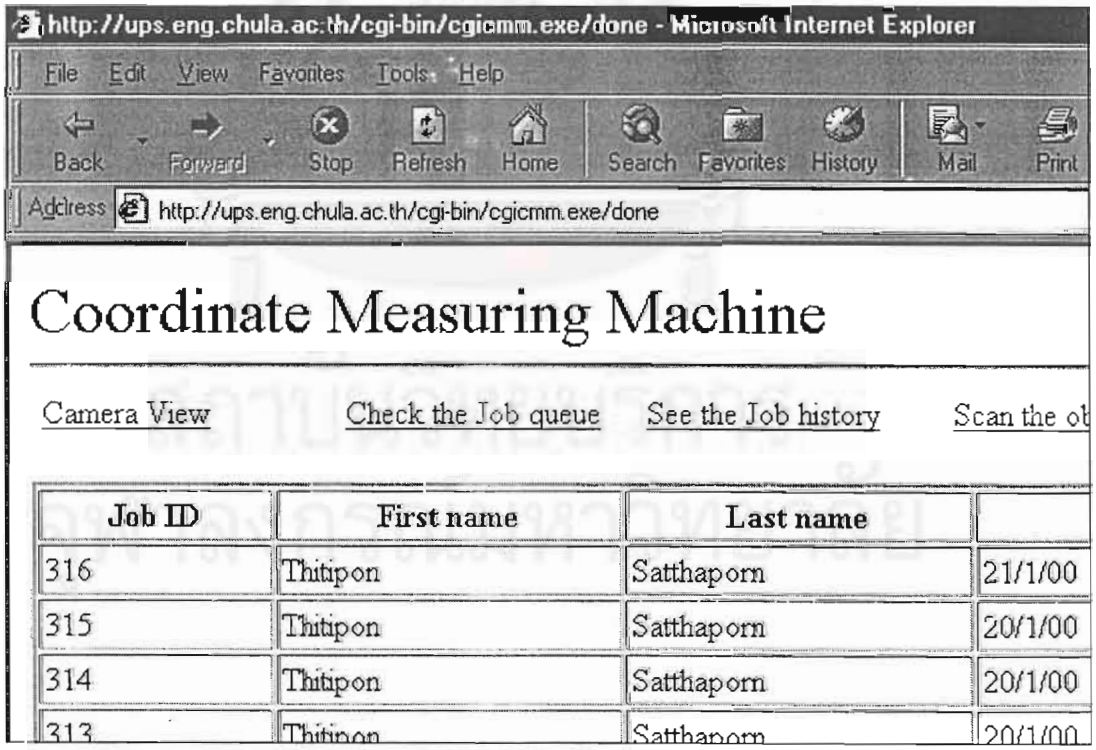
รูปที่ 6.8 หน้าจอแสดงแบบฟอร์มสำหรับส่งคำสั่งการวัดแบบชุด

ฟังก์ชั่น 6. แสดงสถานะต่างๆของระบบ ให้ผู้ใช้ทราบ เช่นคำสั่งที่รออยู่ในคิว (รูปที่6.9) และคำสั่งที่ทำเสร็จแล้ว(รูปที่ 6.10)

เมื่อสร้างโปรแกรมแม่ข่ายส่วนนี้และติดตั้งบนคอมพิวเตอร์ที่ใช้ระบบปฏิบัติการวินโดวส์ 95 98 หรือ NT เสร็จ ก็สามารถใช้โปรแกรมเวบบราวเซอร์ทั่วไปมาเรียกใช้ระบบนี้ได้ สำหรับการทดลองใช้งานดังที่แสดงอยู่ในรูปต่างๆในบทนี้ ผู้วิจัยใช้โปรแกรม Internet Explorer และ Netscape Communicator



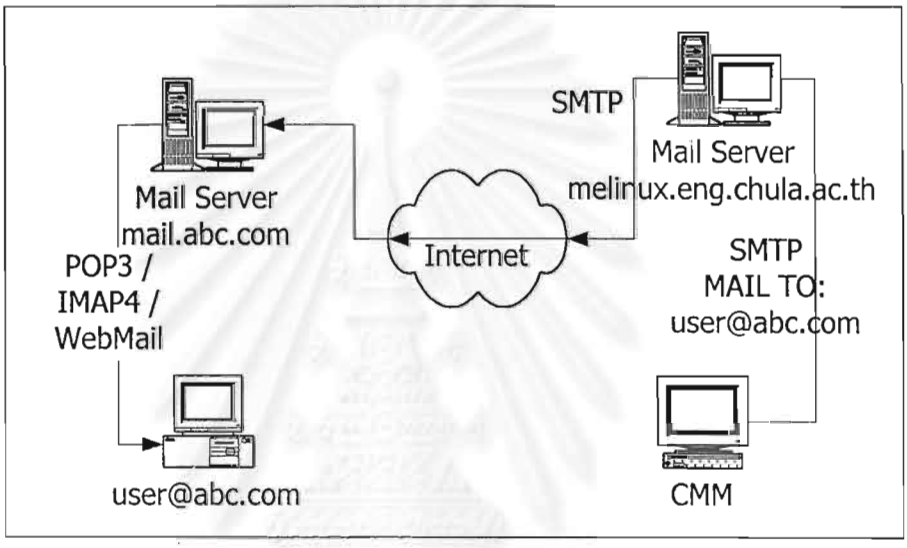
รูปที่ 6.9 หน้าจอแสดงคำสั่งที่อยู่ในคิว



รูปที่ 6.10 หน้าจอแสดงคำสั่งที่ทำเสร็จแล้ว

6.2.3 ระบบแม่ข่ายและลูกข่ายของระบบจดหมายอิเลกทรอนิกส์

ระบบจดหมายอิเลกทรอนิกส์เป็นระบบที่มีการใช้แพร่หลาย ในงานวิจัยนี้ได้ใช้ระบบจดหมายอิเลกทรอนิกส์ในการรายงานผลการทำงานของเครื่องไปยังผู้ที่สั่งการวัดพิกัดแบบชุด ในที่นี้จะกล่าวถึงระบบจดหมายในส่วนที่เกียวข้องกับระบบวัดพิกัด 3 มิติเท่านั้น ในส่วนนี้ที่ส่วนแม่ข่ายผู้วิจัยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป sendmail สำหรับระบบปฏิบัติการ Linux เป็นโปรแกรมแม่ข่าย และส่วนลูกข่ายนั้นใช้โปรแกรมอ่านจดหมายอิเลกทรอนิกส์ใดก็ได้ที่สามารถแยกไฟล์ที่แนบมาด้วยได้ ผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรม OutLook Express

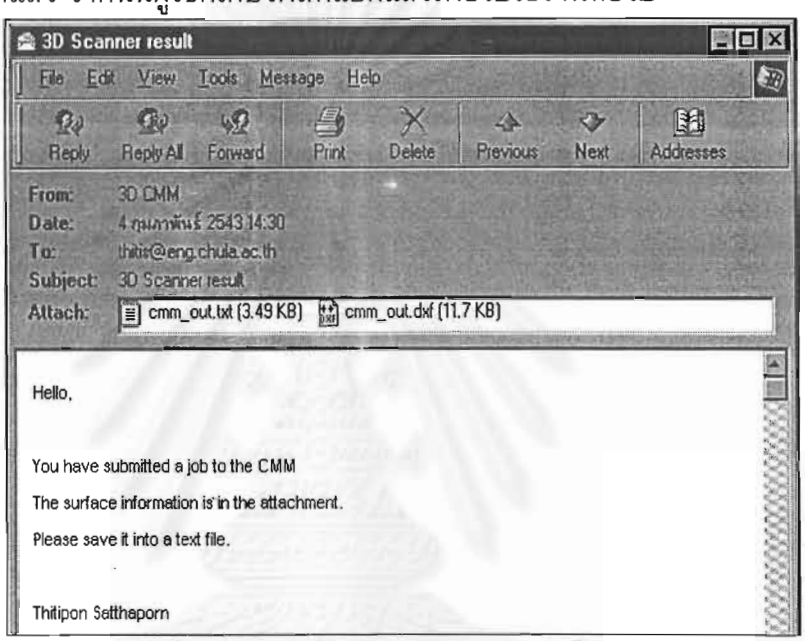


รูปที่ 6.11 ตัวอย่างระบบจดหมายอิเลกทรอนิกส์ที่ใช้กับระบบวัดพิกัด 3 มิติ

การส่งจดหมายอิเลกทรอนิกส์บนอินเตอร์เน็ต มีตัวอย่างโครงสร้างอย่างง่ายเช่นในรูปที่ 6.11 เครื่องวัดพิกัด 3 มิติจะประพฤติตัวเหมือนกับเป็นโปรแกรมสำหรับเขียนจดหมายอิเลกทรอนิกส์(เช่น pine, eudora หรือ outlook) กล่าวคือ เมื่อเครื่องนำข้อมูลที่วัดได้มาจัดรูปตามข้อกำหนดและมาตรฐานของจดหมายอิเลกทรอนิกส์แล้วจะส่งจดหมายนี้ไปยังเครื่องรับส่งจดหมาย(Mail Server) ที่กำหนดไว้ ด้วยโปรโตคอล SMTP(Postel, 1982) ในที่นี้ใช้เครื่องแม่ข่าย melinux.eng.chula.ac.th เป็นเครื่องรับส่งจดหมาย โปรแกรมแม่ข่ายที่ทำหน้าที่รับส่งจดหมายที่เครื่องนี้คือโปรแกรม sendmail

โปรแกรม sendmail จะตรวจชื่อเครื่องรับจดหมายที่ปลายทางได้จากชื่อโดเมนของที่อยู่ คือส่วนที่อยู่หลังเครื่องหมาย @ โดยการค้นหาจากเครื่องบริการชื่อ ในระเบียน MX(MX Record) ตามตัวอย่างนี้เครื่อง mail.abc.com เป็นเครื่องรับจดหมายของ user@abc.com จากนั้นจึงส่งจดหมายผ่านอินเตอร์เน็ตไปยังเครื่องปลายทางที่ด้วยโปรโตคอล SMTP เครื่องปลายทางก็จะเก็บจดหมายนั้นลงในไฟล์กล่องจดหมายเพื่อรอการเปิดอ่านต่อไป

ผู้ใช้ที่มีกล่องจดหมายอยู่ในเครื่องข่าย user@abc.com จะใช้โปรแกรมอ่านจดหมายในการเปิดอ่าน โดยใช้โปรโตคอล POP3 IMAP4 หรือ ระบบ WebMail จะใช้โปรโตคอล HTTP ในการอ่านจดหมาย เช่นระบบ thaimail(A.R. Information & Publishling, 2000) ระบบที่ใช้โปรโตคอล POP3 หรือ IMAP4 จะได้รับจดหมายที่ยังไม่มีการถอดแยกเป็นไฟล์ออกมา โปรแกรมอ่านจดหมายจะทำการถอดแยกจดหมายเป็นส่วนของไฟล์ต่างๆเอง ส่วนระบบ Web Mail นั้นจะทำการถอดแยกไฟล์ที่เครื่องรับส่งจดหมาย โดยผู้ใช้จะอ่านไฟล์ได้จากโปรแกรมเวบบราวเซอร์ รูปที่ 6.12 เป็นโปรแกรมอ่านจดหมายเมื่อถอดความจากจดหมายที่ได้รับจากเครื่องวัดพิกัด 3 มิติแล้ว จากนั้นผู้ใช้ก็เก็บไฟล์ที่แยกแล้วเพื่อไปใช้งานต่อไป



