ตัวควบคุมเทอร์มินัลโนดสำหรับเครือข่ายวิทยุกลุ่มข้อมูล

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นายสมบัติ สิริพัฒนากุล

วิทยานิพนธ์เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2538

ISBN 974 - 632 - 284 - 2

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I16753574

Terminal Node Controller for Packet Radio Network

Mr. Sombat Siripattanakul

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Electrical Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1995

ISBN 974 - 632 - 284 - 2

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ตัวควบคุมเทอร์มินัลโนด สำหรับเครือข่ายวิทยุกลุ่มข้อมูล
โดย นายสมบัติ สิริพัฒนากุล
ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์กฤษดา วิศวธีรานนท์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์สุวิทย์ นาคพีระยุทธ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ ถุงสุวรรณ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

....ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.มงคล เดชนครินทร์)

....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ กฤษดา วิศวธีรานนท์)

....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(อาจารย์ สุวิทย์ นาคพีระยุทธ)

.... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.วาทิต เบญจพลกุล)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

สมบัติ สิริพัฒนากุล : ตัวควบคุมเทอร์มินัลโนด สำหรับเครือข่ายวิทยุกลุ่มข้อมูล (TERMINAL NODE CONTROLLER FOR PACKET RADIO NETWORK)
อาจารย์ที่ปรึกษา : รศ.กฤษดา วิศวธีรานนท์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม : สุวิทย์ นาคพีระยุทธ,
106 หน้า.ISBN 974-632-284-2

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ กล่าวถึงการออกแบบและสร้างตัวควบคุมเทอร์มินัลโนดสำหรับเครือข่ายวิทยุกลุ่มข้อมูล พร้อมซอฟต์แวร์ควบคุมติดต่อสื่อสาร เพื่อใช้สื่อสารข้อมูลระหว่างไมโครคอมพิวเตอร์กับไมโครคอมพิวเตอร์ ผ่านระบบสื่อสัญญาณแบบคลื่นวิทยุย่านความถี่ UHF 422 MHz โดยใช้โพรโทคอลแบบ AX.25 ด้วยวิธีการเข้าใช้ช่องสัญญาณแบบซีเอสเอ็มเอ (Carrier Sense Multiple Access: CSMA) ใช้มาตรฐานโมเดมแบบ Bell 202 ซึ่งเป็นการมอดูเลตเชิงเลขทางความถี่ (Frequency Shift Keying :FSK) การอินเตอร์เฟซกับไมโครคอมพิวเตอร์ หรืออุปกรณ์รับ-ส่งข้อมูลปลายทาง โดยผ่านทาง RS-232- C การอินเตอร์เฟซกับเครื่องรับ-ส่งวิทยุสื่อสารสองทางแบบกดพูด ผ่านทางไมโครโฟนและลำโพง ส่วนของซอฟต์แวร์ควบคุมติดต่อสื่อสารประกอบด้วยโปรแกรมส่วนติดต่อกับผู้ใช้บนไมโครคอมพิวเตอร์ และโปรแกรมสร้างโพรโทคอลแบบ AX.25 บนตัวควบคุมเทอร์มินัลโนด

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อนิสิต

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2537 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

C415541 : MAJOR ELECTRICAL ENGINEERING
KEY WORD: PACKET RADIO NETWORK/TERMINAL NODE CONTROLLER/AX.25
SOMBAT SIRIPATTANAKUL : TERMINAL NODE CONTROLLER FOR PACKET RADIO NETWORK. THESIS ADVISOR : ASSO.PROF KRISADA VISAVATEERANON. THESIS COADVISOR : SUVIT NAKPEERAYUTH, 106 PP.
ISBN 974-632-284-2

This thesis presents a design and construction of a terminal node controller for packet radio network with communication control software that can be used for microcomputer-to-microcomputer communication via UHF 422 MHz radio transmission system. By using AX.25 protocol,CSMA (carrier sense multiple access) channel control and the Bell system model 202 standard modem utilizing frequency shift keying (FSK) modulation. This terminal node controller is designed to interface with a microcomputer or data terminal equipment (DTE) via the EIA-standard: RS-232-C, with a push to talk (PTT)2-way radio transceiver via microphone and speaker. The communication control software consists of a user interfacing program on microcomputer and the AX.25 protocol program on the terminal node controller.

วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อนิสิต

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2537 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์กฤษดา วิศวธีรานนท์ ที่ได้กรุณาสละเวลาให้คำปรึกษา แนะนำ จัดซื้ออุปกรณ์ต่าง ๆ รวมทั้งสนับสนุนเงินทุนสำหรับการวิจัย และอาจารย์ที่ปรึกษาร่วมท่านอาจารย์สุวิทย์ นาคพีระยุทธ ที่ได้กรุณาสละเวลาให้คำปรึกษา แนะนำทางด้านวิชาการต่าง ๆ ซึ่งอาจารย์ทั้ง 2 ท่าน ได้ช่วยเหลืออย่างดียิ่ง จนทำให้วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จไปด้วยดี

ขอขอบคุณ คุณสมชาย อุดมมงคลกิจ คุณณกมล ร่วมสุข ที่ได้ช่วยเหลือให้คำแนะนำ คุณวรรณวิทย์ กมลเดชา คุณวศิน การสุทธิ์ และ คุณพิจารณ์ ประกิจ ที่ได้ช่วยพิมพ์และจัดเรียงต้นฉบับวิทยานิพนธ์นี้ คุณสุพัตรา แก้วแท้ ที่ช่วยให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วง

ท้ายนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา ซึ่งให้การสนับสนุนและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

สมบัติ สิริพัฒนากุล

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญรูป	ฐ
บทที่ 1 บทนำ	
ความเบื้องต้น	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
ขอบเขตของการวิจัย	4
วิธีวิจัยโดยย่อ	4
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 แนวคิดทฤษฎี และหลักการทำงาน	
หลักการระบบเครือข่ายวิทยุกลุ่มข้อมูล	5
1. แนวคิดพื้นฐาน และโครงสร้างเครือข่ายวิทยุกลุ่มข้อมูล	5
2. อุปกรณ์ส่วนฮาร์ดแวร์ของระบบ	9
3. โพรโทคอลเข้าถึงวิทยุกลุ่มข้อมูล	13
สถาปัตยกรรมเครือข่ายวิทยุกลุ่มข้อมูล และแบบจำลอง Open System Interconnection	18
1. ฟีสิคัลเลเยอร์ (Physical layer)	18
2. ดาตาลิงก์เลเยอร์ (Data link layer)	18
3. เนตเวิร์กเลเยอร์ (Network layer)	19
4. ทรานส์พอร์ตเลเยอร์ (Transport layer)	20
5. เซสชันเลเยอร์ (Session layer)	20
6. พรีเซนเทชันเลเยอร์ (Presentation layer)	21
7. แอปพลิเคชันเลเยอร์ (Application layer)	22
8. สถาปัตยกรรมเครือข่ายวิทยุกลุ่มข้อมูลที่ใช้โพรโทคอลแบบ AX.25	22
ตัวควบคุมเทอร์มินัลโนด	22
1. โครงสร้างและการทำงานของ TNC	22

