การทำนายอัตราสูญหายของข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์แบบอนุกรมเวลา

PACKET LOSS PREDICTION USING TIME-SERIES ANALYSIS

ภัทรพล ปิ่นชกุล
PATTARAPON PIYAKHUN

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2545

ISBN 974-9546-08-3

การทำนายอัตราสูญหายของข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์แบบอนุกรมเวลา

PACKET LOSS PREDICTION USING TIME-SERIES ANALYSIS

ภัทรพล ปิยะคุณ

PATTARAPON PIYAKHUN

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 49604
วัน, เดือน, ปี 25 ก.พ. 2547

.b.....
.i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2545

ISBN 974-9546-08-3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PACKET LOSS PREDICTION USING TIME-SERIES ANALYSIS

PATTARAPON PIYAKHUN

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF SCIENCE IN INFORMATION TECHNOLOGY

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2002

ISBN 974-9546-08-3

COPYRIGHT 2002

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การทำนายอัตราสูญหายของข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์แบบอนุกรมเวลา

PACKET LOSS PREDICTION USING TIME-SERIES ANALYSIS

ชื่อนักศึกษา นายภัทรพล ปิยะคุณ

รหัสประจำตัว 40067031

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา เทคโนโลยีสารสนเทศ

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ รศ.บรรจง ปิยธำรง

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
รศ.บรรจง	ปิยธำรง	
รศ.ดร.รัตติกร	วรากูลศิริพันธุ์	
ผศ.ดร.นพพร	โชติกกำธร	
อาจารย์อัครินทร์	คุณกิตติ	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ 21 พฤษภาคม 2545 เวลา 9.00 น. เป็นต้นไป

สถานที่สอบ ณ ห้อง M21 (ชั้นลอย) คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว

(รศ.ดร.บุญวัฒน์ อัตชู)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 19 **เดือน** มิ.ย. **พ.ศ.** 45

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การทำนายอัตราสูญหายของข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์แบบอนุกรมเวลา

นักศึกษา นาย ภัทรพล ปียะคุณ

รหัสประจำตัว 40067031

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา เทคโนโลยีสารสนเทศ

พ.ศ. 2545

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ รศ. บรรจง ปียธำรง

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอผลงานวิจัยการทำนายการสูญหายของข้อมูลในระหว่างการรับส่งผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ตโดยใช้การวิเคราะห์อนุกรมเวลาเพื่อประเมินประสิทธิภาพเครือข่ายล่วงหน้า การวิจัยเป็นการทดลองโดยเก็บข้อมูลร้อยละของการสูญหายของแพ็คเก็ต (Packet) ในช่วงเวลาต่างๆ และนำมาวิเคราะห์หาค่าทำนายด้วยเทคนิคการปรับให้เรียบแบบเอกซโพเนนเชียลครั้งเดียว (Single Exponential Smoothing) โดยเปรียบเทียบวิธีการในการปรับปรุงการทำนายแบบเอกซโพเนนเชียลครั้งเดียว 3 วิธีคือ การใช้ค่าคงที่ปรับให้เรียบ (Smoothing Constant) ชนิดค่าคงที่ค่าเดียว การใช้ค่าคงที่ชนิดปรับค่าได้ (Adaptive Response Rate) และการใช้ค่าคงที่ปรับให้เรียบชนิดปรับค่าได้และจำกัดขอบเขต ผลการวิจัยพบว่าอนุกรมเวลาปริมาณการสูญหายของข้อมูลมีรูปแบบ (Model) ไม่แน่นอน การวิเคราะห์อนุกรมเวลาโดยใช้ค่าคงที่ปรับให้เรียบชนิดปรับค่าได้และจำกัดขอบเขตสามารถให้ค่าทำนายที่มีความคลาดเคลื่อนต่ำที่สุดเมื่ออนุกรมเวลามีการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ย การทำนายปริมาณการสูญหายของข้อมูลซึ่งเป็นการประเมินประสิทธิภาพของเครือข่ายล่วงหน้าเป็นประโยชน์สำหรับการจัดสรรทรัพยากรให้เหมาะสมกับการประมวลผลข้อมูลแบบเรียลไทม์ (Real-Time) ที่ต้องทำการส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ตและสามารถลดการติดขัดของช่องสัญญาณโดยไม่จำเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Packet Loss Prediction Using Time-Series Analysis.
Student	Mr. Pattarapon Piyakhun
Student ID.	40067031
Degree	Master of Science
Programme	Information Technology
Year	2002
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Bunjong Piyatumrong

ABSTRACT

This thesis proposes the technique of packet loss prediction using time series analysis to forecast a network performance in advance. Experiment with the Internet collects a percentage of packet loss and produces a forecast by Single Exponential Smoothing (SES) techniques. In this study, SES under consideration are improved by comparing with 3 techniques as SES using one smoothing constant, SES using adaptive smoothing constant (Adaptive Response Rate) and SES using bounded adaptive smoothing constant. The result of this study is the series of packet loss can not be modeled. The analysis of packet loss prediction by SES using bounded adaptive smoothing constant provides the least error in case of significant time series average change. The study allows the real time applications estimate the network performance experienced by the users, potentially real time application in dynamic resource allocation. Furthermore, it reduces unnecessary network traffic.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างดี ด้วยคำแนะนำและคำปรึกษาแนวทางการดำเนินการวิจัยจาก รศ. บรรจง ปิยธำรง ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่านและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่านที่เมตตาสละเวลาตรวจความเรียบร้อยและให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อผู้วิจัยเป็นอย่างมาก

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดาและครอบครัว ที่การสนับสนุนและให้กำลังใจผู้วิจัยตลอดระยะเวลาในการทำวิจัย

ขอขอบคุณเจ้าหน้าคณะเทคโนโลยีสารสนเทศที่ให้ความช่วยเหลือแนะนำด้านธุรการและเครื่องมือที่ใช้ในระหว่างวิจัย

ขอขอบคุณสำนักหอสมุดกลาง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่จัดหาฐานข้อมูลวรสารทางวิชาการซึ่งเป็นแหล่งข้อมูลอ้างอิงในการทำวิจัยอย่างดี

ขอขอบคุณสำนักบรรณสาร สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ที่ดูแลหนังสือและวรสารที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัยนี้เป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบคุณเพื่อนๆ นักศึกษาทุกคนที่ช่วยเหลือให้คำแนะนำต่างๆ และเป็นกำลังใจอย่างดี คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

ภัทรพล ปิยะคุณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... II

กิตติกรรมประกาศ..... III

สารบัญ.....IV

สารบัญตาราง..... VII

สารบัญรูป..... VIII

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1

1.2 วัตถุประสงค์ในการวิจัย.....1

1.3 สมมุติฐานของงานวิจัย.....2

1.4 ขอบเขตของการวิจัย.....2

1.5 ขั้นตอนการศึกษา.....2

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....2

1.7 โครงสร้างของวิทยานิพนธ์..... 2

บทที่ 2 อินเตอร์เน็ตและการสูญหายของข้อมูล.....3

2.1 โพรโตคอล TCP/IP.....3

2.2 การรับส่งข้อมูลแบบเรียลไทม์.....4

2.3 การควบคุมปริมาณข้อมูล.....5

2.4 การสูญหายของข้อมูล..... 6

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....6

บทที่ 3 อนุกรมเวลา..... 8

3.1 อนุกรมเวลา.....8

3.2 การทำนายอนุกรมเวลา.....10

3.2.1 การคำนวณค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่.....11

3.2.2 การปรับให้เรียบแบบเอกซโพเนนเชียลครั้งเดียว.....12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น การอ้างอิงถึงเอกสารนี้ต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.2.2.1 ค่าคงที่ปรับให้เรียบ.....14

3.2.2.2 การเลือกค่าคงที่ปรับให้เรียบที่ให้ค่าคลาดเคลื่อนต่ำที่สุด.....15

3.2.2.3 การปรับค่าคงที่ปรับให้เรียบตามวิธีของ Trigg และ Leach.....15

3.2.2.4 การปรับค่าคงที่ปรับให้เรียบตามวิธีของ Trigg และ Leach แบบจำกัดขอบเขตของค่าคงที่ปรับให้เรียบ.....16

3.2.3 การพยากรณ์อย่างง่าย.....17

3.2.4 การกำหนดค่าเริ่มต้นในการทำนายอนุกรมเวลา.....17

3.3 การวัดค่าความคลาดเคลื่อนในการทำนายอนุกรมเวลา.....17

บทที่ 4 วิธีดำเนินการวิจัย..... 19

4.1 วิธีที่ใช้ในงานวิจัย.....19

4.2 ลักษณะข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัย..... 19

4.3 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย.....20

4.3.1 โปรแกรมสำหรับรวบรวมข้อมูล.....20

4.3.1.1 โปรแกรมส่งแพ็คเก็ต (SEND.EXE).....20

4.3.1.2 โปรแกรมรับแพ็คเก็ต (RECV.EXE).....21

4.3.2 โปรแกรมสำหรับวิเคราะห์ข้อมูล.....22

4.3.2.1 โปรแกรมตรวจนับแพ็คเก็ต.....22

4.3.2.2 โปแกรมวิเคราะห์ค่าทำนายและความคลาดเคลื่อน.....22

4.4 ขั้นตอนในการเก็บรวบรวมข้อมูล.....22

4.5 วิธีวิเคราะห์ข้อมูล.....24

4.5.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อกำหนดค่าสังเกตของอนุกรมเวลา..... 24

4.5.2 การวิเคราะห์ค่าทำนายอนุกรมเวลาและความคลาดเคลื่อน..... 24

4.5.2.1 การวิเคราะห์ค่าทำนายด้วยการปรับให้เรียบแบบเอกซโพเนนเชียลครั้งเดียวโดยใช้ค่าคงที่ปรับให้เรียบคงที่ค่าเดียว..... 25

4.5.2.2 การวิเคราะห์ค่าทำนายด้วยการปรับให้เรียบแบบเอกซโพเนนเชียลครั้งเดียวโดยใช้ค่าคงที่ปรับให้เรียบชนิดปรับค่าได้..... 27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.5.2.3 การวิเคราะห์ค่าทำนายด้วยการปรับให้เรียบแบบ
เอกซโพเนนเชียลครั้งเดียวโดยใช้ค่าคงที่ปรับให้
เรียบชนิดปรับค่าได้และจำกัดขอบเขต..... 29
4.5.2.4 การคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนจากการทำนายอนุกรมเวลา.....32

บทที่ 5 การวิเคราะห์ข้อมูล.....33
5.1 รูปแบบของอนุกรมเวลาอัตราการสูญหายของข้อมูล.....33
5.1.1 อนุกรมเวลาอัตราสูญหายของข้อมูลที่มีค่าเฉลี่ยคงที่..... 33
5.1.2 อนุกรมเวลาอัตราสูญหายของข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ย.....34
5.1.3 อนุกรมเวลาอัตราสูญหายของข้อมูลที่มีค่าสังเกตผิดปกติ..... 35
5.2 การกำหนดค่างคงที่ปรับให้เรียบและขอบเขต.....35
5.2.1 การกำหนดค่าคงที่ปรับให้เรียบชนิดคงที่ค่าเดียว.....35
5.2.1 การกำหนดขอบเขตของค่าคงที่ปรับให้เรียบชนิดปรับค่าได้.....36
5.3 การทำนายอนุกรมเวลาอัตราสูญหายของข้อมูล.....37

บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....40
6.1 สรุปผลการวิจัย.....40
6.2 ข้อเสนอแนะ.....42
6.2.1 ด้านการนำไปใช้ประโยชน์ 42
6.2.1 ด้านการศึกษาวิจัย.....42

เอกสารอ้างอิง.....43
ภาคผนวก 45
ภาคผนวก ก.....46
ภาคผนวก ข.....48
ประวัติผู้เขียน.....53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

3.1 แสดงน้ำหนักในการคำนวณค่าเฉลี่ยปรับให้เรียบแบบเอกซโพเนนเชียลครั้งเดียว ของค่าสังเกตเมื่อเวลาต่างๆ 13

5.1 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนจากการทำนายอนุกรมเวลาอัตราการสูญหายของข้อมูล ด้วยวิธี S01, STL, STLBและการพยากรณ์อย่างง่าย (Naive) 38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 การแบ่งชั้นการทำงานของโพรโตคอล TCP/IP 3

3.1 แสดงน้ำหนักของค่าสังเกตเมื่อค่าคงที่ปรับให้เรียบมีขนาด 0.2, 0.5 และ 0.9 14

4.1 แสดงโครงสร้างของแพ็คเก็ตที่ส่งโดยโปแกรมส่งแพ็คเก็ต (SEND.EXE) 21

4.2 โครงสร้างแพ็คเก็ตคำสั่งจากโปรแกรมรับแพ็คเก็ต ก.แพ็คเก็ตคำสั่งให้เริ่ม
ทำการส่งข้อมูล ข. แพ็คเก็ตคำสั่งให้หยุดทำการส่งข้อมูล 21

4.3 แสดงรูปแบบการบันทึกข้อมูลโดยโปรแกรมรับแพ็คเก็ต 21

4.4 แสดงลักษณะการเก็บข้อมูลโดยใช้การเชื่อมต่อเครือข่ายอินเตอร์เน็ตผ่านโมเด็ม
และผ่านเครือข่ายท้องถิ่น 23

4.5 ผังงานแสดงการคำนวณค่าทำนายด้วยวิธีปรับให้เรียบแบบเอกซโพเนนเชียลครั้งเดียว
โดยใช้ค่าคงที่ปรับให้เรียบมีค่าเท่ากับ 0.1 26

4.6 ผังงานแสดงการคำนวณค่าทำนายด้วยวิธีปรับให้เรียบแบบเอกซโพเนนเชียลครั้งเดียว
โดยใช้ค่าคงที่ปรับให้เรียบชนิดปรับค่าได้ 28

4.7 ผังงานแสดงการคำนวณค่าทำนายด้วยวิธีปรับให้เรียบแบบเอกซโพเนนเชียลครั้งเดียว
โดยใช้ค่าคงที่ปรับให้เรียบชนิดปรับค่าได้และจำกัดขอบเขต 28

5.1 แสดงลักษณะของอนุกรมเวลาอัตราสูญหายของข้อมูลที่มีค่าเฉลี่ยคงที่ ก. เมื่ออนุกรมเวลา
มีค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนสูง ข.เมื่ออนุกรมเวลามีค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนต่ำ 33

5.2 แสดงอนุกรมเวลาอัตราสูญหายของข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ย
เพิ่มขึ้นและคงที่อยู่ช่วงระยะเวลาหนึ่ง 31

5.3 แสดงค่าสังเกตที่ผิดปกติของอนุกรมเวลาอัตราสูญหายของข้อมูล 35

5.4 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อน (MAE) ในการทำนายอนุกรมเวลาอัตราสูญหายของ
ข้อมูลโดยใช้ค่าคงที่ปรับให้เรียบเท่ากับ 0.1 ถึง 0.9 36

5.5 กราฟแสดงค่าความคลาดเคลื่อนจากการทำนายอนุกรมเวลาที่นำมาศึกษาโดยใช้
เทคนิคการปรับให้เรียบแบบเอกซโพเนนเชียลครั้งเดียวและจำกัดขอบเขตของ
ค่าคงที่ปรับให้เรียบที่มีค่าขอบเขตล่างและระยะห่างของขอบเขตขนาดต่างๆ 37

5.6 แสดงค่าสังเกตของอัตราสูญหายของแพ็คเก็ตชนิดมีค่าสังเกตผิดปกติ
และค่าทำนายด้วยวิธี S03, STL และ STLB 35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ตเป็นระบบเครือข่ายที่มีผู้ใช้เป็นจำนวนมากและเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วความหนาแน่นของการใช้งานเครือข่ายในปัจจุบันไม่สามารถที่จะตอบสนองความต้องการในการรับส่งข้อมูลชนิดเรียลไทม์ได้ เนื่องจากทรัพยากรหรือช่องสัญญาณของเครือข่ายมีขนาดไม่แน่นอน ความต้องการข้อมูลอย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอเช่นข้อมูลภาพเคลื่อนไหวหรือเสียงจึงต้องอาศัยการจัดสรรทรัพยากรให้เพียงพอที่จะรองรับความล่าช้าหรือความไม่สมบูรณ์ของข้อมูล เทคนิคต่างๆ ที่นำมาใช้ได้แก่ การเตรียมบัฟเฟอร์ในขนาดที่เหมาะสม การเข้ารหัสข้อมูลเพื่อชดเชยข้อมูลในส่วนที่สูญหาย การทำแคช หรือพร็อกซี่เพื่อลดปริมาณข้อมูลในเครือข่าย วิธีต่างๆ เหล่านี้เป็นเครื่องยืนยันความไม่เพียงพอของทรัพยากรของเครือข่าย อนุกรมเวลาและการพยากรณ์อนุกรมเวลาเป็นวิชาทางด้านสถิติ ที่ถูกนำมาใช้ทางด้านเศรษฐศาสตร์ ภาคธุรกิจ และทางวิศวกรรม เพื่อทำนายเหตุการณ์ หรือพฤติกรรม ต่างๆที่จะเกิดขึ้นในอนาคต โดยอาศัยข้อมูลทางสถิติที่ผ่านมาโดยตั้งอยู่บนสมมุติฐานว่าเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นในอนาคตย่อมจะมีรูปแบบเช่นเดียวกับพฤติกรรมหรือเหตุการณ์เกิดขึ้นมาแล้วในอดีต ปกติการศึกษาทางด้านอนุกรมเวลาจะทำการศึกษาองค์ประกอบต่างๆของอนุกรมเวลาและสร้างเป็นสมการทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการทำนายเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต แต่ยังมีเทคนิคการทำนายอนุกรมเวลาที่ไม่จำเป็นต้องศึกษาโครงสร้างของอนุกรมเวลาแต่จะทำการปรับแก้ค่าทำนายจากความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่ผ่านซึ่งให้ผลการทำนายที่น่าพอใจวิธีการดังกล่าวคือ การปรับให้เรียบแบบเอกซโพเนนเชียลครั้งเดียว (Single Exponential Smoothing) ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการทำนายอนุกรมเวลาของเทคนิคดังกล่าวโดยใช้เทคนิคการปรับค่าคงที่ปรับให้เรียบด้วยวิธีการต่างๆเพื่อหาวิธีการที่เหมาะสมสำหรับทำนายอนุกรมเวลาอัตราสูญหายของข้อมูล ซึ่งเป็นประโยชน์สำหรับการคาดการณ์เหตุการณ์เช่น ความหนาแน่นของเครือข่ายหรือประสิทธิภาพของเครือข่าย เพื่อจะได้ทำการจัดสรรทรัพยากรให้เหมาะสมสำหรับการประมวลผลข้อมูลที่ต้องการความต่อเนื่องเช่น ข้อมูลเสียงเป็นต้น

1.2 วัตถุประสงค์ในการวิจัย

เพื่อศึกษาวิธีการพยากรณ์อนุกรมเวลาที่เหมาะสมสำหรับทำนายอัตราสูญหายของข้อมูลในเครือข่ายอินเตอร์เน็ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 สมมุติฐานของงานวิจัย

เทคนิคการปรับให้เรียบแบบเอกซโพเนนเชียลครั้งเดียวและใช้ค่าคงที่ปรับให้เรียบชนิดปรับค่าได้และจำกัดขอบเขต สามารถทำนายอนุกรมเวลาอัตราสูญหายของข้อมูลได้แม่นยำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ค่าคงที่ปรับให้เรียบแบบคงที่ค่าเดียว หรือ ค่าคงที่ปรับให้เรียบชนิดปรับค่าได้แต่ไม่จำกัดขอบเขต

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์เป็นร้อยละของอัตราสูญหายของข้อมูลในระหว่างรับส่งผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ตโดยใช้โปแกรมที่สร้างขึ้นโดยจะทำการส่งข้อมูลในอัตราคงที่ 2 กิโลไบต์ต่อวินาทีและทำการตรวจนับและคำนวณค่าร้อยละของข้อมูลที่สูญหาย

1.5 ขั้นตอนในการวิจัย

ขั้นตอนในการวิจัยเริ่มจากการเก็บข้อมูลโดยใช้โปรแกรมที่สร้างขึ้นและนำข้อมูลดังกล่าวไปทำการวิเคราะห์ค่าทำนายด้วยเทคนิคการทำนายอนุกรมเวลา การปรับให้เรียบแบบเอกซโพเนนเชียลครั้งเดียว และทำการคำนวณค่าคลาดเคลื่อนในการทำนายด้วยเทคนิคต่างๆ และนำมาเปรียบเทียบสรุปวิธีการที่เหมาะสมที่สุดที่จะนำมาใช้สำหรับทำนายอนุกรมเวลาอัตราสูญหาย

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ผลจากการศึกษาสามารถนำไปใช้กับการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ซึ่งทำหน้าที่รับส่งข้อมูลที่มีลักษณะเป็นเรียลไทม์ หรือนำไปใช้กับงานวิจัยในสาขาอื่นได้ นอกจากนี้งานวิจัยยังสามารถเป็นแนวทางในการศึกษารูปแบบของอนุกรมเวลาการสูญหายของข้อมูลบนเครือข่ายอินเตอร์เน็ต

1.7 โครงสร้างของวิทยานิพนธ์

โครงสร้างของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ประกอบด้วยเนื้อหาแบ่งออกเป็น 6 บทโดยบทที่ 1 เป็นการกล่าวนำถึงที่มาและแนวคิดของงานวิจัย บทที่ 2 และ 3 จะกล่าวถึงหลักการที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย บทที่ 2 ได้กล่าวถึงระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ตการทำงานและสาเหตุของการสูญหายของข้อมูล ในตอนท้ายได้กล่าวถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องซึ่งมีผู้เสนอวิธีการต่างๆเพื่อชดเชยการสูญหายของข้อมูล บทที่ 3 อธิบายหลักการของอนุกรมเวลาและเทคนิคการทำนายอนุกรมเวลาที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้ บทที่ 4 และ 5 กล่าวถึง ขั้นตอนในการวิจัยโดยละเอียดและผลของการวิจัย บทที่ 6 เป็นการสรุปผลของงานวิจัย แนวคิดที่จะนำไปใช้งานและการศึกษาเพิ่มเติม