รูปที่ 6.12 โปรแกรมอ่านจดหมายเมื่อถอดความจากจดหมายที่ได้

6.2.4 ระบบแม่ข่ายและลูกข่ายของระบบแสดงภาพกราฟฟิกในเวลาจริง

ข้อด้อยอันหนึ่งของการใช้กล้องเพื่อช่วยในการปฏิบัติการระยะไกลสำหรับระบบวัดพิกัด 3 มิติก็คือ กล้องไม่สามารถให้ภาพการทำงานของระบบที่ชัดเจนทุกมุมมองได้ ผู้วิจัยได้เลือกใช้ระบบแสดงผลด้วยคอมพิวเตอร์กราฟฟิกซึ่งจะแสดงตำแหน่งหัวอ่านเสมือนและพื้นผิวที่วัดได้ในเวลาจริง ระบบนี้ใช้ข้อมูลการเคลื่อนที่ของหัวอ่านและพื้นผิวที่ส่งตรงมาจากส่วนเครื่องจักรของระบบวัดพิกัดโดยตรง

คำว่าเวลาจริง ในที่นี้หมายถึงเป็นการสร้างภาพด้วยข้อมูลที่ได้จากการวัดจริงโดยมิได้เตรียมการก่อน และทำในทันทีที่ได้ข้อมูลจากเครื่องวัด ต่างจากการแสดงผลในเวลาที่ตรงกับการทำงานจริงดังงานวิจัยอื่น ซึ่งจะต้องทำการแสดงผลจากข้อมูลการจำลองการทำงานของระบบ (Predictive Display) ระบบเช่นนั้นใช้ไม่ได้ในระบบการวัดเนื่องจากไม่สามารถรับรู้ผลของการวัดล่วงหน้าได้

ระบบนี้ผู้วิจัยได้เขียนขึ้นมาทั้งส่วนโปรแกรมแม่ข่ายและลูกข่ายด้วยโปรแกรม Delphi (ภาษา Object Pascal) โดยได้ออกแบบให้ใช้โปรโตคอล UDP ในการส่งข้อมูล เพื่อให้ทำงานได้เร็ว แม้อาจจะเกิดการสูญหายของข้อมูลได้ ซึ่งหากเกิดข้อมูลสูญหายเป็นจำนวนมาก ระบบนี้ก็ไม่สามารถทำงานได้ดี อย่างไรก็ตามระบบส่งข้อมูลด้วยจดหมายอิเลกทรอนิกส์ยังคงส่งข้อมูลที่ครบถ้วน (หัวข้อ 6.2.3) ทำให้ผู้ใช้ได้รับข้อมูลการวัดอย่างแน่นอน สำหรับคำสั่งต่างๆ ที่ใช้ในระบบนี้แสดงอยู่ในตารางที่ 6.1

ตารางที่ 6.1 คำสั่งของระบบแสดงผลด้วยคอมพิวเตอร์กราฟฟิก

คำสั่ง	ความหมาย
START	เริ่มการทำงาน
POSITION X, Y, Z	เคลื่อนหัวอ่านไปที่ตำแหน่ง X, Y, Z
SURFACE X, Y, Z	วัดพิกัดได้ที่ตำแหน่ง X, Y, Z
STOP	หยุดการทำงาน

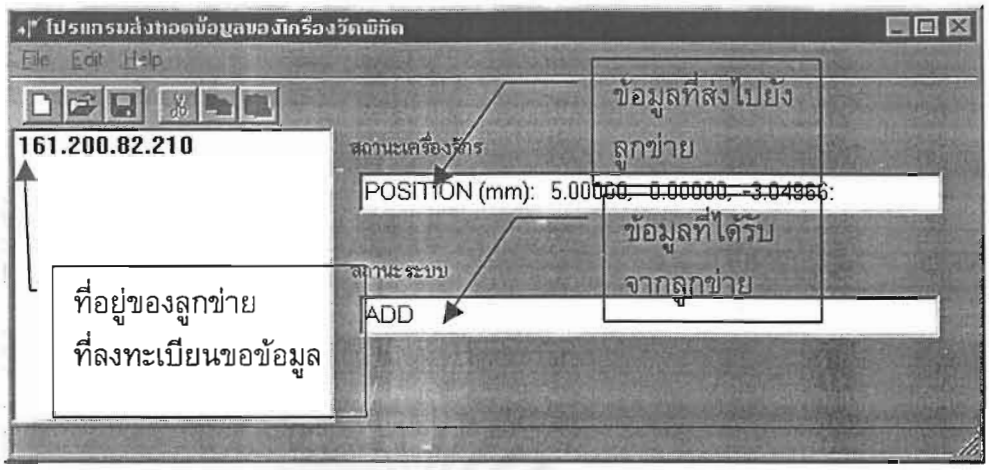
ภาพหน้าจอของโปรแกรมแม่ข่ายดังที่แสดงในรูปที่ 6.13 ประกอบด้วยข้อมูลที่แสดง 3 ส่วนคือ

1. หน้าต่างแสดงรายชื่อลูกข่ายที่ใช้บริการด้านซ้ายของหน้าจอ
2. บรรทัดแสดงสถานะเครื่องจักร จะสถานะและคำสั่งต่างๆของเครื่องวัดพิกัด
3. บรรทัดแสดงสถานะลูกข่าย แสดงสถานะและคำสั่งต่างๆของลูกข่ายที่ล่าสุด

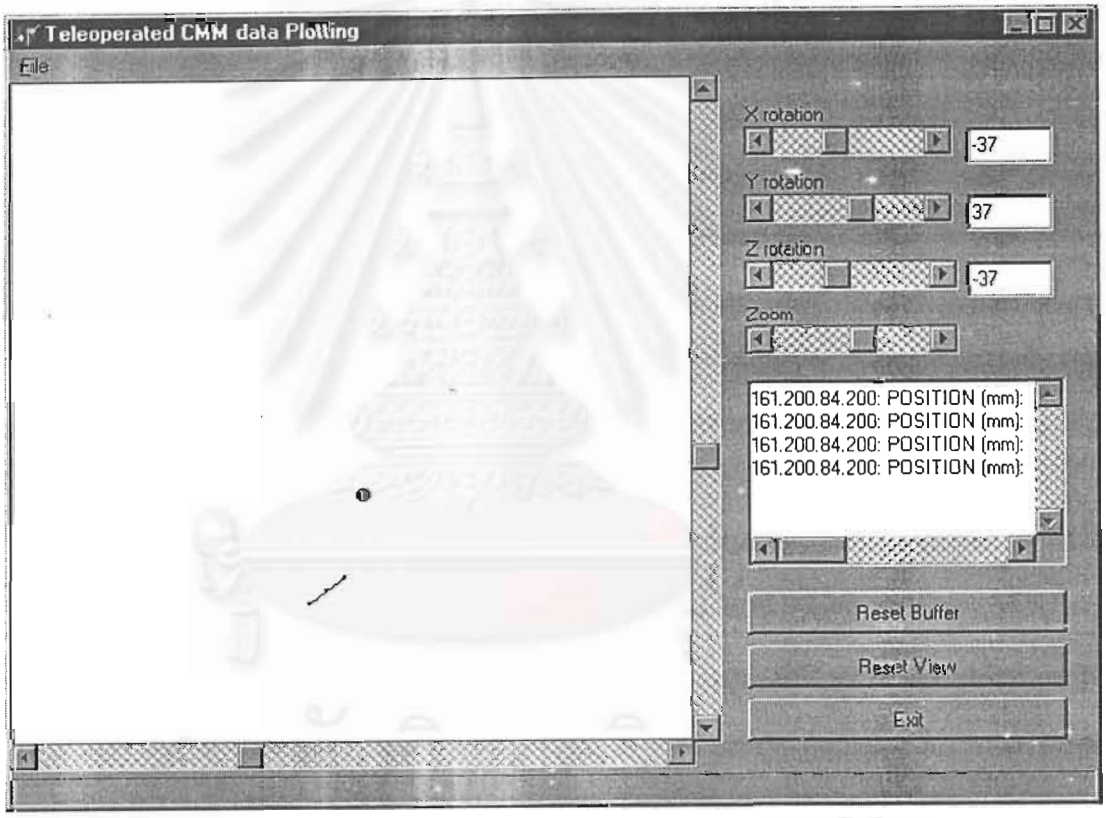
โปรแกรมแม่ข่ายจะทำงานอยู่ที่เครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายเครื่องเดียวกับระบบสั่งการด้วยเวบ โปรแกรมนี้มีขั้นตอนการทำงานดังนี้

1. รอรับข้อมูลการเคลื่อนที่ที่ได้จากการทำงานของเครื่องวัดพิกัด ที่เครื่องจะส่งข้อมูลนี้ ในขณะทำการเคลื่อนหัวอ่าน หรือเมื่ออ่านได้พื้นผิว

2. รอรับการลงทะเบียนจากโปรแกรมลูกข่ายที่ทำหน้าที่แสดงผล เมื่อได้รับแล้วจะเก็บที่อยู่ของลูกข่ายและส่งทอดข้อมูลการเคลื่อนที่และพื้นผิวให้ จนลูกข่ายบอกยกเลิก



รูปที่ 6.13 โปรแกรมแม่ข่ายของระบบแสดงผลด้วยคอมพิวเตอร์กราฟฟิกในเวลาจริง



รูปที่ 6.14 โปรแกรมลูกข่ายของระบบแสดงผลด้วยคอมพิวเตอร์กราฟฟิกในเวลาจริง

โปรแกรมลูกข่ายสำหรับใช้แสดงผลการวัดพื้นผิว ดังแสดงหน้าจอในรูปที่ 6.14 มีส่วนประกอบต่างๆดังนี้

1. จอแสดงภาพพื้นผิว อยู่ด้านซ้ายของหน้าจอ โปรแกรมจะแสดงการเคลื่อนที่ของหัวอ่านและพื้นผิวที่วัดได้ที่ส่วนนี้

2. ปุ่มหมุนภาพรอบแกน X อยู่ด้านขวาบนสุด เมื่อเลื่อนปุ่มนี้ โปรแกรมจะหมุนภาพรอบแกน X (แกนนอนของหน้าจอ)

3. ปุ่มหมุนภาพรอบแกน Y อยู่ถัดลงมา เมื่อเลื่อนปุ่มนี้ โปรแกรมจะหมุนภาพรอบแกน Y (แกนตั้งของหน้าจอ)

4. ปุ่มหมุนภาพรอบแกน Z อยู่ถัดลงมา เมื่อเลื่อนปุ่มนี้ โปรแกรมจะหมุนภาพรอบแกน Z (แกนตั้งฉากกับหน้าจอ)

