การสร้างแบบจำลองของโนดสำหรับเครือข่ายการสื่อสารข้อมูลแบบแพ็กเก็ต

นาย รังสรรค์ จันทร์นฤกุล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2535

ISBN 974-581-149-1

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

018492

NODE MODELING FOR A PACKET NETWORK

Mr. Rungsun Channarukul

A Thesis Submitted in Partial Fulfilment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Electrical Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1992

ISBN 974-581-149-1

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การสร้างแบบจำลองของโนดสำหรับเครือข่ายการสื่อสารข้อมูลแบบแพ็กเก็ต
โดย	นาย รังสรรค์ จันทร์นฤกุล
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.สุริยัน ติษยาธิคม

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ศาสตราจารย์ ดร.ถาวร วัชราภัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต โรจน์อารยานนท์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุริยัน ติษยาธิคม)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.เอกชัย ลีลารัศมี)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร.สมบูรณ์ จงชัยกิจ)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

รังสรรค์ จันทร์นฤกุล : การสร้างแบบจำลองของโนดสำหรับเครือข่ายการสื่อสารข้อมูลแบบแพ็กเก็ต (Node Modeling for a Packet Network) อ.ที่ปรึกษา รศ.ดร. สุริยัน ศิษยาธิคม, 145 หน้า.ISBN 974-581-149-1

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้กล่าวถึงการสร้างแบบจำลองของโนดสำหรับเครือข่ายการสื่อสารข้อมูลแบบแพ็กเก็ต ซึ่งประกอบด้วยหน่วยการทำงาน 3 หน่วย คือ หน่วยเชื่อมต่อกับผู้ใช้ หน่วยเชื่อมต่อกับเครือข่าย และหน่วยควบคุมการทำงานของโนด โดยครอบคลุมการทำงานที่สำคัญของโนด ดังนี้ การกำหนดเส้นทางตายตัวตามเส้นทางหลักหรือเส้นทางรองเฉพาะกรณีเส้นทางหลักชำรุด การจัดการบัฟเฟอร์แบบเข้าก่อนออกก่อน การควบคุมการเดินทางของการรับส่งแพ็กเก็ตจะเป็นการควบคุมการรับส่งระหว่างโนดและมีการตอบรับเป็นแบบตอบรับทีละหลายแพ็กเก็ต และการควบคุมความผิดพลาดของการรับส่งแพ็กเก็ต จะเป็นแบบกลับไปเริ่มต้นส่งที่ตำแหน่งที่ผิดพลาด การทำงานในหน่วยต่าง ๆ ของโนดแสดงการทำงานโดยใช้แผนภูมิสถานะและอธิบายการทำงานนั้นด้วยซอฟต์แวร์โมดูลหลักที่พัฒนาขึ้น

เครือข่ายการสื่อสารข้อมูลแบบแพ็กเก็ตที่ทำการทดสอบ จะมีลักษณะการให้บริการแบบวงจรเสมือนถาวร ภายใต้ข้อกำหนดของมาตรฐาน X.25 ขององค์กรมาตรฐานทางโทรศัพท์และโทรเลข (CCITT) และข้อกำหนดโครงสร้างของแบบจำลองอ้างอิงในการเชื่อมต่อระบบเปิด (OSI model) ขององค์กรมาตรฐานนานาชาติ (ISO) โดยการนำแบบจำลองของโนดมาประกอบเป็นเครือข่ายจำนวน 5 โนด และพัฒนาซอฟต์แวร์ควบคุมการทำงานของทุกโนดและเก็บข้อมูลสถิติที่สำคัญ เพื่อศึกษาหลักการทำงาน พฤติกรรม และการวัดสมรรถนะของเครือข่าย

ผลการวิจัยนี้ทำให้มีเครื่องมือทางซอฟต์แวร์ ที่จะนำไปใช้ในการจำลองการทำงานและแสดงผลการทำงานของเครือข่ายการสื่อสารข้อมูลแบบแพ็กเก็ต และเป็นพื้นฐานในการพัฒนาแบบจำลองของโนดให้มีความสามารถในการทำงานที่สูงกว่านี้ต่อไปในอนาคต