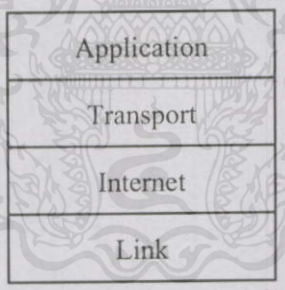
ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือแสวงหาผลประโยชน์ทางการค้าในรูปแบบใดๆ ทั้งสิ้น นอกจากจะได้รับอนุญาตจากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเท่านั้น การใช้งานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

อินเตอร์เน็ตและการสูญหายของข้อมูล

2.1 โพรโตคอล TCP/IP

ระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ตเป็นการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์จำนวนมากเข้าด้วยกันเพื่อวัตถุประสงค์ในการแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสาร อินเตอร์เน็ตกำเนิดจากเครือข่าย ARPANET และพัฒนาอย่างต่อเนื่องจนมาเป็นอินเตอร์เน็ตในปัจจุบัน นอกเหนือจากเครื่องคอมพิวเตอร์และสื่อสัญญาณที่ใช้ในการเชื่อมต่อเครือข่ายแล้วข้อตกลงในการแลกเปลี่ยนข้อมูลที่เรียกว่า โพรโตคอล (Protocol) ได้มีบทบาทสำคัญในการกำหนดวิธีการเชื่อมต่อ จัดสรรทรัพยากรและนำส่งข้อมูล โพรโตคอลที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนข้อมูลในระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ตคือ โพรโตคอล TCP/IP ซึ่งเป็นโพรโตคอลที่ได้รับการออกแบบโดยแยกตามหน้าที่ของการทำงานออกเป็นชั้นๆ (Layer) เพื่อความสะดวกในการพัฒนาและเพื่อให้ทำงานกับอุปกรณ์เครือข่ายที่มีมาตรฐานต่างกัน โดยทำการปรับปรุงเฉพาะเพียงบางส่วนที่เกี่ยวข้อง โพรโตคอล TCP/IP แบ่งการทำงานออกเป็น 4 ชั้นตามรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 การแบ่งชั้นการทำงานของโพรโตคอล TCP/IP

โดยแต่ละชั้นจะมีหน้าที่ต่างๆดังต่อไปนี้

- **ชั้นเชื่อมต่อข้อมูล (Link Layer)**

  ชั้นเชื่อมต่อข้อมูลเป็นชั้นที่ทำหน้าที่รับข้อมูลจากชั้นสื่อสารอินเตอร์เน็ตและส่งข้อมูลแบบของไบนารีไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ปลายทางหรือเส้นทางที่กำหนดไว้โดยชั้นสื่อสารอินเตอร์เน็ต และในทางกลับกันจะรับข้อมูลจากอุปกรณ์เครือข่าย (เช่น อีเทอร์เน็ต) ส่งให้ชั้นสื่อสารอินเตอร์เน็ต การทำงานของชั้นเชื่อมต่อข้อมูลจะแตกต่างกันตามชนิดของอุปกรณ์เครือข่ายที่มีมาตรฐานต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **ชั้นสื่อสารอินเตอร์เน็ต (Internet Layer)**

  ชั้นสื่อสารอินเตอร์เน็ตทำหน้าที่รับข้อมูลจากชั้นนำส่งข้อมูล (Transport Layer) และกำหนดเส้นทางในการนำส่งข้อมูลไปยังปลายทาง ระหว่างทำการส่งข้อมูล(แพ็คเก็ต) ชั้นสื่อสารอินเตอร์เน็ตจะทำการเลือกเส้นทางที่เหมาะสมเพื่อให้แพ็คเก็ตไปถึงปลายทางโดยใช้เวลาน้อยที่สุดและไม่สูญหายในระหว่างการรับส่ง เส้นทางการรับส่งเป็นการเชื่อมต่อของอุปกรณ์กำหนดเส้นทาง (Router) จำนวนมากที่มีประสิทธิภาพและภาระในการทำงานที่แตกต่างกัน กรณีแพ็คเก็ตถูกนำส่งไปยัง เร้าเตอร์ ที่ไม่สามารถให้บริการได้เนื่องจากรับภาระในการทำงานสูง (Load) แพ็คเก็ตดังกล่าวจะถูกลบทิ้งจากระบบเพื่อลดปริมาณข้อมูลในเครือข่าย

- **ชั้นนำส่งข้อมูล (Transport Layer)**

  ชั้นนำส่งข้อมูลทำหน้าที่รับข้อมูลจากชั้นสื่อสารประยุกต์ (Application Layer) และกำหนดวิธีการรับส่งข้อมูล โดยมีกลไกควบคุมปริมาณข้อมูลและประกันความถูกต้องของข้อมูล ในชั้นนำส่งข้อมูลสามารถแบ่งการทำงานออกเป็นสองลักษณะคือ TCP (Transmission Control Protocol) ซึ่งเป็นการสร้างการเชื่อมต่อตลอดการรับส่งข้อมูล (Connection-Oriented) โดยสร้างการเชื่อมต่อกับปลายทางควบคุมปริมาณข้อมูล ตรวจสอบการสูญหายของข้อมูลและทำการส่งกลับไปใหม่ (Retransmission) ซึ่งเป็นการประกันความถูกต้องของข้อมูล ส่วน UDP (User Datagram Protocol) เป็นการรับส่งข้อมูลโดยไม่สร้างการเชื่อมต่อ (Connectionless) แพ็คเก็ตจะถูกส่งโดยไม่มีการตรวจสอบการสูญหาย ข้อมูลที่ส่งโดย โพรโตคอล UDP จะต้องอาศัยการตรวจสอบการสูญหายของแพ็คเก็ตและการควบคุมอัตราการส่งโดยชั้นการสื่อสารประยุกต์

- **ชั้นสื่อสารประยุกต์ (Application Layer)**

  ชั้นสื่อสารประยุกต์เป็นส่วนของผู้ใช้ที่ทำการเตรียมข้อมูลในการแลกเปลี่ยนกับผู้รับปลายทางหรือรับข้อมูลจากชั้นนำส่งข้อมูลเพื่อนำมาประมวลผลโพรโตคอลที่จัดอยู่ในชั้นสื่อสารประยุกต์ได้แก่ TELNET, FTP เป็นต้น

2.2 การรับส่งข้อมูลแบบเรียลไทม์

ปัจจุบันการรับส่งข้อมูลเช่น เสียงหรือภาพเคลื่อนไหวสามารถพบเห็นได้มากในเครือข่ายอินเตอร์เน็ตแต่ยังไม่สามารถให้คุณภาพที่ดีเท่ากับสื่อประเภทอื่น เนื่องจากระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ตได้รับการออกแบบมาเพื่อการรับส่งข้อมูลเช่นแฟ้มข้อมูลซึ่งให้ความสนใจกับความถูกต้อง (Reliable) มากกว่าเวลาที่ใช้ในการรับส่งข้อมูล การรับส่งแฟ้มข้อมูลผู้ส่งสามารถปรับอัตราการส่งข้อมูลเพื่อความเหมาะสมได้ทันที ในขณะที่การรับส่งข้อมูลชนิดเรียลไทม์ เช่น เสียงหรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพเคลื่อนไหวให้ความสำคัญกับเวลาที่ใช้ในการเดินทางของข้อมูล (Time-Sensitive) มากกว่าความสมบูรณ์ของข้อมูล การปรับอัตราการส่งข้อมูลอย่างทันทีทันใดจะทำให้ปริมาณข้อมูลไม่แน่นอนยากต่อการจัดสรรทรัพยากรเพื่อประมวลผลให้ได้อย่างต่อเนื่องซึ่งเป็นหลักสำคัญในการประมวลผลข้อมูลชนิดเรียลไทม์

2.3 การควบคุมปริมาณข้อมูล

การพัฒนามัลติมีเดียแอพลิเคชั่นประเภทเรียลไทม์ให้ความสนใจโพรโตคอล UDP และพัฒนาส่วนควบคุมอัตราการส่งข้อมูลไว้ในโพรโตคอลชั้นสื่อสารประยุกต์ (Application Flow Control) การส่งข้อมูลในอัตราสูงสุดเท่าที่จะเป็นไปได้อาจไม่มีความจำเป็นสำหรับข้อมูลชนิดเรียลไทม์ กลไกควบคุมอัตราส่งข้อมูลในชั้นสื่อสารประยุกต์มีหน้าที่ในการควบคุมปริมาณข้อมูลให้เพียงพอสำหรับการประมวลผลปลายทางอย่างต่อเนื่องและลดปริมาณการสูญหายของข้อมูลโดยการปรับอัตราส่งข้อมูลให้เหมาะสมกับสถานะของเครือข่าย

การควบคุมปริมาณข้อมูลมีวัตถุประสงค์เพื่อป้องกันการส่งข้อมูลในอัตราที่สูงกว่าความสามารถของผู้รับแต่ในปัจจุบันเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้งานมีประสิทธิภาพสูงและมีหน่วยความจำเพียงพอสำหรับรองรับข้อมูลจำนวนมาก ดังนั้นการควบคุมปริมาณข้อมูลจึงต้องพิจารณาความสามารถในการส่งข้อมูลของเครือข่ายเป็นหลักและทำหน้าที่ควบคุมปริมาณข้อมูลที่ส่งเข้าไปในเครือข่ายให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม กลไกการควบคุมปริมาณข้อมูลจะแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วนได้แก่การคำนวณเพื่อประเมินสถานะของเครือข่ายและส่วนของการปรับอัตราการส่งข้อมูล

การประเมินสถานะของเครือข่ายจะต้องทำอย่างสม่ำเสมอเนื่องจากสถานะของเครือข่ายมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาการตรวจสอบสามารถทำได้โดยอาศัยข้อมูลการตอบรับแพ็คเก็ตที่ส่งมาจากผู้รับและทำการนับจำนวนแพ็คเก็ตที่ส่งไปถึง จำนวนแพ็คเก็ตที่สูญหายหรือ อาจใช้ข้อมูลระยะเวลาในการเดินทางของแพ็คเก็ตสำหรับประเมินประสิทธิภาพของเครือข่ายขณะนั้น

การปรับอัตราส่งข้อมูลเป็นส่วนที่ทำหน้าที่กำหนดอัตราการส่งข้อมูลที่เหมาะสมในการส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายโดยอาศัยข้อมูลสถานะของเครือข่ายที่กล่าวมาแล้วข้างต้นในการตัดสินใจเพิ่มหรือลดอัตราการส่งข้อมูล สำหรับโพรโตคอล TCP จะทำการปรับอัตราส่งข้อมูลเพิ่มขึ้น 1 แพ็คเก็ตโดยประมาณ ทุกๆ รอบการส่งกรณีไม่เกิดการสูญหายของแพ็คเก็ตและเมื่อแพ็คเก็ตสูญหายจะทำการลดอัตราการส่งลงครึ่งหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การสูญหายของข้อมูล

การรับส่งข้อมูลในเครือข่ายอินเตอร์เน็ตแอพลิเคชั่นจะทำการเตรียมข้อมูลที่ต้องการนำส่งและส่งผ่านไปยังโพรโตคอลในชั้นนำส่งข้อมูล (Transport Layer) โพรโตคอลที่นิยมใช้คือ TCP ซึ่งมีกลไกในการรับส่งข้อมูลที่สามารถประกันความถูกต้องของข้อมูล เมื่อข้อมูลเกิดสูญหายในระหว่างการรับส่งจะทำการส่งสำเนาข้อมูลในส่วนที่สูญหายกลับไปใหม่ (Retransmission) จนกว่าข้อมูลทั้งหมดจะได้รับครบถ้วนสมบูรณ์ การสูญหายของข้อมูลอาจเกิดได้จากสาเหตุต่างเช่น เกิดความหนาแน่นของเครือข่าย เราเตอร์ (Router) ซึ่งเป็นอุปกรณ์กำหนดเส้นทางให้แพ็คเก็ตไม่สามารถให้บริการได้ทำให้แพ็คเก็ตถูกลบออกจากระบบ หรือเกิดจากความบกพร่องของแพ็คเก็ตข้อมูลที่นำส่งเกิดความเสียหายเมื่อระบบตรวจพบก็จะทำการยกเลิกแพ็คเก็ตดังกล่าว เวลาที่ใช้ในการเดินทางของแพ็คเก็ตเป็นอีกสาเหตุหนึ่งในการยกเลิกแพ็คเก็ตนั้นๆ กรณีแพ็คเก็ตใช้เวลาในการเดินทางมากกว่าเวลาที่ระบบได้ทำการประเมินไว้

เนื่องจาก TCP มีกลไกในการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลดังกล่าวทำให้เป็นอุปสรรคต่อการรับส่งข้อมูลชนิดเรียลไทม์ในสองประการคือ ประการแรก TCP ไม่สามารถส่งข้อมูลในอัตราคงที่ เพราะกลไกการส่งสำเนาแพ็คเก็ตกลับไปใหม่ (Retransmission) กรณีเกิดแพ็คเก็ตสูญหายจะทำการลดอัตราการส่งข้อมูลลงครึ่งหนึ่ง [12] เพื่อลดความคับคั่งของข้อมูลในเครือข่ายที่ให้อัตราการส่งข้อมูลไม่คงที่ ประการที่สอง การส่งข้อมูลโดยใช้โพรโตคอล TCP ในแต่ละรอบของการส่งจะทำการเพิ่มขนาดของแพ็คเก็ตซึ่งหมายถึงการเพิ่มอัตราการส่งข้อมูลให้สูงขึ้นอย่างต่อเนื่องทำให้การรับส่งข้อมูลมีแนวโน้มเข้าสู่สภาวะการติดขัดเนื่องจากขนาดของช่องสัญญาณไม่เพียงพอเป็นเหตุให้แพ็คเก็ตเกิดการสูญหายอย่างสม่ำเสมอ

การสูญหายของแพ็คเก็ตในการรับส่งข้อมูลชนิดเรียลไทม์สามารถเกิดขึ้นได้ตลอดเวลาเช่นเดียวกับการรับส่งแฟ้มข้อมูลแต่เนื่องจากข้อมูลชนิดเรียลไทม์ต้องการข้อมูลในอัตราที่สม่ำเสมอ ดังนั้นการคงอัตราการส่งข้อมูลให้อยู่ในระดับคงที่ขณะเครือข่ายเกิดความหนาแน่นสูงจะทำให้เกิดการสูญหายของข้อมูลจำนวนมาก

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เนื่องจากการสูญหายของแพ็คเก็ตในเครือข่ายอินเตอร์เน็ตเป็นข้อมูลสำคัญในการแสดงประสิทธิภาพในการให้บริการของเครือข่ายขณะใดๆ ดังนั้นการศึกษาคุณลักษณะของการสูญหายของแพ็คเก็ตจึงมีส่วนสำคัญในการกำหนดวิธีการสำหรับชดเชยหรือลดปริมาณการสูญหายให้มีจำนวนน้อยที่สุด

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ

การชดเชยการสูญหายของข้อมูลโดยการส่งข้อมูลแบบซ้ำซ้อน [3] รวมเข้าไปกับแพ็คเก็ตของข้อมูลชนิดเรียลไทม์ เมื่อแพ็คเก็ตสูญหายผู้รับจะสร้างขึ้นมาใหม่โดยอาศัยข้อมูลซ้ำซ้อนที่ส่งมา

กับแพ็คเก็ตข้างเคียงวิธีการดังกล่าวอาจทำให้การใช้ช่องสัญญาณสิ้นเปลืองและเมื่อเกิดการสูญหายของแพ็คเก็ตติดต่อกันจำนวนมากจะไม่สามารถกู้ข้อมูลกลับคืนได้

การส่งกลับไปใหม่ (Retransmission) เป็นเทคนิคที่โพรโตคอล TCP ใช้สำหรับการจัดการกับแพ็คเก็ตที่สูญหายซึ่งอาจมีผลกระทบต่อการประมวลผลข้อมูลเรียลไทม์ ปัญหาของการส่งกลับไปใหม่เกิดขึ้นจากการตรวจสอบการสูญหายของแพ็คเก็ตที่ล่าช้า (Loss-Detection delay) ประกอบกับระยะเวลาในการเดินทางของแพ็คเก็ตที่ส่งมาใหม่ทำให้แพ็คเก็ตดังกล่าวถูกกำหนดให้เป็นแพ็คเก็ตสูญหายตามความหมายของการประมวลผลข้อมูลแบบเรียลไทม์ การตรวจสอบแพ็คเก็ตที่สูญหายได้เร็วขึ้น [4] สามารถลดการสูญหายของแพ็คเก็ต โดยการเพิ่มการตรวจสอบลำดับของแพ็คเก็ตที่หายไป (Gap Detection) เมื่อพบว่าหมายเลขลำดับของแพ็คเก็ตขาดหายไปแสดงว่าเกิดการสูญหายของแพ็คเก็ต และการประเมินเวลาที่ใช้ในการเดินทางของแพ็คเก็ต (Timeout Detection) เป็นการกำหนดเวลาที่แพ็คเก็ตควรจะเดินทางมาถึง เมื่อแพ็คเก็ตใช้เวลามากกว่าที่กำหนด แพ็คเก็ตดังกล่าวจะถูกกำหนดให้เป็นแพ็คเก็ตสูญหาย การตรวจสอบลำดับที่หายไปของแพ็คเก็ตอาจไม่เหมาะกับเส้นทางการรับส่งข้อมูลที่ใช้เวลามากเพราะแพ็คเก็ตอาจมาถึงปลายทางโดยไม่เรียงลำดับ

การหน่วงเวลาประมวลผลแบบปรับได้ [2] (Adaptive Playout Delay) จากการศึกษาพบว่าความล่าช้า (Delay) ที่เกิดขึ้นในการรับส่งข้อมูลบนเครือข่ายอินเตอร์เน็ตมีลักษณะไม่แน่นอน การหน่วงเวลาโดยการสะสมแพ็คเก็ตไว้ช่วงเวลาหนึ่งก่อนการประมวลผล ช่วยลดการสูญหายของแพ็คเก็ตได้ และประสิทธิภาพในการประมาณขนาดของความล่าช้ามีผลต่อการลดปริมาณแพ็คเก็ตสูญหาย เทคนิคดังกล่าวสามารถช่วยลดการสูญหายของแพ็คเก็ตอันเนื่องมาจากความล่าช้าในการเดินทางของแพ็คเก็ต

การควบคุมปริมาณข้อมูลที่ทำการส่งเข้าไปในเครือข่ายเป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถลดการสูญหายของข้อมูลได้ [1, 5, 6, 8, 12] การควบคุมปริมาณข้อมูลจะอาศัยการตรวจสอบสถานะของเครือข่ายอย่างสม่ำเสมอจากแพ็คเก็ตตอบรับหรือรายงานปริมาณการสูญหายของแพ็คเก็ตจากผู้รับข้อมูลดังกล่าวจะนำไปวิเคราะห์เพื่อกำหนดอัตราการส่งข้อมูลที่เหมาะสมโดยทั่วไปเมื่อแพ็คเก็ตสูญหายในปริมาณที่สูงขึ้นจะทำการลดอัตราการส่งข้อมูลเพื่อหลีกเลี่ยงการเพิ่มภาระให้กับเครือข่ายโดยไม่จำเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

อนุกรมเวลา

อนุกรมเวลาหมายถึงลำดับของค่าสังเกตที่ถูกบันทึกรวบรวมไว้เพื่อศึกษาพฤติกรรมหรือแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงอย่างใดอย่างหนึ่ง วิธีการศึกษารูปแบบความเปลี่ยนแปลงของอนุกรมเวลาเรียกว่า การพยากรณ์อนุกรมเวลาหรือการทำนายอนุกรมเวลา ซึ่งเป็นการศึกษาข้อมูลอนุกรมเวลาที่ผ่านมาสำหรับเป็นแนวทางในการกำหนดรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงของอนุกรมเวลาและทำนายเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต การทำนายอนุกรมเวลาได้ถูกนำมาใช้ในการทำนายเหตุการณ์ที่เกี่ยวกับพฤติกรรมทางสังคมเช่น ยอดขายสินค้าที่สัมพันธ์กับฤดูกาลหรืองบประมาณที่ใช้ในการประชาสัมพันธ์ การทำนายอนุกรมเวลาสามารถช่วยการตัดสินใจทางด้านธุรกิจ การจัดการสินค้าคงคลังและควบคุมการผลิตในทางอุตสาหกรรม ในงานวิจัยนี้เป็นการนำเทคนิคการทำนายอนุกรมเวลามาประยุกต์ใช้เพื่อทำนายอัตราสูญหายของข้อมูลในระหว่างการรับส่งผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ตเพื่อประโยชน์ในการตัดสินใจควบคุมปริมาณข้อมูลให้อยู่ในระดับที่สามารถใช้ทรัพยากรของเครือข่ายได้อย่างมีประสิทธิภาพหรือเพื่อจัดทรัพยากรให้เพียงพอต่อความต้องการในการประมวลผลข้อมูลซึ่งมีส่วนช่วยเพิ่มคุณภาพของการให้บริการของระบบ

ในบทที่ 3 นี้จะกล่าวถึงความหมายของอนุกรมเวลาและส่วนประกอบในหัวข้อ 3.1 การทำนายอนุกรมเวลาในหัวข้อ 3.2 ค่าคงที่ปรับให้เรียบและการปรับค่าคงที่ปรับให้เรียบในหัวข้อ 3.3 การกำหนดค่าเริ่มต้นในการทำนายอนุกรมเวลาและการวัดค่าความคลาดเคลื่อนในการทำนายอนุกรมเวลาในหัวข้อ 3.4 และ 3.5 ตามลำดับ