5. ปุ่มย่อยขยาย(Zoom) สำหรับการย่อ-ขยายรูป 3 เท่าจากขนาดเริ่มแรก

6. จอแสดงคำสั่ง โปรแกรมจะแสดงคำสั่งต่าง ๆที่ได้รับจากเครื่องแม่ข่ายที่ส่วนนี้

7. ปุ่ม Reset Buffer ใช้ในการล้างข้อมูลในหน่วยความจำ

8. ปุ่ม Reset View ใช้ในการเปลี่ยนมุมมอง เป็นภาพด้านบนของเครื่องวัดพิกัด

9. ปุ่ม Exit หรือ เมนู File-Exit ใช้เมื่อต้องการออกจากโปรแกรม

สำหรับขั้นตอนการทำงานหลักของโปรแกรมแสดงผลนี้มีดังนี้

1. เริ่มโปรแกรมโดยการเรียกเป็นโปรแกรมเสริมของเวบบราวเซอร์ โปรแกรมแสดงผลอ่านข้อมูลจากเครื่องแม่ข่ายที่ส่งผ่าน เวบบราวเซอร์

2. ส่งคำสั่งลงทะเบียนไปยังโปรแกรมแม่ข่ายแม่ข่ายจะรับทราบและส่งข้อมูลให้เมื่อได้ข้อมูลการเคลื่อนที่จากเครื่องวัดพิกัด

3. อ่านข้อมูลการเคลื่อนที่ของเครื่องวัดพิกัดที่ได้จากโปรแกรมแม่ข่าย

4. กรณีที่เป็นการเคลื่อนที่ ให้กำหนดตำแหน่งหัวอ่านใหม่ ตามข้อมูลที่ได้

5. กรณีที่เป็นข้อมูลพื้นผิว ให้กำหนดเพิ่มจุดบนพื้นผิวใหม่ตามข้อมูลอ่านที่ได้

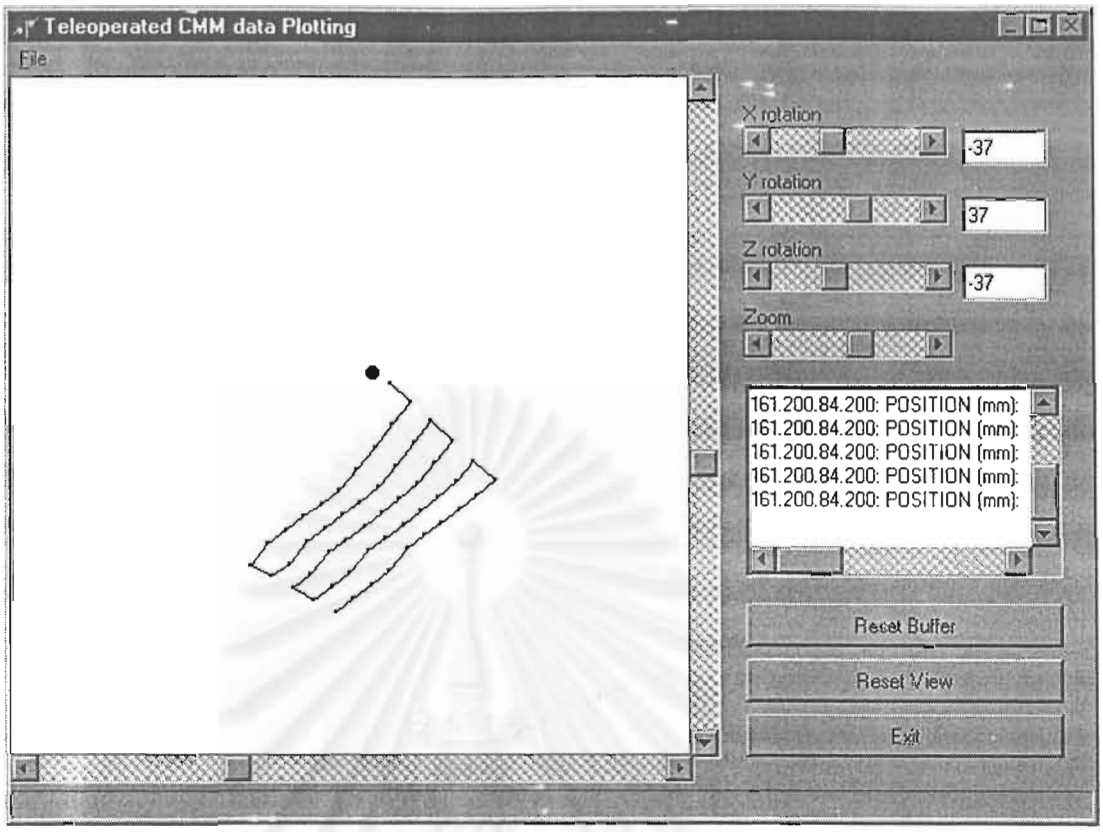
6. นำข้อมูลพื้นผิวและตำแหน่งหัวอ่านมาแปลงเป็นมุมมอง 3 มิติของผู้ใช้ โดยการคูณกับเมตริกซ์การแปลง(Homogeneous Transformation Matrix) (Foley et al., 1996)

7. เมื่อได้จุดที่แปลงพิกัดแล้ว วาดจุด เส้นเชื่อมแสดงเส้นทางเดิน และหัวอ่าน

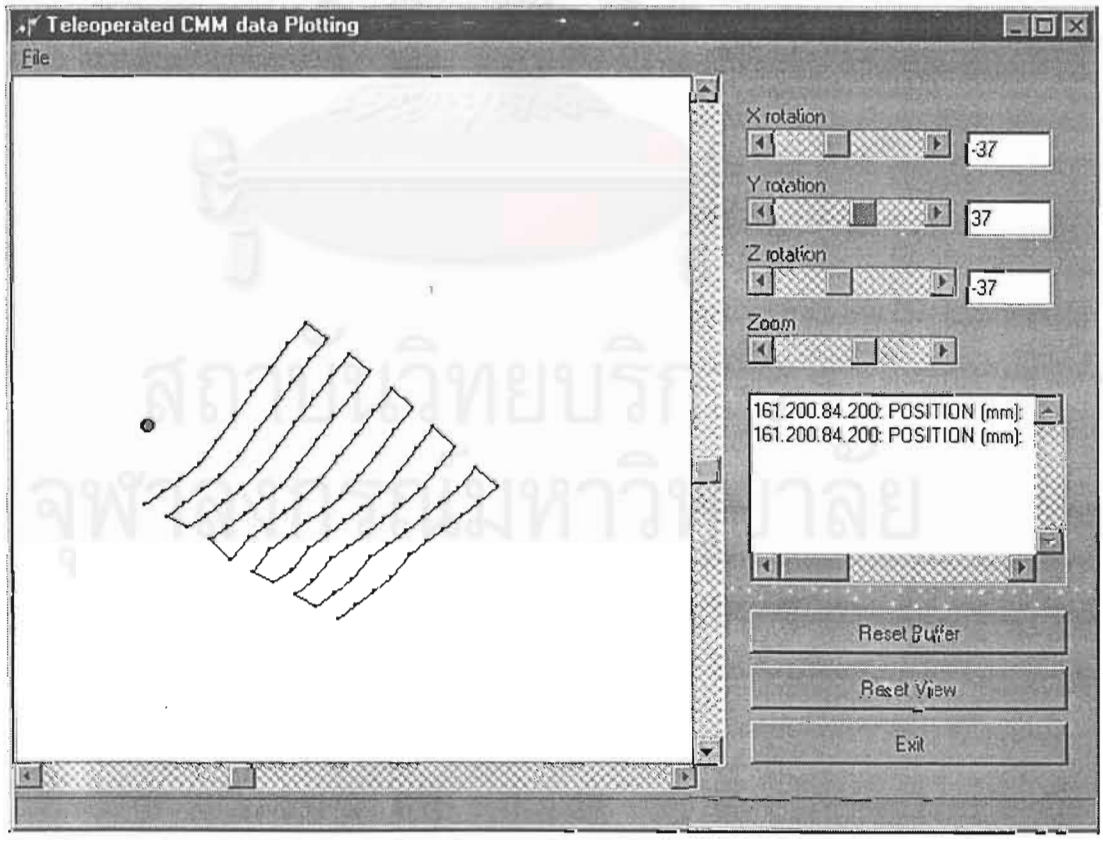
8. ถ้าผู้ใช้มีการเปลี่ยนมุมมอง จะทำการวาดภาพพื้นผิวใหม่แล้วไปที่ข้อ 4

9. กลับไปข้อ 3. เพื่อรอข้อมูลเข้า

ในรูปที่ 6.15 และ 6.16 จะแสดงหน้าจอของโปรแกรมที่กำลังทำงานและเมื่อทำงานเสร็จแล้ว ตามลำดับ



รูปที่ 6.15 โปรแกรมลูกข่ายขณะทำงานไปได้ 51 จุด จากคำสั่ง 100 จุด



รูปที่ 6.16 โปรแกรมลูกข่ายเมื่อทำงานครบ 100 จุด

บทที่ 7
การทดลองระบบ

7.1 ความนำ

ในวิธีทดลองระบบที่ได้สร้างขึ้นนั้น ทำการทดลองเพื่อยืนยันว่าระบบที่สร้างสามารถเรียกใช้ได้จากอินเตอร์เน็ตจริงๆ จึงทำการทดลองจากสภาวะการทดลองที่ต่างกันสองสภาวะ การทดลองแรก จะทดลองจากบริการของบริษัทให้บริการอินเตอร์เน็ตแห่งหนึ่ง(เพื่อความสะดวก ต่อไปจะเรียกบริษัทให้บริการอินเตอร์เน็ตว่า ISP โดยย่อมาจาก Internet Service Provider) เพื่อเป็นการทดสอบดูว่าระบบที่สร้างขึ้นใช้กับอินเตอร์เน็ตได้จริง และการทดลองที่สองจะทดลองใช้จากเครื่องลูกข่ายซึ่งต่อเข้ากับเครือข่ายเดียวกับระบบแม่ข่ายและเครื่องจักร เพื่อทดสอบหาผลการทำงานในสภาพเครือข่ายที่ดีที่สุด(จะเรียกเครือข่ายนี้ว่าเครือข่ายภายใน)

7.2 สภาพการติดตั้งระบบ

1. เครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายเวบของระบบกล้อง ระบบวัดพิกัด และระบบแสดงผลด้วยคอมพิวเตอร์กราฟฟิกในเวลาจริง(จะเรียกว่าระบบคอมพิวเตอร์กราฟฟิก) เป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ไมโครโปรเซสเซอร์แบบ Intel Pentium ความเร็ว 166 เมกะเฮิร์ตส์ ใช้ระบบปฏิบัติการวินโดวส์ 98

2. เครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายรับส่งจดหมายอิเลกทรอนิกส์ เป็นเครื่องที่ใช้ไมโครโปรเซสเซอร์แบบ Intel Pentium ความเร็ว 166 เมกะเฮิร์ตส์ ใช้ระบบปฏิบัติการ Linux(Distribution: Mandrake 6.1, Kernel version: 2.2.13)

3. เครื่องคอมพิวเตอร์ควบคุมสำหรับเครื่องวัดพิกัด 3 มิติ เป็นเครื่องเดิมแต่เปลี่ยนโปรแกรมควบคุมเป็นโปรแกรมที่เขียนขึ้นใหม่ ทำงานบนระบบปฏิบัติการ DOS