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อนิสิต รังสรรค์ จันทร์นฤกุล

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2534 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

C115773 : MAJOR ELECTRICAL ENGINEERING
KEY WORD : NODE MODELING/PACKET NETWORK/SIMULATION
RUNGSUN CHANNARUKUL : NODE MODELING FOR A PACKET NETWORK. THESIS ADVISOR : ASSO. PROF. SURIYAN TISHYADHIGAMA, PH.D. 145 PP.
ISBN 974-581-149-1

This thesis describes a design and development of a node modeling for packet network simulation. A node modeling consists of three functional units, namely : User Interface Unit, Network Interface Unit, and Node Control Unit. Important functions of each node are routing, buffer management, flow control, and error control. The packet will be mainly routed by primary path. But there is an alternate path in case the primary path fails. Receiving packets at each node are managed as First-In-First-Out buffer queues. To regulate the flow of packets, the transmitting node sends a continuous stream of packets and the receiving returns an acknowledgement after receiving a group of packets. The error packets will be retransmitted by using Go-Back-N ARQ technique. Functions of each unit are illustrated by state diagrams and implemented by software modules.

A simulated packet network will provide services using permanent virtual circuit (PVC) in accordance with the CCITT Recs. X.25 and the ISO Reference Model for OSI. The packet network consists of five nodes. The operations of each node are synchronized by a control program. Moreover, the program collects some meaingful statistical data to support the study of network operation, behavior, and performance.

The results of this research will provide a software tool supporting packet network simulation and offer background knowledges for further development.

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อนิสิต .....
สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....
ปีการศึกษา 2534 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วงลงด้วยดีด้วยความช่วยเหลืออย่างดีของรองศาสตราจารย์ ดร.สุริยัน ติษยาธิคม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ ในการวิจัยด้วยดีมาตลอด จึงขอขอบพระคุณท่านอาจารย์มา ณ ที่นี้ด้วย และขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต โรจน์อารยานนท์ รองศาสตราจารย์ ดร.เอกชัย ลีลารัศมี และ อาจารย์ ดร.สมบูรณ์ จงชัยกิจ ที่ให้ข้อแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัยนี้ และขอขอบพระคุณ ดร.วีระ อ่อนท้วม คุณเฉลิม สังข์กระแสร์ และคุณสุราษฎร์ ศิริวงศ์ ผู้บริหารระดับสูงของ ส่วนทดสอบและพัฒนา องค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย ที่ให้การสนับสนุนและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัย เสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

ผู้วิจัยขอขอบคุณ คุณสมเชษฐ์ เหมพรหมราช และคุณพัชรินทร์ บุญธรรมจิต ที่มีส่วนช่วย เหลือในการทำซอฟต์แวร์นี้

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณ คุณจันทร์เพ็ญ เข่งเจริญ ที่มีส่วนช่วยให้การจัดทำรูปเล่มของวิทยานิพนธ์ นี้สำเร็จลงด้วยดี

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญภาพ	ฌ
บทที่	
1. บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	5
1.3 ขอบเขตการทำงาน	5
1.4 ขั้นตอนและวิธีดำเนินการวิจัย	6
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	7
2. ทฤษฎีด้านการสื่อสารสำหรับเครือข่ายแพ็กเก็ต	8
2.1 การสื่อสารข้อมูล	8
2.2 เครือข่ายแพ็กเก็ต	12
2.3 การกำหนดเส้นทาง	29
2.4 การควบคุมการเดินทางของข้อมูล	37
2.5 การควบคุมความผิดพลาด	42
3. การสร้างแบบจำลองของโนดสำหรับเครือข่ายการสื่อสารข้อมูลแบบแพ็กเก็ต	48
3.1 ข้อกำหนดในการออกแบบแบบจำลองของโนด	48
3.2 การออกแบบแบบจำลองของโนด	61
3.3 การสร้างแบบจำลองของโนด	72