3.1 อนุกรมเวลา

อนุกรมเวลาหมายถึง กลุ่มของค่าสังเกตที่รวบรวมอย่างต่อเนื่องตามลำดับเวลา อนุกรมเวลาที่ทำการศึกษาเป็นอนุกรมเวลาที่เกิดจากค่าสังเกตที่รวบรวมได้จากช่วงเวลาที่เท่ากัน โดยใช้สัญลักษณ์ $\{y_t\}, t = 1, 2, ..., n$ แทนอนุกรมเวลา $y_1, y_2, ..., y_n$ ค่าสังเกตของเหตุการณ์ต่างๆ ที่สนใจทำการศึกษามักจะมีการเปลี่ยนแปลงไปตามเหตุการณ์แวดล้อมทั้งทางตรงและทางอ้อมที่มีผลกระทบต่อเหตุการณ์ที่ทำการศึกษา ส่วนประกอบสำคัญที่มีส่วนในการกำหนดคุณลักษณะของอนุกรมเวลามีดังต่อไปนี้

- **แนวโน้ม** หมายถึงลักษณะของความเปลี่ยนแปลงของค่าสังเกตที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงตลอดช่วงระยะเวลาที่ทำการศึกษา ความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นอาจมีลักษณะ เชิงเส้น (Linear Trend) แนวโน้มกำลังสอง (Quadratic Trend) หรือ เอกซโพเนนเชียล (Exponential Trend)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **ฤดูกาล** หมายถึงลักษณะของความเปลี่ยนแปลงของค่าสังเกตที่เกิดขึ้นซ้ำๆ ในช่วงเวลาเดียวกัน
- **วัฏจักร** หมายถึงลักษณะของความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นซ้ำๆเช่นเดียวกับ ฤดูกาลแต่เป็นความเปลี่ยนแปลงที่เกิดในช่วงระยะเวลาที่นานกว่า
- **ค่าสุ่ม** หรือค่ารบกวน หมายถึงลักษณะของความเปลี่ยนแปลงที่ไม่มีแบบแผนไม่สามารถคาดการณ์ได้ ความเปลี่ยนแปลงชนิดสุ่มอาจเกิดจากเหตุการณ์ที่มีผลกระทบกับเหตุการณ์ที่กำลังศึกษาหรือเกิดจากความผิดพลาดในการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยทั่วไปการศึกษาเกี่ยวกับอนุกรมเวลาจะกำหนดคุณสมบัติของค่าสุ่มให้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และมีความแปรปรวนเท่ากับ σ^2 คงที่ค่าหนึ่ง

อนุกรมเวลาอาจประกอบด้วยส่วนประกอบต่างๆ ที่กล่าวมาแล้วข้างต้นซึ่งทำให้เกิดรูปแบบของอนุกรมเวลาที่แตกต่างกัน รูปแบบของอนุกรมเวลาที่สำคัญเพื่อใช้ในการศึกษาวิธีการทำนายอนุกรมเวลามีดังต่อไปนี้

- **อนุกรมเวลาที่มีรูปแบบคงที่** คืออนุกรมเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของอนุกรมเวลาน้อยหรือไม่เปลี่ยนแปลง รูปแบบของอนุกรมเวลาชนิดคงที่คือ

$$y_t = b + \varepsilon_t, \qquad t=1,2,...,n \tag{3.1}$$

โดย y_t คือค่าสังเกตเมื่อเวลา t
b คือค่าเฉลี่ยของอนุกรมเวลา
ε_t คือค่าสุ่มเมื่อเวลา t

- **อนุกรมเวลาที่มีค่าสังเกตผิดปกติ** ค่าสังเกตดังกล่าวจะเกิดขึ้นในช่วงเวลาสั้นๆ 1 หรือ 2 ช่วงเวลาและจะเบี่ยงเบนออกจากค่าเฉลี่ยของอนุกรมเวลาสูงกว่าปกติ ค่าสังเกตในลักษณะนี้จะไม่นำมาพิจารณาหรือให้น้ำหนักน้อยเมื่อนำมาวิเคราะห์ เนื่องจากเป็นค่าสังเกตที่เกิดจากเหตุการณ์ที่ไม่ปกติหรือเก็บข้อมูลผิดพลาดจึงไม่ควรนำมาใช้ในการกำหนดรูปแบบของอนุกรมเวลา ในการศึกษาเกี่ยวกับการวิเคราะห์อนุกรมเวลาจะใช้อนุกรมเวลาที่มีค่าสังเกตที่ผิดปกติในการทดสอบการตอบสนองต่อค่าสังเกตของวิธีการทำนายอนุกรมเวลา รูปแบบของอนุกรมเวลาคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$y_t = \begin{cases} a, & t = 0 \\ 0, & t \neq 0 \end{cases} \qquad (3.2)$$

โดย y_t คือค่าสังเกตเมื่อเวลา t
a คือค่าสังเกตที่ผิดปกติ

- **อนุกรมเวลาชนิดมีแนวโน้มเชิงเส้น** คืออนุกรมเวลาที่มีองค์ประกอบชนิดแนวโน้มรวมกับค่าสุ่มรูปแบบของอนุกรมเวลาคือ

$$y_t = a + bt + \varepsilon_t \qquad (3.3)$$

โดย y_t คือค่าสังเกตเมื่อเวลา $t = 0$
a คือค่าสังเกตเริ่มต้นเมื่อเวลา $t = 0$
b คือสัมประสิทธิ์แนวโน้ม

ลักษณะของอนุกรมเวลาที่กล่าวมาข้างต้นเป็นลักษณะของการเปลี่ยนแปลงค่าสังเกตของอนุกรมเวลาซึ่งเป็นตัวแบบสำคัญในการศึกษาประสิทธิภาพการทำนายอนุกรมเวลา อนุกรมเวลาที่ทำการศึกษาโดยทั่วไปจะประกอบด้วยรูปแบบของความเปลี่ยนแปลงมากกว่า 1 ชนิดรวมทั้งค่าสุ่มซึ่งเป็นส่วนประกอบของอนุกรมเวลาที่มีความแปรปรวนขนาดต่างๆ ทำให้การวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนในการทำนายอนุกรมเวลาต้องอาศัยตัววัดที่สามารถลดความเอนเอียงเนื่องจากคุณสมบัติที่แตกต่างของอนุกรมเวลาได้ซึ่งจะกล่าวถึงในหัวข้อ 3.4 เรื่องการวัดค่าความคลาดเคลื่อนในการทำนายอนุกรมเวลา

3.2 การทำนายอนุกรมเวลา

ในการศึกษาเกี่ยวกับอนุกรมเวลาเป็นการศึกษาความเปลี่ยนแปลงของเหตุการณ์หรือพฤติกรรมที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่ผ่านมาเพื่อใช้สำหรับคาดการณ์เหตุการณ์ที่น่าจะเป็นไปได้ในอนาคต การทำนายอนุกรมเวลาเป็นการใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์และสถิติเพื่อกำหนดรูปแบบ หรือโมเดล ของเหตุการณ์ที่ผ่านมาโดยตั้งอยู่บนสมมุติฐานว่าพฤติกรรมหรือเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นในอนาคตย่อมจะมีรูปแบบเช่นเดียวกับพฤติกรรมหรือเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นมาแล้วในอดีต [9] ในงานวิจัยนี้ได้เลือก วิธีการปรับให้เรียบแบบเอกซโพเนนเชียลครั้งเดียว (Single Exponential Smoothing) มาใช้ในการวิเคราะห์ค่าทำนายอนุกรมเวลาเนื่องจากมีความสามารถในการปรับตัวตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเปลี่ยนรูปแบบของอนุกรมเวลาได้ดี การปรับให้เรียบแบบเอกซโพเนนเชียลครั้งเดียวเป็นวิธีที่มีหลักการคำนวณใกล้เคียงกับวิธีการคำนวณค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average) ซึ่งจะอธิบายหลักการและวิธีการของการคำนวณค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ในหัวข้อ 3.2.1 เพื่อความสะดวกในการทำความเข้าใจกับวิธีการของ การปรับให้เรียบแบบเอกซโพเนนเชียลครั้งเดียวในหัวข้อ 3.2.2

3.2.1 การคำนวณค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่

อนุกรมเวลาที่ทำการศึกษาเป็นอนุกรมเวลาชนิดคงที่ (หัวข้อ 3.1) ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของอนุกรมเวลาอยู่ในช่วงแคบๆ หรือไม่เปลี่ยนแปลง การคำนวณค่าเฉลี่ยเลขคณิตของค่าสังเกตทั้งหมดจนถึงเวลา T จะสามารถให้ค่าทำนายที่เหมาะสมได้ ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$M_T = \frac{x_T + x_{T-1} + \ldots + x_2 + x_1}{T}$$

แต่เนื่องจากอนุกรมเวลาที่ทำการศึกษามักจะมีการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างมีนัยสำคัญ การใช้ค่าเฉลี่ยของค่าสังเกตทั้งหมดมาทำนายค่าสังเกตที่จะเกิดขึ้นในอนาคตอาจทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนสูงเนื่องจากค่าสังเกตที่เกิดขึ้นเป็นเวลานานไม่สามารถใช้เป็นตัวแทนของค่าสังเกตในปัจจุบันได้ จึงใช้การคำนวณค่าเฉลี่ยของค่าสังเกตย้อนหลัง N ค่า

$$M_T = \frac{x_T + x_{T-1} + x_{T-2} \ldots + x_{T-N+1}}{N} \quad , N < T$$

ซึ่งเป็นการกำหนดน้ำหนักให้กับค่าสังเกต N ค่าย้อนหลังแต่ละค่าเท่ากับ $\frac{1}{N}$ และน้ำหนักของค่าสังเกต $x_{T-N}, x_{T-N-1}, \ldots, x_2, x_1$ มีค่าเท่ากับ 0 การคำนวณค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ย้อนหลัง N ค่าสามารถเขียนให้อยู่ในรูปที่สะดวกต่อการคำนวณได้ดังนี้

$$M_T = \frac{x_T + (x_{T-1} + x_{T-2} \ldots + x_{T-N+1} + x_{T-N}) - x_{T-N}}{N}$$

ซึ่ง $$M_{T-1} = \frac{x_{T-1} + x_{T-2} \ldots + x_{T-N+1} + x_{T-N}}{N}$$

ดังนั้น $$M_T = M_{T-1} + \frac{x_T - x_{T-N}}{N}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตอบสนองของค่าทำนายต่อความเปลี่ยนแปลงของอนุกรมเวลาขึ้นอยู่กับจำนวนค่าสังเกตย้อนหลัง N ค่า กล่าวคือเมื่อ N มีค่ามากการตอบสนองจะช้าโดยจะใช้เวลาในการเข้าสู่

รูปแบบของอนุกรมเวลาที่เปลี่ยนไปเท่ากับ N ช่วงเวลา และเมื่อ N มีค่าน้อยการทำนายจะใช้เวลาในการติดตามรูปแบบของอนุกรมเวลาน้อยแต่ค่าทำนายจะมีความแปรปรวนสูงเนื่องจากการทำนายตอบสนองต่อค่าสุ่มซึ่งเป็นส่วนประกอบของอนุกรมเวลา

อย่างไรก็ดีการกำหนดจำนวนค่าสังเกตย้อนหลังให้มีขนาดมากหรือน้อยเพื่อให้เหมาะสมกับสถานการณ์จะมีความยุ่งยากในการคำนวณและใช้หน่วยความจำมากในการบันทึกค่าที่ใช้ในการคำนวณจึงไม่เป็นที่นิยมใช้ ซึ่งจะได้อธิบายถึงเทคนิคการทำนายอนุกรมเวลาที่คำนวณโดยกำหนดน้ำหนักให้กับค่าสังเกตแต่ละตัวไม่เท่ากันซึ่งให้ค่าทำนายที่สามารถติดตามความเปลี่ยนแปลงของอนุกรมเวลาได้ดีกว่า

3.2.2 การปรับให้เรียบแบบเอกซโพเนนเชียลครั้งเดียว

การทำนายโดยใช้วิธีปรับให้เรียบแบบเอกซโพเนนเชียลครั้งเดียว จะมีลักษณะคล้ายการคำนวณค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ แต่เป็นการคำนวณค่าเฉลี่ยของค่าสังเกตทั้งหมดโดยกำหนดน้ำหนักให้กับค่าสังเกตแต่ละตัวไม่เท่ากัน โดยจะกำหนดให้น้ำหนักกับค่าสังเกตปัจจุบันมากกว่าค่าสังเกตที่ผ่านมา น้ำหนักที่ให้กับค่าสังเกตจะมีค่าลดลงแบบเอกซโพเนนเชียลเมื่ออายุของค่าสังเกตเพิ่มขึ้น ผลรวมของน้ำหนักที่กำหนดให้กับค่าสังเกตทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 1

การคำนวณค่าทำนายของค่าสังเกตในอนาคตจะทำโดยประมาณค่า b จากสมการ 3.1ซึ่งเป็นสมการเชิงเส้นที่ใช้ประมาณค่าเฉลี่ยของอนุกรมเวลา ด้วยวิธีค่าต่ำสุดของผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อนแบบลดลง (weight least-squares) โดยกำหนดให้ e คือฟังก์ชันของค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองและทำการประมาณค่า b ที่ทำให้ e มีค่าต่ำสุด

$$e(b) = \sum_{t=1}^{T} \beta^{T-t}(x_t - b)^2 \;; 0 < \beta < 1 \qquad (3.4)$$

โดยที่ β^{T-t} คือน้ำหนักที่กำหนดให้กับความคลาดเคลื่อนกำลังสองเมื่อเวลา t

การประมาณค่า b เมื่อสิ้นสุดเวลา T สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\left.\frac{\partial e(b)}{\partial b}\right|_{\hat{b}} = -2\sum_{t=1}^{T} \beta^{T-t}[x_t - \hat{b}(T)] = 0$$

$$\hat{b}(T)\sum_{t=1}^{T} \beta^{T-t} = \sum_{t=1}^{T} \beta^{T-t} x_t$$

ได้

$$\hat{b}(T) = \frac{1-\beta}{1-\beta^T}\sum_{t=1}^{T} \beta^{T-t} x_t$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งเขียนอยู่ในรูปของการคำนวณโดยใช้ข้อมูลทั้งหมด

แต่เพื่อสะดวกในการคำนวณจะเขียนให้อยู่ในรูปของ x_T และ $\hat{b}(T-1)$ ได้ดังนี้

$$\hat{b}(T) = \frac{(1-\beta)x_T + \beta(1-\beta^{T-1})\hat{b}(T-1)}{1-\beta^T} \tag{3.5}$$

และเมื่อ T มีค่ามากจะได้ว่า $\beta^T = 0$ ดังนั้นสมการที่ 3.2 สามารถเขียนใหม่ได้เป็น

$$\hat{b}(T) \approx (1-\beta)x_T + \beta\hat{b}(T-1)$$

เมื่อกำหนดให้ $\alpha = 1-\beta$ และ $S_T = \hat{b}(T)$ จะได้

$$S_T = \alpha x_T + (1-\alpha)S_{T-1} \tag{3.6}$$

S_T คือ ค่าทำนายของค่าเฉลี่ยของอนุกรมเวลาเมื่อเวลา T

S_{T-1} คือ ค่าทำนายของค่าเฉลี่ยของอนุกรมเวลาเมื่อเวลา T-1

x_T คือ ค่าสังเกตเมื่อเวลา T

α คือ ค่าคงที่ปรับให้เรียบ , $0 < \alpha < 1$

จะสังเกตว่า $S_{T-1} = \alpha x_{T-1} + (1-\alpha)S_{T-2}$

ดังนั้น
$$\begin{aligned} S_T &= \alpha x_T + \alpha(1-\alpha)x_{T-1} + \alpha(1-\alpha)^2 S_{T-2} \\ &= \alpha x_T + \alpha(1-\alpha)x_{T-1} + \alpha(1-\alpha)^2 x_{T-2} + (1-\alpha)^3 S_{T-3} \end{aligned}$$

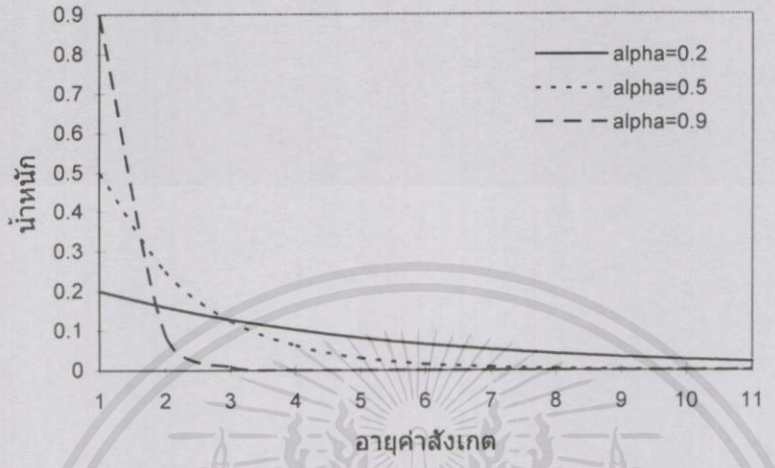
น้ำหนักที่ให้กับค่าสังเกตเป็นไปตามตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงน้ำหนักในการคำนวณค่าเฉลี่ยปรับให้เรียบฯ ของค่าสังเกตเมื่อเวลาต่างๆ

เวลา	*T*	*T-1*	*T-2*	*T-3*	...	*T-k*	...	*0 (k=T)*
น้ำหนัก	α	$\alpha(1-\alpha)$	$\alpha(1-\alpha)^2$	$\alpha(1-\alpha)^3$	...	$\alpha(1-\alpha)^k$	...	$(1-\alpha)S_0$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ $0 < \alpha < 1$, $k < T$ และ อายุของค่าสังเกตเมื่อเวลา T-k มีค่าเท่ากับ k จะเห็นว่าน้ำหนักที่ให้กับค่าสังเกตมีค่าลดลงแบบเอกซโพเนนเชียลเมื่ออายุของค่าสังเกตเพิ่มขึ้น จากรูปที่ 3.1 แสดงน้ำหนักของค่าสังเกตเมื่อเลือกค่าคงที่ปรับให้เรียบ (α) ขนาดต่างๆ



รูปที่ 3.1 แสดงน้ำหนักของค่าสังเกตเมื่อเลือกค่าคงที่ขนาด 0.2, 0.5 และ 0.9

3.2.2.1 ค่าคงที่ปรับให้เรียบ

ค่าคงที่ปรับให้เรียบ α ที่ปรากฏอยู่ในสมการคำนวณค่าทำนาย (สมการที่ 3.3) เป็นค่าที่ใช้กำหนดน้ำหนักให้กับค่าสังเกตในปัจจุบัน (ค่าสังเกตเมื่อเวลา T) จากการศึกษาพบว่าค่าคงที่ปรับให้เรียบสามารถกำหนดความเร็วการตอบสนองของค่าทำนายต่อการเปลี่ยนรูปแบบของอนุกรมเวลา [10] กล่าวคือค่าคงที่ปรับให้เรียบที่มีค่าน้อยจะทำให้ค่าทำนายจะปรับตัวตามค่าสังเกตของอนุกรมเวลาที่มีการเปลี่ยนรูปแบบได้ช้าและเกิดความคลาดเคลื่อนสูง เนื่องจากต้องใช้เวลามากในการติดตามรูปแบบของอนุกรมเวลา และเมื่อค่าคงที่ปรับให้เรียบมีค่ามากจะสามารถติดตามการเปลี่ยนรูปแบบของอนุกรมเวลาได้อย่างรวดเร็วแต่จะให้ค่าทำนายที่มีความแปรปรวนสูง ความแปรปรวนที่เกิดขึ้นของค่าทำนายเกิดจากการตอบสนองต่อค่าสังเกตอย่างรวดเร็วซึ่งโดยทั่วไปแล้วค่าสังเกตจะมีค่าสุ่มซึ่งเป็นส่วนประกอบหนึ่งของอนุกรมเวลา

ค่าคงที่ปรับให้เรียบสามารถกำหนดความแม่นยำและความผิดพลาดของการทำนายในขณะเดียวกัน ค่าคงที่ปรับให้เรียบที่มีค่าน้อยจะเหมาะสมสำหรับใช้ทำนายอนุกรมเวลาชนิดคงที่ซึ่งไม่มีการเปลี่ยนรูปแบบของอนุกรมเวลา ส่วนค่าคงที่ปรับให้เรียบที่มีค่ามากเหมาะสมที่จะใช้เพื่อปรับให้ค่าทำนายสามารถติดตามรูปแบบของอนุกรมเวลาที่กำลังเปลี่ยนแปลงได้อย่างรวดเร็ว ในงานวิจัยนี้จะได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบวิธีเลือกค่าคงที่ปรับให้เรียบ 3 วิธีคือ การเลือกค่าคงที่ปรับให้เรียบที่ให้ค่าผิดคลาดเคลื่อนต่ำที่สุด การปรับค่าคงที่ปรับให้เรียบตามวิธีของ Trigg กับ Leach

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ การปรับค่าคงที่ปรับให้เรียบตามวิธีของ Trigg กับ Leach แบบกำจัดขอบเขตของค่าคงที่ปรับให้เรียบ

3.2.2.2 การเลือกค่าคงที่ปรับให้เรียบที่ให้ค่าคลาดเคลื่อนต่ำที่สุด

การเลือกค่าคงที่ปรับให้เรียบที่ให้ค่าคลาดเคลื่อนต่ำที่สุดใช้วิธีการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการทำนายอนุกรมเวลาโดยใช้ค่าคงที่ปรับให้เรียบค่าต่างๆ และทำการเปรียบเทียบค่าคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการทำนาย ค่าคงที่ปรับให้เรียบที่ให้ค่าคลาดเคลื่อนต่ำที่สุดจะถูกเลือกให้เป็นค่าคงที่ปรับให้เรียบในการทำนายอนุกรมเวลาในช่วงเวลาต่อไป วิธีการดังกล่าวอาจให้ค่าความคลาดเคลื่อนในการทำนายต่ำที่สุดสำหรับอนุกรมเวลาที่ผ่านมา แต่เนื่องจากอนุกรมเวลาที่ทำการศึกษามีรูปแบบไม่แน่นอนการทำนายด้วยวิธีเลือกค่าคงที่ปรับให้เรียบค่าเดียวจึงไม่สามารถให้ค่าความคลาดเคลื่อนต่ำที่สุดได้เมื่อเกิดการเปลี่ยนรูปแบบของอนุกรมเวลา จากการวิเคราะห์ในหัวข้อ 5.2.1 งานวิจัยนี้จะกำหนดให้ค่าคงที่ปรับให้เรียบที่ให้ค่าคลาดเคลื่อนต่ำที่สุดมีค่าเท่ากับ 0.1