ระบบแม่ข่ายทั้งหมดตั้งอยู่ห้องปฏิบัติการ ดึกโคลัมโบ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทั้งสามเครื่องต่อกับเครือข่ายอินเตอร์เน็ตผ่านแผงวงจรเครือข่ายแบบอีเทอร์เน็ต(Ethernet) ความเร็ว 10 เมกะบิตต่อวินาที

เครื่องลูกข่ายในการทดลอง เป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ Intel Pentium ความเร็ว 166 เมกกะเฮิร์ตส์ ใช้ระบบปฏิบัติการ วินโดวส์ 98 โปรแกรมเวบบราวเซอร์ทดลองทั้ง Internet Explorer และ Netscape Navigator ซึ่งให้ผลไม่แตกต่างกัน แต่เพื่อการเปรียบเทียบกันได้ การทดลองครั้งนี้ใช้โปรแกรม Internet Explorer 5.0 ในการทดลอง

7.3 จุดประสงค์ในการทดลอง

1. เพื่อแสดงให้เห็นว่าระบบทำงานกับอินเตอร์เน็ตได้จริง เมื่อใช้บริการจากบริษัทผู้ให้บริการอินเตอร์เน็ต

2. เมื่อวัดผลการทำงานของระบบที่เรียกจากเครือข่ายภายใน หาสมรรถนะของระบบในสภาพเครือข่ายที่ดีที่สุด

3. สังเกตุปัญหาที่เกิดกับระบบ เพื่อปรับปรุงแก้ไข

7.4 วิธีทดลอง

ใช้วิธีทดลองเดียวกันทั้งสองการทดลอง ดังนี้

1. ทดลองหาเวลาหน่วงโดยใช้โปรแกรม ping และหาเส้นทางเดินของข้อมูลโดยใช้โปรแกรม tracert จากเครื่องลูกข่ายไปยังเครื่องแม่ข่าย(camera.eng.chula.ac.th 161.200.84.200) เพื่อใช้เป็นข้อมูลบ่งชี้สภาพเครือข่ายเบื้องต้น

2. เรียกระบบกล้อง ทดลองหมุนกล้องไปมาประมาณ 30 องศา และวัดเวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มสั่งจนได้ภาพที่หมุนไปแล้ว เคลื่อนที่ไปมา 15 ครั้ง จับเวลาที่ใช้แต่ละครั้ง

3. เรียกระบบวัดพิกัด 3 มิติ ทดลองสั่งการให้ระบบวัดพิกัดชิ้นงานแบบจุดเดียว เคลื่อนที่ไปมา 15 ครั้ง จับเวลาที่ใช้แต่ละครั้ง

4. เรียกระบบวัดพิกัด 3 มิติ ทดลองสั่งการให้ระบบวัดพิกัดชิ้นงานแบบชุด 15 ครั้ง ติดต่อกัน จับเวลาที่ใช้แต่ละครั้ง โดยดูจากเวลาที่บันทึกจดหมายอิเลกทรอนิกส์ ดูความครบถ้วนของข้อมูลที่ได้จากจดหมายอิเลกทรอนิกส์ เปรียบเทียบกับการทำงานของระบบคอมพิวเตอร์กราฟฟิก อนึ่งเวลาที่บันทึกเป็นเวลาผู้ส่งที่เริ่มส่ง ดังนั้นเวลาที่วัดได้เป็นเวลาการทำงานของเครื่องวัดพิกัดกับเครื่องแม่ข่ายเวบเท่านั้น

7.5 ผลการทดลอง

7.5.1 ผลการทดลองที่ 1 ทดลองระบบจากบริการของ ISP

เมื่อทดลองกับบริการอินเตอร์เน็ตภายนอก จะใช้โมเดมความเร็ว 28.8 กิโลบิตต่อวินาทีในการต่อกับ ISP สิ่งที่ต้องตระหนักถึงก็คือคุณภาพการเชื่อมต่อเครือข่ายอินเตอร์เน็ตของ ISP ต่างๆ มีความแตกต่างกันมาก ตามราคาและประเภทของบริการ และผลการทดลองขึ้นกับปัจจัยดังกล่าวด้วย การทดลองนี้สั่งให้เครื่องรับส่งจดหมายอิเลกทรอนิกส์ทำการส่งผลไปที่ ที่อยู่ thitis@thaimail.com ซึ่งเป็นที่อยู่นอกเครือข่ายของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการทดลองที่ 1.1

หาเวลาหน่วงโดยใช้โปรแกรม ping และหาเส้นทางเดินของข้อมูลโดยใช้โปรแกรม traceroute หรือ tracert

```
Pinging 161.200.84.200 with 32 bytes of data:

Reply from 161.200.84.200: bytes=32 time=328ms TTL=115
Reply from 161.200.84.200: bytes=32 time=486ms TTL=115
Reply from 161.200.84.200: bytes=32 time=268ms TTL=115
Reply from 161.200.84.200: bytes=32 time=363ms TTL=115
Reply from 161.200.84.200: bytes=32 time=396ms TTL=115
Request timed out.
Reply from 161.200.84.200: bytes=32 time=325ms TTL=115
Request timed out.
Reply from 161.200.84.200: bytes=32 time=382ms TTL=115
Reply from 161.200.84.200: bytes=32 time=278ms TTL=115
Ping statistics for 161.200.84.200:
    Packets: Sent = 10, Received = 8, Lost = 2(20% loss),
Approximate round trip times in milli-seconds:
    Minimum = 268ms, Maximum =  486ms, Average =  282ms
```

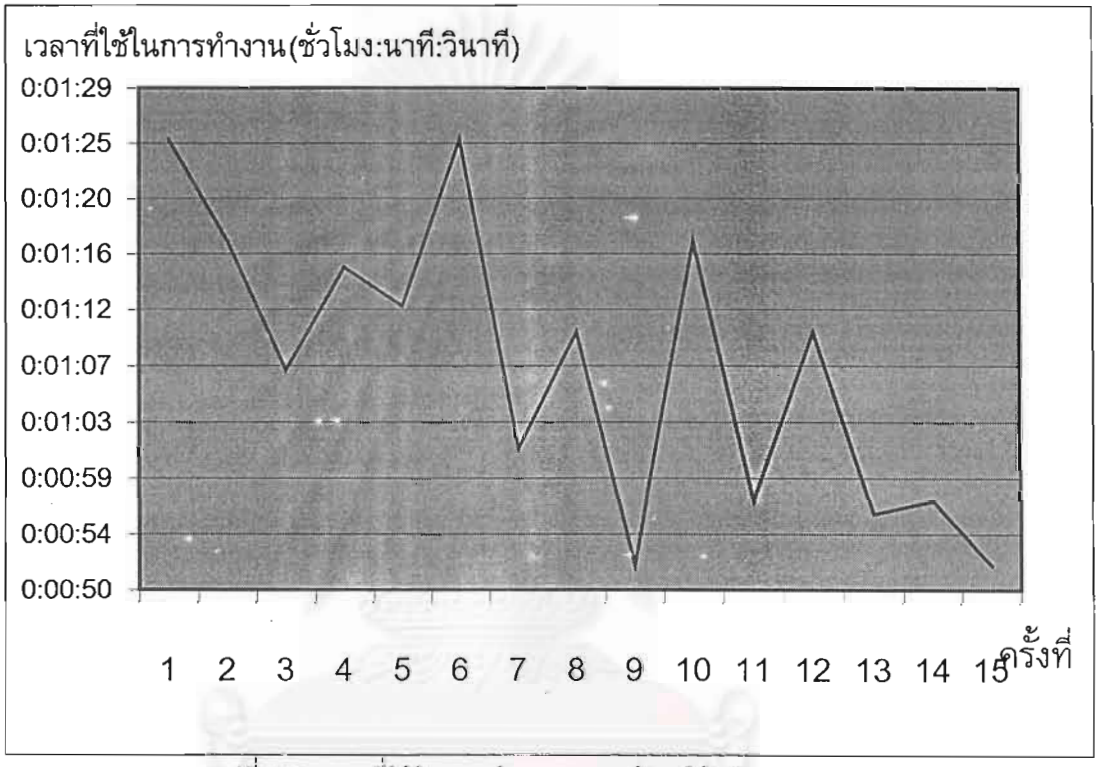
รูปที่ 7.1 ผลการการหาเวลาตอบสนองของเครื่องแม่ข่าย ใช้บริการของ ISP

```
Tracing route to CAMERA [161.200.84.200]
over a maximum of 30 hops:

  1    140 ms   134 ms   133 ms  202.183.248.134
  2    138 ms   134 ms   133 ms  202.183.199.227
  3    132 ms   134 ms   131 ms  202.183.199.225
  4    205 ms   143 ms   140 ms  pie2-ta-cs.cscoms.com
[202.183.255.230]
  5    165 ms   191 ms   141 ms  cat-pie.nectec.or.th
[202.44.206.36]
  6    313 ms   420 ms   229 ms  202.47.255.65
  7    248 ms   288 ms   369 ms  202.47.255.20
  8    348 ms   396 ms   338 ms  202.28.18.125
  9    328 ms   389 ms   285 ms  202.28.18.35
 10    322 ms   195 ms   232 ms  uninet-gw.chula.ac.th
[202.28.0.254]
 11    386 ms   258 ms   210 ms  f9-0-0-8540-
adm.netserv.chula.ac.th [161.200.255.174]
 12    261 ms   314 ms     *     g0-0-0124-8510-
prm.netserv.chula.ac.th [161.200.255.177]
 13    224 ms   248 ms   253 ms  161.200.255.157
 14    228 ms   213 ms   206 ms  CAMERA [161.200.84.200]

Trace complete.
```

รูปที่ 7.2 ผลการการหาเส้นทางไปยังเครื่องแม่ข่าย ใช้บริการของ ISP

จากผลการทดลองโดยส่งข้อมูล 10 ชุด ได้ข้อมูลตอบกลับ 8 ชุด ใช้เวลาเดินทางเฉลี่ย 282 มิลลิวินาที การหาเส้นทางด้วยโปรแกรม tracert พบว่าเครื่องผ่านเครือข่ายหรือตัวหาเส้นทางรวม 13 แห่ง(ไม่นับเครื่องปลายทาง)