บทที่ หน้า

4. การประกอบโนดเป็นเครือข่าย..... 82
4.1 การจำลองการทำงานแบบขนาน..... 82
4.2 การกำหนดเวลาของสถานะการทำงานของหน่วยต่าง ๆ ในโนด.... 85
4.3 การเชื่อมโยงเหตุการณ์ในการจำลองแบบขนาน..... 88
4.4 การจำลองการทำงานของโนดเมื่อประกอบเป็นเครือข่าย..... 91
5. โปรแกรมต้นแบบ..... 98
5.1 ข้อกำหนดทั่วไป..... 98
5.2 ข้อกำหนดเบื้องต้นในการสร้างซอฟต์แวร์โมดูล..... 101
5.3 โครงสร้างข้อมูลซอฟต์แวร์โมดูลของหน่วยเชื่อมต่อกับผู้ใช้..... 106
5.4 โครงสร้างข้อมูลซอฟต์แวร์โมดูลของหน่วยเชื่อมต่อกับเครือข่าย..... 107
5.5 โครงสร้างข้อมูลซอฟต์แวร์โมดูลของหน่วยควบคุมโนด..... 108
5.6 การเชื่อมประสานระหว่างโปรแกรมกับผู้ใช้..... 110
6. การทดสอบแบบจำลองของโนดและสรุปผล..... 112
6.1 การทดสอบแบบจำลองของโนดโดยนำโนดมาประกอบเป็นเครือข่าย.. 112
6.2 การเก็บข้อมูลสถิติ..... 112
6.3 การแสดงผลการทำงานของโปรแกรม..... 115
6.4 การวิเคราะห์ผลการทำงานของโปรแกรม..... 117
6.5 สรุปผล..... 124
6.6 ปัญหาและอุปสรรคในการวิจัย..... 125
6.7 ข้อเสนอแนะในการพัฒนางานวิจัย..... 126

เอกสารอ้างอิง..... 127

ภาคผนวกที่ 1 ตัวอย่างการจัดการบัฟเฟอร์..... 130
ภาคผนวกที่ 2 ตัวอย่างการใช้งานโปรแกรม..... 134

ประวัติผู้เขียน..... 145

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
2.1	โครงสร้าง OSI Model	8
2.2	การให้บริการภายนอกและการทำงานภายในเครือข่ายแพ็กเก็ต	13
2.3	แสดงตารางลักษณะการให้บริการและการทำงานภายในเครือข่ายที่มีใช้งานอยู่	17
2.4	ลักษณะการเชื่อมต่อตามมาตรฐาน X.25	18
2.5	ชนิดของแพ็กเก็ตตามมาตรฐาน X.25	22
2.6	โครงสร้างของแพ็กเก็ต	22
2.7	ความสัมพันธ์ใน X.25 3 ระดับ	28
2.8	ตัวอย่างเครือข่ายแพ็กเก็ต	30
2.9	วิธีกำหนดเส้นทางแบบตายตัว	34
2.10	แสดงตัวอย่างการกำหนดเส้นทางปรับตัวแบบแยกอิสระ	36
2.11	ระดับในการควบคุมความแออัดของเครือข่าย	38
2.12	แสดงตัวอย่างวิธีควบคุมการส่งแบบเลื่อนหน้าต่าง	41
2.13	วิธีการส่งไปใหม่แบบต่าง ๆ	44
2.14	ตัวอย่างการส่งไปใหม่แบบกลับไปเริ่มต้นส่งที่ตำแหน่งที่ผิดพลาดและแบบเฉพาะแพ็กเก็ตที่ผิดพลาด	47
3.1	แสดงเครือข่ายการสื่อสารข้อมูลแบบแพ็กเก็ต	49
3.2	ความสัมพันธ์ของโนดกับข้อกำหนดของ X.25 และ OSI Model	50
3.3	การแสดงโครงสร้างทางซอฟต์แวร์ของระบบเครือข่าย	51
3.4	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระบบเครือข่ายกับโฮส	51
3.5	แสดงการเชื่อมโยงจุดต่อจุดในเครือข่ายอย่างง่าย	52
3.6	การเชื่อมโยงระหว่างโนดชุมสายในเครือข่ายสาธารณะ	53
3.7	องค์ประกอบของโนด	54
3.8	ตัวอย่างการกำหนดเส้นทางของเครือข่าย 5 โนด	55

3.9 แสดงเส้นทางในการส่งแพ็กเก็ตในกรณีต่าง ๆ..... 57
3.10 โครงสร้างการจัดการบัฟเฟอร์ของโนด..... 59
3.11 ส่วนประกอบแบบจำลองของโนด..... 61
3.12 การรับส่งข้อมูลระหว่างผู้ใช้..... 62
3.13 แสดงเส้นทางของข้อมูลระหว่างโฮสกับโนด..... 63
3.14 แสดงการเชื่อมต่อระหว่างโนด A กับโนดอื่น..... 64
3.15 แสดงการประสานการทำงานระหว่างหน่วยควบคุมโนดกับหน่วยเชื่อมต่อกับเครือข่ายภาครับ..... 67
3.16 แสดงการประสานการทำงานระหว่างหน่วยควบคุมโนดกับหน่วยเชื่อมต่อกับเครือข่ายภาคส่ง..... 69
3.17 รายการซอฟต์แวร์โมดูลหลักของหน่วยเชื่อมต่อกับผู้ใช้..... 72
3.18 รายการซอฟต์แวร์โมดูลหลักของหน่วยเชื่อมต่อกับเครือข่ายและหน่วยควบคุมโนด 73
3.19 สถานะการทำงานของหน่วยเชื่อมต่อกับผู้ใช้ภาครับ..... 74
3.20 สถานะการทำงานของหน่วยเชื่อมต่อกับผู้ใช้ภาคส่ง..... 75
3.21 สถานะการทำงานของหน่วยเชื่อมต่อกับเครือข่ายภาครับ..... 76
3.22 สถานะการทำงานของหน่วยเชื่อมต่อกับเครือข่ายภาคส่ง..... 77
3.23 สถานะการทำงานของหน่วยควบคุมโนดส่วนที่ 1 78
3.24 สถานะการทำงานของหน่วยควบคุมโนดส่วนที่ 2 79
4.1 แสดงวิธีการกำหนดเวลาของเหตุการณ์..... 84
4.2 การทำงานใน 1 observed time..... 87
4.3 การเชื่อมโยงเหตุการณ์ของหน่วยต่าง ๆ..... 88
4.4 แสดงตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงเหตุการณ์ต่าง ๆ..... 90
4.5 ตารางแสดงการเชื่อมโยงเหตุการณ์ของหน่วย UserRx..... 92
4.6 ตารางแสดงการเชื่อมโยงเหตุการณ์ของหน่วย UserTx..... 92
4.7 ตารางแสดงการเชื่อมโยงเหตุการณ์ของหน่วย NetwRx..... 93
4.8 ตารางแสดงการเชื่อมโยงเหตุการณ์ของหน่วย NetwTx..... 93
4.9 ตารางแสดงการเชื่อมโยงเหตุการณ์ของหน่วย NodeCon..... 94
4.10 ตัวอย่างการทำงานของหน่วย UserRx..... 97

รูปที่		หน้า
5.1	การเชื่อมต่อระหว่างโนดต่าง ๆ ในเครือข่าย.....	98
5.2	แสดงหัวข้อในการออกแบบโปรแกรม.....	99
5.3	โครงสร้างเชิงวัตถุและผู้สืบทอดระดับที่ 1.....	102
6.1	แสดงผลการทำงานของโปรแกรมในภาวะข้อความ.....	116
6.2	แสดงผลการทำงานของโปรแกรมในภาวะกราฟิก.....	117
6.3	การแสดงผลเมื่อสิ้นสุดการทำงานของโปรแกรม.....	118
6.4	การพิจารณาค่า Mean Packet Delay ของเครือข่าย.....	119
6.5	การพิจารณาค่า Mean Packet Delay ของ Node A.....	120
6.6	การพิจารณาค่า Link Utilization ของ Node B.....	121
6.7	แสดงตัวอย่างการวิเคราะห์สมรรถนะของเครือข่ายที่อัตราเร็วในการส่งข้อมูลต่างกัน.....	123