3.2.2.3 การปรับค่าคงที่ปรับให้เรียบตามวิธีของ Trigg และ Leach

Trigg และ Leach ได้เสนอค่าคงที่ปรับให้เรียบชนิดเปลี่ยนแปลงค่าได้ [7] เพื่อให้ค่าทำนายตอบสนองต่อการเปลี่ยนรูปแบบของอนุกรมเวลาได้เร็วขึ้น โดยกำหนดให้ค่าคงที่ปรับให้เรียบมีค่าเท่ากับ ค่าสัมบูรณ์ของอัตราส่วนระหว่างค่าปรับให้เรียบของค่าคลาดเคลื่อนในการทำนายกับค่าปรับให้เรียบของส่วนเบี่ยงเบนเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อน สมการในการคำนวณค่าคงที่ปรับให้เรียบเมื่อเวลา T คือ

$$\alpha_T = \left| \frac{Q_T}{\hat{\Delta}_T} \right| \tag{3.7}$$

โดยที่ α_T คือค่าคงที่ปรับให้เรียบที่คำนวณได้เมื่อเวลา T

Q_T คือค่าปรับให้เรียบของค่าคลาดเคลื่อนในการทำนายเมื่อเวลา T

$\hat{\Delta}_T$ คือส่วนเบี่ยงเบนเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนเมื่อเวลา T

e_T คือค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการทำนายเมื่อเวลา T-1 และค่าสังเกตเมื่อเวลา T $e_T = x_T - \hat{x}_{T-1}$ และ γ (แกมมา) เป็นค่าคงที่ปรับให้เรียบที่ใช้ในการคำนวณค่าปรับให้เรียบของค่าคลาดเคลื่อนในการทำนาย ในงานวิจัยนี้กำหนดให้ γ มีค่าเท่ากับ 0.1 เนื่องจากคุณสมบัติของค่าสุ่มที่มีค่าเฉลี่ยคงที่ (ใกล้ศูนย์) และจากการทดลองในหัวข้อ 5.2.1 แสดงให้เห็นว่าเมื่ออนุกรมเวลามี

ลักษณะคงตัวค่าคงที่ปรับให้เรียบชนิดคงที่ค่าเดียวมีค่าเท่ากับ 0.1 จะให้ค่าความคลาดเคลื่อนในการทำนายต่ำที่สุด

Q_T เป็นค่าที่ได้จากการคำนวณปรับให้เรียบอนุกรมเวลาของค่าคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการทำนายอนุกรมเวลาที่ทำการศึกษาเมื่อเวลา T คำนวณได้จากสมการ

$$Q_T = \gamma e_T + (1-\gamma)Q_{T-1} \tag{3.8}$$

$\hat{\Delta}_T$ เป็นค่าปรับให้เรียบส่วนเบี่ยงเบนเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนเมื่อเวลา T สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\hat{\Delta}_T = \gamma |e_T| + (1-\gamma)\hat{\Delta}_{T-1} \tag{3.9}$$

การคำนวณส่วนเบี่ยงเบนเฉลี่ยจะคำนวณเฉพาะค่าสัมบูรณ์ของค่าคลาดเคลื่อนโดยไม่คำนึงถึงเครื่องหมาย

อัตราส่วนของค่าสัมบูรณ์ระหว่างค่าปรับให้เรียบของค่าคลาดเคลื่อนและส่วนเบี่ยงเบนเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนสามารถใช้เป็นสัญญาณแสดงความเปลี่ยนแปลงของอนุกรมเวลา หรือเรียกว่า ค่าสัญญาณติดตามความคลาดเคลื่อน (Tracking Signal) [7] เนื่องจากเมื่ออนุกรมเวลาเกิดการเปลี่ยนรูปแบบวิธีการทำนายอนุกรมเวลาแบบเดิม (ค่าคงที่ปรับให้เรียบค่าเดิม) จะให้ค่าความคลาดเคลื่อนสูงขึ้นช่วงระยะเวลาหนึ่งและจะเคลื่อนตัวเข้าสู่ค่าคลาดเคลื่อนปกติเมื่อค่าทำนายสามารถติดตามรูปแบบของอนุกรมเวลาที่เปลี่ยนไป จากคุณสมบัติของค่าสัญญาณติดตามความคลาดเคลื่อนดังกล่าว Trigg และ Leach ได้เสนอให้ปรับค่าคงที่ปรับให้เรียบให้มีค่าเท่ากับค่าสัญญาณติดตามความคลาดเคลื่อนเพื่อให้ค่าทำนายสามารถติดตามค่าสังเกตของอนุกรมเวลาที่เกิดการเปลี่ยนแปลงได้รวดเร็วขึ้น เนื่องจากค่าสัญญาณติดตามความคลาดเคลื่อนจะมีค่ามาก เมื่อเกิดความเปลี่ยนแปลงของอนุกรมเวลาสอดคล้องกับค่าคงที่ปรับให้เรียบที่เหมาะสมในการทำนายอนุกรมเวลาขณะอนุกรมเวลาเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปแบบ และเมื่อค่าทำนายสามารถติดตามรูปแบบของอนุกรมเวลาได้แล้ว ค่าสัญญาณติดตามความคลาดเคลื่อนจะมีค่าน้อย ในขณะที่การทำนายต้องการค่าคงที่ปรับให้เรียบที่มีค่าน้อยในการทำนายอนุกรมเวลาชนิดคงที่ เพื่อลดการตอบสนองต่อค่าสุ่มซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการทำนายอนุกรมเวลา

3.2.2.4 การปรับค่าคงที่ปรับให้เรียบตามวิธีของ Trigg และ Leach แบบจำกัดขอบเขตของค่าคงที่ปรับให้เรียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้ทุกครั้ง

การปรับค่าคงที่ปรับให้เรียบตามวิธีของ Trigg และ Leach จะให้ค่าคงที่ปรับให้เรียบมีค่าอยู่ระหว่าง 0 และ 1 จากการศึกษา [14] พบว่าการกำหนดขอบเขตให้กับค่าคงที่ปรับให้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เรียบให้มีช่วงที่แคบลงสามารถลดความคลาดเคลื่อนในการทำนายได้ ในงานวิจัยนี้ได้กำหนดให้ของเขตของค่าคงที่ปรับให้เรียบ $\alpha_{max} = 0.9$ และ $\alpha_{min} = 0.2$ และคำนวณค่าทำนายโดยใช้สมการที่ 3.6 เพื่อลดการตอบสนองต่อการเปลี่ยนรูปแบบของอนุกรมเวลาที่เร็วหรือช้าเกินไป

3.2.3 การพยากรณ์อย่างง่าย

การพยากรณ์อย่างง่ายในทางอนุกรมเวลาเป็นการใช้ค่าสังเกตปัจจุบันสำหรับทำนายค่าสังเกตที่จะเกิดขึ้นในอนาคต $\hat{x}_{t+1} = x_t$ ซึ่งวิธีการดังกล่าวเปรียบได้กับการพยากรณ์ด้วยวิธีคำนวณค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่โดยกำหนดให้ใช้ค่าสังเกตในการคำนวณค่าเฉลี่ยจำนวน 1 ค่า หรือเป็นการพยากรณ์ด้วยวิธีปรับให้เรียบแบบเอกซโพเนนเชียลครั้งเดียวโดยกำหนดให้ค่าคงที่ปรับให้เรียบมีค่าเท่ากับ 1

การพยากรณ์อย่างง่ายสามารถติดตามการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของอนุกรมเวลาได้อย่างรวดเร็วแต่เนื่องจากอนุกรมเวลาที่ทำการศึกษาโดยทั่วไปจะประกอบด้วยค่าสุ่มซึ่งทำให้การพยากรณ์อย่างง่ายให้ค่าความคลาดเคลื่อนสูงเนื่องจากตอบสนองหรือให้น้ำหนักในการคำนวณค่าเฉลี่ยกับค่าสุ่มมากเกินไป

3.2.4 การกำหนดค่าเริ่มต้นในการทำนายอนุกรมเวลา

การกำหนดค่าทำนายเริ่มต้นในการทำนายอนุกรมเวลามีความสำคัญเนื่องจากค่าทำนายค่าแรกที่กำหนดขึ้นคำนวณจากข้อมูลจำนวนน้อยซึ่งไม่เพียงพอสำหรับใช้เป็นตัวแทนรูปแบบของอนุกรมเวลาที่กำลังเกิดเป็นเหตุให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการทำนายสูง การวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการทำนายทำได้ไม่ดีเท่าที่ควรเนื่องจากค่าความความคลาดเคลื่อนในช่วงต้นของการทำนายอนุกรมเวลามีค่าสูง กรณีระดับของค่าเฉลี่ยของอนุกรมเวลามีการเปลี่ยนแปลงอย่างช้าๆ จะกำหนดให้ค่าทำนายเริ่มต้นมีค่าเท่ากับค่าเฉลี่ยเลขคณิตของค่าสังเกตในช่วงต้นที่มีอยู่ [7], [10] ถ้าระดับของค่าเฉลี่ยของอนุกรมเวลามีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วหรือ ไม่มีข้อมูลในช่วงเริ่มต้นของการทำนายเลยก็สามารถกำหนดให้ค่าทำนายเริ่มต้น $\hat{x}_0$ มีค่าเท่ากับสังเกตค่าแรก x_1 [15] สำหรับงานวิจัยนี้กำหนดให้ค่าทำนายเริ่มต้นมีค่าเท่ากับค่าสังเกตค่าแรกของอนุกรมเวลา

$$\hat{x}_0 = x_1$$

3.3 การวัดค่าความคลาดเคลื่อนในการทำนายอนุกรมเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการทำนายอนุกรมเวลา จะใช้การวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการทำนาย วิธีการทำนายที่เหมาะสมที่สุดในการทำนายอนุกรมเวลาที่ทำการศึกษาคือวิธีการทำนายที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อนต่ำที่สุด ในงานวิจัยนี้กำหนดให้ค่าส่วนเบี่ยงเบนเฉลี่ย

ของความคลาดเคลื่อนMAE (Mean Absolute Error) เป็นค่าสำหรับวัดความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการทำนายอนุกรมเวลา สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^{N} |x_i - \hat{x}_{i-1}|}{N} \tag{3.10}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินการทดลองเพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการทำนายอนุกรมเวลาอัตราสูญหายของแพ็คเก็ตในเครือข่ายอินเตอร์เน็ตด้วยวิธีปรับให้เรียบแบบเอกซโพเนนเชียลครั้งเดียว โดยทำการเปรียบเทียบเทคนิคการปรับค่าคงที่ปรับให้เรียบ (Smoothing Constant) ที่ใช้ในสมการคำนวณค่าปรับให้เรียบฯ 3 วิธีคือ การใช้ค่าคงที่ปรับให้เรียบคงที่ค่าเดียว การใช้ค่าคงที่ปรับให้เรียบชนิดปรับค่าได้และการใช้ค่าคงที่ปรับให้เรียบชนิดปรับค่าได้และจำกัดขอบเขต

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนของการเก็บข้อมูลซึ่งมีหน้าที่เก็บข้อมูลอัตราสูญหายของแพ็คเก็ตในระหว่างการรับส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ส่วนที่สองใช้สำหรับวิเคราะห์ข้อมูลที่เก็บได้จากส่วนแรก ข้อมูลที่เก็บได้จะถูกนำมาวิเคราะห์โดยคำนวณค่าทำนายและค่าความคลาดเคลื่อนเพื่อใช้ในการพิจารณาเทคนิคที่เหมาะสมสำหรับใช้ทำนายอนุกรมเวลาอัตราสูญหายของแพ็คเก็ต

4.1 วิธีที่ใช้ในการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเทคนิคในการทำนายอนุกรมเวลาอัตราสูญหายของแพ็คเก็ตในระหว่างรับส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ตโดยใช้วิธีการทดลอง การเก็บข้อมูลจะเลือกเก็บข้อมูลในช่วงเวลาต่างๆ ทั้งในช่วงที่มีความหนาแน่นของเครือข่ายสูงและในช่วงที่มีความหนาแน่นของการใช้งานเครือข่ายต่ำ เนื่องจากอนุกรมเวลาในช่วงเวลาดังกล่าวมีลักษณะของการเปลี่ยนแปลงของอนุกรมเวลาอัตราสูญหายของแพ็คเก็ตที่เป็นประโยชน์สำหรับการศึกษาประสิทธิภาพของเทคนิคการทำนายอนุกรมเวลาเมื่ออนุกรมเวลามีความเปลี่ยนแปลงในลักษณะต่างๆ

4.2 ลักษณะข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย

ข้อมูลอนุกรมเวลาอัตราสูญหายของแพ็คเก็ตที่ทำการศึกษา ได้จากการเก็บข้อมูลโดยใช้เครื่องมือที่สร้างขึ้น ข้อมูลจะเป็นร้อยละของจำนวนแพ็คเก็ตที่สูญหายโดยจะทำการตรวจนับทุกๆ ช่วงเวลา 5 วินาทีและบันทึกไว้ตามลำดับในลักษณะของอนุกรมเวลา จากการเก็บข้อมูลพบว่าอนุกรมเวลาอัตราสูญหายของแพ็คเก็ตมีลักษณะต่างๆขึ้นอยู่กับปริมาณการใช้งานเครือข่ายและขนาดของช่องสัญญาณ (Bandwidth) ที่ทำการเชื่อมต่อกับเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ข้อมูลที่ใช้ทำการศึกษาได้จากการเชื่อมต่อเครือข่ายฯในสองลักษณะคือ การเชื่อมต่อเครือข่ายผ่านโมเด็มและการเชื่อมต่อผ่านเครือข่ายท้องถิ่น (LAN) ข้อมูลที่รวบรวมได้จากการเชื่อมต่อทั้งสองลักษณะมีค่าเฉลี่ย ความแปรปรวนและรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงต่างๆ รูปแบบของการเปลี่ยนแปลงในที่นี้

หมายถึงลักษณะของการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของอนุกรมเวลาซึ่งอาจมีลักษณะของการเปลี่ยนแปลงที่เป็นไปอย่างช้าๆ หรือเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ค่าสังเกตของอนุกรมเวลาที่มีค่าสูงหรือต่ำกว่าค่าเฉลี่ยมากในช่วงเวลาสั้นๆ อาจเกิดขึ้นจากเกิดความผิดปกติของอุปกรณ์เครือข่ายหรือเกิดความหนาแน่นของการใช้งานเครือข่ายที่เกิดขึ้นในระหว่างเส้นทางของการเดินทางของแพ็คเก็ต ค่าสังเกตในลักษณะดังกล่าวจะมีผลทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์ค่าทำนายอัตราสูญหายของแพ็คเก็ตล่วงหน้า ในการศึกษาอนุกรมเวลาเทคนิคการทำนายอนุกรมเวลาที่มีประสิทธิภาพจะไม่ตอบสนองต่อค่าสังเกตที่ผิดปกติ

4.3 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยแบ่งออกเป็นสองส่วนคือ ส่วนแรกเป็นโปรแกรมสำหรับเก็บข้อมูลอัตราสูญหายของแพ็คเก็ตในระหว่างการรับส่งผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต และส่วนที่สองเป็นโปรแกรมสำหรับวิเคราะห์อนุกรมเวลาอัตราสูญหายของแพ็คเก็ตที่ได้จากการเก็บข้อมูลในส่วนแรกโดยเทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์คือ การปรับให้เรียบแบบเอกซโพเนนเชียลครั้งเดียว การวิเคราะห์จะคำนวณค่าทำนายและค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยจากการทำนายอนุกรมเวลาเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบหาวิธีการที่เหมาะสมในการทำนายอนุกรมเวลาอัตราสูญหายของแพ็คเก็ต

เครื่องมือที่สร้างขึ้นเพื่อใช้วิเคราะห์และเก็บข้อมูลเป็นโปรแกรมที่เขียนโดยใช้ภาษาเบสิกตัวแปลภาษาที่ใช้คือ โปรแกรมไมโครซอฟท์วิชวลเบสิก 6.0 บนระบบปฏิบัติการ ไมโครซอฟท์วินโดว์ Me โดยจะได้อธิบายหลักการทำงานของโปรแกรมต่างๆดังต่อไปนี้

4.3.1 โปรแกรมสำหรับรวบรวมข้อมูล

การเก็บข้อมูลอัตราสูญหายของแพ็คเก็ตในระหว่างรับส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ตทำโดยสร้างโปรแกรมสำหรับส่งแพ็คเก็ตและโปรแกรมสำหรับรับแพ็คเก็ตซึ่งทำงานแบบไคลเอนท์เซิร์ฟเวอร์

4.3.1.1 โปรแกรมส่งแพ็คเก็ต (SEND.EXE)

โปรแกรมจะทำหน้าที่รับคำสั่งจากโปรแกรมรับแพ็คเก็ต (RECV.EXE) ให้เริ่มทำการส่งข้อมูลหรือให้หยุดทำการส่งข้อมูลโปรแกรมส่งแพ็คเก็ตจะทำการส่งแพ็คเก็ตในอัตราคงที่ 2 กิโลไบต์ต่อวินาที แพ็คเก็ตมีขนาด 100 ไบต์ (ส่งข้อมูลจำนวน 1 แพ็คเก็ตทุกๆ 50 มิลลิวินาที) ไปยังโปรแกรมรับแพ็คเก็ตปลายทางโดยใช้โพรโตคอล UDP อย่างต่อเนื่องจนกระทั่งได้รับคำสั่งให้หยุดทำการส่งข้อมูล โดยโครงสร้างของแพ็คเก็ตที่ทำการส่งอย่างต่อเนื่องไปยังโปรแกรมรับแพ็คเก็ตปลายทางเป็นดังรูปที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Timestamp	Seq. No.	

รูปที่ 4.1 โครงสร้างแพ็คเก็ตที่ส่งโดยโปรแกรมส่งแพ็คเก็ต(SEND.EXE)

4.3.1.2 โปรแกรมรับแพ็คเก็ต (RECV.EXE)

โปรแกรมรับแพ็คเก็ตทำหน้าที่ส่งคำสั่งไปยังโปรแกรมส่งแพ็คเก็ต (SEND.EXE) ให้เริ่มทำการส่งข้อมูลหรือให้หยุดทำการส่งข้อมูลโดยคำสั่งจะส่งไปโดยใช้โพรโตคอล UDP จากนั้นจะทำการรับแพ็คเก็ตที่ส่งมาอย่างต่อเนื่องและบันทึกเวลาที่แพ็คเก็ตเดินทางมาถึงและข้อมูลลำดับที่กับเวลาที่ทำการส่งของแต่ละแพ็คเก็ตลงในแฟ้มข้อมูลเพื่อใช้ในการวิเคราะห์อัตราสูญหายของข้อมูลด้วยโปรแกรมตรวจนับแพ็คเก็ต โครงสร้างของแพ็คเก็ตคำสั่งให้เริ่มต้นหรือทำการหยุดทำการส่งข้อมูลเป็นไปตามรูปที่ 4.2

"STR"	Port. No.	IP address

ก.

"STP"	Port. No.	IP address

ข.