ผลการทดลองที่ 1.2

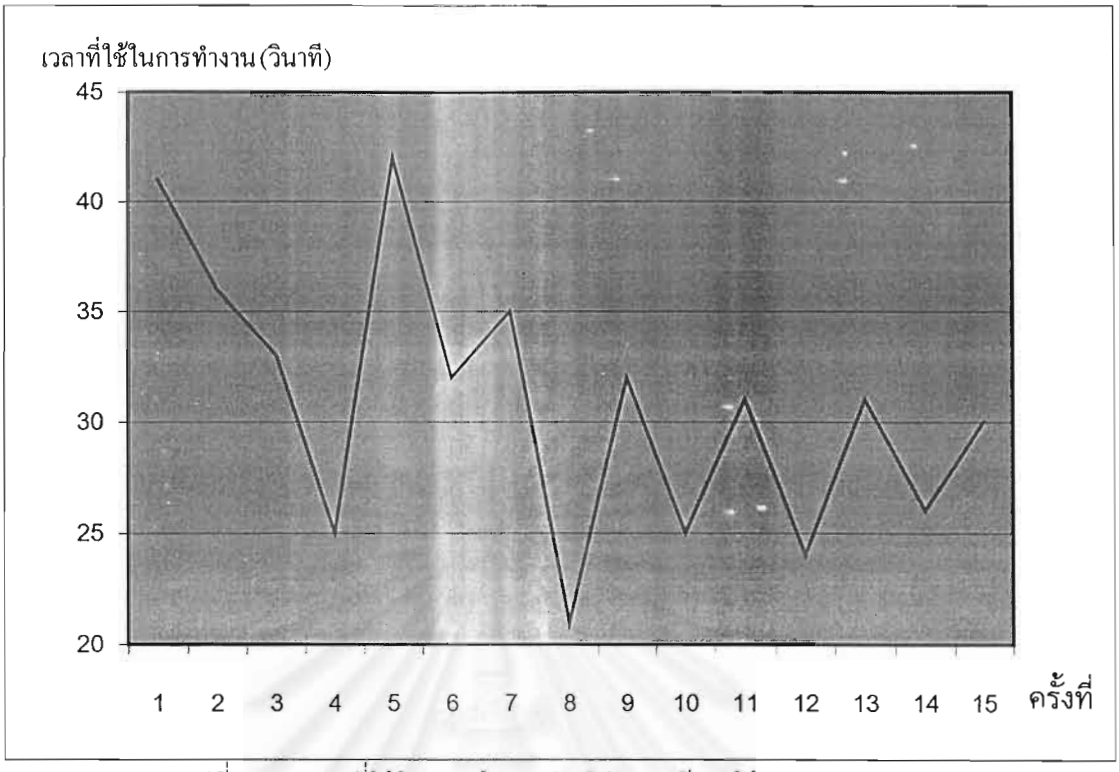


รูปที่ 7.3 เวลาที่ใช้ในการทำงานของกล้อง ใช้บริการของ ISP

ระบบใช้เวลาเฉลี่ย 1 นาที 8 วินาทีในการเคลื่อนที่ของกล้องแต่ละครั้ง รูปที่ 7.3 แสดงผลการจับเวลาการทำงาน

ผลการทดลองที่ 1.3

ใช้เวลาในการสั่งการ เคลื่อนที่ วัดจุดเดียวจนถึงได้ผลกลับ เฉลี่ย 30.93 วินาที รูปที่ 7.4 แสดงผลการจับเวลาการทำงาน

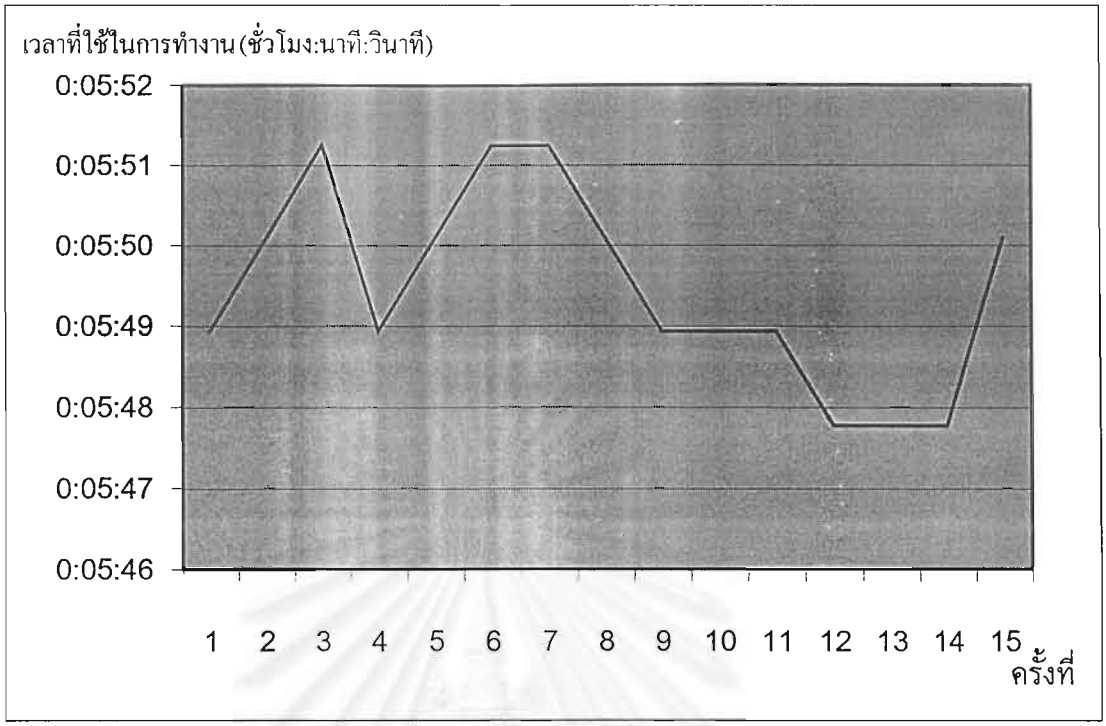


รูปที่ 7.4 เวลาที่ใช้ในการทำการวัดพิกัดจุดเดียว ใช้บริการของ ISP

ผลการทดลองที่ 1.4

ป้อนคำสั่งวัดแบบชุดให้กับระบบโดยมีจุดที่วัดดังนี้ จุดเริ่มวัด 0,0(มิลลิเมตร), จุดสิ้นจุด 25,25(มิลลิเมตร), จำนวนจุดในแกน X 5 จุด, จำนวนจุดในแกน Y 5 จุด และ ทิศทางการวัด ขนานแกน X ก่อน

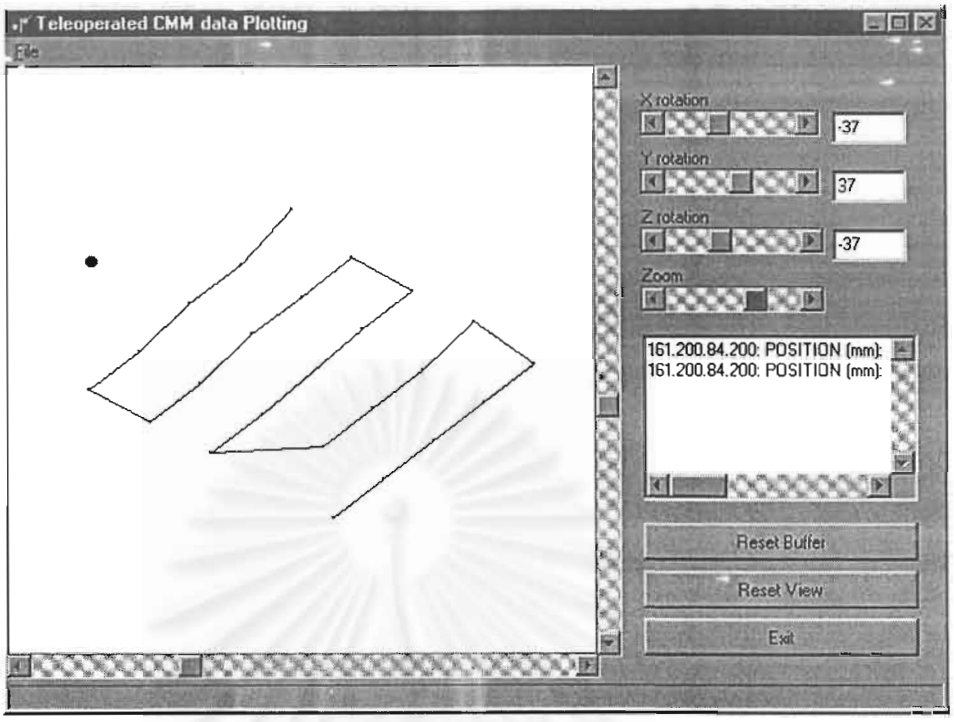
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 7.5 เวลาที่ใช้ในการทำการวัดพิกัดแบบชุด ใช้บริการของ ISP

ระบบใช้เวลาเฉลี่ย 5 นาที 49 วินาทีในการวัดแต่ละชุด จดหมายอิเลกทรอนิกส์ที่ได้มีผลการวัดในแบบของ CATIA แนบมาครบทุกฉบับ แต่ระบบจดหมายอิเลกทรอนิกส์สาธารณะที่ใช้ทดลองคือ www.thaimail.com(A.R. Information & Publication Co. LTD., 2000) ทำไฟล์ของ AutoCad ที่แนบมาหายไป ส่วนระบบคอมพิวเตอร์กราฟฟิก เกิดปัญหาได้ข้อมูลไม่ครบ ทำให้แสดงภาพขาดหายไปบางส่วน รูปที่ 7.5 แสดงผลการจับเวลาการทำงาน และรูปที่ 7.6 แสดงตัวอย่างของผลการทำงานดังกล่าว สามารถสังเกตุเห็นจุดที่ขาดไปทำให้เส้นที่วาดขึ้นผิดเพี้ยนไป(ดูรูปที่สมบูรณ์ได้จากรูปที่ 7.14) ทำให้มุมหนึ่งมีลักษณะแหลม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 7.6 ตัวอย่างหนึ่งที่ได้ จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์กราฟฟิก

7.5.2 การทดลองที่ 2 ทดลองระบบจากเครือข่ายภายใน

การทดลองจะใช้แผงวงจรเครือข่ายความเร็ว 10 เมกะบิตต่อวินาทีในการเชื่อมต่อกับกับเครือข่ายภายใน การทดลองนี้สั่งให้เครื่องรับส่งจดหมายอิเลกทรอนิกส์ทำการส่งผลไปที่ ที่อยู่ thitis@kankrow.eng.chula.ac.th เป็นที่อยู่ในเครือข่ายของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
     Pinging 161.200.84.200 with 32 bytes of data:

Reply from 161.200.84.200: bytes=32 time=1ms TTL=255
Reply from 161.200.84.200: bytes=32 time=1ms TTL=255
Reply from 161.200.84.200: bytes=32 time=1ms TTL=255
Reply from 161.200.84.200: bytes=32 time=1ms TTL=255
Reply from 161.200.84.200: bytes=32 time=1ms TTL=255
Reply from 161.200.84.200: bytes=32 time=1ms TTL=255
Reply from 161.200.84.200: bytes=32 time=1ms TTL=255
Reply from 161.200.84.200: bytes=32 time=1ms TTL=255
Reply from 161.200.84.200: bytes=32 time=1ms TTL=255
Reply from 161.200.84.200: bytes=32 time=1ms TTL=255

Ping statistics for 161.200.84.200:
    Packets: Sent = 10, Received = 10, Lost = 0(0% loss),
Approximate round trip times in milli-seconds:
    Minimum = 1ms, Maximum =  1ms, Average =  1ms
```

รูปที่ 7.7 ผลการการหาเวลาตอบสนองของเครื่องแม่ข่าย ใช้เครือข่ายภายใน