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2. ตัวควบคุมเทอร์มินัลโนดในกิจการวิทยุสมัครเล่น........ 24
โพรโทคอล AX.25........ 25
1. เหตุผลในการเลือกโพรโทคอล AX.25........ 25
2. ขอบเขตการทำงานของโพรโทคอล AX.25........ 24
3. โครงสร้างเฟรม........ 26
4. Element ของกระบวนการทำงาน........ 35
5. กระบวนการทำงานของ AX.25........ 45
คุณลักษณะของระบบและตัวควบคุมเทอร์มินัลโนดที่ออกแบบ........ 58
1. โครงสร้างของระบบที่ออกแบบ........ 58
2. คุณสมบัติทางเทคนิคของตัวควบคุมเทอร์มินัลโนดที่ออกแบบ........ 58
บทที่ 3 การออกแบบ และรายละเอียดวงจรส่วนฮาร์ดแวร์
วงจรส่วนควบคุมหลัก........ 59
1. ลักษณะทั่วไป........ 59
2. การทำงานของวงจร........ 60
วงจรส่วนสร้างกลุ่มข้อมูล........ 62
1. ลักษณะทั่วไป........ 62
2. การออกแบบและการทำงาน........ 62
วงจรส่วนโมเดม........ 68
1. ลักษณะทั่วไป........ 68
2. การออกแบบและการทำงาน........ 70
วงจรส่วนเชื่อมต่อกับเครื่องรับ-ส่งวิทยุสื่อสาร........ 72
1. ลักษณะทั่วไป........ 72
2. การออกแบบและการทำงาน........ 73
บทที่ 4 การออกแบบและรายละเอียดส่วนซอฟต์แวร์
การออกแบบซอฟต์แวร์ของระบบ........ 77
ซอฟต์แวร์ควบคุมติดต่อสื่อสารบนไมโครคอมพิวเตอร์ 78
1. Configuration Form........ 78
2. Main Form........ 79

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3. Address Form 80
4. Tracker Form 80
ซอฟต์แวร์ควบคุมติดต่อสื่อสารบนตัวควบคุมเทอร์มินัลโนด 81
1. แผนผังหน่วยความจำ (Memory Map) 81
2. แผนผังพอร์ต (I/O Map) 83
3. ขั้นตอนการทำงานโปรแกรมของระบบ 83
4. โปรแกรม Initial 84
5. โปรแกรมการตั้งค่า 85
6. โปรแกรมควบคุมการทำงาน 88
บทที่ 5 การทดสอบการทำงานรวม
การสร้างเครื่องต้นแบบในห้องปฏิบัติการ 91
การทดสอบในส่วนฮาร์ดแวร์ 92
1. การทดสอบวงจรส่วนสร้างกลุ่มข้อมูล 92
2. การทดสอบวงจรส่วนโมเดม 92
3. การทดสอบวงจรส่วนต่อเชื่อมกับเครื่องรับ-ส่งวิทยุ 92
4. การทดสอบเพื่อหาค่าความผิดพลาดบล็อก 98
การทดสอบในส่วนของซอฟต์แวร์ 98
1. การทดสอบฟังก์ชัน CSMA 98
2. การทดสอบฟังก์ชันตัวตั้งเวลาของการตอบรับ (T1) 99
3. การทดสอบฟังก์ชัน Maximum Number of Retries (N2) 99
4. การทดสอบการต่อเชื่อมเส้นทางสื่อสาร (Link Connection) 100
5. การทดสอบการส่งผ่านข้อมูลข่าวสารซึ่งกันและกัน (Information Transfer) 100
6. การทดสอบการยกเลิกเส้นทางสื่อสาร (Link Disconnection) 100
สรุปผลการทดสอบ 101
บทที่ 6 บทสรุป
สรุปผลวิจัย 102
วิจารณ์และข้อเสนอแนะ 102
รายการอ้างอิง 104
ประวัติผู้เขียน 106

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 การเปลี่ยนสถานะของสถานีสื่อสารข้อมูลเมื่อได้รับเฟรมคำสั่ง.. 55
ตารางที่ 2.2 การเปลี่ยนสถานะของสถานีสื่อสารข้อมูลเมื่อได้รับเฟรมตอบรับ..................................... 56
ตารางที่ 2.3 การเปลี่ยนสถานะของสถานีสื่อสารข้อมูลเมื่อเกิดเงื่อนไขต่าง ๆ 57
ตารางที่ 3.1 ค่าเวลาวัฏจักรการเขียน และวัฏจักรการอ่านของ 8273 กับ CPU 80C31.......................... 65
ตารางที่ 3.2 ตารางกำหนดรีจิสเตอร์ภายในของไอซีเบอร์ 8273... 66
ตารางที่ 4.1 ค่าพารามิเตอร์ที่เก็บไว้ในหน่วยความจำที่เป็น RAM... 81

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1.1 เครือข่ายวิทยุกลุ่มข้อมูลโดยมีสถานีรับ-ส่งข้อมูล 3 สถานี ... 2
รูปที่ 1.2 เครือข่ายวิทยุกลุ่มข้อมูลระบบแรกของโลกที่มหาวิทยาลัยฮาวาย ในปี ค.ศ. 1971 ... 3
รูปที่ 2.1 โครงสร้างของเครือข่ายแบบรวมศูนย์กลาง ... 6
รูปที่ 2.2 โครงสร้างแบบ Point-to-multipoint ในสื่อกลางที่เป็นสาย ... 6
รูปที่ 2.3 เครือข่ายแบบกระจาย ... 7
รูปที่ 2.4 เครือข่ายวิทยุกลุ่มข้อมูลแบบรวมศูนย์กลาง มีอุปกรณ์ทวนสัญญาณ เพื่อเพิ่มระยะทางสื่อสาร ... 8
รูปที่ 2.5 เครือข่ายวิทยุกลุ่มข้อมูลแบบกระจาย มีอุปกรณ์ทวนสัญญาณ เพื่อเพิ่มระยะทางสื่อสาร ... 8
รูปที่2.6 อุปกรณ์ประกอบเครือข่าย ... 9
รูปที่ 2.7 อุปกรณ์ทวนสัญญาณ ... 10
รูปที่ 2.8 อุปกรณ์ทวนสัญญาณแบบดิจิตอล ... 11
รูปที่ 2.9 อุปกรณ์ทวนสัญญาณดิจิตอลแบบมัลติพอร์ต ... 11
รูปที่ 2.10 การส่งกลุ่มข้อมูลจากสถานีต้นทางไปยังสถานีปลายทางผ่าน Digipeater ทำงานในลักษณะ End-to-End Acknowledgment ... 12
รูปที่ 2.11 การส่งกลุ่มข้อมูลจากสถานีต้นทางไปยังสถานีปลายทางผ่าน Network Node Controller ทำงาน ในลักษณะ Node-to-Node Acknowledgment ... 12
รูปที่ 2.12 พฤติกรรมของระบบ ALOHA ในเครือข่ายวิทยุกลุ่มข้อมูล โดยมีสถานี A,B,C ส่งกลุ่มข้อมูลให้สถานี D เป็นสถานีรับข้อมูล ... 14
รูปที่ 2.13 พฤติกรรมของระบบ SLOTTED ALOHA ในเครือข่ายวิทยุกลุ่มข้อมูล ... 15
รูปที่ 2.14 พฤติกรรมการเข้าใช้ช่องสัญญาณแบบ CSMA ... 17
รูปที่ 2.15 สถาปัตยกรรมเครื่อง TNC เครือข่ายวิทยุกลุ่มข้อมูล ... 23
รูปที่ 2.16 โครงสร้างภายใน TNC ... 24
รูปที่ 2.17ก โครงสร้างของ U และ S เฟรม ... 26
รูปที่ 2.17ข โครงสร้างของเฟรมข่าวสาร(Information frame) ... 26
รูปที่ 2.18 การเข้ารหัสฟิลด์ที่อยู่แบบไม่มีสถานีทวนสัญญาณ ... 29
รูปที่ 2.19 เฟรม AX.25 แบบไม่มีสถานีทวนสัญญาณ ... 30

สารบัญรูป(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 2.20 การเข้ารหัสฟิลด์ปลายทาง..... 32
รูปที่ 2.21 การเข้ารหัสฟิลด์ที่อยู่ของสถานีทวนสัญญาณ..... 33
รูปที่ 2.22 เฟรม AX.25 ในโมดของสถานีทวนสัญญาณ..... 34
รูปที่ 2.23 รูปแบบของฟิลด์ควบคุม..... 36
รูปที่ 2.24 ฟิลด์ควบคุมของเฟรมข่าวสาร..... 38
รูปที่ 2.25 ฟิลด์ควบคุมของเฟรมตรวจตรา..... 39
รูปที่ 2.26 ฟิลด์ควบคุมของเฟรมแบบไม่มีลำดับหมายเลข..... 40
รูปที่ 2.27 ฟิลด์ข่าวสารของเฟรม FRMR..... 42
รูปที่ 2.28 การเข้ารหัส C-Bit..... 46
รูปที่ 3.1 โครงสร้างของ TNC ที่ออกแบบ..... 60
รูปที่ 3.2 สัญญาณเข้าออกวงจรสำเร็จรูปที่นำมาใช้งาน..... 61
รูปที่ 3.3 รายละเอียดสัญญาณการต่อเชื่อมของส่วนควบคุมหลักกับส่วนอื่นๆ..... 61
รูปที่ 3.4 ส่วนประกอบภายใน ไอซี เบอร์ 8273..... 63
รูปที่ 3.5 วงจรส่วนสร้างกลุ่มข้อมูล..... 64
รูปที่ 3.6 การต่อวงจรส่วนสร้างกลุ่มข้อมูลกับ โมเดมในลักษณะ
Asynchronous Modems Half Duplex Operation..... 67
รูปที่ 3.7 ไดอะแกรมเวลาของสัญญาณ RTS,CTS ในการส่งข้อมูล..... 67
รูปที่ 3.8 ลักษณะสเปคตรัมของโมเดมแบบ Bell202 ความถี่ 387 HZ
reverse channel ไม่ใช้ใน Packet Radio แบบ AX.25..... 68
รูปที่ 3.9 วงจรส่วนโมเดมที่ออกแบบ..... 69
รูปที่ 3.10 การต่อ Ground ของระบบ..... 70
รูปที่ 3.11 วงจร opto-isolator..... 71
รูปที่ 3.12 หลักการควบคุมการส่งแบบ Push to talk..... 72
รูปที่ 3.13 ขณะ Switch PTT ทำงาน..... 72
รูปที่ 3.14 การต่อเชื่อมโดยทั่วไประหว่างส่วนโมเดลกับเครื่องรับส่งวิทยุ..... 73
รูปที่ 3.15 วงจรต่อเชื่อม opto-isolator และ โมเดม..... 74
รูปที่ 3.16 วงจร FSK Receiver และ Carrier Detect..... 75
รูปที่ 4.1 Configuration Form บนจอ PC..... 78

สารบัญรูป(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.2 Main Form บนจอ PC.. 79
รูปที่ 4.3 Address Form บนจอ PC.. 80
รูปที่ 4.4 Tracker Form บนจอ PC.. 81
รูปที่ 4.5 แผนผังหน่วยความจำ TNC.. 83
รูปที่ 4.6 แผนภาพการทำงานโปรแกรมของระบบ.. 84
รูปที่ 4.7 โฟลว์ชาร์ตการทำงานของโปรแกรม Initial... 85
รูปที่ 4.8 โฟลว์ชาร์ตการทำงานของโปรแกรมการตั้งค่า... 86
รูปที่ 4.9 โฟลว์ชาร์ตหลักการทำงานของโปรแกรมควบคุม... 87
รูปที่ 4.10 โฟลว์ชาร์ตขั้นตอนการเขียนคำสั่งให้ 8273.. 88
รูปที่ 4.11 โฟลว์ชาร์ต์ขั้นตอนการถ่ายโอนข้อมูล 8273 กับซีพียู.. 89
รูปที่ 5.1 ภาพถ่ายฮาร์ดแวร์ที่สร้างขึ้น.... 91
รูปที่ 5.2 ผลการวัดแรงดันที่ขา 29 (TXD) ของไอซี 8273 เมื่อส่งอักษร “A”.. 93
รูปที่ 5.3 ผลการวัดแรงดันที่ขา 25 (Ao) ของโมเดม MSM6947 เมื่อส่งอักษร “A”.................... 94
รูปที่ 5.4 ผลการวัดแรงดันที่ขา 10 (RD) ของโมเดม MSM6947 เมื่อรับอักษร “A”................................ 95
รูปที่ 5.5 ผลการวัดแรงดันที่ขา 21 (Ain) ของโมเดม MSM6947 เมื่อรับอักษร “A”.............................. 96
รูปที่ 5.6 ผลการวัดแรงดันที่ขา 14 ของ LM324 ขณะที่มี carrier จะเปลี่ยนระดับแรงดัน.................. 97