รูปที่ 4.2 โครงสร้างแพ็คเก็ตคำสั่งจากโปรแกรมรับแพ็คเก็ต ก.แพ็คเก็ตคำสั่งให้เริ่มทำการส่งข้อมูล ข. แพ็คเก็ตคำสั่งให้หยุดทำการส่งข้อมูล

ส่วนรูปแบบในการบันทึกข้อมูลที่ได้รับจะมีลักษณะดังรูปที่ 4.3 โดยจะบันทึก เวลาที่แพ็คเก็ตเดินทางมาถึง หมายเลขลำดับของแพ็คเก็ตและเวลาที่ทำการส่งแพ็คเก็ตตามลำดับ

```
62477620, 1, 62477477
62477620, 3, 62477539
62477670, 4, 62477571
62477670, 2, 62477508
62477730, 5, 62477602
62477730, 6, 62477633
62477890, 9, 62477727
62477950, 12, 62477821
62477950, 11, 62477789
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.3 แสดงรูปแบบการบันทึกข้อมูลโดยโปรแกรมรับแพ็คเก็ต

4.3.2 โปรแกรมสำหรับวิเคราะห์ข้อมูล

โปรแกรมสำหรับวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งออกเป็นสองโปรแกรมคือโปรแกรมสำหรับตรวจนับแพ็คเก็ตและโปรแกรมสำหรับวิเคราะห์ค่าทำนายอนุกรมเวลาและค่าคลาดเคลื่อนจากการทำนายโดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.3.2.1 โปรแกรมตรวจนับแพ็คเก็ต

หลังจากโปรแกรมรับแพ็คเก็ตได้บันทึกข้อมูลการรับส่งของแพ็คเก็ตแล้วพบว่ามีแพ็คเก็ตจำนวนหนึ่งไม่ได้ถูกบันทึกไว้ซึ่งหมายถึงแพ็คเก็ตนั้นๆไม่สามารถเดินทางมาถึงผู้รับได้ในช่วงเวลาที่ทำการเก็บข้อมูลหรือสูญหายในระหว่าเส้นทางที่แพ็คเก็ตเดินทางผ่านบางส่วนของแพ็คเก็ตมาถึงผู้รับไม่ถูกลำดับเนื่องจากการใช้เวลาในการเดินทางมากกว่าปกติ ข้อมูลที่บันทึกไว้โดยโปรแกรมรับแพ็คเก็ตจะถูกนำไปเรียงลำดับตามหมายเลขลำดับที่ของแพ็คเก็ตและนำมาตรวจนับอัตราสูญหายของข้อมูลโดยโปรแกรมตรวจนับแพ็คเก็ตซึ่งอาศัยข้อมูลที่แพ็คเก็ตเริ่มต้นเดินทางและเวลาที่แพ็คเก็ตมาถึงสำหรับกำหนดในแพ็คเก็ตที่มาถึงล่าช้ากว่าช่วงเวลาที่กำหนดให้เป็นแพ็คเก็ตที่สูญหายโปรแกรมตรวจนับแพ็คเก็ตทำหน้าที่คำนวณค่าร้อยละของแพ็คเก็ตที่สูญหายทุกๆช่วงเวลาที่กำหนด (5 วินาที) และบันทึกข้อมูลดังกล่าวตามลำดับในลักษณะของอนุกรมเวลาเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ค่าทำนายต่อไป

4.3.2.2 โปรแกรมวิเคราะห์ค่าทำนายและค่าความคลาดเคลื่อน

โปรแกรมวิเคราะห์ค่าทำนายจะรับข้อมูลจากโปรแกรมตรวจนับแพ็คเก็ตที่มีลักษณะเป็นอนุกรมเวลามาทำการวิเคราะห์ค่าทำนายด้วยเทคนิคการปรับให้เรียบแบบเอกซโพเนนเชียลครั้งเดียวและสามารถกำหนดวิธีการปรับปรุงค่าคงที่ปรับให้เรียบเป็น การใช้ค่าคงที่ปรับให้เรียบคงที่ค่าเดียว (ในงานวิจัยนี้กำหนดให้เท่ากับ 0.1) การใช้ค่าคงที่ปรับให้เรียบชนิดปรับค่าได้ และค่าคงที่ปรับให้เรียบชนิดปรับค่าได้และจำกัดขอบเขต จากนั้นจะคำนวณค่าคลาดเคลื่อนจากการทำนายเพื่อเปรียบเทียบวิธีการทำนายอนุกรมเวลาที่เหมะสมสำหรับทำนายอัตราสูญหายของแพ็คเก็ต

4.4 ขั้นตอนในการเก็บรวบรวมข้อมูล

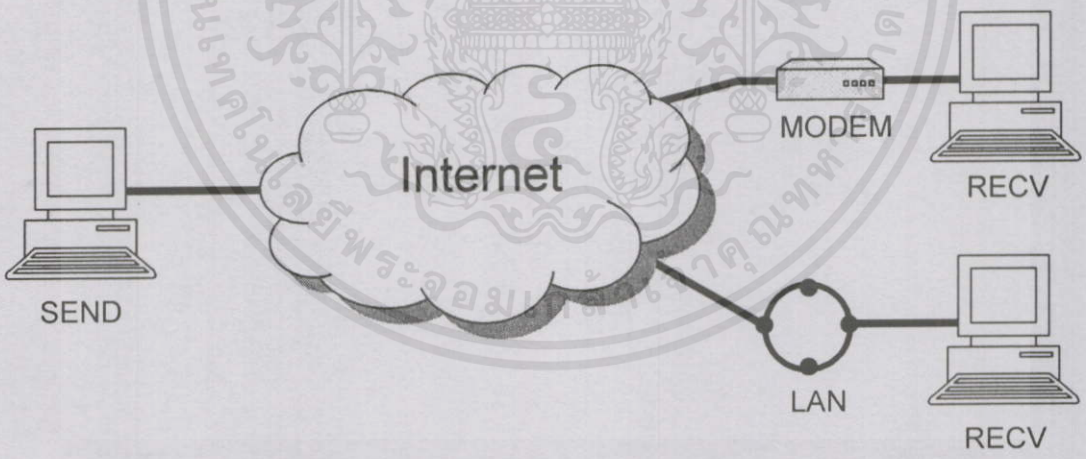
ข้อมูลอัตราสูญหายของแพ็คเก็ตในระหว่างการรับส่งผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ตที่ทำการศึกษาได้จากเครื่องมือที่สร้างขึ้นในหัวข้อ 4.3 ขั้นตอนในการเก็บรวบรวมข้อมูลมีดังต่อไปนี้

1. เลือกโฮสต์สำหรับทำหน้าที่ส่งแพ็คเก็ต ที่มีการเชื่อมต่อกับเครือข่ายอินเตอร์เน็ตผ่านเครือข่ายท้องถิ่น และติดตั้งโปรแกรมส่งแพ็คเก็ต (SEND.EXE)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เลือกโฮสต์สำหรับทำหน้าที่รับแพ็คเก็ตที่มี การเชื่อมต่อกับเครือข่ายอินเตอร์เน็ตในผ่านโมเด็มและการเชื่อมต่อผ่านเครือข่ายท้องถิ่นและติดตั้งโปรแกรมรับแพ็คเก็ต (RECV.EXE)
3. สั่งให้โปรแกรมส่งแพ็คเก็ตทำงานโดยใช้พารามิเตอร์ 2 ตัวคือ อัตราเร็วในการส่งข้อมูลต่อ 1 แพ็คเก็ตมีหน่วยเป็นมิลลิวินาทีและหมายเลขพอร์ทที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลโดยใช้โพรโตคอล UDP ตัวอย่างเช่น ต้องการส่งแพ็คเก็ตทุกๆ 50 มิลลิวินาที และพอร์ทที่ใช้ในการสื่อสารคือ 6000 จะใช้คำสั่งดังนี้ C:\SEND.EXE 50 6000
4. สั่งให้โปรแกรมรับแพ็คเก็ต (RECV.EXE) ส่งคำสั่งเริ่มทำการส่งข้อมูลโดยกำหนดหมายเลข IP ของโฮสต์ที่เลือกให้ทำหน้าที่ส่งแพ็คเก็ตและพอร์ทที่ใช้รับข้อมูลของโปรแกรมส่งแพ็คเก็ต
5. สั่งให้โปรแกรมรับแพ็คเก็ตส่งคำสั่งหยุดทำการส่งข้อมูลเมื่อได้รับข้อมูลเพียงพอสำหรับนำไปวิเคราะห์

การเก็บข้อมูลจะทำการเลือกโฮสต์ที่มีการเชื่อมต่อกับเครือข่ายอินเตอร์เน็ตในลักษณะต่างๆ รวมทั้งเวลาที่ทำการเก็บข้อมูลเพื่อรวบรวมข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีลักษณะต่างๆ ข้อมูลที่ได้มีลักษณะตามรูปที่ 4.3 สภาวะแวดล้อมของการเก็บข้อมูลเป็นดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 แสดงลักษณะการเก็บข้อมูลโดยใช้การเชื่อมต่อเครือข่ายอินเตอร์เน็ตผ่านโมเด็มและผ่านเครือข่ายท้องถิ่น

โฮสต์ที่ทำหน้าที่ส่งข้อมูลทำการเชื่อมต่อกับเครือข่ายอินเตอร์เน็ตผ่านเครือข่ายท้องถิ่นส่วนโฮสต์ที่ทำหน้าที่รับข้อมูลจะเชื่อมต่อผ่านโมเด็มและเครือข่ายท้องถิ่นตามรูปที่ 4.4

4.5 วิธีวิเคราะห์ข้อมูล

หลังจากรวบรวมข้อมูลตามขั้นตอนในหัวข้อ 4.4 แล้วข้อมูลซึ่งถูกบันทึกไว้ในแฟ้มข้อมูลจะถูกนำมาวิเคราะห์ซึ่งแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็นสองส่วนคือ การวิเคราะห์ข้อมูลที่เก็บบันทึกเพื่อกำหนดค่าสังเกตของอนุกรมเวลา และการนำข้อมูลอนุกรมเวลามาวิเคราะห์ค่าทำนายและความคลาดเคลื่อนจากการทำนายโดยมีขั้นตอนต่างๆ ดังต่อไปนี้

4.5.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อกำหนดค่าสังเกตของอนุกรมเวลา

ข้อมูลที่เก็บบันทึกโดยโปรแกรมรับแพ็คเก็ต (หัวข้อ 4.3.1) จะมีรูปแบบตามรูปที่ 4.3 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อกำหนดค่าสังเกตมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ทำการเรียงข้อมูลที่ได้จากโปรแกรมรับแพ็คเก็ตตามหมายเลขลำดับของแพ็คเก็ต
2. นับแพ็คเก็ตที่ส่งมาในช่วงเวลา 5 วินาที โดยอาศัยข้อมูลเวลาที่แพ็คเก็ตถูกส่งมาและหมายเลขลำดับของแพ็คเก็ตโดยคำนวณผลต่างของหมายเลขลำดับของแพ็คเก็ตในช่วงเวลา 5 วินาที
3. นับจำนวนแพ็คเก็ตที่ได้รับในช่วงเวลา 5 วินาทีและลบด้วยจำนวนแพ็คเก็ตที่มาถึงไม่ทันในช่วงเวลา 5 วินาทีโดยใช้ข้อมูลเวลาที่ได้รับแพ็คเก็ตนั้นๆ
4. คำนวณร้อยละของแพ็คเก็ตที่สูญหายโดย

[จำนวนแพ็คเก็ตที่ส่งมา – (จำนวนแพ็คเก็ตที่ได้รับ+จำนวนแพ็คเก็ตที่ล่าช้า)]*100/จำนวนแพ็คเก็ตที่ส่งมา

5. ทำการบันทึกค่าสังเกต (ร้อยละของแพ็คเก็ตที่สูญหาย) ดังกล่าวและคำนวณร้อยละของแพ็คเก็ตที่สูญหายในช่วงเวลาต่อไปซ้ำตั้งแต่ข้อ 2 จนกระทั่งสิ้นสุดแฟ้มข้อมูล

4.5.2 การวิเคราะห์ค่าทำนายอนุกรมเวลาและความคลาดเคลื่อน

อนุกรมเวลาที่ได้จากการวิเคราะห์และกำหนดค่าสังเกตในหัวข้อ 4.5.1 จะถูกนำมาวิเคราะห์ค่าทำนายและความคลาดเคลื่อน (หัวข้อ 4.3.2) โดยใช้เทคนิคการปรับให้เรียบแบบเอกซโพเนนเชียลครั้งเดียวในงานวิจัยนี้ได้เปรียบเทียบวิธีการปรับปรุงเทคนิคการปรับให้เรียบแบบเอกซโพเนนเชียลโดยเลือกใช้ค่าคงที่ปรับให้เรียบที่ใช้ในสมการคำนวณค่าทำนายด้วยวิธีต่างๆ ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.2.1 การวิเคราะห์ค่าทำนายด้วยการปรับให้เรียบแบบเอกซโพเนนเชียลครั้งเดียวโดยใช้ค่าคงที่ปรับให้เรียบคงที่ค่าเดียว

การคำนวณค่าทำนายด้วยการปรับให้เรียบแบบเอกซโพเนนเชียลครั้งเดียวโดยใช้ค่าคงทีปรับให้เรียบค่าเดียวในงานวิจัยนี้กำหนดให้ค่าคงที่ปรับให้เรียบมีค่าเท่ากับ 0.1 และคำนวณค่าทำนายโดยใช้สมการที่ 3.6 (หัวข้อ 3.2.2) ขั้นตอนการคำนวณค่าทำนายเป็นดังรูปที่ 4.5

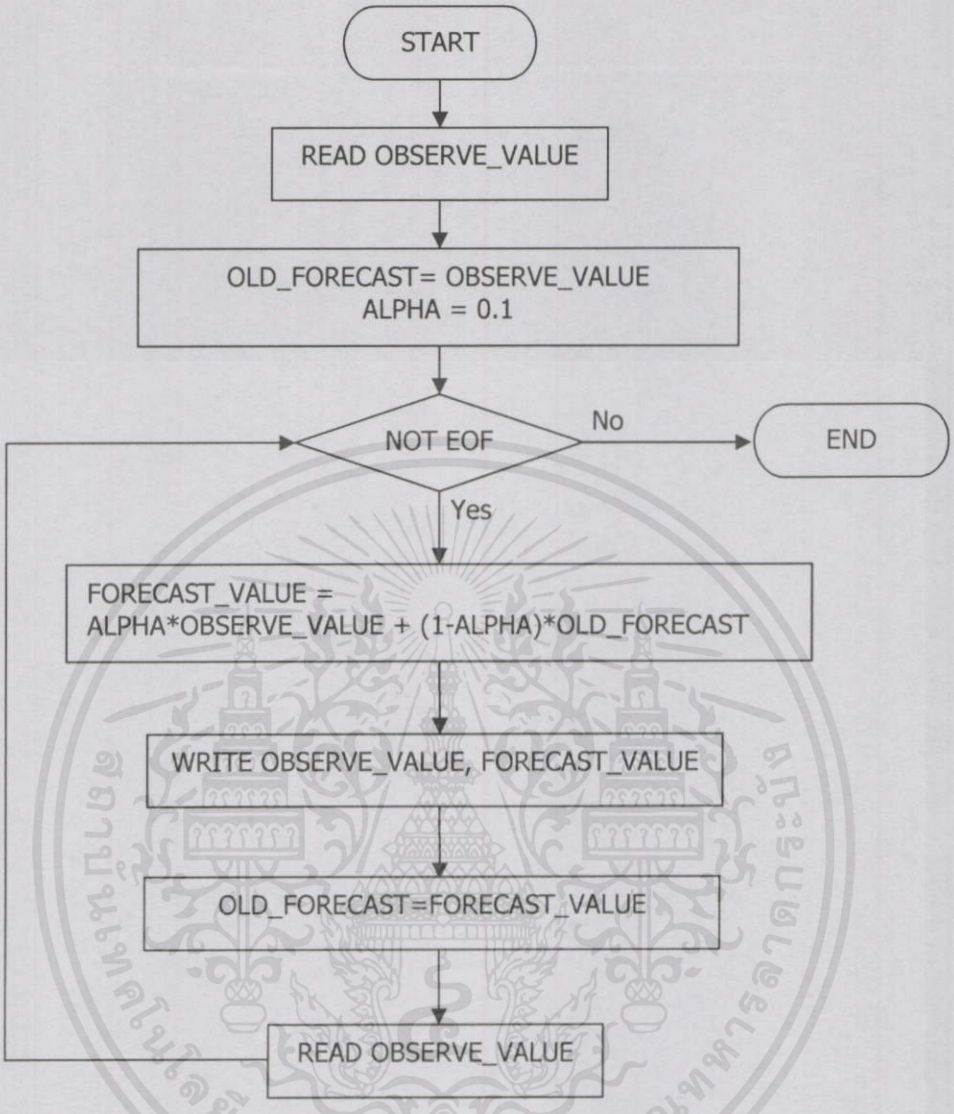
- ตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณ

FORECAST_VALUE	ค่าทำนายที่คำนวณเมื่อเวลา T
OLD_FORECAST	ค่าทำนายที่คำนวณเมื่อเวลา T-1
ALPHA	ค่าคงที่ปรับให้เรียบ (0.1)
OBSERVE_VALUE	ค่าสังเกตเมื่อเวลา T

- สมการที่ใช้คำนวณ

FORECAST_VALUE = ALPHA*OBSERVE_VALUE
+ (1-ALPHA)*OLD_FORECAST

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 ผังงานแสดงการคำนวณค่าทำนายด้วยวิธีปรับให้เรียบแบบเอกซโพเนนเชียลครั้งเดียวโดยใช้ค่าคงที่ปรับให้เรียบคงที่ค่าเดียวมีค่าเท่ากับ 0.1

ขั้นตอนการวิเคราะห์ค่าทำนายเริ่มจาก อ่านค่าสังเกตจากแฟ้มข้อมูล กำหนดค่าคงที่ปรับให้เรียบมีค่าเท่ากับ 0.1 คำนวณค่าทำนายโดยใช้วิธีการปรับให้เรียบแบบเอกซโพเนนเชียลครั้งเดียว บันทึกค่าทำนายลงในแฟ้มข้อมูล อ่านค่าสังเกตในลำดับถัดไปและคำนวณค่าทำนายจนสิ้นสุดค่าสังเกต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.2.2 การวิเคราะห์ค่าทำนายด้วยการปรับให้เรียบแบบเอกซโพเนนเชียลครั้งเดียวโดยใช้ค่าคงที่ปรับให้เรียบชนิดปรับค่าได้

การคำนวณค่าทำนายด้วยวิธีปรับให้เรียบแบบเอกซโพเนนเชียลครั้งเดียวโดยใช้ค่าคงที่ปรับให้เรียบชนิดปรับค่าได้ที่เสนอโดย Trigg และ Leach (หัวข้อ 3.2.2.3) และใช้สมการที่ 3.6 ในการคำนวณค่าทำนาย ขั้นตอนการคำนวณค่าทำนายเป็นดังรูปที่ 4.6

- ตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณ

FORECAST_VALUE	ค่าทำนายที่คำนวณเมื่อเวลา T
OLD_FORECAST	ค่าทำนายที่คำนวณเมื่อเวลา T-1
ALPHA	ค่าคงที่ปรับให้เรียบ(ค่าเริ่มต้น 0.1)
OBSERVE_VALUE	ค่าสังเกตเมื่อเวลา T
GAMMA	ค่าคงที่ปรับให้เรียบสำหรับคำนวณค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนและส่วนเบี่ยงเบนเฉลี่ยความคลาดเคลื่อน
RES	ค่าความคลาดเคลื่อนเมื่อเวลา T
AVG_RES	ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนเมื่อเวลา T
AVG_RES_OLD	ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนเมื่อเวลา T-1
MAD_RES	ส่วนเบี่ยงเบนเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนเมื่อเวลา T
MAD_RES_OLD	ส่วนเบี่ยงเบนเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนเมื่อเวลา T-1

- สมการที่ใช้คำนวณ

FORECAST_VALUE = ALPHA*OBSERVE_VALUE
+ (1-ALPHA)*OLD_FORECAST

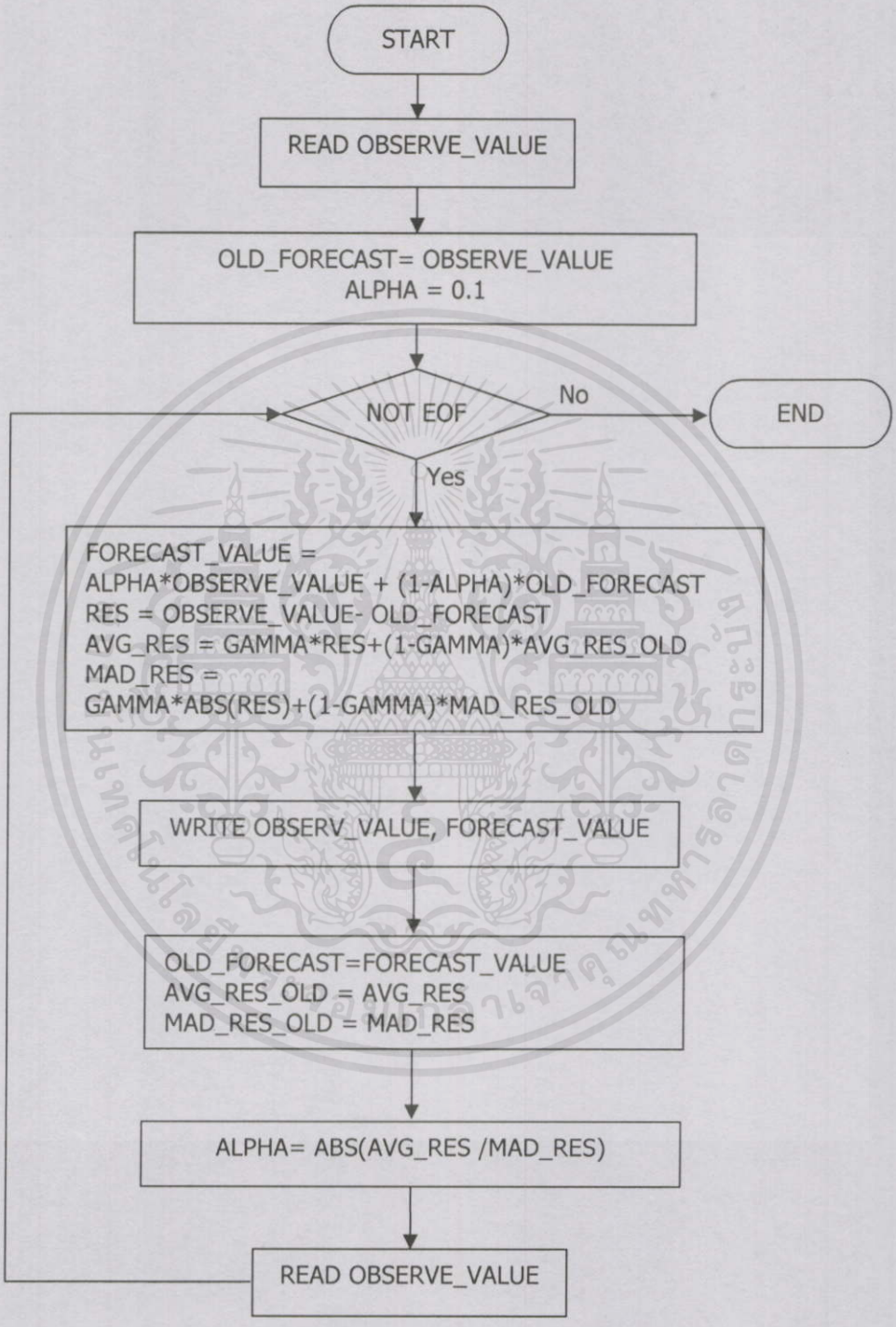
RES = OBSERVE_VALUE-OLD_FORECAST

AVG_RES = GAMMA*RES + (1-GAMMA)*AVG_RES_OLD

MAD_RES = GAMMA*ABS(RES) + (1-GAMMA)*MAD_RES_OLD

ALPHA = ABS(AVG_RES/MAD_RES)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

รูปที่ 4.6 ผังงานแสดงการคำนวณค่าทำนายด้วยวิธีปรับให้เรียบแบบเอกซโพเนนเชียลครั้งเดียวโดยใช้ค่าคงที่ปรับให้เรียบชนิดปรับค่าได้

การวิเคราะห์ค่าทำนายจะทำการ อ่านค่าสังเกต(OBSERVE_VALUE) จากแฟ้มข้อมูล กำหนดค่าคงที่ปรับให้เรียบ(ALPHA) มีค่าเท่ากับ 0.1 (ค่าเริ่มต้น) คำนวณค่าทำนายโดยใช้วิธีการปรับให้เรียบแบบเอกซโพเนนเชียลครั้งเดียว คำนวณค่าคลาดเคลื่อน(RES) ของค่าทำนายเมื่อเวลา T-1 กับค่าสังเกตเมื่อเวลา T จากนั้นทำการคำนวณค่าปรับให้เรียบของค่าคลาดเคลื่อน(AVG_RES) และค่าส่วนเบี่ยงเบนเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อน(MAD_RES) คำนวณค่าสัมบูรณ์ของอัตราส่วนระหว่างค่าปรับให้เรียบของความคลาดเคลื่อนและส่วนเบี่ยงเบนเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนเพื่อใช้ในการกำหนดค่าคงที่ปรับให้เรียบ(ALPHA) ในการคำนวณสำหรับรอบต่อไป บันทึกค่าทำนายลงในแฟ้มข้อมูล และอ่านค่าสังเกตในลำดับถัดไปและคำนวณค่าทำนายจนสิ้นสุดค่าสังเกต

4.5.2.3 การวิเคราะห์ค่าทำนายด้วยการปรับให้เรียบแบบเอกซโพเนนเชียลครั้งเดียวโดยใช้ค่าคงที่ปรับให้เรียบชนิดปรับค่าได้และจำกัดขอบเขต

การคำนวณค่าทำนายด้วยวิธีปรับให้เรียบแบบเอกซโพเนนเชียลครั้งเดียวโดยใช้ค่าคงที่ปรับให้เรียบชนิดปรับค่าได้และจำกัดขอบเขตเพื่อลดการตอบสนองต่อค่าสังเกตที่เร็วหรือช้าเกินไปโดยขอบเขตของค่าคงที่ปรับให้เรียบมีค่าอยู่ในช่วง 0.2 ถึง 0.9 สมการที่ใช้ในการคำนวณค่าทำนายคือสมการที่ 3.6 ขั้นตอนในการทำนายเป็นดังรูปที่ 4.7

- ตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณ

FORECAST_VALUE	ค่าทำนายที่คำนวณเมื่อเวลา T
OLD_FORECAST	ค่าทำนายที่คำนวณเมื่อเวลา T-1
ALPHA	ค่าคงที่ปรับให้เรียบ (ค่าเริ่มต้น 0.1)
OBSERVE_VALUE	ค่าสังเกตเมื่อเวลา T
GAMMA	ค่าคงที่ปรับให้เรียบสำหรับคำนวณค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อน และส่วนเบี่ยงเบนเฉลี่ยความคลาดเคลื่อน
RES	ค่าความคลาดเคลื่อนเมื่อเวลา T
AVG_RES	ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนเมื่อเวลา T
AVG_RES_OLD	ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนเมื่อเวลา T-1
MAD_RES	ส่วนเบี่ยงเบนเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนเมื่อเวลา T
MAD_RES_OLD	ส่วนเบี่ยงเบนเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนเมื่อเวลา T-1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สมการที่ใช้คำนวณ

FORECAST_VALUE = ALPHA*OBSERVE_VALUE
+ (1-ALPHA)*OLD_FORECAST

RES = OBSERVE_VALUE-OLD_FORECAST

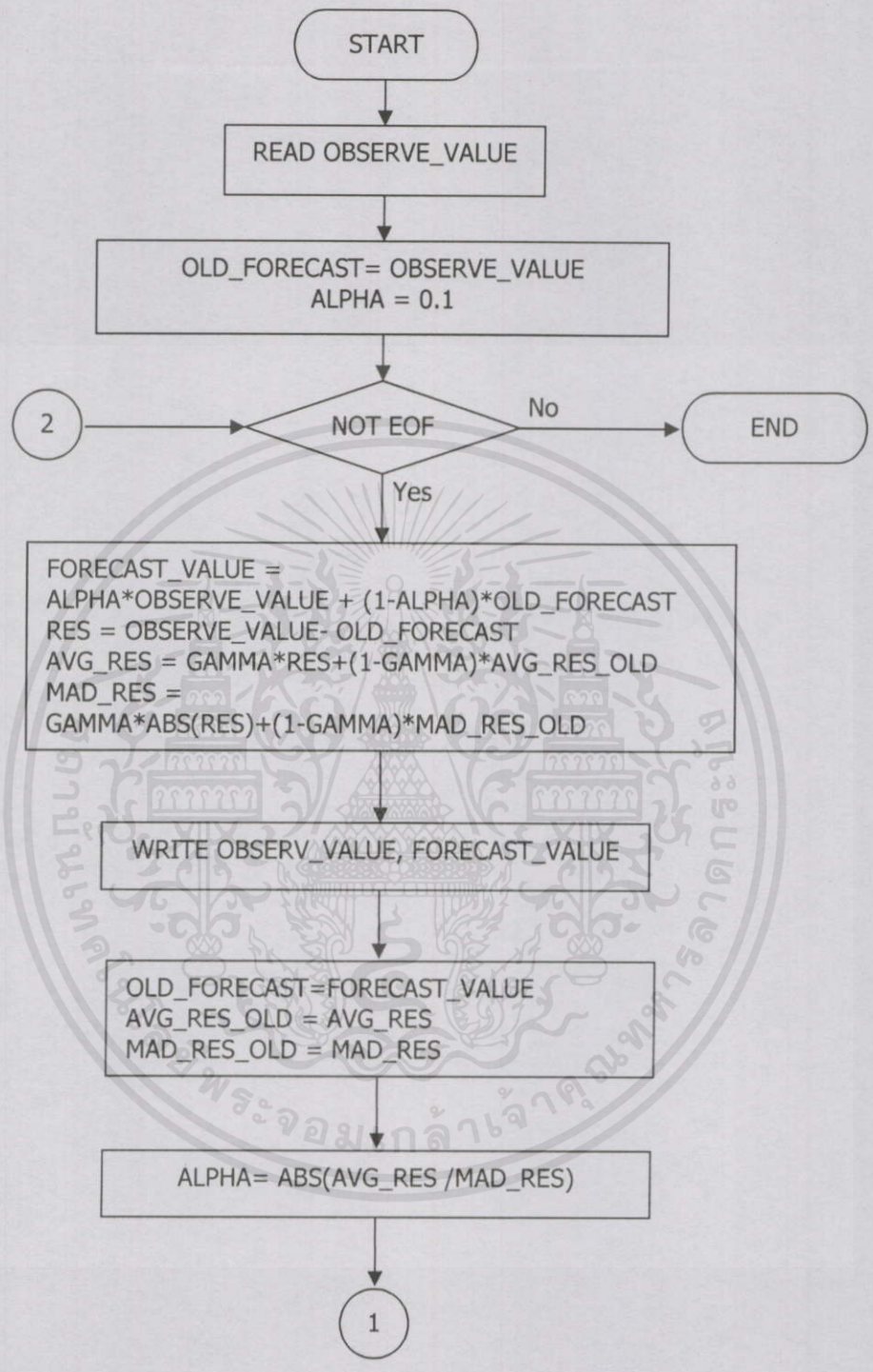
AVG_RES = GAMMA*RES + (1-GAMMA)*AVG_RES_OLD

MAD_RES = GAMMA*ABS(RES) + (1-GAMMA)*MAD_RES_OLD

ALPHA = ABS(AVG_RES/MAD_RES)

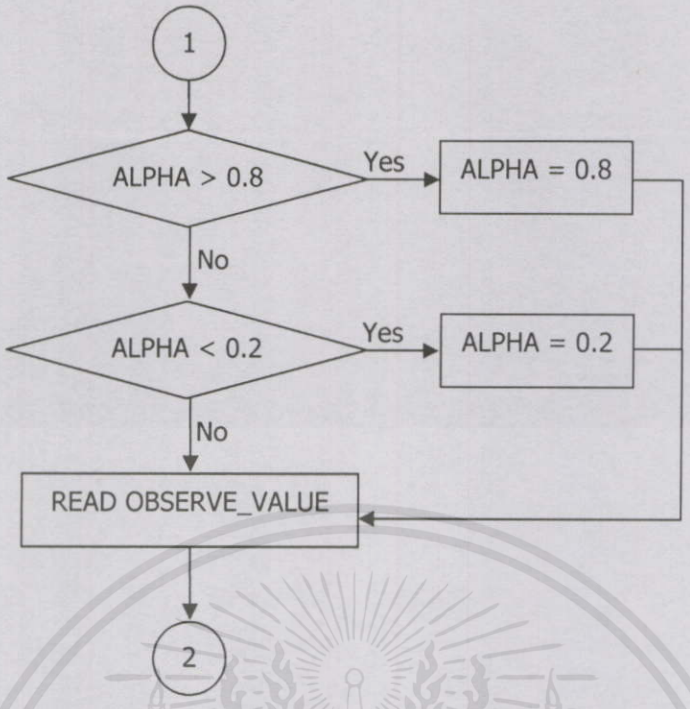
การวิเคราะห์ค่าทำนายจะทำการ อ่านค่าสังเกต(OBSERVE_VALUE) จากแฟ้มข้อมูล กำหนดค่าคงที่ปรับให้เรียบ(ALPHA) มีค่าเท่ากับ 0.1 (ค่าเริ่มต้น) คำนวณค่าทำนายโดยใช้วิธีการปรับให้เรียบแบบเอกซโพเนนเชียลครั้งเดียว คำนวณค่าคลาดเคลื่อน(RES) ของค่าทำนายเมื่อเวลา T-1 กับค่าสังเกตเมื่อเวลา T จากนั้นทำการคำนวณค่าปรับให้เรียบของค่าคลาดเคลื่อน(AVG_RES) และค่าส่วนเบี่ยงเบนเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อน(MAD_RES) คำนวณค่าสัมบูรณ์ของอัตราส่วนระหว่างค่าปรับให้เรียบของความคลาดเคลื่อนและส่วนเบี่ยงเบนเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนเพื่อใช้ในการกำหนดค่าคงที่ปรับให้เรียบ(ALPHA)ในการคำนวณสำหรับรอบต่อไปโดยจำกัดขอบเขตค่าคงที่ปรับให้เรียบ กรณีอัตราส่วนมีค่ามากกว่า 0.9 จะกำหนดให้ค่าคงที่ปรับให้เรียบมีค่าเท่ากับ 0.9 และกรณีค่าอัตราส่วนมีค่าน้อยกว่า 0.2 จะกำหนดให้ค่าคงที่ปรับให้เรียบมีค่าเป็น 0.2 บันทึกค่าทำนายลงในแฟ้มข้อมูล และอ่านค่าสังเกตในลำดับถัดไปและคำนวณค่าทำนายจนสิ้นสุดค่าสังเกต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 ผังงานแสดงการคำนวณค่าทำนายด้วยวิธีปรับให้เรียบแบบเอกซโพเนนเชียลครั้งเดียวโดยใช้ค่าคงที่ปรับให้เรียบชนิดปรับค่าได้และจำกัดขอบเขต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 (ต่อ)

4.5.2.4 การคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนจากการทำนายอนุกรมเวลา

การพิจารณาประสิทธิภาพในการทำนายอนุกรมเวลาของเทคนิคการทำนายอนุกรมเวลาที่ทำการศึกษาจะใช้การเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนจากการทำนาย ค่าความคลาดเคลื่อนที่ใช้เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการทำนายในงานวิจัยนี้คือ ค่าส่วนเบี่ยงเบนเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อน MAE (Mean Absolute Error) ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^{N} |x_i - \hat{x}_{i-1}|}{N}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
การวิเคราะห์ข้อมูล

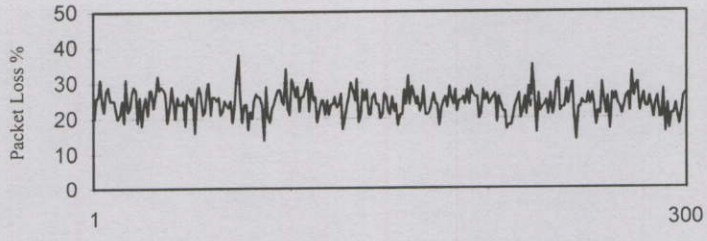
ข้อมูลอัตราการสูญหายของข้อมูลที่รวบรวมตามขั้นตอนต่างๆที่กล่าวถึงในบทที่ 4 จะถูกนำมาวิเคราะห์ค่าทำนายและคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการทำนายด้วยวิธีปรับให้เรียบแบบเอกซโพเนนเชียลโดยเลือกใช้ค่าคงที่ปรับให้เรียบ 3 วิธีคือ การใช้ค่าคงที่ปรับให้เรียบคงที่ค่าเดียว การใช้ค่าคงที่ปรับให้เรียบชนิดปรับค่าได้ และการใช้ค่าคงที่ปรับให้เรียบชนิดปรับค่าได้และจำกัดขอบเขต และเปรียบเทียบกับเทคนิคการพยากรณ์อย่างง่าย จากการรวบรวมอนุกรมเวลาอัตราสูญหายของข้อมูลขนาด 300 ค่าสังเกตจำนวน 19 อนุกรมเวลาพบว่าอนุกรมเวลาฯ มีความแตกต่างในแง่ของความแปรปรวน ค่าเฉลี่ยและการเปลี่ยนแปลงระดับค่าเฉลี่ยโดยจะได้แสดงลักษณะต่างๆ และผลจากการวิเคราะห์ค่าทำนายโดยใช้วิธีการปรับค่าคงที่ปรับให้เรียบทั้ง 3 วิธี และการใช้วิธีพยากรณ์อย่างง่าย

5.1 รูปแบบของอนุกรมเวลาอัตราการสูญหายของข้อมูล

5.1.1 อนุกรมเวลาอัตราสูญหายของข้อมูลที่มีค่าเฉลี่ยคงที่

อนุกรมเวลาอัตราสูญหายของข้อมูลที่มีค่าเฉลี่ยคงที่เป็นรูปแบบของอนุกรมเวลาที่พบมากที่สุดจากการเก็บรวบรวมข้อมูลแต่จะมีความแตกต่างกันในลักษณะของระดับค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพและสถานะของเครือข่าย รูปที่ 5.1 แสดงลักษณะอนุกรมเวลาฯ ที่มีค่าเฉลี่ยคงที่หรือมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย รูปที่ 5.1 ก. เป็นลักษณะของอนุกรมเวลาฯ ที่มีค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนสูง ในขณะที่รูปที่ 5.1 ข. เป็นอนุกรมเวลาที่มีค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนต่ำ

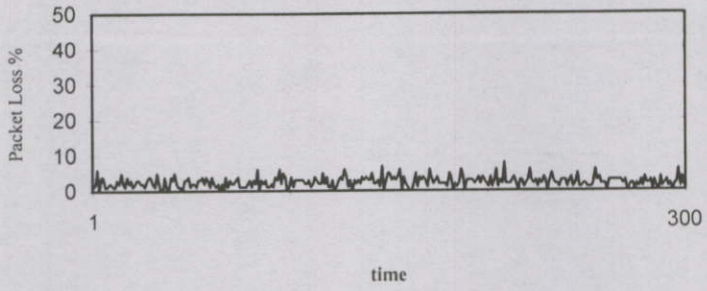
ก.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.1 แสดงลักษณะของอนุกรมเวลาอัตราสูญหายของข้อมูลที่มีค่าเฉลี่ยคงที่ ก. เมื่ออนุกรมเวลามีค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนสูง ข. เมื่ออนุกรมเวลามีค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนต่ำ

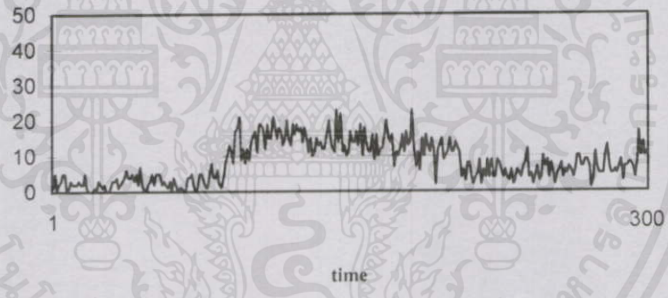
ข.



รูปที่ 5.1 (ต่อ)

5.1.2 อนุกรมเวลาอัตราสูญหายของข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ย

อนุกรมเวลาฯ ที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยที่รวบรวมได้จำนวนหนึ่งมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นและคงที่อยู่ระยะเวลาหนึ่งมีลักษณะดังรูปที่ 5.2



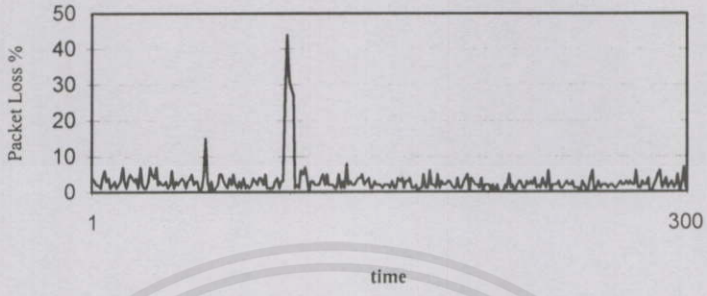
รูปที่ 5.2 แสดงอนุกรมเวลาอัตราสูญหายของข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นและคงที่อยู่ระยะเวลาหนึ่ง

อนุกรมเวลาชนิดนี้มีการเปลี่ยนแปลงระดับค่าเฉลี่ยในช่วงเวลาที่ไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับสภาวะของเครือข่ายนั้นๆ ซึ่งทำให้การพยากรณ์โดยอาศัยรูปแบบ (Model) ต้องทำการปรับค่าพารามิเตอร์ที่ใช้สำหรับพยากรณ์อย่างสม่ำเสมอ ส่วนการใช้เทคนิคการปรับให้เรียบจะสามารถติดตามการเปลี่ยนแปลงระดับค่าเฉลี่ยได้โดยอัตโนมัติ ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้นำเทคนิคการใช้ค่าคงที่ปรับให้เรียบแบบต่างๆ มาใช้เพื่อให้การพยากรณ์สามารถติดตามการเปลี่ยนแปลงระดับค่าเฉลี่ยได้เร็วขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.3 อนุกรมเวลาอัตราสูญหายของข้อมูลที่มีค่าสังเกตผิดปกติ

ค่าสังเกตที่ผิดปกติของอนุกรมเวลาอัตราสูญหายของข้อมูลหมายถึง ค่าสังเกตที่มีค่าสูงหรือต่ำกว่าระดับค่าเฉลี่ยปกติมาก ค่าสังเกตในลักษณะดังกล่าวจะเกิดขึ้นในช่วงเวลาสั้นๆ และกลับคืนสู่ระดับค่าเฉลี่ยปกติอย่างรวดเร็ว มีลักษณะดังรูป 5.3



รูปที่ 5.3 แสดงค่าสังเกตที่ผิดปกติ ของอนุกรมเวลาอัตราสูญหายของข้อมูล

มีค่าสังเกตที่ผิดปกติอาจเกิดได้จากหลายสาเหตุเช่น การตรวจนับผิดพลาด หรืออุปกรณ์เครือข่ายเกิดความบกพร่อง รวมถึงปริมาณการใช้ช่องสัญญาณสูงในช่วงสั้นๆ ดังนั้นค่าสังเกตในลักษณะนี้จึงไม่สามารถแสดงคุณลักษณะของอนุกรมเวลาที่ทำการศึกษาได้ การทำนายอนุกรมเวลาโดยทั่วไปจะพยายามตอบสนองต่อค่าสังเกตดังกล่าวให้น้อยเพื่อลดความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น

5.2 การกำหนดค่าคงที่ปรับให้เรียบและขอบเขต

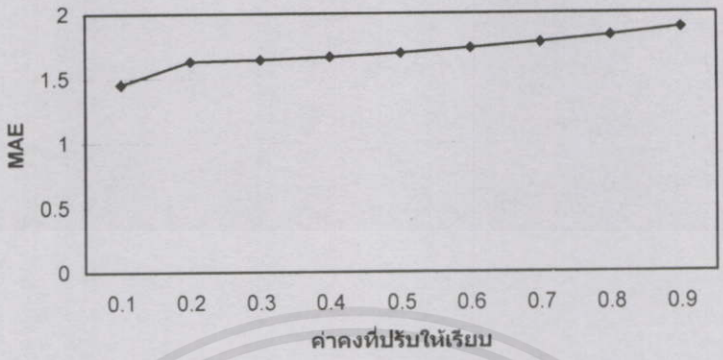
เนื่องจากงานวิจัยนี้ได้นำเทคนิคการปรับให้เรียบแบบเอกซโพเนนเชียลครั้งเดียวมาใช้ในการทำนายอนุกรมเวลาอัตราสูญหายของข้อมูล ซึ่งเป็นเทคนิคที่สามารถกำหนดอัตราการตอบสนองต่อค่าสังเกตได้ด้วยการใช้ค่าคงที่ปรับให้เรียบค่าเดียวหรือการใช้ค่าคงที่ปรับให้เรียบชนิดปรับค่าได้ซึ่งจะช่วยให้การทำนายอนุกรมเวลาที่มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงระดับค่าเฉลี่ยสามารถทำได้แม่นยำขึ้น

5.2.1 การกำหนดค่าคงที่ปรับให้เรียบชนิดคงที่ค่าเดียว

การใช้ค่าคงที่ปรับให้เรียบชนิดคงที่ค่าเดียวเป็นการกำหนดการตอบสนองต่อค่าสังเกตในอัตราคงที่ การตอบสนองที่เร็ว(ค่าคงที่ปรับให้เรียบมีค่ามาก) จะทำให้การติดตามการเปลี่ยนแปลงระดับค่าเฉลี่ยของอนุกรมเวลาได้ดี แต่เมื่ออนุกรมเวลามีการเปลี่ยนแปลงระดับค่าเฉลี่ยคงที่ การใช้ค่าคงที่ปรับให้เรียบมีค่ามากจะเป็นการตอบสนองต่อค่าสุ่ม (ให้น้ำหนักต่อค่าสุ่มมากในการคำนวณค่าเฉลี่ย) ซึ่งทำให้การทำนายอนุกรมเวลามีความคลาดเคลื่อนสูงขึ้น

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองหาค่าคงที่ปรับให้เรียบชนิดคงที่ค่าเดียวที่สามารถให้ค่าคลาดเคลื่อนในการทำนายอนุกรมเวลาที่ทำการศึกษา โดยใช้ค่าคงที่ปรับให้เรียบค่าต่างๆ เริ่มจาก

0.1 ถึง 0.9 และใช้ขั้นการทดสอบเป็น 0.1 ผลของการทดสอบโดยใช้ค่าคงที่ปรับให้เรียบค่าต่างๆ เป็นตามรูปที่ 5.4



รูปที่ 5.4 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อน(MAE) ในการทำนายอนุกรมเวลาอัตราสูญหายของข้อมูลโดยใช้ ค่าคงที่ปรับให้เรียบเท่ากับ 0.1 ถึง 0.9

จากรูปที่ 5.4 จะพบว่าค่าคงที่ปรับให้เรียบที่ให้ค่าคลาดเคลื่อนในการทำนายต่ำที่สุดเมื่ออนุกรมเวลามีการเปลี่ยนแปลงระดับค่าเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.2 แต่เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนจากการทำนายอนุกรมเวลาที่ทำการศึกษาพบว่าค่าคงที่ปรับให้เรียบชนิดคงที่ค่าเดียวที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อนจากการทำนายต่ำที่สุดมีค่าเท่ากับ 0.1 ในงานวิจัยนี้จะกำหนดให้ค่าคงที่ปรับให้เรียบชนิดคงที่ค่าเดียวมีค่าเป็น 0.1 สำหรับการวิเคราะห์ค่าทำนายต่อไป

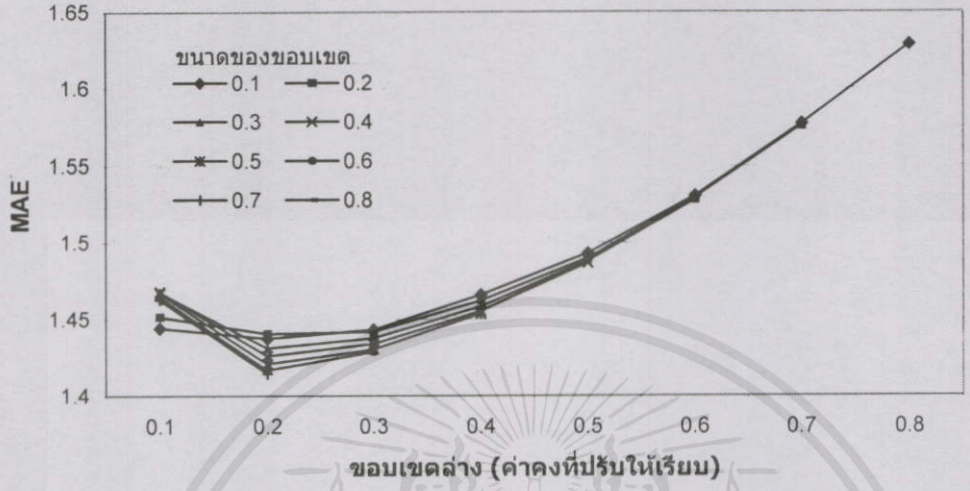
5.2.2 การกำหนดขอบเขตของค่าคงที่ปรับให้เรียบชนิดปรับค่าได้

ค่าคงที่ปรับให้เรียบชนิดปรับค่าตามแบบของ Trigg และ Leach จะทำให้ค่าคงที่ปรับให้เรียบที่ใช้ในการคำนวณค่าทำนายสามารถปรับค่าให้สอดคล้องตามลักษณะของอนุกรมเวลา กล่าวคือ เมื่ออนุกรมเวลามีลักษณะคงที่ ค่าคงที่ปรับให้เรียบตามแบบ Trigg และ Leach จะมีค่าน้อยเพื่อลดการตอบสนองต่อค่าสุ่ม และจะมีค่ามากเมื่ออนุกรมเวลามีการเปลี่ยนแปลงระดับค่าเฉลี่ยเพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว การปรับค่าคงที่ปรับให้เรียบด้วยวิธีการนี้สามารถลดความคลาดเคลื่อนจากการทำนายเมื่อเปรียบเทียบกับการตอบสนองต่อค่าสุ่มและค่าสังเกตในอัตราคงที่

การทดสอบหาขอบเขตที่เหมาะสมของค่าคงที่ปรับให้เรียบชนิดปรับค่าได้จะเป็นการกำหนดขอบเขตล่าง (α_{min}) และขอบเขตบน (α_{max}) โดย α_{min} และ α_{max} จะมีค่าอยู่ในช่วง 0.1 และ 0.9 โดยมีเงื่อนไขคือ $\alpha_{min} < \alpha_{max}$ การหาขอบเขตของค่าคงที่ปรับให้เรียบที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อนต่ำที่สุดจากการทำนายอนุกรมเวลาที่ทำการศึกษา ด้วยวิธีการปรับให้เรียบแบบเอกซโพเนนเชียลครั้งเดียวทำโดยเลือกขอบเขตของค่าคงที่ปรับให้เรียบค่าต่างๆ ตามเงื่อนไขนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำนายอนุกรมเวลา และคำนวณความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นเพื่อเปรียบเทียบหาขอบเขตที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อนในการทำนายต่ำที่สุด



รูปที่ 5.5 กราฟแสดงค่าความคลาดเคลื่อนจากการทำนายอนุกรมเวลาที่นำมาศึกษาโดยใช้เทคนิคการปรับให้เรียบแบบเอกซโพเนนเชียลครั้งเดียวและจำกัดขอบเขตของค่าคงที่ปรับให้เรียบที่มีค่าขอบเขตล่างและระยะห่างของขอบเขตขนาดต่างๆ

จากรูปที่ 5.5 จะสังเกตว่าค่าขอบเขตล่าง และระยะห่างของขอบเขตบนและขอบเขตล่างมีผลต่อค่าความคลาดเคลื่อนในการทำนายและพบว่าค่าขอบเขตล่างที่ให้ค่าคลาดเคลื่อนจากการทำนายเฉลี่ยต่ำสุดคือ 0.2ในขณะที่ระยะห่างของขอบเขตบนและขอบเขตล่างที่กว้างเท่ากับ 0.8 เป็นขนาดที่ให้ความคลาดเคลื่อนในการทำนายเฉลี่ยต่ำที่สุด ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะใช้ค่าคงที่ปรับให้เรียบชนิดปรับค่าได้และจำกัดขอบเขตอยู่ในช่วง 0.2 ถึง 0.9 ในการวิเคราะห์ค่าทำนายอนุกรมเวลาที่ทำการศึกษา

5.3 การทำนายอนุกรมเวลาอัตราสูญหายของข้อมูล

อนุกรมเวลาอัตราการสูญหายของข้อมูลลักษณะต่างๆ ที่กล่าวถึงในหัวข้อ 5.1 เป็นลักษณะที่พบได้ทั่วไปเมื่อทำการรับส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต การวิเคราะห์ค่าทำนายอัตราสูญหายของข้อมูลจะใช้เทคนิคการปรับให้เรียบแบบเอกซโพเนนเชียลครั้งเดียวโดยเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการทำนายที่ใช้ค่าคงที่ปรับให้เรียบ 3 วิธีคือ การใช้ค่าคงที่ปรับให้เรียบคงที่ค่าเดียวมีค่าเท่ากับ 0.1 (S01) การใช้ค่าคงที่ปรับให้เรียบชนิดปรับค่าได้ตามวิธีของ Trigg และ Leach (STL) การใช้ค่าคงที่ปรับให้เรียบชนิดปรับค่าได้และจำกัดขอบเขต (STLB) และเปรียบเทียบกับการพยากรณ์อย่างง่าย (Naive) อนุกรมเวลาที่นำมาวิเคราะห์จะมีค่าสังเกตจำนวน 300 ค่าสังเกต ค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำนายเริ่มต้นกำหนดให้เท่ากับค่าสังเกตแรก ค่าความคลาดเคลื่อนที่ใช้ทำการวัดประสิทธิภาพในการทำนายคือ ค่าส่วนเบี่ยงเบนเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อน MAE (Mean Absolute Error)

เนื่องจากการกำหนดค่าทำนายเริ่มต้นในการทำนายอนุกรมเวลาให้เท่ากับค่าสังเกตแรกอาจทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนกรณีค่าสังเกตแรกมีลักษณะเป็นค่าผิดปกติ การทำนายอนุกรมเวลาโดยวิธีปรับให้เรียบแบบเอกซโพเนนเชียลครั้งเดียว ต้องใช้เวลาในการติดตามรูปแบบของอนุกรมเวลาระยะหนึ่ง เพื่อหลีกเลี่ยงค่าความคลาดเคลื่อนดังกล่าวในงานวิจัยนี้จะเริ่มต้นคำนวณค่าคลาดเคลื่อนเมื่อทำนายอนุกรมเวลาลำดับที่ 100 ผลจากการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนจากการทำนายเป็นตามตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนจากการทำนายอนุกรมเวลาอัตราการสูญหายของข้อมูลด้วยวิธี S01, STL, STLB และ วิธีการพยากรณ์อย่างง่าย (Naive)

อนุกรมเวลา	*MAE*			
	S01	**STL**	**STLB**	**Naive**
อนุกรมเวลาจากการเชื่อมต่อเครือข่ายอินเตอร์เน็ตผ่านโมเด็ม				
453	0.1996	0.1108	0.1372	0.1991
245	0.2087	0.1201	0.1475	0.2090
057	2.7456	2.8031	2.7973	3.7811
348	3.9049	4.1156	4.0024	5.4577
653	1.1897	1.2688	1.2263	1.5124
426	2.6867	2.7184	2.6028	3.4378
622	1.0863	1.1798	1.1152	1.4577
451	0.8222	0.8473	0.8536	1.0448
551	1.1975	1.2698	1.2405	1.7263
654	0.9676	1.0056	0.9636	1.1891
849	0.5982	0.6124	0.6008	0.7065
532	0.1291	0.0746	0.0879	0.1294
424	0.6328	0.6283	0.6372	0.6915
318	0.5596	0.5801	0.5513	0.6269

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.1 (ต่อ)

อนุกรมเวลา	MAE			
	S01	STL	STLB	Naive
อนุกรมเวลาจากการเชื่อมต่อเครือข่ายอินเตอร์เน็ตผ่านเครือข่ายท้องถิ่น				
533	1.5818	1.6322	1.6007	2.0647
824	1.8696	1.9442	1.9166	2.5224
150	6.1911	5.5665	5.3947	5.6667
322	0.499	0.5202	0.4826	0.5045
413	0.5181	0.5555	0.5119	0.5274
ค่าเฉลี่ย	1.452	1.4502	1.4142	1.7608

จากตารางที่ 5.1 จะเห็นว่าวิธีการพยากรณ์ที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อนจากการทำนายต่ำที่สุดในแต่ละอนุกรมเวลาจะแตกต่างกันตามลักษณะของการเปลี่ยนแปลงระดับค่าเฉลี่ยของอนุกรมเวลา กล่าวคือ เมื่ออนุกรมเวลามีลักษณะคงที่วิธีการทำนายที่ให้ค่าคลาดเคลื่อนต่ำคือ การปรับให้เรียบแบบเอกซโพเนนเชียลครั้งเดียวโดยใช้ค่าคงที่ปรับให้เรียบคงที่ค่าเดียวมีค่าเท่ากับ 0.1 ส่วนอนุกรมเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงระดับค่าเฉลี่ย วิธีการปรับให้เรียบฯ โดยใช้ค่าคงที่ปรับให้เรียบชนิดปรับค่าได้และจำกัดขอบเขตอยู่ในช่วง 0.2 ถึง 0.9 จะให้ผลการทำนายดีที่สุด ส่วนการพยากรณ์อย่างง่ายจะให้ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนในการทำนายสูงสุด เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนจากการทำนายทั้ง 4 วิธีจะเห็นว่าการทำนายด้วยวิธีการปรับให้เรียบแบบเอกซโพเนนเชียลครั้งเดียวโดยใช้ค่าคงที่ปรับให้เรียบชนิดปรับค่าได้และจำกัดขอบเขตอยู่ในช่วง 0.2 ถึง 0.9 จะให้ค่าความคลาดเคลื่อนในการทำนายอนุกรมเวลาเฉลี่ยต่ำที่สุด

การเชื่อมต่อเครือข่ายอินเตอร์เน็ตผ่านโมเด็มหรือผ่านเครือข่ายท้องถิ่นพบว่ารูปแบบของอนุกรมเวลาอัตราสูญหายของข้อมูลมีลักษณะไม่แตกต่างกันกล่าวคือ มีทั้งลักษณะของการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ย หรือ ค่าเฉลี่ยคงที่และ ลักษณะของค่าสังเกตที่ผิดปกติ ซึ่งให้ผลการวิเคราะห์ค่าทำนายและค่าความคลาดเคลื่อนจากการทำนายเป็นไปในแนวทางเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ในงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเทคนิคการพยากรณ์อนุกรมเวลาที่เหมาะสมสำหรับทำนายอัตราสูญหายของข้อมูลในระหว่างรับส่งผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต เทคนิคการพยากรณ์ที่นำมาศึกษาเปรียบเทียบคือ การปรับให้เรียบแบบเอกซโพเนนเชียลครั้งเดียว โดยเลือกใช้การปรับค่าคงที่ปรับให้เรียบ 3 วิธีคือ การใช้ค่าคงที่ปรับให้เรียบคงที่ค่าเดียวมีค่าเท่ากับ 0.1 การใช้ค่าคงที่ปรับให้เรียบชนิดปรับค่าได้ และการใช้ค่าคงที่ปรับให้เรียบชนิดปรับค่าได้และจำกัดขอบเขตให้อยู่ในช่วง 0.2 ถึง 0.9 และเทคนิคการพยากรณ์อย่างง่าย ข้อมูลอนุกรมเวลาที่นำมาวิเคราะห์ได้จากการเก็บข้อมูลโดยใช้เครื่องมือที่สร้างขึ้นและทำการเก็บข้อมูลจากสถานการณ์จริง เทคนิคการพยากรณ์ที่เหมาะสมสำหรับพยากรณ์อนุกรมเวลาอัตราสูญหายของข้อมูลล่วงหน้าคือ เทคนิคการพยากรณ์ ซึ่งให้ค่าคลาดเคลื่อน MAE ในการพยากรณ์เฉลี่ยต่ำที่สุดจากวิธีการทั้งหมดที่นำมาเปรียบเทียบ การทดลองรับส่งข้อมูลโดยใช้โพรโตคอล UDP โปรแกรมที่สร้างขึ้นเขียนโดยตัวแปลภาษา ไมโครซอฟท์วิชวลเบสิก 6.0 บนระบบปฏิบัติการวินโดว์ Me

6.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการนำเทคนิคการพยากรณ์อนุกรมเวลามาใช้ในการพยากรณ์อัตราการสูญหายของข้อมูลล่วงหน้า อนุกรมเวลาที่นำมาใช้เป็นการศึกษาอนุกรมเวลาและการทำนายอนุกรมเวลาเชิงปริมาณ ซึ่งเป็นการศึกษารูปแบบของอนุกรมเวลาเพื่อใช้ในการทำนายโดยมีสมมุติฐานว่าเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นในอนาคตย่อมจะมีรูปแบบเช่นเดียวกับเหตุการณ์ที่เกิดมาแล้วในอดีต แต่การพยากรณ์โดยอาศัยรูปแบบที่คงตัว อาจไม่เหมาะสมกับอนุกรมเวลาบางประเภทซึ่งมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงรูปแบบไม่แน่นอน การพยากรณ์โดยวิธีปรับให้เรียบแบบเอกซโพเนนเชียลครั้งเดียวเป็นการพยากรณ์ที่สามารถปรับตัวตามการเปลี่ยนแปลงของอนุกรมเวลาได้ดีจึงเหมาะที่จะนำมาใช้ในการพยากรณ์อนุกรมเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบไม่แน่นอน จากการศึกษาพบว่ามีผู้วิจัยได้เสนอแนวทางการปรับปรุงเทคนิคการปรับให้เรียบแบบเอกซโพเนนเชียลครั้งเดียวโดยใช้การปรับค่าคงที่ปรับให้เรียบที่ใช้ในสมการคำนวณค่าทำนาย(สมการที่ 3.6)ให้สอดคล้องกับลักษณะของอนุกรมเวลาเพื่อลดความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการทำนายอนุกรมเวลา วิธีที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้คือวิธีที่เสนอโดย Trigg และ Leach ซึ่งจะกำหนดค่าคงที่ปรับให้เรียบให้มีค่าเท่ากับค่าสมบูรณ์ของอัตราส่วนระหว่างค่าปรับให้เรียบของความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการทำนายและค่าปรับให้เรียบของส่วนเบี่ยงเบนเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการทำนาย หรือเรียกอัตราส่วนดังกล่าวว่า ค่าสัญญาณติดตามความคลาดเคลื่อน เนื่องจากเมื่ออนุกรมเวลามีลักษณะคงที่ ค่าสัญญาณติดตามความ

คลาดเคลื่อนจะมีค่าน้อย ในขณะเมื่ออนุกรมเวลามีการเปลี่ยนแปลงค่าสัญญาณติดตามความคลาดเคลื่อนจะมีค่ามาก ซึ่งสอดคล้องกับค่าคงที่ปรับให้เรียบที่เหมาะสมสำหรับทำนายอนุกรมเวลาในลักษณะดังกล่าวทำให้การพยากรณ์อนุกรมเวลาที่มีลักษณะของการเปลี่ยนรูปแบบไม่แน่นอนสามารถทำได้แม่นยำขึ้น

อนุกรมเวลาอัตราสูญหายของข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ในงานวิจัยนี้ได้จากการเก็บข้อมูลในสถานการณ์จริงด้วยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น ทำการส่งข้อมูลเป็นแพ็คเก็ตขนาด 100 ไบต์ โดยใช้โพรโตคอล Udp ในอัตราคงที่ 2 กิโลไบต์ต่อวินาที หรือ1แพ็คเก็ตทุกๆ 50 มิลลิวินาที และรับแพ็คเก็ตเพื่อบันทึกอัตราสูญหายของข้อมูลในระหว่างการรับส่งเพื่อนำไปวิเคราะห์ต่อไป ค่าสังเกตของอนุกรมเวลาเป็นร้อยละของจำนวนแพ็คเก็ตที่สูญหายในระหว่างการรับส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ตในทุกๆ ช่วงเวลา 5 วินาที โดยเลือกทำการเชื่อมต่อผ่านโมเด็มและเครือข่ายท้องถิ่น ลักษณะของอนุกรมเวลาที่ได้แบ่งออกเป็น 3 ลักษณะคือ อนุกรมเวลาที่มีระดับค่าเฉลี่ยคงที่หรือมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย อนุกรมเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงระดับค่าเฉลี่ย และอนุกรมเวลาที่มีค่าสังเกตผิดปกติ อนุกรมเวลาที่ได้ จากการเชื่อมต่อผ่านโมเด็มและเครือข่ายท้องถิ่นมีลักษณะไม่แตกต่างกันและผลจากการวิเคราะห์สามารถสรุปได้ไปในแนวทางเดียวกัน

การทำนายอนุกรมเวลาอัตราการสูญหายของข้อมูลด้วยวิธีปรับให้เรียบแบบเอกซโพเนนเชียลครั้งเดียวในงานวิจัยนี้ได้เลือกเทคนิคการใช้ค่าคงที่ปรับให้เรียบ 3 วิธีคือ การใช้ค่าคงที่ปรับให้เรียบชนิดคงที่ค่าเดียวมีค่าเท่ากับ 0.1 การใช้ค่าคงที่ปรับให้เรียบชนิดปรับค่าได้ และการใช้ค่าคงที่ปรับให้เรียบชนิดปรับค่าได้และจำกัดขอบเขตให้อยู่ในช่วง 0.2 ถึง 0.9 นอกจากนี้ยังได้ทำการพยากรณ์ด้วยวิธีพยากรณ์อย่างง่ายซึ่งใช้ค่าสังเกตปัจจุบันในการทำนายค่าสังเกตในอนาคต เพื่อนำมาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการทำนาย

การวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนจากการทำนายด้วยเทคนิคการปรับให้เรียบแบบเอกซโพเนนเชียลครั้งเดียวจะทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำนายด้วยการวัดค่าความคลาดเคลื่อนจากการทำนาย MAE (Mean Absolute Error) เทคนิคการทำนายที่ให้ค่า MAE ต่ำที่สุดจะเป็นเทคนิคที่เหมาะสมสำหรับการทำนายอนุกรมเวลาอัตราสูญหายของข้อมูลในงานวิจัยนี้

ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าเมื่อใช้ค่าคงที่ปรับให้เรียบชนิดคงที่ค่าเดียวในการทำนายอนุกรมเวลาที่ศึกษาในงานวิจัยนี้ค่าคงที่ปรับให้เรียบที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยต่ำที่สุดมีค่าเท่ากับ 0.1 และเมื่อใช้ค่าคงที่ปรับให้เรียบชนิดปรับค่าได้และจำกัดขอบเขตในการทำนาย ขอบเขตที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยต่ำที่สุดคือ ค่าคงที่ปรับให้เรียบที่มีค่าอยู่ในช่วง 0.2 ถึง 0.9 เมื่อเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยจากการทำนายอนุกรมเวลาอัตราการสูญหายของข้อมูลในงานวิจัยนี้ด้วยวิธีการทั้งหมดซึ่งได้แก่ การปรับให้เรียบแบบเอกซโพเนนเชียลครั้งเดียวโดยใช้ค่าคงที่ปรับให้เรียบคงที่ค่าเดียวเท่ากับ 0.1 การปรับให้เรียบแบบเอกซโพเนนเชียลครั้งเดียวโดยใช้ค่าคงที่ปรับให้เรียบชนิดปรับค่าได้ การปรับให้เรียบแบบเอกซโพเนนเชียลครั้งเดียวโดยใช้ค่าคงที่

ปรับให้เรียบชนิดปรับค่าได้และจำกัดขอบเขตให้อยู่ในช่วง 0.2 ถึง 0.9 และการพยากรณ์อย่างง่าย พบว่าเทคนิคการปรับให้เรียบแบบเอกซโพเนนเชียลครั้งเดียวโดยใช้ค่าคงที่ปรับให้เรียบชนิดปรับค่าได้และจำกัดขอบเขตให้อยู่ในช่วง 0.2 ถึง 0.9 เป็นวิธีการที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยในการทำนายอนุกรมเวลาอัตราการสูญหายของข้อมูลต่ำที่สุด ตรงกับสมมุติฐานของงานวิจัยที่ว่า วิธีการปรับให้เรียบแบบเอกซโพเนนเชียลครั้งเดียวที่ใช้ค่าคงที่ปรับให้เรียบชนิดปรับค่าได้และจำกัดขอบเขต สามารถทำนายอนุกรมเวลาอัตราสูญหายของข้อมูลได้แม่นยำที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับเทคนิคการพยากรณ์อื่นๆ ที่นำมาวิเคราะห์

6.2 ข้อเสนอแนะ

6.2.1 ด้านการนำไปใช้ประโยชน์

- เทคนิคการพยากรณ์ด้วยวิธีปรับให้เรียบแบบเอกซโพเนนเชียลครั้งเดียวโดยใช้ค่าคงที่ปรับให้เรียบชนิดจำกัดขอบเขต สามารถนำไปใช้ในการควบคุมปริมาณการส่งข้อมูลให้อยู่ในอัตราที่เหมาะสมสอดคล้องกับสถานะของเครือข่ายเพื่อลดความหนาแน่นของเครือข่าย
- เทคนิคการพยากรณ์ที่นำเสนอสามารถใช้สำหรับประเมินสถานะของเครือข่ายเพื่อใช้ในการจัดสรรทรัพยากรล่วงหน้าอย่างเหมาะสมสำหรับการประมวลผลข้อมูลแบบเรียลไทม์ที่มีการส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ตอย่างต่อเนื่อง

6.2.2 ด้านการศึกษาวิจัย

- ขอบเขตที่เหมาะสมของค่าคงที่ปรับให้เรียบ สำหรับการทำนายอนุกรมเวลาที่มีสภาวะแวดล้อมที่แตกต่างจากงานวิจัยนี้อาจมีค่าแตกต่างกันเนื่องจากรูปแบบของอนุกรมเวลาเป็นผลมาจากสภาวะแวดล้อมของเครือข่ายนั้นๆ
- ได้มีผู้ศึกษาวิธีการปรับปรุงเทคนิคการปรับให้เรียบแบบเอกซโพเนนเชียลครั้งเดียวไว้เป็นจำนวนมากเช่น เทคนิคการประมาณค่าด้วยวิธีของ ฮูเบอร์(Huber Exponential Smoothing) ซึ่งน่าจะมีส่วนช่วยในการปรับปรุงการทำนายอนุกรมเวลาที่มีค่าสังเกตที่ผิดปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] D. Sisalem and H. Schulzrinne. *"The loss-delay based adjustment algorithm: A TCP-friendly adaptation scheme."*, Workshop on Network and Operating System Support for Digital Audio and Video, 1998.

[2] Ramachandran Ramjee, Jim Kurose, Don Towsley, and Henning Schulzrinne, "*Adaptive playout mechanisms for packetized audio applications in wide-area networks.*", In Proceedings of the Conference on Computer Communications (IEEE Infocom), Toronto, Canada, June 1994.

[3] Nuggehally S. Jayant, Susan W. Christensen, *"Effect of Packet Losses in Waveform Coded Speech and Improvements Due to an Odd-Even Sample-Interpolation Procedure."*, IEEE Transaction on Communications, vol.com-29, no.2, Feb 1981.

[4] H. P. Sze, S. C. Liew, Y. B. Lee, *"A Packet-Loss-Recovery Scheme for Continuous-Media Streaming Over the Internet"*, IEEE Communications Letters, vol.5 no.3, Mar 2001.

[5] Sally Floyd, Mark Handley, Jitendra Padhye, and Joerg Widmer, *"Equation-Based Congestion Control for Unicast Applications: the Extended Version."*, International Computer Science Institute tech report TR-00-03, Mar 2000.

[6] I. Busse, B. Deffner, and H. Schulzrinne, *"Dynamic QoS control of multimedia applications based on RTP"*, Computer Communications, Jan. 1996.

[7] Douglas C. Montgomery, Lynwood A. Johnson, John S. Gardiner, "Forecasting & Time Series Analysis 2nd Edition" ,McGraw-Hill,Inc., 1990.

[8] Yajnik, S. Moon, J. Kurose, and D. Towsley, *"Measurement and modelling of the temporal dependence in packet loss."*, Proceedings of the Conference on Computer Communications (IEEE Infocom), Mar. 1999.

[9] Bruce L. Bowerman, Richard T. O'Connell, *"Forecasting and time series : an applied approach Edition 3rd"*, Belmont, CA : Duxbury Press, 1993.

[10]Robert G. Brown, *"Smoothing, Forecasting and Prediction of Discrete Time Series."*, Prentice-Hall, Inc., 1963.

[11]รศ.ดร. ทรงศิริ แต้สมบัติ, *"เทคนิคการพยากรณ์เชิงปริมาณ"*, สำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซ็นเตอร์, 2539.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือนำไปใช้ในรูปแบบอื่นๆ

[12]Van Jacobson, "*Congestion Avoidance and Control*", SigComm `88, Symp., ACM, Aug. 1988, pp. 314-329.

[13]Piyatamrong B., Piyakhun P., *"Smooth Loss With Variability Smoothing Factor to Increase Bandwidth Utilization."*, Proceedings of IEEE PACRIM'01 Conf., Canada., August 2001, pages. 493-494.

[14] รศ.ดร. วิชิต หล่อจีระชุณห์กุล, "การวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์", การประชุมวิชาการสถิติประยุกต์ ครั้งที่ 10, คณะสถิติประยุกต์ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.

[15] จันทร์จิรา โอธนเมธี, 2537, "เทคนิคการทำให้เรียบแบบเอกซโพเนนเชียลเมื่อมีข้อมูลผิดปกติในอนุกรมเวลา", วิทยานิพนธ์ ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถิติ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