```
Tracing route to 161.200.84.200 over a maximum of 30 hops

  1     2 ms     1 ms     2 ms  161.200.84.200

Trace complete.
```

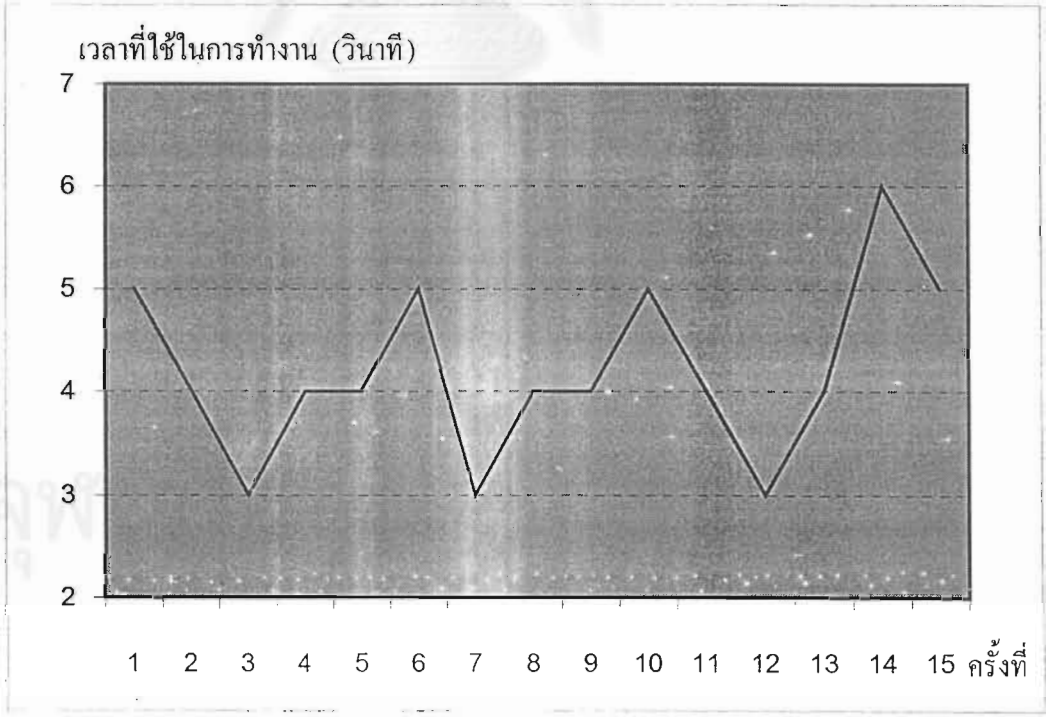
รูปที่ 7.8 ผลการหาเส้นทางไปยังเครื่องแม่ข่าย ใช้เครือข่ายภายใน

ผลการทดลองที่ 2.1

จากผลการทดลองในรูปที่ 7.7 ข้อมูลที่ส่งไป 10 ชุด ได้ข้อมูลตอบกลับครบ 10 ชุด ใช้เวลาเดินทางเท่าๆกันชุดละ 1 มิลลิวินาที ในรูปที่ 7.8 แสดงผลการหาเส้นทางด้วยโปรแกรม tracert พบว่าเครื่องอยู่ในเครือข่ายเดียวกัน สามารถติดต่อได้โดยตรง ไม่ต้องมีการหาเส้นทาง

ผลการทดลองที่ 2.2

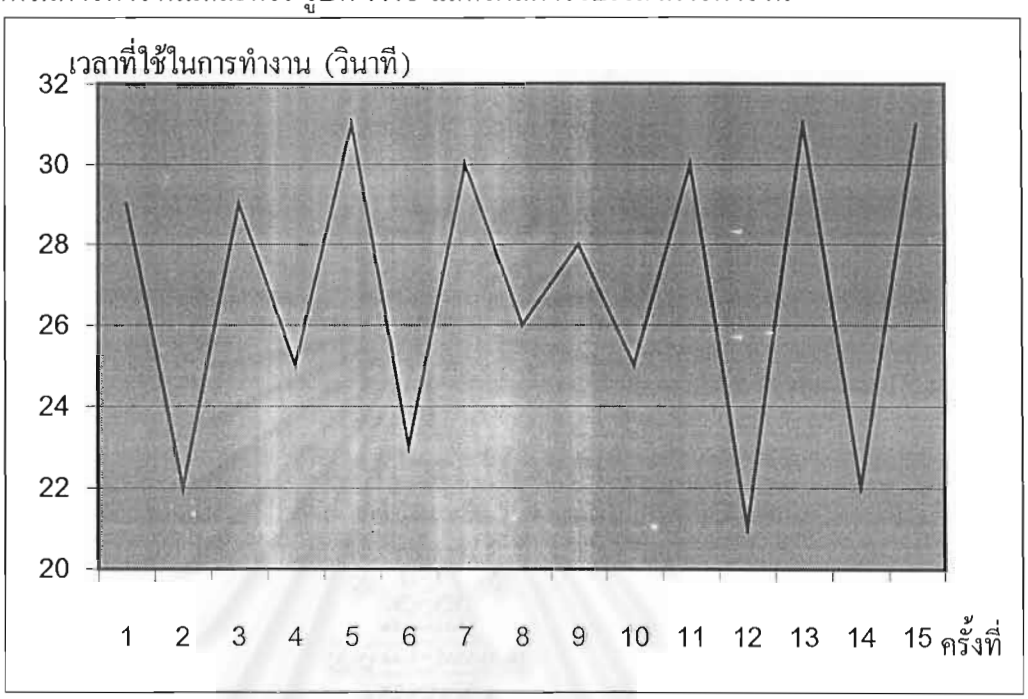
ระบบใช้เวลาเฉลี่ย 4.2 วินาทีในการเคลื่อนที่ของกล้องแต่ละครั้ง รูปที่ 7.9 แสดงผลการจับเวลาการทำงาน



รูปที่ 7.9 เวลาที่ใช้ในการทำงานของกล้อง ใช้เครือข่ายภายใน

ผลการทดลองที่ 2.3

ใช้เวลาในการสั่งการ เคลื่อนที่ วัดจุดเดียวจนถึงได้ผลกลับ ใช้เวลาเฉลี่ย 26.87 วินาทีในการทำงานแต่ละครั้ง รูปที่ 7.10 แสดงผลการจับเวลาการทำงาน

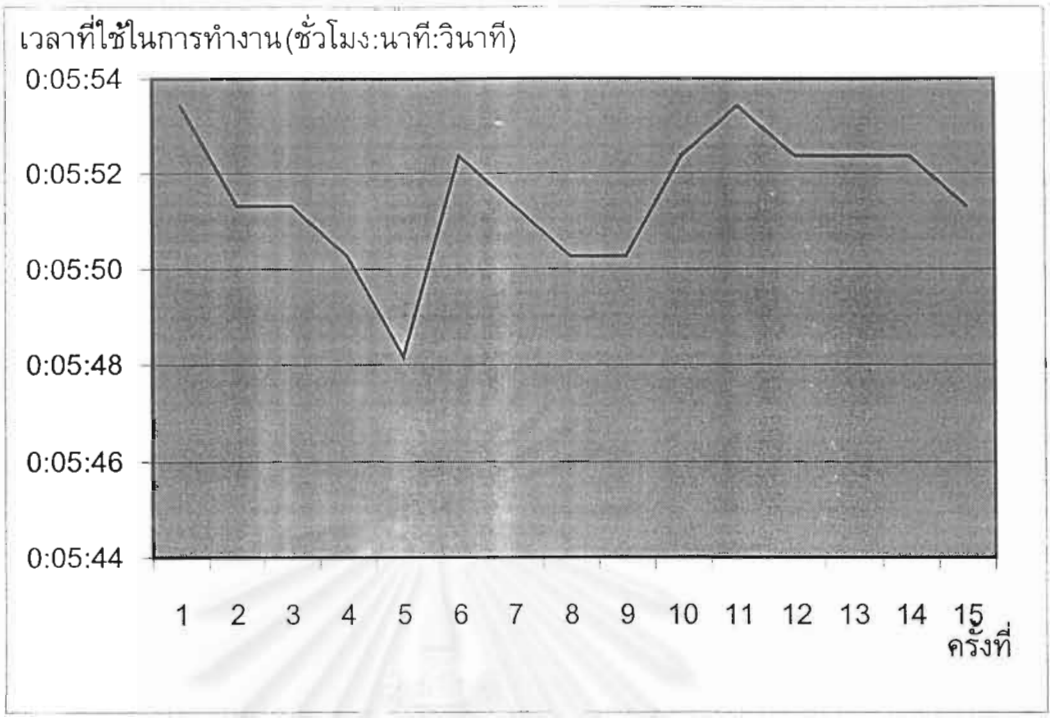


รูปที่ 7.10 เวลาที่ใช้ในการทำการวัดพิกัดจุดเดียว ใช้เครือข่ายภายใน

ผลการทดลองที่ 2.4

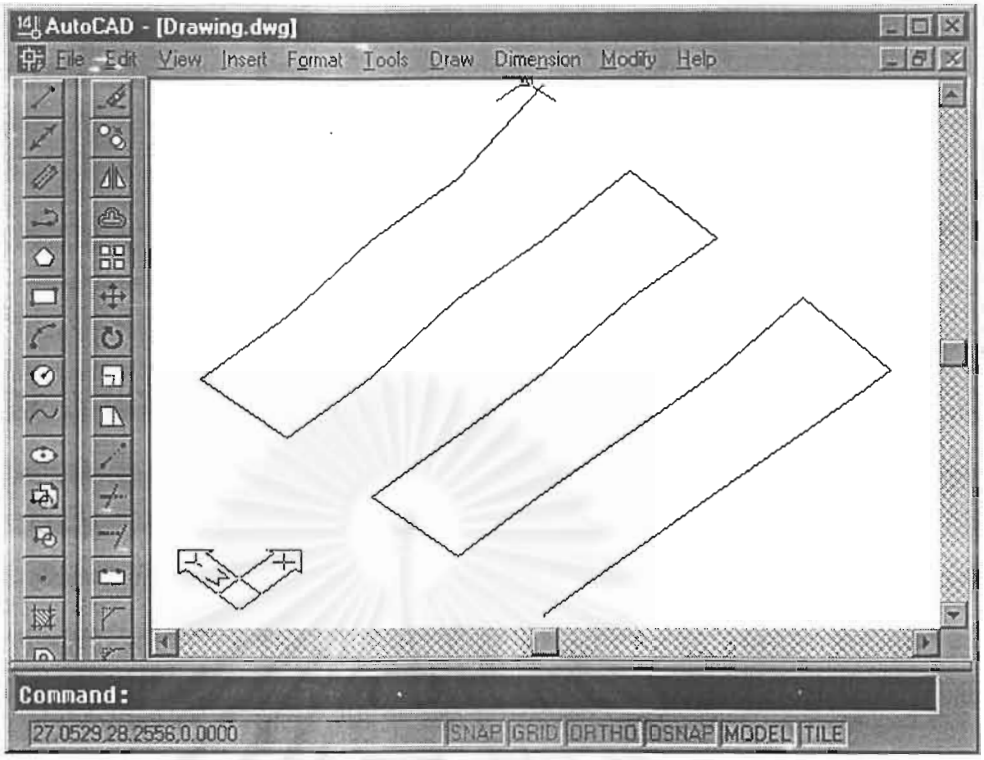
ป้อนคำสั่งวัดแบบชุดให้กับระบบโดยมีจุดที่วัดดังนี้ จุดเริ่มวัด 0,0(มิลลิเมตร), จุดสิ้นจุด 25,25(มิลลิเมตร), จำนวนจุดในแกน X 5 จุด, จำนวนจุดในแกน Y 5 จุด, ทิศทางการวัด ขนานแกน X ก่อน เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1.4

ระบบใช้เวลาเฉลี่ย 5 นาที 51 วินาทีในการวัดแต่ละชุด รูปที่ 7.11 แสดงผลการจับเวลาการทำงาน จดหมายอิเลกทรอนิกส์ที่ได้มีผลแนบมาครบทุกฉบับทั้งไฟล์ของ CATIA และ AutoCAD ดังแสดงด้วย AutoCAD ในรูปที่ 7.13 ระบบแสดงผลด้วยคอมพิวเตอร์กราฟฟิกในเวลาจริง ไม่พบปัญหา สามารถสร้างภาพได้ครบและได้แสดงเพื่อเปรียบเทียบกับรูปของ AutoCAD ในรูปที่ 7.14

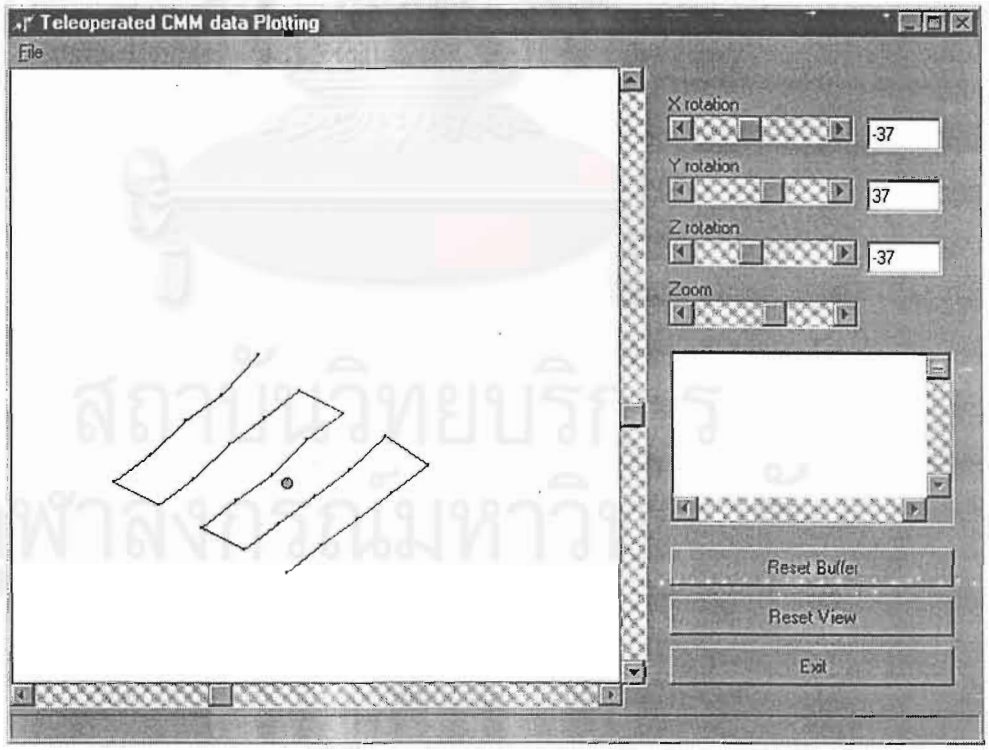


รูปที่ 7.11 เวลาที่ใช้ในการทำการวัดพิกัดแบบชุด ใช้เครือข่ายภายใน

รูปที่ 7.12 จดหมายอิเลกทรอนิกส์ที่ได้รับจากการวัดแบบชุด



รูปที่ 7.13 ข้อมูลจากการวัดแบบชุดที่นำมาเปิดในโปรแกรม AutoCAD



รูปที่ 7.14 ภาพคอมพิวเตอร์กราฟฟิกที่ได้รับจากการวัดแบบชุด

7.6 อภิปรายผลการทดลอง

การทดลองที่ 1.1 และ 2.1 เป็นการทดลองเบื้องต้นเพื่อแสดงให้เห็นว่าเครื่องคอมพิวเตอร์สองเครื่องที่อยู่ห่างไกลกันในทางเครือข่ายนั้น มักจะเกิดเวลาหน่วงในการส่งแพ็กเกตมากและยังมีโอกาสเกิดแพ็กเกตสูญหายได้มากกว่าอีกด้วยผลของการทดลอง อันนี้จะเป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับศึกษาการทดลองต่อๆไป

พิจารณาจากการทดลองที่ 1.2 และ 1.3 จะเห็นได้ว่าระบบกล้องและระบบวัดพิกัดแบบจุดเดียว ซึ่งใช้รูปแบบการควบคุมระดับสูงและใช้โปรโตคอล TCP ในการส่งข้อมูล สามารถทำงานได้ในสภาพเครือข่ายที่มีแพ็กเกตสูญหายได้ แต่ก็ต้องใช้เวลามากในการส่งข้อมูล จะสังเกตุได้ว่าเวลาของการวัดพิกัดจุดเดียว(30.93 วินาที)มีค่าน้อยกว่าเวลาเฉลี่ยของการใช้ระบบกล้อง(1 นาที 8 วินาที) เพราะว่าปริมาณข้อมูลที่ส่งข้ามเครือข่ายอินเตอร์เน็ตมีน้อยกว่า แม้จะมีขั้นตอนการทำงานที่ซับซ้อนกว่าก็ตาม

เมื่อทดลองการทดลองที่ 1.4 พบว่าแพ็กเกตสูญหายมีผลกับข้อมูลที่ส่งด้วยโปรโตคอล UDP กล่าวคือข้อมูลที่โปรแกรมแม่ข่ายของระบบคอมพิวเตอร์กราฟฟิกหายไป ทำให้โปรแกรมแสดงผลไม่ถูกต้อง ดังตัวอย่างที่ยกมาแสดง มีจุดหายไปสองจุด ข้อมูลชุดเดียวกันที่ส่งผ่านระบบจดหมายอิเลกทรอนิกส์นั้นสามารถอ่านได้ครบ ถึงแม้ไฟล์ของ AutoCAD ไม่สามารถอ่านได้จากระบบจดหมายอิเลกทรอนิกส์ที่เลือกใช้ แต่นั่นเป็นปัญหาของโปรแกรมของผู้ให้บริการจดหมาย เมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลองที่ 2.4 ในสภาพที่ดีที่สุด ผู้ใช้ได้ภาพจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์กราฟฟิกและได้ข้อมูลที่ส่งผ่านจดหมายอิเลกทรอนิกส์ครบถ้วนตามต้องการ ข้อบกพร่องของการเปรียบเทียบการทดลองที่ 1.4 และการทดลองที่ 2.4 ก็คือไม่สามารถระบบเวลาที่เครื่องรับจดหมายที่ปลายทางได้รับจดหมายครบถ้วนได้ เวลาที่นำมาแสดงจึงเป็นเวลาที่เครื่องวัดพิกัดทำงานในแต่ละรอบเท่านั้น ซึ่งไม่มีผลแตกต่างที่มีนัยสำคัญ เวลาที่ใช้สูงสุดและต่ำสุดในการวัดแบบชุดมีค่าประมาณ 5 วินาที สันนิษฐานว่าเกิดจากเครื่องแม่ข่ายเวบเป็นระบบวินโดวส์ซึ่งไม่สามารถระบุเวลาตอบสนองได้และการเชื่อมต่อเครื่องจักรกับเครื่องแม่ข่ายเวบก็ใช้ระบบเครือข่ายชั้นเชื่อมโยงข้อมูล(Data Link Layer) แบบอีเทอร์เน็ต(Ethernet) ซึ่งก็ไม่สามารถระบบเวลาตอบสนองได้เช่นกัน

การทดลองที่ 2.2 แสดงให้เห็นเวลาที่ใช้ในการเรียกภาพและหมุนกล้องเป็นเวลาเฉลี่ย 4.2 วินาที ซึ่งเพียงพอที่ใช้ในการสังเกตุการเคลื่อนที่ของเครื่องจักรที่ไม่เร็วมากนักหรือเครื่องจักรที่เคลื่อนที่แล้วหยุดรอเช่นการวัดพิกัดแลลจุดเดียว

เมื่อเปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยในการวัดพิกัดจุดเดียวที่ทำงานผ่านเครือข่ายภายในใช้เวลาเฉลี่ย 26.87 วินาที และเมื่อใช้ ISP ใช้เวลา 30.93 วินาที นั้นไม่แตกต่างกันมาก ทั้งที่ในระบบกล้อง ผลการทดลองที่ 1.2 และ 2.2 เปรียบเทียบแล้วให้ผลต่างกันมาก เป็นเพราะเวลา