ในหัวข้อ 3.2.2 การประมาณค่า b ที่ทำให้ค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองต่ำสุดเป็นการหาผลบวกของอนุกรมเรขาคณิตซึ่งจะอ้างถึงทฤษฎีและพิสูจน์สมการที่ 3.6 โดยละเอียดดังนี้

$$\left.\frac{\partial e(b)}{\partial b}\right|_{\hat{b}} = -2\sum_{t=1}^{T}\beta^{T-t}[x_t - \hat{b}(T)] = 0$$

$$\sum_{t=1}^{T}\beta^{T-t}\hat{b}(T) = \sum_{t=1}^{T}\beta^{T-t}x_t \qquad (1)$$

ทฤษฎี กำหนดให้ $a_1, a_2, a_3, ..., a_n$ เป็นอนุกรมเรขาคณิตโดยมีอัตราส่วนร่วมคือ r
ดังนั้นผลรวมของอนุกรมเรขาคณิตถึงพจน์ที่ n คือ $S_n = a_1 + a_2 + a_3 + ... + a_n$
มีค่าเท่ากับ $S_n = \dfrac{a_1(1-r^n)}{1-r}$

เนื่องจาก $\sum_{t=1}^{T}\beta^{T-t} = \beta^T\left(\frac{1}{\beta} + \frac{1}{\beta^2} + \frac{1}{\beta^3} + ... + \frac{1}{\beta^T}\right)$

และ $\frac{1}{\beta} + \frac{1}{\beta^2} + \frac{1}{\beta^3} + ... + \frac{1}{\beta^T}$ เป็นผลบวกของอนุกรมเรขาคณิตที่มี
อัตราส่วนร่วม $r = \dfrac{1}{\beta}$

ดังนั้นผลบวกของอนุกรม $\frac{1}{\beta} + \frac{1}{\beta^2} + \frac{1}{\beta^3} + ... + \frac{1}{\beta^T} = \frac{(1-\beta^T)}{\beta^T(1-\beta)}$

$$\sum_{t=1}^{T}\beta^{T-t} = \beta^T \cdot \frac{(1-\beta^T)}{\beta^T(1-\beta)} \qquad (2)$$

แทน (2) ใน (1) ได้

$$\hat{b}(T) = \frac{(1-\beta)}{(1-\beta^T)}\sum_{t=1}^{T}\beta^{T-t}x_t \qquad (3)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และพิสูจน์ในลักษณะเดียวกัน จะได้ $\hat{b}(T-1)$

$$\hat{b}(T-1)=\frac{(1-\beta)}{\beta(1-\beta^{T-1})}\sum_{t=1}^{T-1}\beta^{T-t}x_t$$

หรือ

$$\sum_{t=1}^{T-1}\beta^{T-t}x_t=\frac{\beta(1-\beta^{T-1})}{(1-\beta)}\cdot\hat{b}(T-1) \tag{4}$$

จาก (3) สามารถเขียนได้เป็น

$$\hat{b}(T)=\frac{(1-\beta)}{(1-\beta^{T})}\left[\left(\sum_{t=1}^{T-1}\beta^{T-t}x_t\right)+x_T\right] \tag{5}$$

แทนค่า (4) ลงใน (5) จะได้

$$\hat{b}(T)=\frac{(1-\beta)}{(1-\beta^{T})}\left[\frac{\beta(1-\beta^{T-1})}{(1-\beta)}\cdot\hat{b}(T-1)+x_T\right]$$

$$\hat{b}(T)=\frac{\left[\beta(1-\beta^{T-1})\cdot\hat{b}(T-1)+(1-\beta)x_T\right]}{(1-\beta^{T})}$$

เมื่อ T มีค่ามากจะได้ $\beta^{T}\approx 0$

$$\hat{b}(T)=\beta\cdot\hat{b}(T-1)+(1-\beta)x_T$$

กำหนดให้ $\alpha=1-\beta$ และ $S_T=\hat{b}(T)$ จะได้

$$S_T=\alpha x_T+(1-\alpha)S_{T-1} \tag{6}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์

B. Piyatamrong P. Piyakhun., "Smooth loss with variability smoothing factor to increase bandwidth utilization", IEEE Pacific Rim Conference on Communications, Computers and signal Processing. (PACRIM 2001), vol.2, pages. 493 – 494, 26-28 August, Victoria, B.C., Canada, 2001.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

01CH37233

IEEE
etworking
he World™

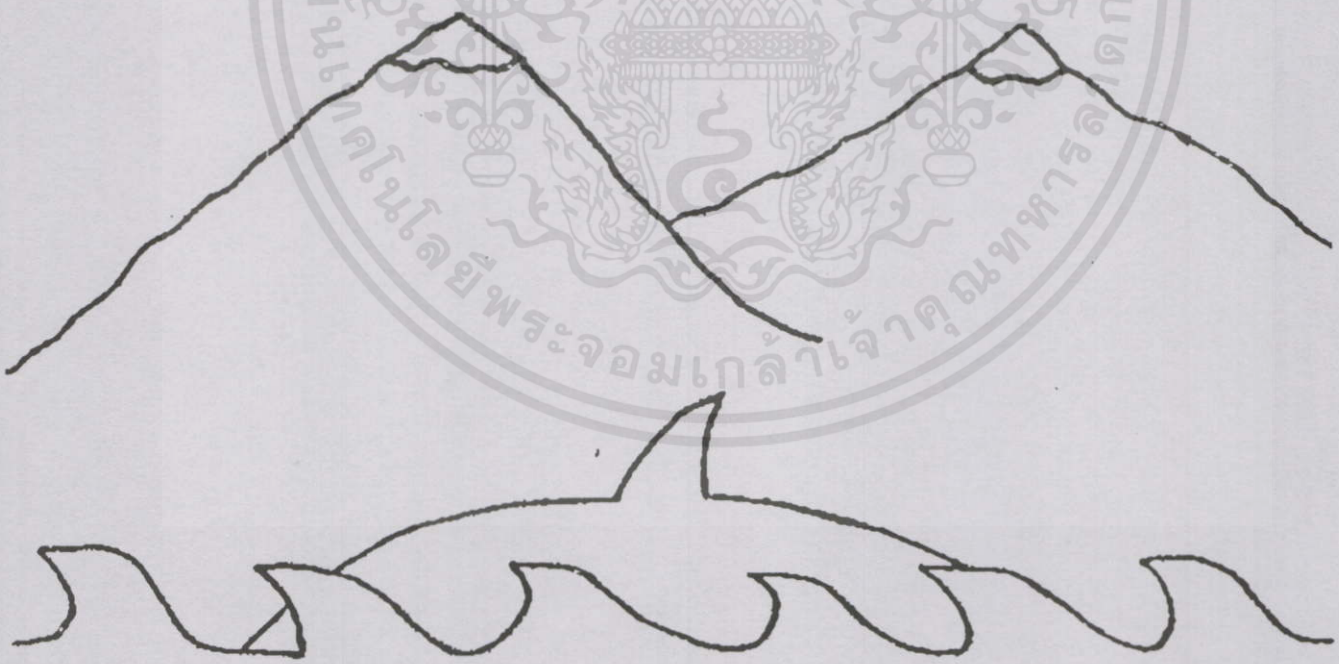
2001 IEEE Pacific Rim Conference on Communications, Computers and Signal Processing (PACRIM 2001)

August 26-28, 2001 University of Victoria Victoria, B.C., Canada

Sponsored by IEEE Canada (Region 7), IEEE Victoria Section and the University of Victoria

CONFERENCE PROCEEDINGS

Volume II



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TA9.3 **Experimental Evaluation of MPEG-2 Video over Differentiated Services IP Networks** 469
Hong Yu, Dimitrios Makrakis and Luis Orozco-Barbosa, University of Ottawa, Canada

TA9.4 **Adaptive Motion Estimation Algorithm Using Spatial and Temporal Correlation** 473
Jong-Hyun Lim and Hae-Wook Choi, Information and Communications University, Korea

TA9.5 **Efficient and Fast Predictive Block Motion Estimation for Low Bit Rate Video Coding** 477
David Kwon and Peter Driessen, University of Victoria, Canada

Session TA10: Multimedia

TA10.1 **Comparing the Performance of IP over Ethernet and IEEE 1394 on a Java Platform** 481
R.C. Norris and D.M. Miller, University of Victoria, Canada

TA10.2 **Fault-Tolerant Multimedia Communication Networks with QoS-based Checkpoint Protocol** 485
Shinji Osada and Hiroaki Higaki, Tokyo Denki University, Japan

TA10.3 **ASA: The Active Service Architecture for New Internet** 489
Beatrice Paillassa, Xavier Cregut and Anis Ben Arbia, IRIT/ENSEEIHT, France

TA10.4 **Smooth Loss with Variability Smoothing Factor to Increase Bandwidth Utilization** 493
Banjong Piyatamrong and Pattarapon Piyakhun, King Mongkut's Institute of Technology, Thailand

Session TA11: Internet Protocols 2

TA11.1 **Extension of Service Location Protocol for IPv6 Communication Mobility** 495
Mouhamadou Lamine Diagne, Thomas Noel and Jean-Jacques Pansiot, LSIIT, France

TA11.2 **Desktop Voice over IP Development with PSTN Integration** 498
R. Balbinot, J. Guedes-Silveira, P. Franco, University of Rio Grande do Sul, Brazil

TA11.3 **A Modular System Tool for the Distance Learning** 502
J. Guedes-Silveira, A. Vieira and R. Balbinot, University of Rio Grande do Sul, Brazil

Session TA12: Evolutionary Algorithms and Neural Networks

TA12.1 **Evolutionary Algorithm Approach for Symbolic FSM Traversals** 506
Mitchell A. Thornton, Mississippi State University, USA; Rolf Drechsler, Siemens AG, Germany

TA12.2 **Artificial Neural Networks in Speech Processing: Problems and Challenges** 510
Surinder Dhanjal, University College of the Cariboo, Canada

TA12.3 **A New Evolutionary Algorithm Based on Sheep Flocks Heredity Model** 514
Hyunchul Kim, Kyongju University, Korea; and Byung-Chul Ahn, YeungNam University, Korea

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Smooth Loss With Variability Smoothing Factor To Increase Bandwidth Utilization.

Bunjong Piyatamrong
Department of Computer Engineering.
Faculty of Engineering

Pattarapon Piyakhun
Faculty of Information Technology.

King Mongkut's Institute of Technology, Ladkrabang,
Bangkok 10520, Thailand.

ABSTRACT

As the rapid growth of the Internet data streaming the TCP and UDP protocols could not efficiently utilize and share bandwidth for the data streaming. There are many techniques to improve a transmission data stream to archive multimedia data. The adaptive transmission control using smoothed loss is a technique that controls a transmission rate to an appropriate network condition. This paper improves this technique by using a variability smoothing factor which can improve a transmission rate in the whole transmission. Simulated number are use to study an adaptive behavior of the adaptive transmission control procedure. The results of experiment shows that a rate adaptive control procedure can increase a transmission rate by using a variability smoothing factor.

I. INTRODUCTION

Using a currently loss report to make a decision for a transmission rate that suited for the next loss situation has not always accurate. Because of the loss rate in the next interval may not be related to the previous intervals. An investigation has found that the loss rate that reports at any interval is an unpredictable variation sequence of the number as a time series. Therefore, forecasting technique has used to forecast the loss rate in the next interval by Exponential Smoothing method. The forecast value in a previous interval will be use to decide to adjust a transmission rate. With an appropriate rate of transmission will gain a higher throughput, decreasing a loss rate and obtained more available bandwidth utilized.

II. SMOOTHED LOSS SCHEME

The exponential smoothing is a simple technique that uses to estimate the value one step ahead. By this technique all the observation are weighted to compute the estimate value. Then the smoothing value can obtain by the following equation.

$$S_t(x) = \alpha x_t + (1-\alpha)S_{t-1}(x) \quad \ldots\ldots(1)$$

Where S_t represents for smoothed value at time t with $0<\alpha<1$ is a smoothing factor.

There are 3 steps in transmission rate adaptation using smooth loss rate technique [4]. First step is smooth the actual loss rate that reported each time interval from the control packet by equation (1). Second, determines the network congestion state after smoothing the actual loss rate. If the smooth loss rate is lower than 5% of all over transmission interval the network congestion state will be set to UNLOADED. If the smooth loss is greater than 10% the network will be CONGESTED state and if smooth loss is between 5% and 10% the network state is LOADED [2]. Finally is to adjust the transmission rate correspond to the network state that is hold a transmission rate when network is loaded (increasing when unloaded and decreasing when the network is congested). Mechanism of the smooth loss rate is as follows in Figure 1.

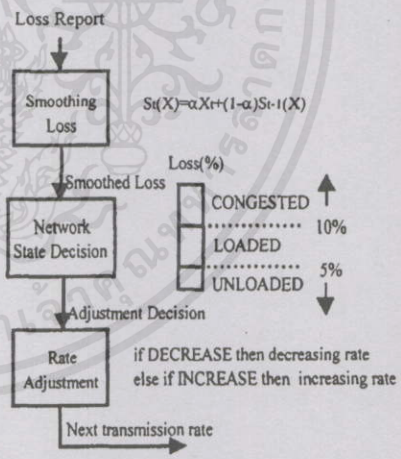


Figure 1. Mechanism to smoothing loss report

III. EXPERIMENT

An experiment simulates the randomized loss percentage for 300 intervals, by determining the upper limited of the randomized number to simulate the loss in each level. The initial transmission rate is 50Kb/sec. The transmission rate that is adjusted will be computed. An average rate of the

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0-7803-7080-5/01/$10.00 ©2001 IEEE

previous session will be recorded. This experiment are repeated by adding the smoothing factor (α) by 0.1 until it is 0.9. The whole experiment will be repeated in each level of the loss model.

IV. EXPERIMENTAL RESULTS

The result of the experiment, show in Figure 2, perform that when the loss situation are greater than 17% the average transmission rate when using a smoothing factor 0.9 obtained approximately 4% higher than using smoothing factor 0.1. Inversely, when using smoothing factor 0.1 for a lightly loss situation the transmission rate are perform as desired. As the result, changing a smoothing factor to an appropriate network condition can obtain improved transmission.

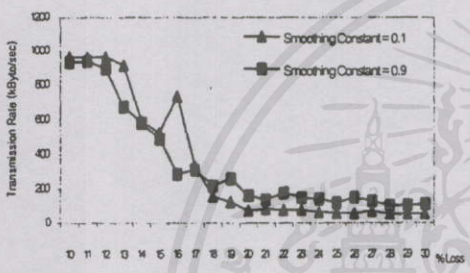


Figure 2. Average transmission rate when smoothing factor is 0.1 and 0.9

V. CONCLUSION

This paper proposed a technique to improve a rate adaptive control that use to decreasing loss rate and utilizing bandwidth. An investigation suggest that the transmission rate control mechanism should varying a smoothing factor as notify by the previous experiment to improve a transmission rate that can reach an improvement of the quality of service.

REFERENCES

[1] D. Sisalem and H. Schulzrinne. "*The loss-delay based adjustment algorithm: A TCP-friendly daptation scheme*." Workshop on Network and Operating System Support for Digital Audio and Video, 1998.

[2] Dorgham Sisalem,"*End-To-End Quality of Service Control Using Adaptive Applications*", IFIP Fifth International Workshop on Quality of Service IWQOS '97,New York,USA,IFIP WG 6.1,May 1997

[3] H. Balakrishnan, H. Rahul, S. Seshan, "*An Integrated Congestion Management Architecture for Internet Hosts*", Proc. ACM SIGCOMM, September 1999.

[4] I. Busse, B. Deffner, and H. Schulzrinne, "*Dynamic QoS control of multimedia applications based on RTP*," Computer Communications, Jan. 1996.

[5] Jackobson, Van, "*Congestion Avoidance and Control*", SigComm `88, Symp., ACM, Aug. 1988, pp. 314-329.

[6] M. S. Borella, D. Swider, S. Uludag, G. Brewster, "*Internet Packet Loss: Measurement and Implications for End-to-End QoS*," Proceedings, International Conference on Parallel Processing, Aug. 1998.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อผู้เขียน	นาย ภัทรพล ปียะคุณ
วันเดือนปีเกิด	3 ธันวาคม 2512
สถานที่เกิด	กรุงเทพฯ
วุฒิการศึกษาระดับปริญญาตรี	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (คณิตศาสตร์)
สถานที่สำเร็จการศึกษา	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ปีที่สำเร็จการศึกษา	2536

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้