ส่วนมากของการวัดพิกัดแบบจุดเดียวนั้นใช้ในการวัดประมาณ 20 - 25 วินาทีขึ้นกับความสูงต่ำของพื้นผิวจุดนั้นๆ และพิจารณาผลการทดลองระบบกล้องประกอบ เมื่อใช้เครือข่ายภายในระบบกล้องสามารถเรียกภาพใหม่ในอัตราที่สูงกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราเรียกภาพใหม่เมื่อใช้ ISP เป็นได้ว่าการที่เครื่องแม่ข่ายเวบใช้เวลาในการจับภาพและส่งภาพในอัตราที่สูงนั้นทำให้การทำงานของเครื่องแม่ข่ายเวบในการส่งข้อมูลการวัดจุดเดียวช้าลงอีก

7.7 สรุปผลการทดลอง

การทดลองทั้งหมดแสดงให้เห็นว่า ระบบสามารถใช้งานได้จริงในอินเตอร์เน็ต แต่อาจจะเกิดการสูญหายของข้อมูลบ้างในระบบคอมพิวเตอร์กราฟฟิกที่ส่งข้อมูลด้วยโปรโตคอล UDP ซึ่งอาจจะแตกต่างกันถ้าทำการทดลองซ้ำในสภาวะแวดล้อมต่างๆกัน ส่วนการทดลองระบบจากเครือข่ายภายในแสดงให้เห็นการทำงานในสภาพเครือข่ายที่ดีที่สุด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 8
สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

8.1 สรุปผลการวิจัย

ในการทำวิจัยนี้ ผู้เขียนได้สร้างระบบปฏิบัติการระยะไกลผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ตเพื่อเชื่อมต่อกับเครื่องวัดพิกัด 3 มิติ โดยใช้ระบบเวบเป็นฐานในการพัฒนาเป็นผลสำเร็จ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ต่างๆที่ได้พัฒนาขึ้นสามารถทำให้เครื่องวัดพิกัด 3 มิติ สามารถทำงานตามคำสั่งและส่งผลให้กับผู้ใช้ที่อยู่ห่างไกลได้ในระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ตได้

จากการทดลองพบว่า ในสภาพเครือข่ายที่มีเวลาหน่วงและการสูญหายของแพ็กเกตมาก การส่งข้อมูลด้วยโปรโตคอล TCP(เช่นระบบเวบและจดหมายอิเลกทรอนิกส์) ยังทำงานได้ แม้จะช้าก็ตาม แต่การส่งข้อมูลด้วยโปรโตคอล UDP(เช่นระบบแสดงภาพกราฟฟิกในเวลาจริง) จะไม่สามารถทำงานได้สมบูรณ์ ทั้งนี้สามารถใช้การวัดสภาพเครือข่ายด้วยโปรแกรม ping และ tracert เป็นตัวบ่งชี้ความเร็วในการทำงานของระบบในส่วนที่เกิดจากการจราจรบนเครือข่ายได้

ปัญหาที่พบยังเกิดจากการเชื่อมต่อระหว่างคนและเครื่องจักร(Human Machine Interface) ที่ยังไม่ดีพอที่จะทำให้ผู้ใช้รับรู้การทำงานของระบบได้ทั้งหมด เห็นได้ว่าการใช้เวบเป็นหลักในการสร้างระบบนั้นไม่เพียงพอที่จะสื่อสารการทำงานของเครื่องให้มนุษย์รับรู้ได้ดีถ้าเครื่องจักรทำงานอย่างต่อเนื่อง อย่างไรก็ตามเราสามารถใช้เวบเป็นหลัก และพัฒนาระบบต่อเติมจากเวบได้ตามต้องการ ดังเช่นโปรแกรมแสดงภาพกราฟฟิกในเวลาจริง

8.2 สิ่งที่ต้องคำนึงถึง

การนำระบบไปใช้ในการผลิต นั้นจำเป็นต้องทำการศึกษา วิเคราะห์ลักษณะการทำงานของเครื่องจักรแต่ละแบบก่อน สิ่งที่ต้องคำนึงถึงต่อไปนี้เป็นแนวทางที่จะช่วยให้สามารถประยุกต์ใช้ได้อย่างเหมาะสม

1. ลักษณะข้อมูลที่รับส่งตอบโต้ระหว่างคนกับเครื่องจักร เครื่องจักรที่เหมาะกับการประยุกต์ใช้ระบบปฏิบัติการระยะไกลก็คือเครื่องจักรที่มีข้อมูลเข้าหรือออกเป็นจำนวนมาก เช่นระบบวัดข้อมูล หรือระบบการทดลองต่างๆ

2. ความทันต่อเวลา ระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ไม่เหมาะกับการส่งข้อมูลให้ทันต่อเวลา(Hard Real Time) อาจจะต้องพิจารณาระบบสื่อสารอื่นๆแทน

3. ความจำเป็นต้องได้รับข้อมูลทันทีหรือไม่ ถ้าจำเป็นก็ต้องใช้ระบบที่ทำงานโต้ตอบ(Interactive) เช่นระบบเวบ ถ้าไม่เช่นนั้นอาจจะเลือกใช้ระบบส่งข้อมูลที่ไม่โต้ตอบ เช่นจดหมายอิเลกทรอนิกส์แทนได้

4. ความจำเป็นในความต่อเนื่องของข้อมูล ถ้าระบบที่ใช้ต้องการข้อมูลอย่างต่อเนื่อง ก็ควรเลือกระบบการส่งต่อเนื่องเช่นเดียวกับระบบแสดงผลด้วยคอมพิวเตอร์กราฟฟิกในเวลาจริง แต่ก็ต้องคำนึงถึงอัตราการสูญหายของแพ็กเกตด้วย และขนาดของข้อมูลที่ต้องการส่งผ่านอินเตอร์เน็ตในการส่งแบบต่อเนื่องนั้นควรมีขนาดเล็กที่สุดเท่าที่ เป็นไปได้ เพื่อให้แพ็กเกตเดินทางได้เร็วและมีการสูญหายน้อย โปรโตคอลที่มีการใช้ในการส่งข้อมูลที่ต่อเนื่องอาจจะศึกษาได้จากระบบส่งภาพและเสียงผ่านอินเตอร์เน็ตต่างๆ

8.3 ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ยังมีข้อจำกัดหลายอย่าง ข้อเสนอแนะต่อไปนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่จะทำการวิจัยในหัวข้อนี้ต่อไป

1.การพัฒนาระบบปฏิบัติการระยะไกลบนเครือข่ายภายใน(อินทราเน็ต) สภาวะแวดล้อมทางเครือข่ายบนอินเตอร์เน็ตนั้นยังมีจุดอ่อน ที่ไม่สามารถคาดเดาหรือควบคุมปริมาณการจราจรได้ แต่หากอยู่ในสภาวะที่คาดเดาหรือสามารถการควบคุมการจราจรได้ จะช่วยทำให้เราสามารถสร้างสมมุติฐานต่างๆมากขึ้นได้ เช่น

- อัตราการสูญหายของแพ็กเกตอยู่ในช่วงที่คาดเดาได้
- อัตราการสลับที่ของแพ็กเกตอยู่ในช่วงที่คาดเดาได้
- มีเวลาหน่วงที่แปรค่าแต่อยู่ในช่วงที่คาดเดาได้

ทั้งหมดนี้เป็นสมมุติฐานที่สำคัญที่จะนำไปสู่การวิจัยในการปฏิบัติการระยะไกลที่ซับซ้อนกว่านี้ได้ เช่น การควบคุมแรงของหุ่นยนต์แบบเคลื่อนที่นำ-เคลื่อนที่ตาม(Master-Slave Robot)

2.การศึกษาเรื่องการติดต่อระหว่างคนกับเครื่องจักร ดังผลของการวิจัยได้แสดงให้เห็นแล้วว่าการพัฒนาสภาวะเครือข่ายให้เป็นระบบควบคุมด้วยรูปแบบควบคุมระดับสูง(Supervisory Control) นั้นสามารถสั่งให้เครื่องจักรทำงานผ่านอินเตอร์เน็ตได้และอ่านผลได้อย่างมีเสถียรภาพ แต่ทว่ายังไม่เพียงพอต่อการปฏิบัติการระยะไกลที่ซับซ้อน การปฏิบัติการ

ระยะไกลที่สมบูรณ์นั้นจะต้องมีการติดต่อระหว่างคนและเครื่องจักรที่ใช้ง่าย เหมาะสมกับงาน และช่วยให้ผู้ใช้สามารถใช้ทักษะการทำงานในการปฏิบัติการระยะไกลได้ ซึ่งงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อนี้จะเป็นประโยชน์ในแง่การนำไปใช้จริง เช่นการศึกษาระบบเสมือนจริง(Virtual Reality) ในการควบคุมหุ่นยนต์

3.ความชาญฉลาดของเครื่องจักร(Machine Intelligence) ที่เครื่องวัดพิกัดยังต้องการการปรับตั้งจากมนุษย์เมื่อต้องการเปลี่ยนชิ้นงาน ถ้าต้องการให้ระบบทำงานได้เองอย่างสมบูรณ์ก็จำเป็นต้องสร้างกรรมวิธีตัดสินใจเพื่อแทนมนุษย์ เพื่อใช้ในการปรับตั้ง และมีการทำงานประสานกันกับเครื่องป้อนชิ้นงาน การสร้างความชาญฉลาดให้กับเครื่องจักรจะช่วยให้มนุษย์ใช้เครื่องระดับคำสั่งบนสุดได้อย่างปลอดภัย ช่วยให้การปฏิบัติการระยะไกลเป็นไปได้อย่างราบรื่น งานวิจัยที่เป็นผลเห็นได้ชัดก็คือ หุ่น Xavier(Simmons, 1997) ที่มีระบบตัดสินใจช่วยให้มนุษย์ใช้งานระบบจากระยะไกลได้เป็นอย่างดี

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

ปัญญา ดีประเสริฐกุล. 2542. อุปกรณ์วัดพิกัด 3 มิติสำหรับงานวัดพื้นผิวเรียบง่ายและไม่ซับซ้อน และโปรแกรมเชื่อมโยงกับ CATIA. วิทยานิพนธ์ระดับมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วาทิต เบญจพลกุล. 2541 การสื่อสารข้อมูล. กรุงเทพมหานคร: สัมฤทธิ์การพิมพ์

ภาษาอังกฤษ

Apache Software Foundation. 2000. (http://www.apache.org).

A.R. Information & Publication Co.LTD. 2000. Thaimail (http://www.thaimail.com).

Backes, P. and Tharp, G.. 1997. The Web Interface for Telescience (WITS). Proceedings of the 1997 IEEE International Conference on Robotics and Automation, vol. 1 : 411-417.

Berners-Lee, T. And Connolly, D. 1995. Hypertext Markup Language – 2.0. RFC 1866. MIT/W3C: The Internet Engineering Task Force.

Berners-Lee, T., Fielding, R. T. and Frystyk, H. 1996. Hypertext Transfer Protocol - HTTP/1.0. RFC 1945. MIT/LCS, UC Irvine: The Internet Engineering Task Force.

Cornell, G and Horstmann. 1996. Core Java. Mountain View, California, USA: SunSoft Press.

Crocker, D.H. 1982. Standard for the Format of ARPA Internet Text Messages. RFC 822. University of Delaware: The Internet Engineering Task Force.

Fiorini, P. and Oboe, R. 1998. A Design and Control Environment for Internet-Based Telerobotics. The International Journal of Robotics Research Spring 1998, vol.17: 433-449.

Foley J., van Dam A., Feiner, S., Hughes J. 1996. Computer Graphics: principles and practice. Second Edition in C. Massachusetts: Addison-Wesley,

Freed, N. and Borenstein N. 1996. Muitipurpose Internet Mail Extensions (MIME) Part One: Format of Internet Message Bodies. RFC 2045. Innosoft, First Virtual: The Internet Engineering Task Force.

Goldberg K. et al. 1995. Destop teleoperation via the World Wide Web. Proceedings of the 1995 IEEE International Conference on Robotics and Automation, vol. 1: 654-659

Mitsuichi, M., Hori, T., Kusuoka, H., Hatamura, Y. and T. Nagao. 1996. CNCM (Computer Networked Cooperative Manufacturing), IEEE International Workshop on Robot and Human Communication: 127-134.

NCSA HTTPd Development Team.1993. The Common Gateway Interface http://hoohoo.ncsa.uiuc.edu/cgi. University of Illinois at Urbana – Champaign : National Centre for Supercomputing Applications.

Postel, J. 1980. User Datagram Protocol. RFC 768. USC/Information Sciences Institute: The Internet Engineering Task Force.

Postel, J. 1981. Transmission Control Protocol. RFC 793. USC/Information Sciences Institute: The Internet Engineering Task Force.

Postel, J. 1982. Simple Mail Transfer Protocol. RFC 821. USC/Information Sciences Institute: The Internet Engineering Task Force.

Sheridan, T.B. 1993. Space Teleoperation Though Time Delay: Review and Prognosis. IEEE Trans. Robotics and Automation vol.9, no.5. : 592-606.

Simmons, R.G. et al. February 1997. A Modular Architechture for Office Delivery Robots, Autonomous Agents 1997: 245-252

Steven W.R. 1990. Unix Network Programming. New Jersey, USA: Prentice Hall.

Surveyor Corp. 1999. WebCam32 http://surveyor.com/webcam32. San Luis Obispo, California, USA.

Taylor, K and Dalton, D.1997.Australia's Telerobot http://telerobot.mech.uwa.edu.au. : Department of Mechanical Engineering, University of Western Australia.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียน

นายธิติพล ศรัทธาพร เกิดวันที่ 15 กรกฎาคม พ.ศ. 2516 ที่กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกล) จากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในปีการศึกษา 2537 ในปีพ.ศ. 2538 ได้เข้าทำงานในตำแหน่ง ผู้ช่วยนักวิจัย ที่ศูนย์เทคโนโลยีอิเลกทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปี พ.ศ.2540

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย