สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รายงานโครงการวิจัย
ฉบับสมบูรณ์

ระบบเมล์ลิงลิสต์แบบลำดับชั้น

Hierarchical Mailing List

อัครินทร์ คุณกิตติ
AKHARIN KHUNKITTI

สุชาดา ชมจันทร์
SUCHADA CHOMJAN

เงินรายได้ประจำปีงบประมาณ 2546
คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

QA
76.6
อ 497ร

.b.12597673
.i.

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 130286
วัน, เดือน, ปี 2 เม.ย. 2557

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการวิจัย (ภาษาไทย) **ระบบเมล์ลิงลิสต์แบบลำดับชั้น**
(ภาษาอังกฤษ) Hierarchical Mailing List

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัย นาย อัคρινทร์ คุณกิตติ
ชื่อผู้วิจัยร่วม นางสาว สุชาดา ชมจันทร์
ชื่อหน่วยงานที่สังกัด คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

ระบบเมลลิงลิสต์เป็นระบบหนึ่งที่ซึ่งมีประโยชน์เป็นอย่างยิ่ง แต่ก็ยังมีข้อเสียในเรื่องของปัญหาความซ้ำซ้อนในการส่งจดหมายให้แก่สมาชิกทั้งที่สมาชิกเหล่านั้นอยู่ในเครือข่ายเดียวกันหรือใกล้เคียงกัน เป็นผลทำให้เกิดความสิ้นเปลืองเนื้อที่ในการจัดเก็บจดหมายของระบบ ปัญหาความหนาแน่นในการส่งจดหมายไปยังสมาชิกแต่ละคนของระบบ ต่อมาได้มีแนวคิดเรื่องระบบเมลลิงลิสต์ย่อยมาใช้เพื่อการแก้ไขปัญหาข้างต้น แต่ก็ยังเกิดปัญหาขึ้นอีกในกรณีที่ระบบมีจำนวนสมาชิกมาก ๆ ทำให้ภาระหนักตกอยู่ที่ Sublist Server ทั้งในเรื่องการจัดเก็บจดหมายและการส่งต่อจดหมายไปยังสมาชิก ดังนั้นบทความนี้จึงได้เสนอแนวคิดที่จะแก้ไขปัญหาดังกล่าวข้างต้น โดยนำระบบเมลลิงลิสต์มาแบ่งออกเป็นกลุ่ม ๆ ตามความใกล้เคียงกันของเครือข่ายและจัดเป็นลำดับชั้น ซึ่งระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นมีการนำหลักการของระบบเมลลิงลิสต์ย่อยและพร็อกซี่เซิร์ฟเวอร์เข้ามาประยุกต์ใช้เพื่อแก้ปัญหาต่าง ๆ ของระบบเมลลิงลิสต์ให้เกิดประโยชน์สูงสุดแก่ผู้ใช้ระบบต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSTRACT

Mailing List System is one of the most useful systems nowadays. But this system still has many disadvantages such as the redundancy of sending the same e-mail to subscribers although these subscribers are located on the same or familiar network. The problem of redundancy causes the system faces consumed resource problem and traffic problem of sending the same e-mail to each subscriber. It has many attempts to solve the disadvantages listed above, for examples, the method of using the Sub-mailing List System. But this method still doesn't absolutely resolve because Sub-list server has to works too hard – server must either store e-mail or forward e-mail to every subscriber in case of system loaded with many subscribers. Thus this article aims to propose the method of solving mentioned problems by dividing them and hierarchical into sub-list. This method also applies the principle of sub-mailing list system and the Proxy/Cache system that confide the best solution for the utmost benefit of the subscriber.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทที่ 1 บทนำ.. 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.. 1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.. 1
1.3 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในงานวิจัย 2
1.4 สมมุติฐานของการศึกษา..2
1.5 ขอบเขตของการศึกษา..2
1.6 ขั้นตอนการศึกษา.. 3
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.. 3
1.8 คำจำกัดความที่ใช้ในการศึกษา.. 4

บทที่ 2 ระบบจดหมายอิเล็คทรอนิกส์และเมลลิงลิสต์.. 5
2.1 จดหมายอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Mail).. 5
2.1.1 องค์ประกอบของจดหมายอิเล็กทรอนิกส์..6
2.2 โปรโตคอลเอสเอ็มทีพี (Simple Mail Transfer Protocol).. 7
2.3 MIME (Mul Multipurpose Internet Mail Extensions).. 9
2.3.1 องค์ประกอบของ MIME 9
2.4 Mail Access Protocols.. 10
2.4.1 POP (Post Office Protocol).. 10
2.4.2 IMAP (Internet Mail Access Protocol).. 11
2.5 พร็อกซี่เซิร์ฟเวอร์ (Proxy Server).. 12
2.8.1 ขั้นตอนการทำงานของพร็อกซี่เซิร์ฟเวอร์.. 13
2.8.1 Squid Proxy.. 14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.6 ระบบเมลลิงลิสต์ (Mailing List System)........ 15
2.7 โปรแกรมช่วยจัดการเมลลิงลิสต์ (Mailing List Manager)........ 15
2.8 ปัญหาที่พบในระบบเมลลิงลิสต์........ 17

บทที่ 3 การวิเคราะห์และออกแบบการทำงานของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้น........ 18
3.1 โครงสร้างระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้น........ 18
3.2 การทำงานของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้น........ 22
3.2.1 กรณีจดหมายถูกส่งเข้ามาในระบบ........ 25
3.2.2 กรณีสมาชิกต้องการอ่านจดหมาย........ 26
3.3 สมการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการทำงานของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้น........ 26
3.3.1 ข้อกำหนดเบื้องต้น........ 26
3.3.2 สมการวิเคราะห์ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยทั้งหมดที่ถูกเก็บในระบบ........ 30
3.3.3 สมการวิเคราะห์ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยทั้งหมดที่สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบ........ 31
3.3.4 สมการวิเคราะห์เวลารวมเฉลี่ยทั้งหมดที่ใช้ในการส่งจดหมายไปยัง Mailbox ของสมาชิกของระบบ........ 34
3.3.5 สมการวิเคราะห์เวลารวมเฉลี่ยทั้งหมดที่ใช้ในการอ่านจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบ........ 39
3.4 สมการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการทำงานของระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม)........ 42
3.4.1 ข้อกำหนดเบื้องต้น........ 42
3.4.2 สมการวิเคราะห์ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยทั้งหมดที่ถูกเก็บในระบบ........ 43
3.4.3 สมการวิเคราะห์ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยทั้งหมดที่สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบ........ 43
3.4.4 สมการวิเคราะห์เวลารวมเฉลี่ยทั้งหมดที่ใช้ในการส่งจดหมายไปยัง Mailbox ของสมาชิกของระบบ........ 44
3.4.5 สมการวิเคราะห์เวลารวมเฉลี่ยทั้งหมดที่ใช้ในการอ่านจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบ........ 44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.5 สมการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการทำงานของระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมล..... 45

3.5.1 ข้อกำหนดเบื้องต้น.......... 45

3.5.2 สมการวิเคราะห์ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยทั้งหมดที่ถูกเก็บในระบบ.......... 47

3.5.3 สมการวิเคราะห์ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยทั้งหมดที่สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบ.......... 48

3.5.4 สมการวิเคราะห์เวลารวมเฉลี่ยทั้งหมดที่ใช้ในการส่งจดหมายไปยัง Mailbox ของสมาชิกของระบบ.......... 50

3.5.5 สมการวิเคราะห์เวลารวมเฉลี่ยทั้งหมดที่ใช้ในการอ่านจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบ.......... 51

3.6 ตัวอย่างการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการทำงานเบื้องต้นของระบบเมลลิงลิสต์แบบต่าง ๆ ด้วยสมการ.......... 53

3.6.1 ระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้น.......... 53

3.6.2 ระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) และแบบเวบลิงค์เมล.......... 53

3.6.3 เปรียบเทียบขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยทั้งหมดที่ถูกเก็บในระบบ.......... 54

3.6.4 เปรียบเทียบขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยทั้งหมดที่สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบ.......... 55

3.6.5 เปรียบเทียบเวลารวมเฉลี่ยทั้งหมดที่ใช้ในการส่งจดหมายไปยัง Mailbox ของสมาชิกของระบบ.......... 56

3.6.6 เปรียบเทียบเวลารวมเฉลี่ยทั้งหมดที่ใช้ในการอ่านจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบ.......... 57

3.6.7 สรุปการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการทำงานเบื้องต้นจากสมการ.......... 58

บทที่ 4 การทดลองและการประเมินผล.......... 59

4.1 สภาพแวดล้อมของการทดลอง.......... 59

4.2 ออกแบบการทดลอง.......... 60

4.2.1 ระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้น.......... 60

4.2.2 ระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) และแบบเวบลิงค์เมล.......... 61

4.3 การทดลองปรับเปลี่ยนขนาดจดหมายและแบนด์วิธของเครือข่าย.......... 61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.3.1 ทดลองปรับค่าแบนด์วิธที่ 1 ของเครือข่ายเป็น 512 Kbps 61

4.3.2 ทดลองปรับค่าแบนด์วิธที่ 1 ของเครือข่ายเป็น 1 Mbps 74

4.3.3 ทดลองปรับค่าแบนด์วิธที่ 1 ของเครือข่ายเป็น 2 Mbps 87

4.3.4 ทดลองปรับค่าแบนด์วิธที่ 1 ตามขนาดจดหมายที่เข้ามายังระบบ 100

4.4 วิเคราะห์ผลการทดลอง 109

4.4.1 วิเคราะห์ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยทั้งหมดที่ถูกเก็บในระบบ 109

4.4.2 วิเคราะห์ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยทั้งหมดที่สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบ.. 110

4.4.3 วิเคราะห์เวลารวมเฉลี่ยทั้งหมดที่ใช้ส่งจดหมายไปยัง Mailbox ของสมาชิกของระบบ 110

4.4.4 วิเคราะห์เวลารวมเฉลี่ยทั้งหมดที่ใช้อ่านจดหมายของสมาชิกของระบบ...... 111

บทที่ 5 สรุปงานวิจัยและข้อเสนอแนะ 113

5.1 สรุปผลงานวิจัยระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้น 113

5.1.1 เปรียบเทียบระหว่างระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นแล3 ระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) 113

5.1.2 เปรียบเทียบระหว่างระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมล 114

5.2 ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้น 115

เอกสารอ้างอิง 116

ภาคผนวก 117

ภาคผนวก ก. โปรแกรมจัดการระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้น 117

ภาคผนวก ข. บทความและผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์ 119

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

4.1 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองและจากการคำนวณสมการ ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่ถูกเก็บอยู่ในระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและแบบเวบลิงค์เมล เมื่อจดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 4 KB และจำนวนสมาชิกของระบบเพิ่มขึ้น........................ 62
4.2 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลอง ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่ถูกเก็บอยู่ในระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและแบบเวบลิงค์เมล เมื่อจดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 20 KB และจำนวนสมาชิกของระบบเพิ่มขึ้น........................ 62
4.3 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลอง ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่ถูกเก็บอยู่ในระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและแบบเวบลิงค์เมล เมื่อจดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 50 KB และจำนวนสมาชิกของระบบเพิ่มขึ้น........................ 62
4.4 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองและจากการคำนวณสมการ ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่ถูกเก็บอยู่ในระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) เมื่อจดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 85 KB และจำนวนสมาชิกของระบบเพิ่มขึ้น........................ 62
4.5 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองและจากการคำนวณสมการ ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่ใช้สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและแบบเวบลิงค์เมล เมื่อจดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 4 KB และจำนวนสมาชิกของระบบเพิ่มขึ้น........................ 65
4.6 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลอง ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่ใช้สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมล เมื่อจดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 20KB และจำนวนสมาชิกของระบบเพิ่มขึ้น........................ 65
4.7 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลอง ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่ใช้สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมล เมื่อจดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 20KB และจำนวนสมาชิกของระบบเพิ่มขึ้น........................ 65
4.8 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองและจากการคำนวณสมการ ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่ใช้สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) เมื่อจดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 85 KB และจำนวนสมาชิกของระบบเพิ่มขึ้น........................ 66
4.9 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองและจากการคำนวณสมการ เวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการส่งจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและแบบเวบลิงค์เมล เมื่อจดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 4 KB และจำนวนสมาชิกของระบบเพิ่มขึ้น..... 68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.10 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลอง เวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการส่งจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมล เมื่อจดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 20 KB และจำนวนสมาชิกของระบบเพิ่มขึ้น.................... 68

4.11 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลอง เวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการส่งจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมล เมื่อจดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 50 KB และจำนวนสมาชิกของระบบเพิ่มขึ้น.................... 69

4.12 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลอง เวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการส่งจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมล เมื่อจดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 85 KB และจำนวนสมาชิกของระบบเพิ่มขึ้น...................... 69

4.13 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองและจากการคำนวณสมการ หาค่าเวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการอ่านจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้น ระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมลและระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) เมื่อจดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 85 KB, 512 KB และ 1.3 MB ตามลำดับ.. 72

4.14 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองและจากการคำนวณสมการ ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่ถูกเก็บอยู่ในระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมล เมื่อจดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 4 KB และจำนวนสมาชิกของระบบเพิ่มขึ้น........................ 74

4.15 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลอง ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่ถูกเก็บอยู่ในระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมล เมื่อจดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 20 KB และจำนวนสมาชิกของระบบเพิ่มขึ้น.. 74

4.16 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลอง ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่ถูกเก็บอยู่ในระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมล เมื่อจดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 50 KB และจำนวนสมาชิกของระบบเพิ่มขึ้น.. 75

4.17 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองและจากการคำนวณสมการ ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่ถูกเก็บอยู่ในระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) เมื่อจดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 85 KB และจำนวนสมาชิกของระบบเพิ่มขึ้น.. 75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.18 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลอง ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและแบบเวบลิงค์เมล เมื่อจดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 4 KB และจำนวนสมาชิกของระบบเพิ่มขึ้น.......... 78
4.19 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลอง ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและแบบเวบลิงค์เมล เมื่อจดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 20 KB และจำนวนสมาชิกของระบบเพิ่มขึ้น.......... 78
4.20 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลอง ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและแบบเวบลิงค์เมล เมื่อจดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 50 KB และจำนวนสมาชิกของระบบเพิ่มขึ้น.......... 78
4.21 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองและจากการคำนวณสมการ ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่ใช้ในการสื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) เมื่อจดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 85 KB.......... 79
4.22 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองและจากการคำนวณสมการ เวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการส่งจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์แบบ โครงสร้างลำดับชั้นและระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมล เมื่อจดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 4 KB และจำนวนสมาชิกของระบบเพิ่มขึ้น.......... 81
4.23 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลอง เวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการส่งจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมล เมื่อจดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 20 KB และจำนวนสมาชิกของระบบเพิ่มขึ้น.......... 81
4.24 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลอง เวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการส่งจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมล เมื่อจดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 50 KB และจำนวนสมาชิกของระบบเพิ่มขึ้น.......... 82
4.25 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองและจากการคำนวณสมการ เวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการส่งจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) เมื่อจดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 85 KB.......... 82

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.26 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองและจากการคำนวณสมการ เวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการอ่านจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้น ระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมลและระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) เมื่อจดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 85 KB, 512 KB และ 1.3 MB ตามลำดับ 85

4.27 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองและจากการคำนวณสมการ ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่ถูกเก็บอยู่ในระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและแบบเวบลิงค์เมล เมื่อจดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 4 KB และจำนวนสมาชิกของระบบเพิ่มขึ้น 87

4.28 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลอง ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่ถูกเก็บอยู่ในระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและแบบเวบลิงค์เมล เมื่อจดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 20 KB และจำนวนสมาชิกของระบบเพิ่มขึ้น 87

4.29 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลอง ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่ถูกเก็บอยู่ในระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและแบบเวบลิงค์เมล เมื่อจดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 50 KB และจำนวนสมาชิกของระบบเพิ่มขึ้น 88

4.30 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองและจากการคำนวณสมการ ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่ถูกเก็บอยู่ในระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) เมื่อจดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 85KB 88

4.31 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองและจากการคำนวณสมการ ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่ใช้สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและแบบเวบลิงค์เมล เมื่อจดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 4 KB และจำนวนสมาชิกของระบบเพิ่มขึ้น..... 91

4.32 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลอง ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่ใช้สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและแบบเวบลิงค์เมล เมื่อจดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 50 KB และจำนวนสมาชิกของระบบเพิ่มขึ้น 91

4.33 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองและจากการคำนวณสมการ ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่ใช้สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) เมื่อจดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 85 KB 91

4.34 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองและจากการคำนวณสมการ ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่ใช้สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) เมื่อจดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 85 KB 92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.35 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองและจากการคำนวณสมการ เวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ส่งจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและแบบเวบลิงค์เมล เมื่อจดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 4 KB และจำนวนสมาชิกของระบบเพิ่มขึ้น.... 94
4.36 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลอง เวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ส่งจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมล เมื่อจดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 20 KB และจำนวนสมาชิกของระบบเพิ่มขึ้น.... 94
4.37 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลอง เวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ส่งจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมล เมื่อจดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 50 KB และจำนวนสมาชิกของระบบเพิ่มขึ้น.... 95
4.38 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองและการคำนวณสมการ เวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ส่งจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) เมื่อจดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 85 KB.. 95
4.39 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองและจากการคำนวณสมการ เวลารวมเฉลี่ยที่ใช้อ่านจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้น ระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมลและระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) เมื่อจดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 85KB, 512 KB และ 1.3 MB ตามลำดับ.... 98
4.40 เปรียบเทียบจดหมายขนาด 4 KB ของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและแบบเวบลิงค์เมล ด้วยแบนด์วิธขนาดต่าง ๆ 100
4.41 เปรียบเทียบจดหมายขนาด 20 KB ของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและแบบเวบลิงค์เมล ด้วยแบนด์วิธขนาดต่าง ๆ 100
4.42 เปรียบเทียบจดหมายขนาด 50 KB ของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและแบบเวบลิงค์เมล ด้วยแบนด์วิธขนาดต่าง ๆ 100
4.43 เปรียบเทียบจดหมายขนาด 4 KB ของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและแบบเวบลิงค์เมล ด้วยแบนด์วิธขนาดต่าง ๆ 103
4.44 เปรียบเทียบจดหมายขนาด 20 KB ของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและแบบเวบลิงค์เมล ด้วยแบนด์วิธขนาดต่าง ๆ 103
4.45 เปรียบเทียบจดหมายขนาด 50 KB ของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและแบบเวบลิงค์เมล ด้วยแบนด์วิธขนาดต่าง ๆ 103

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.46 เปรียบเทียบจดหมายขนาด 4 KB ของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและแบบเวบลิงค์เมล ด้วยแบนด์วิธขนาดต่าง ๆ 106
4.47 เปรียบเทียบจดหมายขนาด 20 KB ของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและแบบเวบลิงค์เมล ด้วยแบนด์วิธขนาดต่าง ๆ 106
4.48 เปรียบเทียบจดหมายขนาด 50 KB ของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและแบบเวบลิงค์เมล ด้วยแบนด์วิธขนาดต่าง ๆ 106

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 ลำดับขั้นตอนการส่งจดหมายระหว่าง Alice ถึง Bob 6
2.2 การทำงานของโปรโตคอล SMTP 8
2.3 ตัวอย่างข้อความที่ใช้สื่อสารกันระหว่างส่งข้อมูลของ SMTP 8
2.4 การเชื่อมต่อของโปรโตคอล POP 11
2.5 การทำงานของพร็อกซี่เซิร์ฟเวอร์ 13
2.6 ขั้นตอนการทำงานของระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) 15
3.1 โครงสร้างและองค์ประกอบโดยรวมของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้น 19
3.2 โครงสร้างและองค์ประกอบภายในของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้น 19
3.3 ขั้นตอนการทำงานภายใน Mainlist Server ของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้น ..20
3.4 องค์ประกอบภายในของ Mainlist Server 21
3.5 ตัวอย่างสมาชิกของ Mainlist Server 21
3.6 องค์ประกอบภายในของ Sublist Server 22
3.7 ตัวอย่างสมาชิกของ Sublist Server 22
3.8 การทำงานของระบบเมลลิงลิสต์แบบแบบโครงสร้างลำดับชั้น 24
3.9 โครงสร้างระบบเมลลิงลิสต์แบบแบบโครงสร้างลำดับชั้น ระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) และแบบเวบลิงค์เมลสำหรับคำนวณสมการ 53
4.1 โครงสร้างระบบเมลลิงลิสต์แบบแบบโครงสร้างลำดับชั้นสำหรับการทดลอง 60
4.2 โครงสร้างระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) และแบบเวบลิงค์เมลสำหรับการทดลอง 61
4.3 ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่ถูกเก็บในระบบ 63
4.4 ขยายขนาดรูปที่ 4.3 ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่ถูกเก็บในระบบ 63
4.5 ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยทั้งหมดที่สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบ 66
4.6 เวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการส่งจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบ 70
4.7 เวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการอ่านจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบ 72
4.8 ขยายรูปที่ 4.7 เวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการอ่านจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบ 73
4.9 ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่เก็บในระบบ 76
4.10 ขยายขนาดรูปที่ 4.9 ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่เก็บในระบบ 76
4.11 ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่ใช้ในการสื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบ 79
4.12 เวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการส่งจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบ 83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.13 เวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการอ่านจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบ.......... 85

4.14 ขยายรูปที่ 4.13 เวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการอ่านจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบ.......... 86

4.15 ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่ถูกเก็บในระบบ.......... 89

4.16 ขยายรูปที่ 4.16 ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่ถูกเก็บในระบบ.......... 89

4.17 ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบ.......... 92

4.18 เวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการส่งจดหมายผ่านเครือข่ายระบบ.......... 96

4.19 เวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการอ่านจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบ.......... 98

4.20 ขยายรูปที่ 4.19 เวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการอ่านจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบ.......... 99

4.21 ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่เก็บในระบบทั้งหมดที่แบนด์วิธขนาดต่าง ๆ.......... 101

4.22 เปรียบเทียบขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยทั้งหมดที่ถูกเก็บในระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและแบบเวบลิงค์เมลที่แบนด์วิธขนาดต่าง ๆ เมื่อจดหมายมีขนาด 4 KB.......... 101

4.23 เปรียบเทียบขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยทั้งหมดที่ถูกเก็บในระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและแบบเวบลิงค์เมลที่แบนด์วิธขนาดต่าง ๆ เมื่อจดหมายมีขนาด 20 KB.......... 102

4.24 เปรียบเทียบขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยทั้งหมดที่ถูกเก็บในระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและแบบเวบลิงค์เมลที่แบนด์วิธขนาดต่าง ๆ เมื่อจดหมายมีขนาด 50 KB.......... 102

4.25 ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบทั้งหมดที่แบนด์วิธขนาดต่าง ๆ เมื่อจดหมายมีขนาดเท่ากัน.......... 104

4.26 เปรียบเทียบขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยทั้งหมดที่สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและแบบเวบลิงค์เมลที่แบนด์วิธขนาดต่าง ๆ เมื่อจดหมายมีขนาด 4 KB.......... 104

4.27 เปรียบเทียบขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยทั้งหมดที่สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและแบบเวบลิงค์เมลที่แบนด์วิธขนาดต่าง ๆ เมื่อจดหมายมีขนาด 20 KB.......... 105

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.28 เปรียบเทียบขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยทั้งหมดที่สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและแบบเวบลิงค์เมลที่แบนด์วิธขนาดต่าง ๆ เมื่อจดหมายมีขนาด 50 KB 105
4.29 เปรียบเทียบเวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการส่งจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบ ที่แบนด์วิธขนาดต่าง ๆ เมื่อจดหมายเท่ากัน 107
4.30 เปรียบเทียบเวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการส่งจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมล ที่แบนด์วิธขนาดต่าง ๆ เมื่อจดหมายมีขนาด 4 KB 107
4.31 เปรียบเทียบเวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการส่งจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมล ที่แบนด์วิธขนาดต่าง ๆ เมื่อจดหมายมีขนาด 20 KB 108
4.32 เปรียบเทียบเวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการส่งจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมล ที่แบนด์วิธขนาดต่าง ๆ เมื่อจดหมายมีขนาด 50 KB 108

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันจดหมายอิเล็กทรอนิกส์เป็นที่นิยมอย่างแพร่หลายไปทั่วโลกและมีบทบาทสำคัญเป็นอย่างมากในการติดต่อสื่อสารบนโลกอินเตอร์เน็ต ทำให้ผู้ใช้สามารถติดต่อสื่อสารกับผู้อื่นได้อย่างรวดเร็ว ทันทีทันใด ผู้ใช้เครือข่ายอินเตอร์เน็ตแทบทุกคนจะต้องมีที่อยู่จดหมายอิเล็กทรอนิกส์ (E-mail Address) เป็นของตนเองและแต่ละคนสามารถมีแอดเดรสมากกว่า 1 แอดเดรสได้ตามความต้องการ

เมลลิงลิสต์(Mailing List) หรือบัญชีจ่าหน้า ก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่มีการนำจดหมายอิเล็คทรอนิกส์ (Electronic Mail) มาประยุกต์ใช้ในการปรึกษาหารือ แลกเปลี่ยนความคิดเห็น แจ้งข่าวสารและอื่น ๆ ให้แก่กลุ่มสมาชิกของเมลลิงลิสต์ได้ทราบ โดยการส่งจดหมายเพียง 1 ฉบับไปยังที่อยู่จดหมายอิเล็คทรอนิกส์ของเมลลิงลิสต์เพียงที่เดียว จดหมายฉบับดังกล่าวก็จะถูกส่งไปถึงผู้รับทุกคนที่เป็นสมาชิกของเมลลิงลิสต์นั้นโดยอัตโนมัติ ทำให้ผู้ใช้ไม่ต้องเสียเวลาพิมพ์แอดเดรสของผู้รับทุกคนเอง ด้วยเหตุนี้จึงมีการนำเมลลิงลิสต์มาประยุกต์ใช้

เนื่องจากประโยชน์ของระบบเมลลิงลิสต์ทำให้สมาชิกทุกคนได้รับข่าวสารครบถ้วนจึงได้รับความนิยมและมีจำนวนผู้ใช้เพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ ส่งผลให้ระบบต้องทำงานหนักมากขึ้นเพราะต้องจัดทำสำเนาจดหมายส่งให้สมาชิกทุกคนของระบบ สมาชิกแต่ละคนได้รับจดหมายล่าช้าเพราะเกิดความคับคั่งของการจราจรบนเครือข่าย เนื่องจากการส่งจดหมายที่มีเนื้อความเดียวกันหลาย ๆ ฉบับบนเครือข่ายโดยไม่สนใจว่าผู้รับเหล่านั้นจะอยู่ภายในเครือข่ายเดียวกันหรือใกล้เคียงกัน นอกจากนี้ยังต้องสิ้นเปลืองเนื้อที่ในการเก็บจดหมายที่ซ้ำซ้อนกันภายในตู้เก็บจดหมาย (Mailbox) ของสมาชิกแต่ละคนที่ระบบส่งมาให้ และส่วนใหญ่สมาชิกมักจะอ่านจดหมายที่ได้รับไม่หมดภายในวันเดียวเพราะระบบมีสมาชิกจำนวนมากมายส่งจดหมายโต้ตอบกัน ซึ่งในวันต่อ ๆ ไปก็จะมีการสะสมของจดหมายที่ซ้ำซ้อนกันที่ยังไม่ได้อ่านเป็นจำนวนมากขึ้นเรื่อย ๆ เป็นการใช้ทรัพยากรของเครือข่ายที่ใช้เก็บจดหมายเหล่านี้อย่างไม่คุ้มค่า

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

จากปัญหาดังกล่าวข้างต้น ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา คือ

1. เพื่อศึกษาการทำงานของระบบเมลลิงลิสต์และซอฟต์แวร์ที่ช่วยจัดการเมลลิงลิสต์
2. เพื่อลดภาระงานเครื่องแม่ข่ายของระบบเมลลิงลิสต์โดยการเพิ่มจำนวนเครื่องแม่ข่ายของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เพื่อลดความซ้ำซ้อนในการส่งจดหมายไปยังผู้รับที่อยู่ภายในเครือข่ายเดียวกันหรือใกล้เคียงกันด้วยการแบ่งสมาชิกออกเป็นกลุ่ม ๆ
4. เพื่อลดความคับคั่งของการจราจรบนเครือข่ายอันเนื่องมาจากการส่งจดหมายที่ซ้ำซ้อนกันเป็นจำนวนมาก
5. เพื่อลดความซ้ำซ้อนในการเก็บจดหมายที่มีเนื้อความเดียวกันในตู้เก็บจดหมายของสมาชิกแต่ละคน
6. เพื่อลดปัญหาการตกค้างสะสมของการเก็บจดหมายเก่า ๆ ไว้ โดยจะมีการลบจดหมายเหล่านั้นทิ้งตามระยะเวลาที่กำหนด
7. เพื่อรองรับจำนวนผู้ใช้ระบบเมลลิงลิสต์ที่เพิ่มจำนวนมากขึ้นเรื่อย ๆ

1.3 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในงานวิจัย

เนื่องจากประโยชน์มากมายที่ผู้ใช้ได้รับจากระบบเมลลิงลิสต์ทำให้จำนวนผู้ใช้เพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็ว แต่ระบบเมลลิงลิสต์ก็ยังมีปัญหาต่าง ๆ ดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น เกิดความไม่สะดวกและล่าช้าต่อผู้ใช้งานระบบเมลลิงลิสต์ อีกทั้งยังเป็นการใช้ทรัพยากรเครือข่ายสิ้นเปลืองโดยใช่เหตุและไม่คุ้มค่าอย่างยิ่ง

งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดในการศึกษาทฤษฎีและหลักการทำงานของระบบจดหมายอิเล็คทรอนิกส์โดยเฉพาะส่วนของ Header และ Content-Type ในมาตรฐาน MIME (Multipurpose Inernet Mail Extensions) ศึกษาหลักการทำงานของระบบเมลลิงลิสต์ย่อยและศึกษาการทำงานของระบบ Proxy/Cache แล้วนำมาประยุกต์ใช้กับระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้น เพื่อหาวิธีในการลดปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นและช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบเมลลิงลิสต์ให้ดียิ่งขึ้น

1.4 สมมุติฐานของการศึกษา

หลักการทำงานเบื้องต้นของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นยังยึดหลักการเดียวกับระบบเมลลิงลิสต์แบบเดิม แต่ได้มีการปรับปรุงโครงสร้างของระบบให้มีการทำงานแบบกระจาย (Distributed Processing) และนำวิธีการของระบบเมลลิงลิสต์ย่อยและ Proxy Server เข้ามาประยุกต์ใช้ช่วยในการแก้ปัญหาต่าง ๆ และรองรับจำนวนผู้ใช้งานระบบที่เพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็วและเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบให้ดียิ่งขึ้นกว่าเดิมอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ขอบเขตของการศึกษา

จากสมมุติฐานของการศึกษาข้างต้น ระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นยังไม่สามารถเรียนรู้การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของเครือข่าย (Topology) ได้เองทั้งในกรณีที่มีเครื่องเซิร์ฟเวอร์ (Server) เครื่องใดภายในระบบที่ไม่สามารถทำงานได้และกรณีที่มี Sublist ใหม่เกิดขึ้น นอกจากนี้ระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและซอฟต์แวร์ที่ใช้ช่วยจัดการระบบเมลลิงลิสต์จะเน้นเฉพาะระบบที่ทำงานกับระบบยูนิกซ์ (Unix) เท่านั้น เนื่องจากเป็นระบบเปิด (Open Source) และเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในการให้บริการอินเตอร์เน็ต

1.6 ขั้นตอนของการศึกษา

ขั้นตอนการศึกษาประกอบด้วยขั้นตอนหลัก ๆ ดังนี้

1. ศึกษาทฤษฎีและหลักการทำงานที่เกี่ยวกับระบบเมลลิงลิสต์ เช่น โปรโตคอล ระบบเมลลิงลิสต์ และระบบเมลลิงลิสต์ย่อย เป็นต้น
2. ศึกษาทฤษฎีและหลักการของระบบ Proxy/Cache เพื่อนำมาประยุกต์ใช้
3. หาแนวทางแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นและปรับปรุงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบ
4. ศึกษาเครื่องมือ วิธีการที่เหมาะสม และสภาพแวดล้อมที่จะนำมาใช้ในการวิจัย
5. ออกแบบการทดลอง
6. ทำการทดลองและวัดผล
7. ปรับปรุงแก้ไข
8. สรุปผลที่ได้จากการทดลอง
9. จัดทำเอกสารประกอบงานวิจัย

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ระบบเมลลิงลิสต์สามารถรองรับจำนวนผู้ใช้และความต้องการของผู้ใช้ได้ดียิ่งขึ้น
2. สามารถลดความคับคั่งของการจราจรบนเครือข่ายลงได้
3. สามารถลดความซ้ำซ้อนจากการส่งจดหมายที่มีเนื้อความเดียวกันได้
4. สามารถลดความซ้ำซ้อนจากการเก็บจดหมายที่มีเนื้อความเดียวกันของสมาชิกแต่ละคน
5. สามารถคืนทรัพยากรที่ใช้ในการเก็บจดหมายส่วนกลางของระบบเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่

1.8 คำจำกัดความที่ใช้

ASCII (American Standard Code of Information Interchange) รหัสตัวอักษรภาษาอังกฤษและอักขระต่าง ๆ ตามมาตรฐานของอเมริกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โฮสต์ (Host) หมายถึง ศูนย์หรือคอมพิวเตอร์ตัวแม่ ที่อนุญาตให้ตัวลูกเข้ามาเชื่อมต่อได้

เครือข่าย (Network) หมายถึง การเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ให้โยงหรือสื่อสารถึงกันและกัน

POP (Post Office Protocol) การรับจดหมายหรืออีเมล์แต่ละฉบับจำต้องพึ่งบริการของศูนย์ฯ ที่เราใช้อยู่ POP ก็คือ ที่ทำการรับไปรษณีย์บนอินเทอร์เน็ต (ทุกศูนย์ของผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ตมักจะมี POP ให้) ทำหน้าที่เก็บจดหมายหรืออีเมล์ไว้จนกว่าเราจะมาเปิดอ่านปัจจุบันพัฒนาถึงรุ่นที่ 3 เรียกกันว่า POP3

โปรโตคอล (Protocol) หมายถึง รูปแบบการโอนถ่ายหรือเรียกข้อมูลมาจากเครือข่าย เช่น HTTP, FTP และ POP เป็นต้น

Server มีความหมายคล้ายกับ Host เพียงแต่ Server จะหมายถึง คอมพิวเตอร์ตัวแม่ที่เชื่อมต่อกับเครือข่ายกับคอมพิวเตอร์ตัวลูก ในลักษณะส่วนตัวหรือระบบที่แคบกว่าโฮสต์

MTA (Mail Transfer Agent) หมายถึง โปรแกรมสำหรับส่งจดหมายของผู้ใช้

MUA (Mail User Agent) หมายถึง โปรแกรมสำหรับรับ อ่าน และเขียนจดหมายของผู้ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โฮสต์ (Host) หมายถึง ศูนย์หรือคอมพิวเตอร์ตัวแม่ ที่อนุญาตให้ตัวลูกเข้ามาเชื่อมต่อได้

เครือข่าย (Network) หมายถึง การเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ให้โยงหรือสื่อสารถึงกันและกัน

POP (Post Office Protocol) การรับจดหมายหรืออีเมล์แต่ละฉบับจำต้องพึ่งบริการของศูนย์ฯ ที่เราใช้อยู่ POP ก็คือ ที่ทำการรับไปรษณีย์บนอินเทอร์เน็ต (ทุกศูนย์ของผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ตมักจะมี POP ให้) ทำหน้าที่เก็บจดหมายหรืออีเมล์ไว้จนกว่าเราจะมาเปิดอ่านปัจจุบันพัฒนาถึงรุ่นที่ 3 เรียกกันว่า POP3

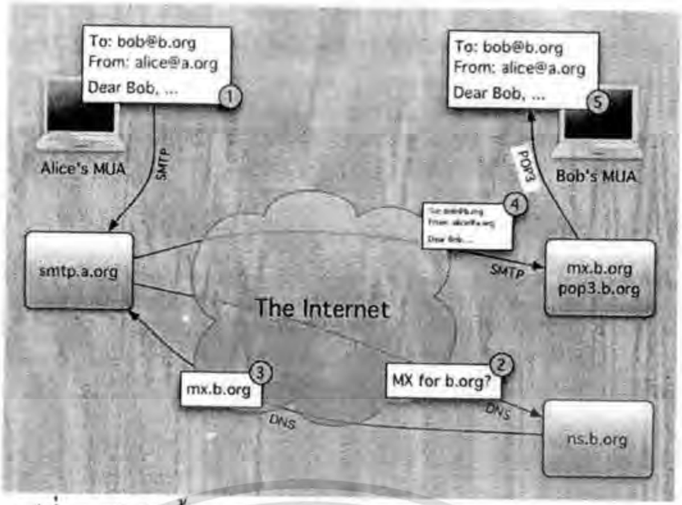
โปรโตคอล (Protocol) หมายถึง รูปแบบการโอนถ่ายหรือเรียกข้อมูลมาจากเครือข่าย เช่น HTTP, FTP และ POP เป็นต้น

Server มีความหมายคล้ายกับ Host เพียงแต่ Server จะหมายถึง คอมพิวเตอร์ตัวแม่ที่เชื่อมต่อกับเครือข่ายกับคอมพิวเตอร์ตัวลูก ในลักษณะส่วนตัวหรือระบบที่แคบกว่าโฮสต์

MTA (Mail Transfer Agent) หมายถึง โปรแกรมสำหรับส่งจดหมายของผู้ใช้

MUA (Mail User Agent) หมายถึง โปรแกรมสำหรับรับ อ่าน และเขียนจดหมายของผู้ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 ลำดับขั้นตอนการส่งจดหมายระหว่าง Alice ถึง Bob

1) Alice ส่งจดหมายโดยใช้ MUA ของตนเองเขียนข้อความและเลือกที่อยู่ผู้รับจาก Address Book
2) หลังจากส่งจดหมายแล้ว MUA จะใช้โปรโตคอล SMTP ในการส่งจดหมายไปยัง MTA
3) MTA จะค้นหาที่อยู่ของ Bob จาก DNS (ส่วนที่อยู่หลัง @ ของที่อยู่จดหมาย) เพื่อส่งจดหมายไปให้ Mail Exchange Server ของโดเมนนั้นต่อ
4) MX Record ของโดเมนจะตอบกลับมาว่ามี Mail Exchange Server ใดบ้างที่อยู่ในโดเมนนั้น
5) จากนั้น MTA ของ Alice จะส่งข้อความโดยใช้โปรโตคอล SMTP ไปยัง mailbox ของ Bob
6) เมื่อ Bob ได้รับจดหมาย ต้องใช้ MUA ของตนเพื่อเปิดจดหมายนั้นโดยใช้ POP3 ดึงจดหมายมาอ่าน

กระบวนการรับส่งจดหมายจะเริ่มจากผู้ใช้ที่ต้องการส่งจดหมาย หลังจากเขียนจดหมายเสร็จแล้ว MTA จะทำหน้าที่ส่งจดหมายนั้นไปยังเมลเซิร์ฟเวอร์ของผู้ใช้คนนั้นผ่านโปรโตคอล SMTP (Simple Mail Transfer Protocol) เมื่อเมลเซิร์ฟเวอร์ได้รับก็จะทำการเชื่อมต่อกับเมลเซิร์ฟเวอร์ของผู้ใช้ที่ระบุในที่อยู่ และทำการส่งจดหมายโดยใช้โปรโตคอล SMTP เช่นกัน ส่วนทางฝั่งผู้รับนั้น จะใช้ MUA เชื่อมต่อกับเมลเซิร์ฟเวอร์เพื่ออ่านจดหมายที่อยู่ในเซิร์ฟเวอร์ ซึ่ง MUA นั้นอาจจะใช้โปรโตคอล POP หรือ IMAP ก็ได้

สำหรับ MUA ที่นิยมใช้กันในปัจจุบัน ได้แก่ ไมโครซอฟต์เอ๊าลุค (Microsoft Outlook) เป็นต้น ปัจจุบันเวบเบสอีเมลก็กำลังเป็นที่นิยมเช่นกัน โดยผู้ใช้สามารถใช้เวบบราวเซอร์ อ่าน เขียน และส่งจดหมายได้ เช่น Hotmail และ Yahoo Mail เป็นต้น ซึ่งเวบเบสอีเมลนี้จะใช้โปรโตคอล HTTP สำหรับรับส่งจดหมายระหว่างไคลเอนท์และเซิร์ฟเวอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 องค์ประกอบของจดหมายอิเล็กทรอนิกส์

2.1.1.1 MUA (Mail User Agent) และ MTA (Mail Transfer Agent)

MUA เป็นโปรแกรมทางฝั่งของผู้ใช้งาน ทำหน้าที่สำหรับใช้อ่าน เขียน รับ และทำการส่งจดหมายอิเล็คทรอนิกส์ ติดต่อเข้าสู่เครื่องเซิร์ฟเวอร์

MTA เป็นโปรแกรมทางฝั่งของระบบ ทำหน้าที่ส่งจดหมายอิเล็คทรอนิกส์จากต้นทางไปยังผู้รับปลายทาง มีการหาเส้นทางและส่งต่อกันเป็นทอด ๆ จนกระทั่งถึงผู้รับปลายทางที่ถูกต้อง แต่ถ้าหากว่าไม่สามารถส่งจดหมายอิเล็คทรอนิกส์ถึงผู้รับได้ โปรแกรมจะส่ง error mail กลับมาแจ้งผู้ส่งด้วย

2.1.1.2 เมลเซิร์ฟเวอร์ (Mail Server)

ทำหน้าที่ในการเก็บและจัดการกับ mailbox ของผู้ใช้แต่ละคน โดย mailbox ทำหน้าที่ในการจัดการและเก็บรักษาเนื้อความต่าง ๆ ในจดหมายที่ส่งมาถึงผู้รับ Mail Server ใช้บริการ TCP ในการส่งจดหมายจาก Mail Server ของผู้ส่งไปยัง Mail Server ของผู้รับ ซึ่ง Mail Server ที่ทำการส่งจดหมายไปยัง Mail Server อื่น จะทำหน้าที่เป็น SMTP Client และเมื่อ Mail Server ได้รับจดหมายจาก Mail Server อื่นก็จะทำหน้าที่เป็น SMTP Server

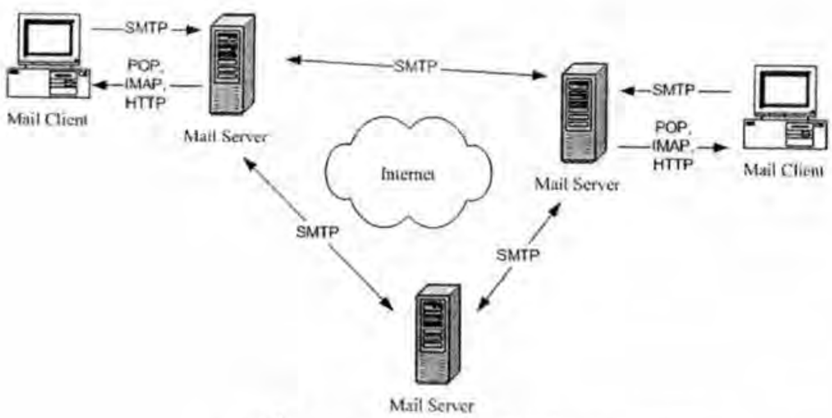
2.2 SMTP (Simple Mail Transfer Protocol)

SMTP เป็นหัวใจสำคัญของการใช้งานจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ เป็นโปรโตคอลในระดับ Application Layer ใช้สำหรับการรับ-ส่งจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ระหว่างเมลเซิร์ฟเวอร์ จุดประสงค์ของ SMTP คือ ถูกกำหนดมาเพื่อให้การส่งของจดหมายนั้นมีความน่าเชื่อถือ และมีประสิทธิภาพ อาศัยวิธีการส่งจดหมายเป็นทอด ๆ ระหว่างโฮสต์ต่อ ๆ กัน จนกว่าจะไปถึงโฮสต์ปลายทาง ตามหลักแล้วข้อความที่ถูกส่งไปจะถูกเรียงลำดับในคิวโดย SMTP sender ซึ่งอยู่ในส่วนของ Server โดย SMTP sender นั้นจะนำข้อความจากคิวและส่งต่อไปยังจุดหมายปลายทางที่เหมาะสมโดยผ่านการจัดการของ SMTP

โปรโตคอล STMP จะทำงานร่วมกับโปรโตคอล TCP โดยใช้พอร์ต 25 ซึ่งคำสั่งต่าง ๆ ของ SMTP จะเป็นลักษณะเดียวกับ POP3 คือเป็น ASCII เมื่อเริ่มต้นการติดต่อ SMTP จะกำหนดให้ User agent ของผู้ส่งต้องส่งคำสั่ง HELLO พร้อมกับรายละเอียดด้านผู้ส่งออกไป จากนั้นจะส่งคำสั่ง MAIL เพื่อแจ้งให้เซิร์ฟเวอร์เตรียมรับจดหมาย ในส่วนขอเซิร์ฟเวอร์เมื่อพร้อมที่จะรับจดหมายก็จะตอบรับกลับมาด้วยคำสั่ง OK จากนั้นที่ด้านส่งก็จะเริ่มส่งโดยใช้คำสั่ง RCPT เพื่อกำหนดจดหมายแต่ละฉบับที่จะส่งไป ซึ่งการส่งข้อมูลของจดหมายจะถูกระบุด้วยคำสั่ง DATA

การสื่อสารระหว่างฝ่ายส่งกับฝ่ายรับจะประกอบด้วยข้อความที่อ่านเข้าใจได้ไม่ยาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 การทำงานของโปรโตคอล SMTP

ในระหว่างการส่งจดหมายนั้น ไคลเอนท์และเซิร์ฟเวอร์ก็จะส่งข้อความเพื่อทำความรู้จักซึ่งกันและกันก่อนที่จะมีการส่งจดหมายจริง ๆ ก่อน ต่อไปนี้เป็นตัวอย่างข้อความและคำสั่งต่าง ๆ ที่แลกเปลี่ยนกันระหว่างเมลเซิร์ฟเวอร์

```
Sender   :  220 HML2.HML.dipac.it.kmitl.ac.th ESMTP Sendmail 8.11.6/8.11.6; Sun, 10 Apr 2005 16:43:38 GMT
Receiver :  EHLO HML.dipac.it.kmitl.ac.th
Sender   :  250-HML2.HML.dipac.it.kmitl.ac.th Hello HML.dipac.it.kmitl.ac.th [192.168.1.6], pleased to meet you
Sender   :  250-ENHANCEDSTATUSCODES
Sender   :  250-8BITMIME
Sender   :  250-SIZE
Sender   :  250-DSN
Sender   :  250-ONEX
Sender   :  250-ETRN
Sender   :  250-XUSR
Sender   :  250 HELP
Receiver :  MAIL From:<root@HML.dipac.it.kmitl.ac.th> SIZE=55
Sender   :  250 2.1.0 <root@HML.dipac.it.kmitl.ac.th>... Sender ok
Receiver :  RCPT To:<mk@hml2.hml.dipac.it.kmitl.ac.th>
Sender   :  250 2.1.5 <mk@hml2.hml.dipac.it.kmitl.ac.th>... Recipient ok
Receiver :  DATA
Sender   :  354 Enter mail, end with "." on a line by itself
Receiver :  .
Sender   :  250 2.0.0 j3AGheN18117 Message accepted for delivery
            mk@hml2.hml.dipac.it.kmitl.ac.th... Sent (j3AGheN18117 Message accepted for delivery)
            Closing connection to hml2.hml.dipac.it.kmitl.ac.th.
Receiver :  QUIT
Sender   :  221 2.0.0 HML2.HML.dipac.it.kmitl.ac.th closing connection
```

รูปที่ 2.3 ตัวอย่างข้อความที่ใช้สื่อสารกันระหว่างส่งข้อมูลของ SMTP

เมื่อได้รับคำสั่งต่างๆของผู้ส่งแล้ว เซิร์ฟเวอร์จะมีหน้าที่ตรวจสอบความถูกต้องของคำสั่ง จากนั้นจึงทำงานตามคำสั่งและส่งผลตอบกลับมา ส่วนลักษณะของข้อมูลที่ตอบกลับนั้นจะเป็นข้อมูลที่อยู่ในรูปของ text ที่เป็น ASCII

ในการส่งจดหมายของโปรโตคอล SMTP นั้น จะใช้วิธีอ้างถึงเซิร์ฟเวอร์อื่น ๆ ตาม DNS (Domain Name System) เช่นเดียวกับระบบอื่น ๆ ในอินเตอร์เน็ต และยังสามารถส่งจดหมายไปยังผู้รับคนเดียวหรือหลาย ๆ คนพร้อมกันได้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใน SMTP Sender นั้นจะเปิดทางของการติดต่อ TCP เพื่อที่จะใช้ส่งเมลโดยหลังจากที่มีการส่งข้อความไปยังจุดหมายปลายทางเดียวหรือหลายคนประสบความสำเร็จแล้ว มันจะทำการลบจุดหมายปลายทางที่มีการตอบสนอง โดยจะมีการจัดการข้อผิดพลาด คือ

- จุดหมายปลายทางไม่สามารถไปถึงที่หมายได้
- การติดต่อกับ TCP/IP มีความผิดพลาดระหว่างการส่งจดหมายนั้น
- ที่อยู่ (E-Mail Address) ผิดพลาด

2.3 MIME (Multipurpose Internet Mail Extensions)

เนื่องจากอีเมลสมัยแรกที่เริ่มต้นในระบบอินเทอร์เน็ตจะมีค่าเป็นแค่เพียงเครื่องมือในการส่งข้อความสั้นตามมาตรฐาน RFC822 โดยที่ผู้ใช้ไม่สามารถที่จะแนบเอกสารหรือรูปภาพที่ต้องการส่งไปได้ จนกระทั่งได้มีการพัฒนา กำหนดมาตรฐานใหม่ที่ชื่อว่า “MIME” ซึ่งเป็นมาตรฐานในการเข้ารหัสแฟ้มข้อมูลหลายชนิดไปรวมกับอีเมล ผ่านอินเทอร์เน็ต ซึ่งในปัจจุบันนี้ไม่มีไฟล์ประเภทไหนที่ MIME ไม่รู้จัก เราจึงสามารถส่งไฟล์ทุกประเภทไปพร้อมกับอีเมลได้ โดยมีวิธีการคือแปลงไฟล์รูปภาพ เสียง วีดีโอ มัลติมีเดียต่าง ๆ ซึ่งอยู่ในรูปแบบไบนารีให้มาอยู่ในรูปแบบตัวอักษร

ในปัจจุบันการส่งจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ทำงานให้ลักษณะโหมดอักษร (Text Mode) ทุกอย่างที่ส่งไปจะเป็นอักษรหรือข้อความทั้งหมด ดังนั้นการที่จะส่งไฟล์ไบนารี (Binary File) รวมไปกับอักษรข้อความตรง ๆ จะทำไม่ได้ ต้องผ่านการแปลงหรือเข้ารหัส (Encoding) ให้ข้อมูลไบนารีกลายเป็นอักษรเสียก่อน จากนั้นนำข้อมูลไฟล์แนบ (Attach File) ซึ่งตอนนี้ถูกเข้ารหัสกลายเป็นอักษรข้อความไปแล้ว (แต่อ่านไม่รู้เรื่อง) ใส่รวมกลุ่มกับจดหมายที่จะส่ง แล้วส่งจดหมายออกไปพร้อมกันตามปกติ เมื่อจดหมายถึงปลายทาง โปรแกรม MUA ของผู้รับก็จะถอดรหัส (Decoding) อักษรเฉพาะในส่วนไฟล์แนบให้กลายเป็นไบนารีอย่างเดิมเสียก่อน จากนั้นก็แล้วแต่ผู้รับจะทำอย่างไรต่อไป

MIME เป็นตัวมาตรฐานที่กำหนดขึ้นเพื่อรองรับจุดประสงค์ที่หลากหลายจากการใช้งาน Internet Mail ทั้งนี้เพื่อขยายประโยชน์ใช้สอยของอีเมลได้มากขึ้น แฟ้มข้อมูลมาตรฐาน MIME สามารถใช้ร่วมกับการเก็บไฟล์ของส่งผ่าน ไปทางมาตรฐาน SMTP และ UUCP รวมถึง BitNet, X.400, SNADS และ PROFS พร้อมทั้งยังมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนข้อมูลบนระบบปฏิบัติการที่ต่างกันและชนิดของซอฟต์แวร์ที่ใช้ต่างกันได้อย่างน่าอัศจรรย์

2.3.1 องค์ประกอบของ MIME แบ่งเป็น 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือ

1) ส่วน Header ระบุเกี่ยวกับผู้ส่ง ผู้รับ และข้อมูลต่าง ๆ ของจดหมายฉบับนั้น ประกอบด้วย 8 ส่วนหลัก ๆ ได้แก่

- From ระบุที่อยู่ของผู้ส่งจดหมาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- To ระบุที่อยู่ของผู้รับจดหมาย
- Subject ระบุหัวเรื่องของจดหมาย (ระบุหรือไม่ก็ได้)
- Date ระบุวัน เวลาที่จดหมายถูกส่งออกไป
- CC ระบุที่อยู่ของผู้รับจดหมายคนอื่น (ระบุหรือไม่ก็ได้)
- Bcc ระบุที่อยู่ของผู้รับจดหมายคนอื่น แต่ผู้รับคนอื่นใน To จะไม่เห็นผู้ที่อยูในนี้ (ระบุหรือไม่ก็ได้)
- Received ระบุข้อมูลที่สร้างโดย Mail Server ขณะได้รับจดหมายนี้
- Content-Type ระบุว่าข้อมูลในจดหมายจะถูกแสดงอย่างไร

2) ส่วน Body เกี่ยวกับข้อความและสิ่งที่จะส่งไปยังผู้รับและคำลงท้ายจดหมาย

2.4 Mail Access Protocols

2.4.1 POP (Post Office Protocol)

POP3 เป็นโปรโตคอลที่เชื่อมต่อแบบ TCP กับเมลเซิร์ฟเวอร์ผ่านพอร์ต 110 มีหลักการทั่วไปคล้าย ๆ กับหลักการรับและส่งของระบบไปรษณีย์ในปัจจุบัน คือ ในทันทีที่มีจดหมายมา ส่งที่ทำการไปรษณีย์ปลายทาง (โดยทั่วไปคือ Mail server ของผู้ให้บริการอินเตอร์เน็ต (ISP : Internet Service Provider) หรือ องค์กรต่าง ๆ) จดหมายฉบับนั้นก็จะค้าง อยู่ที่ทำการไปรษณีย์จนกว่าจะมีคนมาติดต่อขอรับมัน ด้วยวิธีการนี้ภาระของผู้ส่งจดหมายจะสิ้นสุด เมื่อจดหมายถึงที่ทำการไปรษณีย์ปลายทาง (ซึ่งก็เปรียบเสมือนโฮสต์ที่ทำหน้าที่เก็บจดหมายของผู้ใช้ปลายทาง) POP3 จะเป็นโปรโตคอลแบบดึง (‘Pull’ Protocol) เมื่อใดก็ตามที่เครื่องคอมพิวเตอร์ผู้ใช้ (Client) มีความต้องการที่จะ ตรวจสอบข้อความ มันจะทำการเชื่อมต่อไปยังเมลเซิร์ฟเวอร์ และจะใช้ POP เพื่อ Login เข้าไปยังตู้รับจดหมาย (Mailbox) แล้วดึงจดหมายนั้นมาไว้ในเครื่องเครื่องคอมพิวเตอร์ของผู้ใช้ผ่าน MUA ทำให้เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้สำหรับรับจดหมายไม่จำเป็นที่จะต้องเชื่อม ต่อกับอินเทอร์เน็ตตลอดเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Receiver	:	telnet HML2.HML.dipac.it.kmitl.ac.th
Sender	:	+OK POP3 Server ready
Receiver	:	user hwen@HML2.HML.dipac.it.kmitl.ac.th
Sender	:	+OK
Receiver	:	pass abc123
Sender	:	+OK user successfully logged in
Receiver	:	list
Sender	:	1 498
Sender	:	2 9876
Sender	:	.
Receiver	:	Retr 1
Sender	:	[mail header and message]
Receiver	:	Retr 2
Sender	:	[mail header and message]
Receiver	:	dele 1
Receiver	:	QUIT
Sender	:	+OK POP3 Server signed off

รูปที่ 2.4 การเชื่อมต่อของโปรโตคอล POP

2.4.1.1 IMAP (Internet Mail Access Protocol)

เป็นโปรโตคอลที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับ POP3 แต่จะแก้ปัญหาของ POP3 ได้ดีขึ้นคือ POPจะมีวิธีการทำงานในลักษณะ "เก็บและส่งต่อ" (Store-and-Forward) ดังนั้นกระบวนการจัดการจดหมายต่าง ๆ จึงยังไม่ดีมากพอ ผู้ใช้ไม่สามารถจัดการเมลบ็อกซ์ของตัวเองได้ ทำได้ก็แค่ดึงจดหมายและลบจดหมายที่ไม่ต้องการเท่านั้น สำหรับผู้ใช้บางคนที่ต้องการเก็บจดหมายไว้ที่เซิร์ฟเวอร์เพื่อที่จะได้อ่านจดหมายจากเครื่องใดก็ได้นั้น เมื่อจดหมายที่เก็บไว้ในเมลบ็อกซ์เพิ่มจำนวนขึ้น หรือผู้ใช้ไม่สามารถสร้างโฟลเดอร์ใหม่ที่เซิร์ฟเวอร์ได้ ทำให้ยากต่อการค้นหาจดหมายหรือถ้าต้องการอ่านเฉพาะจดหมายใหม่ก็ทำยาก โปรโตคอล IMAP เป็นโปรโตคอลที่เชื่อมต่อแบบ TCP กับเมลเซิร์ฟเวอร์ผ่านพอร์ต 143 จะแตกต่างจากโปรโตคอล POP ในเรื่องของการตรวจสอบจดหมาย

2.4.1.1.1 วิธีการตรวจสอบจดหมายของโปรโตคอล IMAP สามารถทำได้ 3 แบบ คือ

1) Offline Access คือ ดึงจดหมายทั้งหมดมาเก็บไว้ที่เครื่องเราและลบจดหมายออกจากเครื่องเซิร์ฟเวอร์ ซึ่ง POP3 จะตรวจสอบด้วยวิธีนี้ และการใช้โปรแกรม MUA สำหรับดึงจดหมายบางตัวเราสามารถสั่งให้เก็บจดหมายที่เราอ่านแล้วไว้ที่เครื่องเซิร์ฟเวอร์ได้
2) Online Access อ่านจดหมายแบบออนไลน์ โดยใช้เครื่องของเราเป็นตัวอ่านจดหมาย ส่วนตัวจดหมายยังคงอยู่ที่เครื่องเซิร์ฟเวอร์
3) Disconnected Access คือการผสมระหว่าง 2 วิธีแรก คือ เราสามารถเลือกจดหมายที่ต้องการนำมาเก็บเครื่องเราก่อนได้โดยไม่ต้องดาวโหลดมาทั้งหมด ที่สำคัญเราสามารถรู้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ว่าเราได้มีการลบจดหมายไปเท่าไหร่แล้ว โดย IMAP จะสามารถจดจำเอาไว้ได้ว่าเราได้ลบเมล์ฉบับไหนออกไป เมื่อมีการติดต่อกับเครื่องเซิร์ฟเวอร์ในครั้งถัดไปจำนวนจดหมายในเครื่องเรากับเครื่องเซิร์ฟเวอร์จะถูกปรับให้เข้ากันได้โดยอัติโนมัติ (การทำ Synchronized) ด้วยเทคนิคนี้ทำให้เราสามารถตรวจสอบจดหมายได้จากเครื่องคอมพิวเตอร์หลาย ๆ เครื่อง โดยไม่สับสน (ไม่ว่าผู้ใช้จะใช้เครื่องจากที่บ้าน ที่ทำงาน หรือ จากโน๊ตบุ๊ค ก็จะให้ผลเหมือนกันซึ่งจะต่างจาก POP ที่ทำให้สับสนเมื่อตรวจเมล์จากหลาย ๆ เครื่อง)

2.4.1.1.1.1 ในการเชื่อมต่อแต่ละครั้งของ IMAP นั้นเซิร์ฟเวอร์จะอยู่ใน 4 สถานะ คือ

1) Non-Authenticated State สถานะเริ่มเมื่อมีการสร้างการเชื่อมต่อในตอนแรก โดยในชั้นนี้ไคลเอนท์ต้องส่งชื่อล็อกอินและรหัสผ่าน เพื่อตรวจสอบสิทธิ์การใช้งานได้เท่านั้น
2) Authenticated State เมื่อเซิร์ฟเวอร์ตรวจสอบผู้ใช้ผ่านแล้ว ขั้นตอนต่อไปผู้ใช้ต้องส่งข้อมูลเกี่ยวกับว่าต้องการอ่านหรือจัดการจดหมายที่อยู่ในโฟลเดอร์ใด
3) Selected State เมื่อเลือกโฟลเดอร์แล้วผู้ใช้ถึงมีสิทธิ์จัดการจดหมายได้ เช่น ดาวน์โหลด ย้ายโฟลเดอร์ ลบจดหมาย เป็นต้น
4) Logout State สถานะนี้เริ่มเมื่อผู้ใช้สิ้นสุดการเชื่อมต่อ หรือเซิร์ฟเวอร์ยกเลิกก็ได้

2.4.1.1.1.2 จุดเด่นของ IMAP

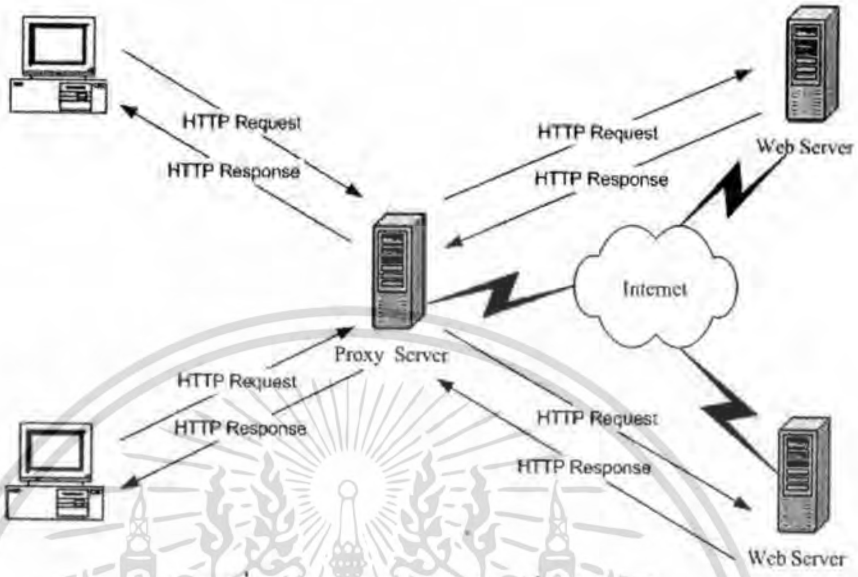
1) IMAP สามารถให้บริการในรูปแบบ remote ได้ดีกว่า (คือการควบคุมการใช้เมล์จากเครื่องเราไปยัง Server) เช่น อ่านเมล์แบบออนไลน์ แยกเมล์กับส่วนประกอบเอกสาร (Attachment) ออกจากกันได้ เราสามารถเลือกดาวน์โหลดจดหมายมาเก็บไว้เครื่องเรา โดยทิ้งส่วนประกอบเอกสารไว้ที่ Server เพื่อดาวน์โหลดในภายหลังหรือยามว่าง
2) IMAP สนับสนุนโฟลเดอร์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและสามารถแบ่งโฟลเดอร์ให้ใช้งานร่วมกันได้ (folder hierarchies and folder sharing) ในขณะที่ POP ไม่สามารถทำได้
3) IMAP อนุญาตให้ทำการค้นหาจดหมายหรือบางส่วนของจดหมาย รวมทั้งเลือกจดหมายที่ต้องการจะนำมาเก็บ ไว้ที่เครื่องเราได้ (การค้นหานี้จะทำโดย server ไม่ใช่ Client) แต่ถึงยังไงก็แล้วแต่ IMAP protocol ก็ยังไม่ได้รับความนิยมในปัจจุบันโดยนักเล่นอินเทอร์เน็ตทั้งหลายยังคงใช้ POP กันอยู่

2.5 พร๊อกซี่เซิร์ฟเวอร์ (Proxy Server)

พร๊อกซี่เซิร์ฟเวอร์หรือบางทีเรียกว่า “เวบแคช (Web Cache)” หมายถึง เซิร์ฟเวอร์ที่ทำหน้าที่แทนเครื่องไคลเอนท์ในการสื่อสารกับเวบเซิร์ฟเวอร์ พร๊อกซี่เซิร์ฟเวอร์จะมีแหล่งเก็บข้อมูลล่าสุดที่ถูกร้องขอโดยไคลเอนท์ การใช้งานพร๊อกซี่เซิร์ฟเวอร์นั้นผู้ใช้จะต้องคอนฟิกที่เวบเบราเซอร์ โดยถ้าคอนฟิกถูกต้องแล้วเวบเบราเซอร์ก็จะส่งทุก ๆ การร้องขอไปยังพร๊อกซี่เซิร์ฟเวอร์ก่อน ซึ่งพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รือกซี่เซิร์ฟเวอร์ก็จะทำหน้าที่แทนเวบเบราเซอร์ในการค้นหาและร้องขอเวบเพจที่ไคลเอนท์ต้องการ แล้วส่งกลับไปให้ไคลเอนท์แสดงผล



รูปที่ 2.5 การทำงานของพร็อกซี่เซิร์ฟเวอร์

Proxy server คือ Server ที่ใช้สำหรับเก็บสำเนาข้อมูลต่างๆ ของเวบเพจที่เราแวะเข้าไปดูแบบชั่วคราว หลังจากนั้นถ้ามีผู้อื่นแวะ ไปชมเวบไซต์เดียวกัน ก็จะทำให้เราไม่จำเป็นต้องไป download ข้อมูลจากเวบไซต์ต้นฉบับนั้นอีกครั้ง ด้วยวิธีการนี้ทำให้เราสามารถดูเวบไซต์นั้น ๆ ได้เร็วยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตามก็มีข้อจำกัดอยู่บ้างคือ ถ้าเวบไซต์นั้น มีการอัพเดตบ่อยๆ อาจทำให้เราได้ข้อมูลที่ไม่อัพเดตนัก มักพบในบริการประเภท HTTP, FTP, GOPHER, WAIS และ NNTP ซึ่งมีประโยชน์ที่สำคัญ คือ สามารถลดการจราจรบนเครือข่ายและลดภาระงานของเครื่องปลายทางได้

2.5.1 ขั้นตอนการทำงานของพร็อกซี่เซิร์ฟเวอร์

1) เวบเบราเซอร์จะสร้างการเชื่อมต่อแบบ TCP กับพร็อกซี่เซิร์ฟเวอร์ แล้วส่งการร้องขอไปยังพร็อกซี่เซิร์ฟเวอร์
2) พร็อกซี่เซิร์ฟเวอร์จะทำการเช็คดูว่าไฟล์ที่ผู้ใช้ต้องการนั้น พร็อกซี่ได้เก็บไว้กับตัวของมันเองอยู่หรือไม่ ถ้าเจอพร็อกซี่เซิร์ฟเวอร์ก็จะตอบกลับพร้อมกับไฟล์ที่ผู้ใช้ต้องการ
3) ถ้าในพร็อกซี่เซิร์ฟเวอร์ไม่มีไฟล์ที่ผู้ใช้ต้องการ พร็อกซี่ก็จะทำการสร้างการเชื่อมต่อกับเวบเซิร์ฟเวอร์จริง แล้วส่งการร้องขอไปยังเซิร์ฟเวอร์ดังกล่าว เมื่อเวบเซิร์ฟเวอร์จริงได้รับการร้องขอก็จะส่งไฟล์กลับมายังพร็อกซี่เซิร์ฟเวอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) เมื่อพร็อกซี่ได้รับการตอบกลับก็คัดลอกไฟล์ดังกล่าวเก็บไว้ในตัวของพร็อกซี่เอง พร้อมส่งต่อไฟล์ดังกล่าวกลับไปยังเครื่องไคลเอนท์ เพื่อแสดงผลให้ผู้ใช้ดูต่อไป

พร็อกซี่เซิร์ฟเวอร์จะทำหน้าที่เป็นทั้งไคลเอนท์และเซิร์ฟเวอร์ในเวลาเดียวกัน โดยเมื่อ ไคลเอนท์ส่งการร้องขอมายังพร็อกซี่นั้น พร็อกซี่ก็จะทำหน้าที่เป็นเวบเซิร์ฟเวอร์ แต่เมื่อพร็อกซี่เซิร์ฟเวอร์ติดต่อกับเวบเซิร์ฟเวอร์จริง ตัวพร็อกซี่ก็จะทำหน้าที่เป็นไคลเอนท์ พร็อกซี่มีประโยชน์ หลายอย่าง เช่น พร็อกซี่จะช่วยลดเวลาของการตอบกลับ (Response Time) โดยเฉพาะในกรณีที่ลิงค์เชื่อมต่อเข้ากับอินเตอร์เน็ตนั้นน้อยกว่าลิงค์ระหว่างไคลเอนท์และพร็อกซี่เซิร์ฟเวอร์มาก ๆ ซึ่งกรณีนี้ส่วนใหญ่จะเป็นจริงสำหรับองค์กร เพราะส่วนใหญ่ลิงค์ระหว่างไคลเอนท์และองค์กรนั้นจะผ่าน LAN ซึ่งความเร็วในปัจจุบันแบนด์วิธอยู่ที่ 100 Mbps ส่วนลิงค์ที่เชื่อมต่อเข้ากับอินเตอร์เน็ตสำหรับองค์กรขนาดใหญ่นั้นอาจอยู่ที่ 1-2 Mbps แต่ถ้าเป็นองค์กรขนาดเล็กอาจใช้โมเด็มที่ความเร็ว 64 Kbps แต่องค์กรใหญ่ขึ้นมาหน่อยก็อาจใช้ ISDN หรือ ADSL ซึ่งแบนด์วิธอาจอยู่ระหว่าง 64 – 512 Kbps ซึ่งถ้าเทียบกับแบนด์วิธของ LAN นั้นยังน้อยกว่าเยอะ

จากลักษณะการทำงานของพร็อกซี่เซิร์ฟเวอร์นั้น ช่วยลดทราฟฟิกระหว่างองค์กรและอินเตอร์เน็ตได้มาก ทำให้องค์กรไม่ต้องอัพเกรดลิงค์ไปยังอินเตอร์เน็ตเร็วเกินกว่าที่จำเป็น เนื่องจากทราฟฟิกส่วนใหญ่จะเป็นเวบ ดังนั้นถ้าลดทราฟฟิกของเวบได้ ทราฟฟิกส่วนใหญ่ก็จะลดลงตาม ดังนั้นพร็อกซี่จึงเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับองค์กรในปัจจุบัน

2.5.2 Squid Proxy

Squid เป็นโปรแกรมประเภท Proxy Caching Server สำหรับการให้บริการ Web Caching Service คือ จะคอยรับคำร้องขอบริการจากเครื่องลูกข่าย และส่งผ่านไปยังเครื่องเซิร์ฟเวอร์ปลายทางที่เหมาะสม ข้อมูลต่าง ๆ ที่ผ่านเข้ามาจะถูกสำเนาเก็บไว้ในหน่วยความจำแคชและดิสก์ ดังนั้นเมื่อมีการร้องขอข้อมูลซ้ำอีกในครั้งต่อมาจะสามารถนำข้อมูลในแคชมาให้บริการได้รวดเร็วกว่าการติดต่อไปยังเซิร์ฟเวอร์โดยตรง ช่วยให้ลดการใช้ช่องทางการสื่อสารข้อมูลลงได้ นอกจากนี้ Squid ยังมีคุณสมบัติเป็น Firewall Proxy อีกด้วย

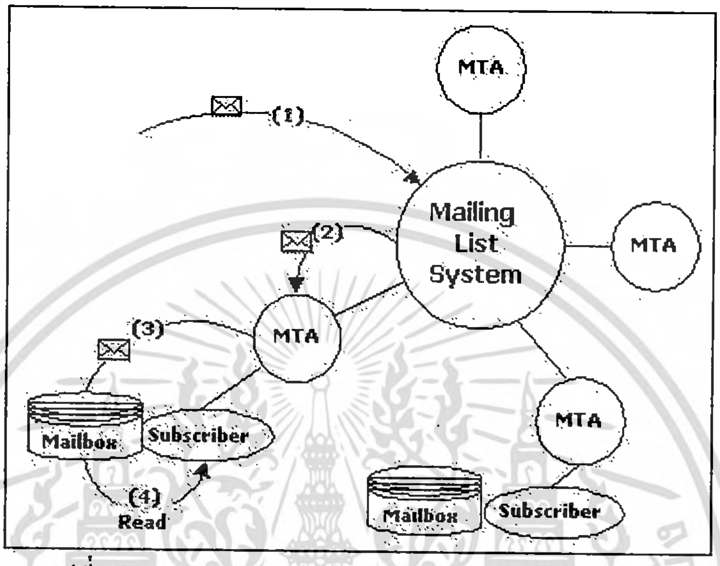
แต่ Squid เป็นเพียง Web Only Cache หมายถึง จะทำงานกับโปรโตคอล HTTP โดยเฉพาะเท่านั้น จะไม่สามารถแคชข้อมูลจากโปรโตคอลอื่น ๆ เช่น RealAudio หรือ FTP ได้ ยกเว้นกรณีที่ FTP นั้นทำงานโดยโปรโตคอล HTTP ซึ่งมีเพียงส่วนน้อย และสำหรับโปรโตคอล SSL แล้ว Squid สามารถทำการแคชการบริการได้ การใช้งานที่ต้องเข้าสู่เวบไซต์ที่ใช้ SSL เช่น เวบไซต์บริการฟรีอีเมล ต่าง ๆ จึงไม่มีปัญหาแต่อย่างใด

2.6 ระบบเมลลิงลิสต์ (Mailing List System)

เมลลิงลิสต์หรือบริการรายชื่อเมลเป็นการนำระบบจดหมายอิเล็คทรอนิกส์มาประยุกต์ใช้ในรูปแบบหนึ่ง โดยมีระบบฐานข้อมูลที่เก็บที่อยู่จดหมายอิเล็กทรอนิกส์ของกลุ่มคนซึ่งมีความสนใจในเรื่องเดียวกัน ไม่ว่าจะเป็นเรื่องคอมพิวเตอร์ รถยนต์ ภาพยนตร์ เพลง และ อื่นๆ เพื่อให้กลุ่มคนเหล่านี้ สามารถเปลี่ยนข่าวสารที่สนใจผ่านระบบอีเมลจดหมายที่ส่งเข้าสู่ระบบบริการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายชื่อเมลจะถูกส่งไปยังรายชื่อทั้งหมดที่ได้ลงทะเบียนไว้ โดยที่ผู้ส่งสามารถส่งจดหมายนั้นด้วยจดหมายเพียงฉบับเดียวไปยังผู้รับทุกคนที่มีรายชื่ออยู่ในลิสต์ได้ นับว่ามีประโยชน์และอำนวยความสะดวกต่อผู้ใช้เป็นอย่างมาก ในระบบบริการรายชื่อเมล ยังนิยมนำมาใช้ในการลงทะเบียนรายชื่อเพื่อขอรับข่าวสารเพิ่มเติมจากไซต์ที่ผู้ใช้สนใจด้วย



รูปที่ 2.6 การทำงานของระบบเมลลิงลิสต์แบบเดิม

จากรูปที่ 2.10 สามารถลำดับขั้นตอนการทำงานของระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) ได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ (1) สมาชิกส่งจดหมายเข้ามายังระบบเมลลิงลิสต์

ขั้นตอนที่ (2) เซิร์ฟเวอร์ส่วนกลางกระจายจดหมายไปยัง MTA ที่มีสมาชิกของระบบอยู่ด้วยระบบจดหมายอิเล็คทรอนิกส์ตามปกติ

ขั้นตอนที่ (3) MTA กระจายจดหมายไปยังสมาชิกทุกคนในระบบ

2.7 โปรแกรมช่วยจัดการเมลลิงลิสต์ (Mailing List Manager)

หน้าที่สำคัญสำหรับเมลลิงลิสต์ คือ การกระจายจดหมายให้แก่สมาชิกทุกคนในลิสต์ โปรแกรมช่วยจัดการเมลลิงลิสต์เป็นโปรแกรมที่ควบคุมลิสต์ของสมาชิก ส่งคำสั่งผ่านจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ไปยังลิสต์ซึ่งแต่ละลิสต์จะถูกสร้างขึ้นแบบ manual โปรแกรมช่วยจัดการเมลลิงลิสต์โดยปกติจะทำหน้าที่ควบคุมการกระจายจดหมายให้แก่สมาชิก ควบคุมการสมัครและการบอกเลิกเป็นสมาชิกของลิสต์โดยอัตโนมัติ ถ้าเมลลิงลิสต์มีจำนวนสมาชิกไม่มากนักและค่อนข้างคงที่ ก็อาจไม่จำเป็นต้องใช้โปรแกรมช่วยในการจัดการ ถ้าเมลลิงลิสต์นั้นต้องถูกกลั่นกรองหรือตรวจสอบหาความเหมาะสมของเนื้อความในจดหมายแต่ละฉบับก่อนที่จะกระจายให้สมาชิก ก็อาจใช้เพียงโปรแกรมจัดการจดหมายอิเล็คทรอนิกส์ (MTA) ทั่วไปก็เพียงพอต่อการดูแลเมลลิงลิสต์แล้ว แต่ถ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หากว่าเมลลิงลิสต์มีจำนวนสมาชิกค่อนข้างมากและมีการเปลี่ยนแปลงบ่อย ควรนำโปรแกรมช่วยจัดการเมลลิงลิสต์เข้ามาช่วยเพราะสามารถควบคุมการกระจายจดหมายแบบอัตโนมัติให้แก่สมาชิกในลิสต์ ช่วยควบคุมการสมัครและการบอกเลิกเป็นสมาชิก รวมทั้งการป้องกันสมาชิกจากบุคคลอื่นที่พยายามปลอมตัวเป็นสมาชิกได้อีกด้วย

Majordomo เป็นโปรแกรมช่วยจัดการเมลลิงลิสต์ให้อัตโนมัติ โดยMajordomo ถูกพัฒนาขึ้นภายใต้ระบบปฏิบัติการ UNIX แต่มันก็สามารถทำงานได้ภายใต้ระบบปฏิบัติการอื่น ๆ ด้วย โปรแกรมที่นิยมใช้กันมากได้แก่ Majordomo , ListServ และ ListProc เป็นต้น

2.7.1 ลักษณะสำคัญบางประการของโปรแกรมช่วยจัดการเมลลิงลิสต์

เมื่อมีจดหมายถูกส่งต่อให้ลิสต์ Header บางส่วนควรจะถูกตัดออก ตัวอย่างเช่น Header "Return-receipt-to:" ซึ่งถ้ากระจายสู่ลิสต์อาจสามารถส่งผลให้เกิดจดหมายตอบรับอัตโนมัติกลับสู่ระบบของผู้ส่งอย่างท่วมท้น แนวทางในการกำจัด Header เหล่านี้มี 2 แนวทาง คือ

1) กำจัด Header ที่รู้ว่าเป็นอันตราย ซอฟต์แวร์จะตัด Header ต้องห้ามในรูทีนที่กำหนดไว้ออก
2) อนุญาตเฉพาะ Header ที่รู้ว่าปลอดภัย ซอฟต์แวร์จะอนุญาตเฉพาะ Header ที่มันรู้จักและตัดที่เหลือทิ้ง

2.7.2 Majordomo

เมื่อ majordomo ต้องการกระจายจดหมายให้กับเมลลิงลิสต์ก็จะส่งจดหมายฉบับนั้นพร้อมด้วยอีเมลแอดเดรสของทั้งเมลลิงลิสต์ให้โดยเรียก Sendmail มาทำงานเพียง 1 โพรเซส จากนั้น Sendmail ก็จะทำหน้าที่ของมันในการส่งจดหมายให้เร็วที่สุด โดยเรียงลำดับการส่งตาม MX Record กล่าวคือ Sendmail จะส่งไปยัง MX Record ที่ใกล้ที่สุดก่อน จากนั้นก็จะส่งอีเมลแอดเดรสที่มีอยู่ใน MX Record นั้นจนเสร็จ แล้วจึงไล่เรียงลำดับการส่งเช่นนี้ไปยัง MX Record ต่อ ๆ ไป ดังนั้นหากเมลลิงลิสต์มีจำนวนสมาชิกมาก แม้ว่าอีเมลแอดเดรสของสมาชิกเหล่านั้นจะอยู่ใกล้เคียงกัน แต่ถ้ามี MX Record ต่างกันก็จะทำให้เกิดความล่าช้าในการส่งมากโดยเฉพาะระหว่างสมาชิกคนแรกและคนสุดท้าย ดังนั้นเมลลิงลิสต์ที่มีขนาดใหญ่และมีปริมาณจดหมายจำนวนมากจะทำให้สมาชิกที่ได้รับจดหมายในลำดับท้าย ๆ อาจได้รับและตอบจดหมายใหม่ที่สมาชิกคนอื่น ๆ ได้โต้ตอบกันไปแล้วเมื่อหลายชั่วโมงก่อน การสนทนาก็อาจเกิดความไม่ต่อเนื่องได้

Majordomo ป้องกันปัญหา mailing loop ด้วยวิธีการตัด Header ที่คิดว่าเป็นอันตรายออกโดยการตัด Header ต้องห้ามในรูทีน "Resend" ออกไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2.8 ปัญหาที่พบในระบบเมลลิงลิสต์

แม้ว่าจะมีโปรแกรมช่วยจัดการระบบเมลลิงลิสต์เข้ามาช่วยรองรับการทำงาน แต่ก็ยังไม่สามารถจัดการกับปัญหาบางอย่างได้ โดยเฉพาะปัญหาเกี่ยวกับเนื้อที่ที่ใช้จัดเก็บจดหมายสำหรับสมาชิกแต่ละคนของระบบ ปัญหาความคับคั่งของการจราจรและความซ้ำซ้อนในการส่งจดหมายที่มีเนื้อหาเหมือน ๆ กันบนเครือข่ายเดียวกัน โดยเฉพาะจดหมายที่มีขนาดใหญ่ถึงใหญ่มาก ต่อเนื่องไปถึงปัญหาเรื่องเวลาในการรับส่งจดหมายฉบับนั้น ๆ ของผู้รับคนแรกและคนสุดท้ายของระบบเมลลิงลิสต์ และเมื่อจำนวนสมาชิกของระบบเพิ่มมากขึ้นปัญหาที่กล่าวมาแล้วก็จะเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย

130286

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

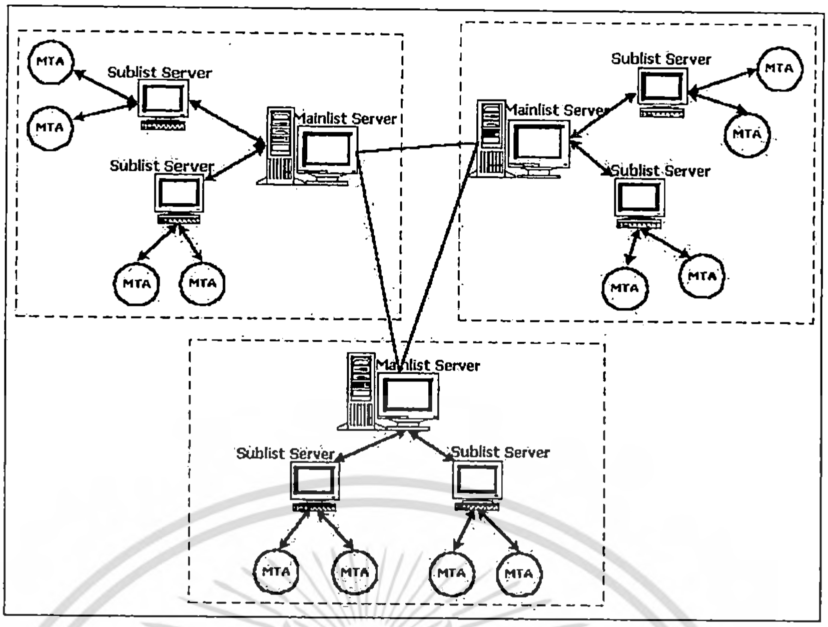
บทที่ 3
ระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้น

จากปัญหาที่ได้กล่าวในบทที่ 2 ของระบบเมลลิงลิสต์ทำให้เกิดแนวคิดเกี่ยวกับระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นขึ้น เพื่อแก้ปัญหาของระบบเมลลิงลิสต์แบบเดิม โดยอาศัยหลักการของทำงานแบบโครงสร้างลำดับชั้นมาประยุกต์ใช้ให้เข้ากับการรับส่งจดหมายของระบบเมลลิงลิสต์ ออกแบบระบบแก้ไขปัญหาเดิมของระบบเมลลิงลิสต์ให้หมดไปพร้อมทั้งเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานให้ดีขึ้น สามารถรองรับจำนวนสมาชิกที่เพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็วได้อย่างเพียงพอ สอดคล้องกับสภาพปัจจุบันที่มีผู้สนใจใช้บริการอินเตอร์เน็ตเพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้บางลิสต์มีผู้สมัครสมาชิกเป็นจำนวนมาก หากเป็นระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) อาจไม่สามารถรองรับจำนวนสมาชิกที่มีมากขนาดนั้นได้ ระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นจึงเป็นงานวิจัยเพื่อช่วยแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น ไม่ทำให้สิ้นเปลืองแบนด์วิธของเครือข่าย ใช้เนื้อที่สำหรับเก็บข้อมูลน้อยมาก ทำให้การรับส่งจดหมายเป็นไปอย่างรวดเร็วยิ่งขึ้น โดยที่ผู้ใช้งานยังคงได้รับความสะดวกเช่นเดิม

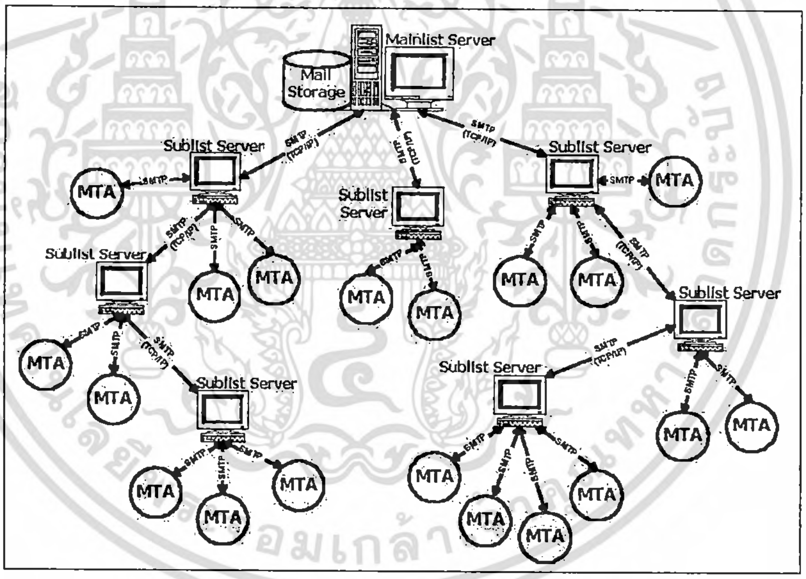
3.1 โครงสร้างของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้น

ระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นจะมีลักษณะโครงสร้างเป็นแบบต้นไม้ (Tree) แต่โครงสร้างโดยรวมจะเป็นการนำโครงสร้างแบบต้นไม้หลาย ๆ กลุ่มมาทำงานเชื่อมต่อกัน เริ่มแรกต้องแบ่งกลุ่มสมาชิกของระบบเมลลิงลิสต์ทั้งหมดออกเป็นกลุ่มเมลลิงลิสต์ย่อย ๆ ตามความใกล้เคียงกันของเครือข่าย (Physical Location) ถ้าอยู่ในเครือข่ายเดียวกันหรือใกล้เคียงกันก็จัดให้อยู่ในกลุ่มเดียวกัน และในแต่ละเครือข่ายก็จะแบ่งสมาชิกออกเป็นกลุ่มย่อย ๆ ลงไปอีกในลักษณะเดิม จากนั้นจัดโครงสร้างภายในให้เป็นแบบโครงสร้างลำดับชั้นแบบต้นไม้ แล้วนำรากบนสุดของต้นไม้ (Root) แต่ละต้นมาเชื่อมต่อกัน ซึ่งแต่ละโหนด (node) ของต้นไม้ก็ยังสามารถติดต่อกันด้วยกลไกของระบบเมลลิงลิสต์ตามปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 โครงสร้างและองค์ประกอบโดยรวมของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้น



รูปที่ 3.2 โครงสร้างและองค์ประกอบภายในของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้น

กำหนดให้ชั้นบนสุดที่เป็นรูท (Root) คือ Mainlist Server ซึ่งมี Mail Storage คอยทำหน้าที่เก็บรักษาเนื้อความของจดหมายแบบถาวร (Permanent) ไว้และสามารถมีสมาชิก (MTA) เป็นของตนเองได้ด้วย

Mainlist Server มีการติดต่อกับสมาชิก 3 กลุ่ม คือ MTA, Sublist Server เครื่องที่เชื่อมต่อกับตัว Mainlist Server เอง และ Mainlist Server อื่นที่เชื่อมต่อกับตัวเอง

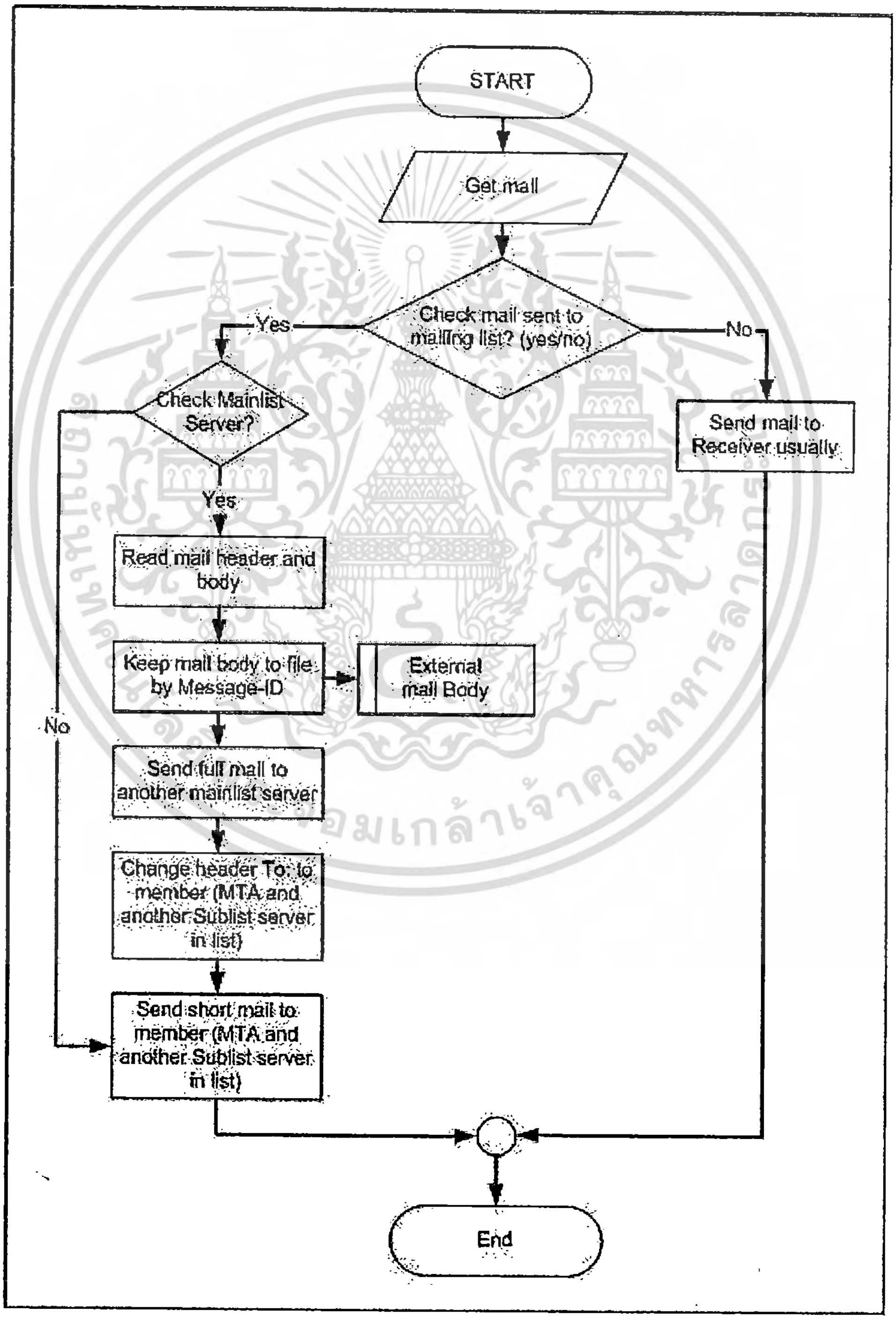
ส่วนประกอบภายในประกอบด้วย Sublist Gateway, Distributor และ Mail Storage ทำหน้าที่ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Sublist Gateway ทำหน้าที่รับส่งจดหมายที่ถูกส่งเข้ามายังเซิร์ฟเวอร์ แปลงจดหมายแบบสมบูรณ์ให้เป็นแบบจดหมายแบบสั้นที่มี URL ลิงค์ไปยังที่เก็บจดหมายสมบูรณ์ และเก็บจดหมายลง Mail Storage ตามอัลกอริทึม ดังรูปที่ 3.3

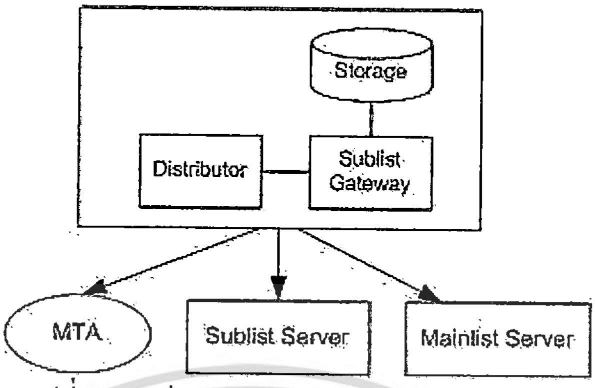
- Mail Storage ทำหน้าที่เก็บข้อมูลที่เป็นเนื้อจดหมายจริง ๆ แบบสมบูรณ์ไว้อย่างถาวร

- Distributor ทำหน้าที่กระจายจดหมายไปยังสมาชิกที่อยู่ในลิสต์ตามที่อยู่

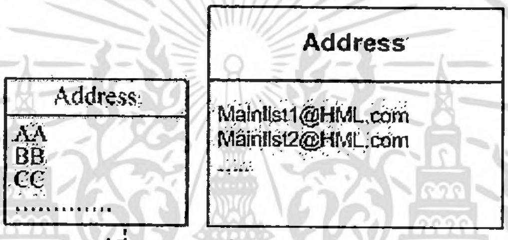


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.3 ขั้นตอนการทำงานภายใน Mainlist Server ของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้น



รูปที่ 3.4 องค์ประกอบภายในของ Mainlist Server



รูปที่ 3.5 สมาชิกของ Mainlist Server

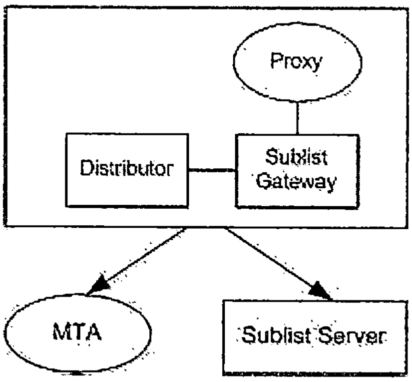
ส่วนชั้นล่างถัดลงไปจาก Root ถือเป็นลำดับชั้นที่ 1 (Level 1) จะเป็นที่อยู่ของ Sublist Server กระจายอยู่ในลำดับชั้นต่าง ๆ ของโครงสร้าง ซึ่งในแต่ละชั้นจะมีจำนวนเท่าใดนั้นขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของผู้ดูแลระบบ และถัดจากชั้นนี้ลงไปเรื่อย ๆ ก็จะมีโครงสร้างและส่วนประกอบต่าง ๆ เช่นเดียวกันตามลำดับ

Sublist Server แต่ละตัวจะมีสมาชิก (MTA) เป็นของตนเองและมีสมาชิกเป็น Sublist Server ที่เชื่อมต่อกับตัวมันในลำดับชั้นถัดลงไปด้านล่าง

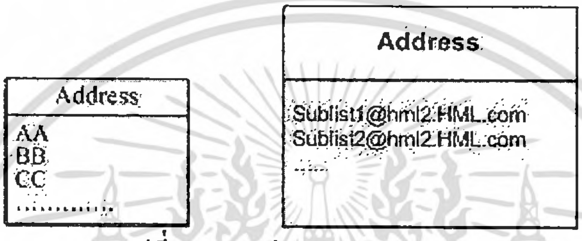
ส่วนประกอบภายใน Sublist Server ประกอบด้วย Sublist Gateway, Distributor และ Proxy Server ทำหน้าที่ดังนี้

- Sublist Gateway ทำหน้าที่รับและส่งผ่านจดหมายที่ผ่านเข้ามายังเซิร์ฟเวอร์ตามอัลกอริทึม
- Distributor ทำหน้าที่กระจายจดหมายไปยังสมาชิกที่อยู่ในลิสต์ตามที่อยู่
- Proxy Server ทำหน้าที่เก็บข้อมูลที่เป็นเนื้อจดหมายจริง ๆ แบบสมบูรณ์ไว้ชั่วคราวตามกำหนดเวลาที่ตั้งไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 องค์ประกอบภายในของ Sublist Server



รูปที่ 3.7 ตัวอย่างสมาชิกของ Sublist Server

ที่ Mailist Server และ Sublist Server จะมีอีเมลแอดเดรสเป็นของตนเองเครื่องละ 1 แอดเดรส ระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นจะจัดกลุ่มของเครือข่ายเดียวกันเข้าไว้เป็นสมาชิกที่เซิร์ฟเวอร์เดียวกัน และจัดกลุ่มของสมาชิกที่อยู่ในเครือข่ายใกล้เคียงกันไว้ตามตำแหน่งเซิร์ฟเวอร์ในโครงสร้าง ซึ่งอาจจะอยู่ในเซิร์ฟเวอร์ลำดับชั้นเดียวกันหรือลำดับชั้นถัดไปแล้วแต่ความเหมาะสม ทำให้เวลามีจดหมายเข้ามายังลิสต์ที่อยู่ในเครือข่าย แม้ว่าเครือข่ายนั้นจะอยู่คนละโซนแต่หากเป็นเครือข่ายที่อยู่ใกล้เคียงกันก็จัดให้อยู่ในลำดับชั้นเดียวกันได้ จดหมายก็จะถูกส่งไปยังเครือข่ายนั้นเพียงแค่ฉบับเดียวเท่านั้น เมื่อ MTA ได้รับจดหมายเรียบร้อยก็จะทำหน้าที่กระจายจดหมายให้ผู้รับที่เป็นสมาชิกอีกทอดหนึ่ง ดังนั้นแทนที่จะต้องทำสำเนาจดหมายถึงสมาชิกทุกคนในเครือข่ายที่ใกล้เคียงกัน ระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นจัดส่งจดหมายเพียงแค่ฉบับเดียวไปยังเครือข่ายนั้นแทน จากนั้น เซิร์ฟเวอร์จะทำหน้าที่กระจายจดหมายต่อให้สมาชิกของเครือข่ายใกล้เคียงที่เป็นสมาชิกของเซิร์ฟเวอร์อื่นในลำดับชั้นเดียวกันต่อไป เป็นการช่วยแบ่งเบาภาระงานของเครื่องเซิร์ฟเวอร์ส่วนกลางซึ่งเดิมต้องทำหน้าที่กระจายจดหมายไปยังสมาชิกทุกคนของระบบโดยไล่เรียงตามที่อยู่ของสมาชิกแต่ละคนไปเรื่อย ๆ จนครบ

3.2 การทำงานของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้น

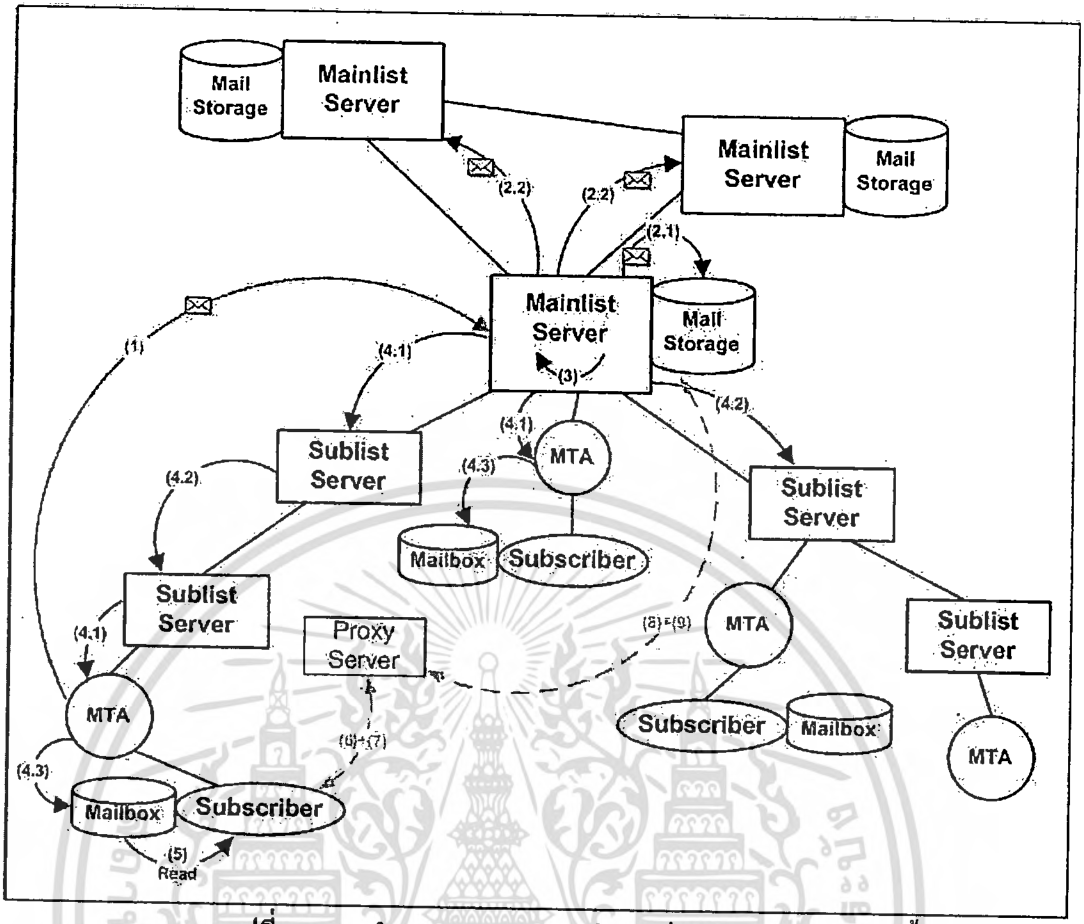
ระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นอาศัยหลักการจัดกลุ่มของ MTA ที่อยู่บนเครือข่ายเดียวกันหรืออยู่บนเครือข่ายใกล้เคียงกันและแบ่งออกเป็นกลุ่ม ๆ ในลักษณะลำดับชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากจัดโครงสร้างให้อยู่ในรูปแบบโครงสร้างลำดับชั้นเรียบร้อยแล้ว ทำการคอนฟิกเซิร์ฟเวอร์แต่ละเครื่องในระบบให้รู้จักเซิร์ฟเวอร์เครื่องอื่น ๆ ที่ถูกจัดให้อยู่ในลำดับชั้นถัดลงไปด้านล่างของเซิร์ฟเวอร์เครื่องนั้น ๆ สำหรับส่งจดหมายตามโครงสร้างของระบบ เมื่อเซิร์ฟเวอร์แต่ละเครื่องรู้จักกันแล้วจึงสามารถรับส่งจดหมายในแบบที่ต้องการได้

เซิร์ฟเวอร์ที่ทำหน้าที่เป็นรูท (Mainlist Server) ของเครือข่ายนอกจากจะทำหน้าที่รับ-ส่งจดหมายที่ผ่านเข้าออกตามปกติแล้วยังต้องติดตั้งโปรแกรมสำหรับแปลงเนื้อความแบบสมบูรณ์ (Full Mail) ทั้งหมดของจดหมายแต่ละฉบับที่ถูกส่งเข้ามาในระบบเมลลิงลิสต์ให้เป็นจดหมายแบบย่อ (Short Mail) ที่จะมีเพียง URL (บอกตำแหน่งที่อยู่ที่เก็บเนื้อความแบบสมบูรณ์ของจดหมายที่ถูกส่งเข้ามาเท่านั้น) และเตรียมเนื้อที่ความจุของฮาร์ดดิสก์ (Mail Storage) ไว้สำหรับเก็บ full mail ทั้งหมดของจดหมายที่ถูกส่งเข้ามายังระบบเมลลิงลิสต์ด้วย ส่วนเซิร์ฟเวอร์ในเครือข่ายที่ไม่ใช่รูท (Sublist Server) ทำหน้าที่รับ-ส่งจดหมายตามกลไกของการคอนฟิกปกติ (ไม่ต้องทำหน้าที่แปลงจดหมายและไม่ต้องเก็บจดหมายเอาไว้) แต่ที่ Sublist Server แต่ละตัวจะมีพร็อกซี่เซิร์ฟเวอร์ทำหน้าที่เก็บล็อกไฟล์ของ full mail ที่ถูกส่งมาหาสมาชิกเพื่อความรวดเร็วในการอ่านจดหมายของสมาชิกในระบบ เนื่องจากระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นจะจัดเก็บ full mail ไว้ที่รูทของเครือข่ายแห่งเดียวเท่านั้น เมื่อผู้ใช้ต้องการอ่านเนื้อความทั้งหมดของจดหมาย ระบบจะทำการหาเนื้อความที่ต้องการนั้นจากพร็อกซี่เซิร์ฟเวอร์ก่อน ถ้าพบแล้วก็นำไปแสดงให้สมาชิกทันที แต่ถ้าไม่พบเนื้อความดังกล่าวก็ต้องมาดึง full mail จาก mail storage ที่รูทไปแสดงให้สมาชิกอ่าน ซึ่งเทคนิคการดึงจดหมายไปให้สมาชิกอาศัยหลักการของพร็อกซี่เซิร์ฟเวอร์เข้ามาช่วยเพิ่มความรวดเร็วในการดึงเนื้อความของจดหมายทั้งหมดอีกทอดหนึ่ง ที่ต้องอาศัยเทคนิคนี้เพราะระบบเมลลิงลิสต์ย่อมมีสมาชิกจำนวนมากมายกระจายอยู่ทั่วโลกและเนื้อความของจดหมายแบบ short mail ที่สมาชิกแต่ละคนได้รับไปนั้นเป็นเพียงแค่ URL กับหัวเรื่องเล็กน้อย โดยส่วนใหญ่แล้วระบบเมลลิงลิสต์ที่มีสมาชิกเป็นจำนวนมากต้องมีการอ่านจดหมายมากตามจำนวนของสมาชิกด้วย จดหมายที่ถูกส่งต่อมาให้กับสมาชิกก็อาจจะถูกสมาชิกคนอื่น ๆ ที่สนใจเปิดอ่านด้วยเช่นกัน ถ้าสมาชิกคนใดคนหนึ่งเคยเรียกอ่าน full mail ของจดหมายฉบับใดแล้ว ข้อมูลนั้นจะถูกจัดเก็บไว้ในแคชของพร็อกซี่เสมอ เมื่อมีสมาชิกคนอื่นในเครือข่ายเดียวกันเรียกอ่าน full mail ของจดหมายฉบับนั้นซ้ำ พร็อกซี่จะดึงเอา full mail ที่เก็บอยู่ในแคชมาให้แทน เกิดความรวดเร็วในการร้องขออย่างเห็นได้ชัดทันที ดังนั้นจึงเป็นการลดความหนาแน่นของการจราจรบนเครือข่ายและเกิดความรวดเร็วในการรับส่งข้อมูลระหว่างเซิร์ฟเวอร์กับสมาชิกของระบบด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 การทำงานของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้น

ระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นมีหลักการทำงานเป็นขั้นตอนที่แน่นอน ทำให้การทำงานเป็นไปอย่างเรียบร้อย กลไกขั้นตอนการทำงานต่าง ๆ ของระบบทั้งการรับจดหมายและส่งจดหมายจะเกิดขึ้นที่ Server ของระบบเท่านั้น (ทั้ง Mainlist Server และ Sublist Server) มีการทำงานคร่าว ๆ ดังนี้

ขั้นตอนที่ (1) เมื่อ MTA ได้รับจดหมายก็จะตรวจสอบที่อยู่ของผู้รับในจดหมายว่ามีอยู่จริงหรือไม่ตาม Mail Exchange : MX Record ของโปรโตคอล SMTP port 25 โดยตรวจสอบจากส่วนหัวของจดหมาย (Header FROM: และ TO:) เท่านั้น ถ้าไม่มีรายชื่อที่ระบุอยู่จริงแล้วจดหมายนี้ก็จะถูกส่งกลับไปยังผู้ส่งทันทีพร้อมทั้งแจ้งเหตุผลแนบไปกับจดหมายนั้นด้วย แต่ถ้าหากรายชื่อของผู้รับมีอยู่จริงในบัญชีรายชื่อแต่ไม่ได้ส่งให้ระบบเมลลิงลิสต์ MTA ก็จะทำการส่งจดหมายฉบับนั้นให้แก่ผู้รับที่ระบุไว้ด้วยกลไกการส่งจดหมายอิเล็คทรอนิกส์ตามปกติ แต่ถ้าหากจดหมายฉบับนั้นระบุว่าส่งถึงระบบเมลลิงลิสต์แล้ว MTA จะทำการส่งจดหมายไปยัง Mainlist Server ผ่านทาง SMTP port 25

ขั้นตอนที่ (2.1) เก็บ full mail ฉบับนั้น ๆ ลง mail storage

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ (2.2) ส่ง full mail ฉบับนั้น ๆ ให้ Mainlist Server ตัวอื่นที่เชื่อมต่ออยู่และมีที่อยู่เก็บไว้ในรายการ

ขั้นตอนที่ (3) แปลง full mail ให้เป็น short mail

ขั้นตอนที่ (4.1) ส่ง short mail ให้กับ MTA ที่เป็นสมาชิกของเซิร์ฟเวอร์ที่เชื่อมต่ออยู่และมีที่อยู่เก็บไว้ในรายการ

ขั้นตอนที่ (4.2) ส่ง short mail ให้กับ Sublist Server ที่เป็นสมาชิกของเซิร์ฟเวอร์ที่เชื่อมต่ออยู่และมีที่อยู่เก็บไว้ในรายการ

ขั้นตอนที่ (4.3) MTA ส่งจดหมายให้กับสมาชิกที่ mailbox ของสมาชิกแต่ละคน

ขั้นตอนที่ (5) สมาชิกเรียกจดหมายจาก mailbox ขึ้นมาอ่านด้วยโปรแกรมผ่านโปรโตคอล POP/IMAP

ขั้นตอนที่ (6) สมาชิกต้องการอ่าน full mail จึงคลิ๊กที่ลิงค์ของจดหมายฉบับนั้น ๆ เป็นการร้องขออ่าน full mail ผ่านพร๊อกซี่เซิร์ฟเวอร์

ขั้นตอนที่ (7) พร๊อกซี่เซิร์ฟเวอร์ส่ง full mail ให้สมาชิก

ขั้นตอนที่ (8) พร๊อกซี่เซิร์ฟเวอร์หา full mail ฉบับนั้น ๆ ไม่พบ จึงส่งการร้องขอไปยัง Mainlist Server

ขั้นตอนที่ (9) Mainlist Server ส่ง full mail จาก mail storage ให้แก่พร๊อกซี่เซิร์ฟเวอร์ที่ร้องขอมา

จากรูปที่ 3.8 การทำงานของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นสามารถแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ขั้นตอนหลัก ๆ ดังนี้

- <u>กรณีมีจดหมายถูกส่งเข้ามาในระบบ</u>

1) เมื่อ Mainlist Server ได้รับจดหมายที่ถูกส่งเข้ามาแล้วก็ทำการตรวจสอบจดหมายตามอัลกอริทึม และเก็บ full mail นั้นในลักษณะของไฟล์ข้อมูลไว้ที่ mail storage 1 ชุด โดยตั้งชื่อไฟล์ให้เหมือนกับที่ระบุใน Message-ID Header และสำเนาของจดหมายฉบับนั้นแบบ full mail ส่งให้กับ Mainlist Sever ที่เชื่อมต่ออยู่และมีที่อยู่เก็บไว้ในรายการ

2) ต่อจากนั้น Mainlist Server จะทำการแปลง full mail ฉบับที่ได้รับมาให้เป็น Short mail โดยแปลงเนื้อความของจดหมายให้มี Access-Type เป็น URL และมี Content-Type เป็นแบบ Message/External Body บอกที่อยู่ full mail

3) Mainlist Server ส่ง short mail ให้ MTA และ Sublist Server ทั้งหมดที่เชื่อมต่ออยู่และมีที่อยู่เก็บไว้ในรายการ

4) เมื่อ Sublist Server ได้รับจดหมายแล้วจะเริ่มขั้นตอนการทำงานใหม่ตั้งแต่ข้อ 3) และ 4) ทำไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งจดหมายไปถึงสมาชิกทุกคนของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- <u>กรณีที่สมาชิกต้องการอ่านจดหมายของระบบ</u>

1) เมื่อสมาชิกใช้ได้รับจดหมายที่เมลลิงลิสต์จัดส่งให้แล้วเกิดความสนใจและต้องการอ่านรายละเอียดเนื้อความทั้งหมดของจดหมายฉบับนั้นก็ให้คลิ๊ก URL ที่แสดงใน short mail ที่ได้รับ เป็นการร้องขอ full mail ไปยังพร๊อกซี่เซิร์ฟเวอร์ผ่านโปรโตคอล HTTP ทางพอร์ตหมายเลข 80

2) พร๊อกซี่ค้นหา full mail ที่เก็บในแคชของเครื่องมาให้สมาชิกอ่าน

<u>พบ</u> แสดงว่าเนื้อความของจดหมายฉบับนี้เคยถูกเรียกอ่านจากสมาชิกคนอื่นที่มี MTA อยู่ที่ Sublist Server เดียวกัน

<u>ไม่พบ</u> แสดงว่า full mail ฉบับนี้ไม่เคยถูกเรียกอ่านจากสมาชิกที่มี MTA อยู่ที่ Sublist Server เดียวกันมาก่อนหรืออาจจะเคยถูกร้องขอมาก่อนหน้านี้นานมากแล้วทำให้ full mail ที่เก็บอยู่ในแคชนั้นหมดอายุลงหรืออาจจะถูก full mail ฉบับอื่นเข้ามาแทนที่ไปเสียแล้ว พร๊อกซี่จะทำการร้องขอ full mail ไปยัง Mainlist Server ที่ทำหน้าที่เป็นรูทของเครือข่ายนี้และมี full mail เก็บไว้ที่ mail storage เมื่อ Mainlist Server ส่ง full mail กลับมา full mail ฉบับนั้นจะถูกเก็บลงแคชของพร๊อกซี่

3) พร๊อกซี่เซิร์ฟเวอร์จะดึง full mail ที่เก็บอยู่ในแคชมาส่งให้แก่สมาชิกที่ร้องขอตามกลไกของพร๊อกซี่เซิร์ฟเวอร์

3.3 สมการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการทำงานของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้น

สมการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการทำงานของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นมีดังนี้

3.3.1 ข้อกำหนดเบื้องต้น

กำหนดให้

ML แทน Mainlist Server ของระบบ มีหน่วยเป็น เครื่อง

2 SL แทน Sublist Server ของระบบ มีหน่วยเป็น เครื่อง

3 U แทน สมาชิกของระบบ (Subscriber) มีหน่วยเป็น คน

4 P แทน พร๊อกซี่เซิร์ฟเวอร์ของระบบ มีหน่วยเป็น เครื่อง

N_P แทน จำนวนพร๊อกซี่เซิร์ฟเวอร์ทั้งหมดของระบบ มีหน่วยเป็น เครื่องต่อระบบทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5 N_{ML} แทน จำนวนของ Mainlist Server ทั้งหมดของระบบ มีหน่วยเป็น เครื่องต่อระบบทั้งหมด (มีค่าอย่างน้อยเป็น 1)

6 N_{SL} แทน จำนวนของ Sublist Server ทั้งหมดของระบบ มีหน่วยเป็น เครื่องต่อระบบทั้งหมด

N_{SLij} แทน จำนวน Sublist Server ทั้งหมดในลำดับชั้นที่ j ของ Mainlist Server เครื่องที่ i มีหน่วยเป็น เครื่องต่อระบบทั้งหมด

7 N_S แทน จำนวนเซิร์ฟเวอร์ทั้งหมดของระบบ (Mainlist Server และ Sublist Server รวมกันทั้งหมด) มีหน่วยเป็น เครื่องต่อระบบทั้งหมด

NL_i แทน จำนวนลำดับชั้นของ Mainlist Server เครื่องที่ i มีหน่วยเป็น ชั้น

$$N_S = N_{ML} + \sum_{i=1}^{N_{ML}} \sum_{j=1}^{N_{L_i}} N_{SL_{ij}} \tag{3.1}$$

N_{MTAijk} แทน จำนวน MTA ทั้งหมดของเซิร์ฟเวอร์เครื่องที่ k ในลำดับชั้นที่ j ของ Mainlist Server เครื่องที่ i มีหน่วยเป็น เครื่องต่อเซิร์ฟเวอร์

N_{MTA} แทน จำนวน MTA ทั้งหมดของระบบ มีหน่วยเป็น เครื่องต่อระบบทั้งหมด

$$N_{MTA} = \sum_{i=1}^{N_{ML}} \sum_{j=1}^{N_{L_i}} \sum_{k=1}^{N_{SL_{ij}}} N_{MTA_{ijk}} \tag{3.2}$$

N_U แทน จำนวนสมาชิกทั้งหมดของระบบ มีหน่วยเป็น คนต่อระบบทั้งหมด

NU_{ijkl} แทน จำนวนสมาชิกทั้งหมดของ MTA เครื่องที่ l ของเซิร์ฟเวอร์เครื่องที่ k ในลำดับชั้นที่ j ของ Mainlist Server เครื่องที่ i มีหน่วยเป็น คนต่อเครื่อง

$$N_U = \sum_{i=1}^{N_{ML}} \sum_{j=1}^{N_{Li}} \sum_{k=1}^{N_{SLij}} \sum_{l=1}^{N_{MTAijk}} NU_{ijkl} \tag{3.3}$$

N_{MF} แทน จำนวนของจดหมายแบบ full mail ทั้งหมดที่ถูกส่งเข้ามาในระบบ มีหน่วยเป็น ฉบับต่อระบบทั้งหมด

N_{MC} แทน จำนวนของจดหมายแบบ short mail ทั้งหมดที่ส่งไปยังสมาชิกของระบบ มีหน่วยเป็น ฉบับต่อระบบทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

N_R แทน จำนวนการร้องขออ่าน full mail ทั้งหมดของสมาชิกในระบบ มีหน่วยเป็น ฉบับต่อระบบทั้งหมด

BMF_X แทน ขนาดของจดหมายแบบ full mail ฉบับที่ x ที่ถูกส่งเข้ามาในระบบ มีหน่วยเป็นไบต์ต่อฉบับ

BMC_X แทน ขนาดของจดหมายแบบ short mail ฉบับที่ x ที่ส่งไปยังสมาชิกของระบบ มีหน่วยเป็น ไบต์ต่อฉบับ

BMR_X แทน ขนาดของจดหมายที่ร้องขอ full mail ฉบับที่ x ที่ส่งไปยังพร๊อกซี่เซิร์ฟเวอร์ของระบบ มีหน่วยเป็น ไบต์ต่อฉบับ

BMF_{avg} แทน ขนาดของจดหมายแบบ full mail เฉลี่ยต่อฉบับที่ถูกส่งเข้ามายังระบบ มีหน่วยเป็นไบต์ต่อระบบทั้งหมด

BMC_{avg} แทน ขนาดของจดหมายแบบ short mail เฉลี่ยต่อฉบับที่ส่งไปยังสมาชิกของระบบ มีหน่วยเป็น ไบต์ต่อระบบทั้งหมด

BMR_{avg} แทน ขนาดของจดหมายเฉลี่ยต่อฉบับที่ร้องขอ full mail ไปยังพร๊อกซี่เซิร์ฟเวอร์ของระบบ มีหน่วยเป็น ไบต์ต่อระบบทั้งหมด

$$BMF_{avg} = \frac{1}{N_{MF}} \sum_{X=1}^{N_{MF}} BMF_X \quad (3.4)$$

$$BMC_{avg} = \frac{1}{N_{MC}} \sum_{X=1}^{N_{MC}} BMC_X \quad (3.5)$$

$$BMR_{avg} = \frac{1}{N_R} \sum_{X=1}^{N_R} BMR_X \quad (3.6)$$

N_{MFq} แทน จำนวนของจดหมายแบบ full mail ทั้งหมดที่ถูกเก็บในพร๊อกซี่เซิร์ฟเวอร์เครื่องที่ q ของระบบ มีหน่วยเป็น ฉบับต่อระบบทั้งหมด

BMF_{Xq} แทน ขนาดของจดหมายแบบ full mail ฉบับที่ x ที่ถูกส่งจากพร๊อกซี่เซิร์ฟเวอร์เครื่องที่ q ของระบบ มีหน่วยเป็น ไบต์ต่อฉบับ

TH_X แทน เวลาที่ Mainlist Server ใช้ในการแปลงเฮดเดอร์ และเก็บ full mail ลง mail storage ของจดหมายฉบับที่ x มีหน่วยเป็น วินาที

TH_{avg} แทน เวลาเฉลี่ยต่อฉบับที่ Mainlist Server จำนวนหนึ่งเครื่องใช้ในการแปลงเฮดเดอร์ของจดหมายและเก็บ full mail ลง mail storage มีหน่วยเป็น วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$TH_{avg} = \frac{1}{N_{MF}} \sum_{X=1}^{N_{MF}} TH_X \quad (3.7)$$

C_{ij} แทน ค่าคงที่ของเฮดเดอร์ของจดหมายที่เพิ่มขึ้นเมื่อจดหมายฉบับนั้นถูกส่งผ่านSublist Server ทั้งหมดในลำดับชั้นที่ j และทุกชั้นของ Mainlist Server เครื่องที่ i มีหน่วยเป็น ไบต์ต่อฉบับ

C_{ijk} แทน ค่าคงที่ของเฮดเดอร์จดหมายที่เพิ่มเข้ามาเมื่อจดหมายฉบับนั้นถูกส่งผ่านเซิร์ฟเวอร์เครื่องที่ k ในลำดับชั้นที่ j ของ Mainlist Server เครื่องที่ i มีหน่วยเป็น ไบต์ต่อฉบับ

P แทน ความน่าจะเป็นของการพบ full mail ฉบับที่ร้องขอในแคชของพร๊อกซี่เซิร์ฟเวอร์

$BW_{Server(y-1)->y}$ แทน ความเร็วของสายสัญญาณ (Bandwidth) ระหว่างเซิร์ฟเวอร์ (ซึ่งอาจจะเป็น Mainlist Server หรือ Sublist Server ก็ได้) ที่ได้รับจดหมายก่อนหน้ากับเซิร์ฟเวอร์ที่ได้รับจดหมายนั้นตามเส้นทางโครงสร้างแบบลำดับชั้นของระบบ มีหน่วยเป็น บิตต่อวินาที (bps)

$BW_{MLi->MLa}$ แทน ความเร็วของสายสัญญาณ (Bandwidth) ระหว่าง Mainlist Server เครื่องที่ i กับ Mainlist Server เครื่องที่ a (ที่ไม่ใช่เครื่องที่ i) ที่ใช้รับส่งจดหมายในขณะนั้นของเครือข่าย (โดยที่เซิร์ฟเวอร์ที่ y=0 คือ เซิร์ฟเวอร์ที่เป็น Mainlist Server ที่รับจดหมายเข้ามายังระบบ) มีหน่วยเป็น บิตต่อวินาที (bps)

$BW_{MLi->SLijk}$ แทน ความเร็วของสายสัญญาณ (Bandwidth) ระหว่าง Sublist Server เครื่องที่ k ในลำดับชั้นที่ j ที่เป็นสมาชิกของ Mainlist Server เครื่องที่ i ที่ใช้รับส่งจดหมายในขณะนั้นของเครือข่าย มีหน่วยเป็น บิตต่อวินาที (bps)

$BW_{Serverijk->MTAijkl}$ แทน ความเร็วของสายสัญญาณ (Bandwidth) ระหว่างเซิร์ฟเวอร์ (ซึ่งอาจจะเป็น Mainlist Server หรือ Sublist Server ก็ได้) กับ MTA ที่เป็นสมาชิกของ Sublist Server เครื่องที่ k ในลำดับชั้นที่ j ของ Mainlist Server เครื่องที่ i ที่ใช้รับส่งจดหมายในขณะนั้นของเครือข่าย มีหน่วยเป็น บิตต่อวินาที (bps)

$BW_{U->MTA}$ แทน ความเร็วของสายสัญญาณ (Bandwidth) ระหว่าง MTA ที่เก็บ mailbox ของสมาชิกกับเครื่องที่สมาชิกใช้ดึงจดหมายในขณะนั้นของเครือข่าย มีหน่วยเป็น บิตต่อวินาที (bps)

$BW_{U->P}$ แทน ความเร็วของสายสัญญาณ (Bandwidth) ระหว่างพร๊อกซี่เซิร์ฟเวอร์กับเครื่องที่สมาชิกใช้ร้องขอจดหมายแบบ full mail ในขณะนั้นของเครือข่าย มีหน่วยเป็น บิตต่อวินาที (bps)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$BW_{P->ML}$ แทน ความเร็วของสายสัญญาณ (Bandwidth) ระหว่างพร๊อกซี่เซิร์ฟเวอร์ที่ร้องขอจดหมายแบบ full mail กับเครื่อง Mainlist Server เครื่องที่ i ของเครือข่าย มีหน่วยเป็น บิตต่อวินาที (bps)

3.3.2 สมการวิเคราะห์ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยทั้งหมดที่ถูกเก็บในระบบ

กำหนดให้

BS_{ML} แทน ผลรวมของขนาดจดหมายเฉลี่ยทุกฉบับที่เก็บอยู่ใน Mainlist Server ทุกเครื่องของระบบ มีหน่วยเป็น ไบต์ต่อระบบทั้งหมด

BS_{U} แทน ผลรวมของขนาดจดหมายเฉลี่ยทุกฉบับที่เก็บอยู่ใน mailbox ของสมาชิกทุกคนของระบบ มีหน่วยเป็น ไบต์ต่อระบบทั้งหมด

BS_{Cache} แทน ผลรวมของขนาดจดหมายเฉลี่ยทุกฉบับที่เก็บในแคชของพร๊อกซี่เซิร์ฟเวอร์ของระบบมีหน่วยเป็น ไบต์ต่อระบบทั้งหมด

BS_{HML} แทน ผลรวมของขนาดจดหมายเฉลี่ยทั้งหมดที่ถูกเก็บของทั้งระบบ มีหน่วยเป็น ไบต์ต่อระบบทั้งหมด

จะได้ว่า ผลรวมของขนาดจดหมายเฉลี่ยทุกฉบับที่เก็บอยู่ใน Mainlist Server ทุกเครื่องของระบบเท่ากับ

BS_{ML} = จำนวน Mainlist Server ทั้งหมดของระบบ **คูณด้วย** ผลรวมขนาดของจดหมายแบบ full mail เฉลี่ยจำนวน N_{MF} ฉบับที่ถูกส่งเข้ามายังระบบ

$$BS_{ML} = N_{ML} * \sum_{X=1}^{N_{MF}} BMF_X \quad (3.8)$$

จากสมการที่ (3.4) ดังนั้น

$$BS_{ML} = N_{ML} * N_{MF} * BMF_{avg} \quad (3.9)$$

จะได้ว่า ผลรวมของขนาดจดหมายเฉลี่ยทุกฉบับที่เก็บอยู่ใน mailbox ของสมาชิกทุกคนของระบบเท่ากับ

BS_{U} = จำนวนสมาชิกทุกคนในระบบ **คูณด้วย** ผลรวมขนาดจดหมายแบบ short mail เฉลี่ยจำนวน N_{MC} ฉบับที่ถูกส่งไปยังสมาชิกของระบบ **บวกด้วย** เฮดเดอร์ของจดหมายที่เพิ่มเข้ามาระหว่างที่จดหมายผ่านเซิร์ฟเวอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$BS_U = \sum_{i=1}^{N_{ML}} \sum_{j=1}^{N_{Li}} \sum_{k=1}^{N_{SLij}} \sum_{l=1}^{N_{MTAijk}} \left[NU_{ijkl} * \left(\sum_{X=1}^{N_{MC}} \left(BMC_X + C_{ijk} \right) \right) \right] \quad (3.10)$$

จากสมการที่ (3.5) ดังนั้น

$$BS_U = \sum_{i=1}^{N_{ML}} \sum_{j=1}^{N_{Li}} \sum_{k=1}^{N_{SLij}} \sum_{l=1}^{N_{MTAijk}} \left[NU_{ijkl} * N_{MC} * \left(BMC_{avg} + C_{ijk} \right) \right] \quad (3.11)$$

จะได้ว่า ผลรวมของขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยทุกฉบับที่เก็บในแคชของพร๊อกซี่เซิร์ฟเวอร์ของระบบ เท่ากับ

BS_{cache} = ผลรวมของขนาดจดหมายแบบ full mail เฉลี่ยจำนวน N_{MF} ฉบับที่ถูกเก็บในแคชของพร๊อกซี่เซิร์ฟเวอร์เครื่องที่ q ของระบบ

$$BS_{Cache} = \sum_{q=1}^{N_P} \sum_{x=1}^{N_{MFq}} BMF_{xq} \quad (3.12)$$

เพราะฉะนั้น ผลรวมของขนาดจดหมายเฉลี่ยทั้งหมดที่ถูกเก็บของทั้งระบบ เท่ากับ

BS_{HML} = ผลรวมของขนาดจดหมายทุกฉบับที่เก็บอยู่ใน Mail Storage ของ Mainlist Server ทุกเครื่องของระบบ **บวกกับ** ผลรวมของขนาดจดหมายทุกฉบับที่เก็บอยู่ใน mailbox ของสมาชิกทุกคนของระบบ **บวกกับ** ผลรวมขนาดจดหมายแบบ full mail เฉลี่ยจำนวน N_{MF} ฉบับที่ถูกเก็บในแคชของพร๊อกซี่เซิร์ฟเวอร์เครื่องที่ q ของระบบ

$$\begin{aligned} BS_{HML} &= BS_{ML} + BS_U + BS_{Cache} \\ &= \left(N_{ML} * N_{MF} * BMF_{avg} \right) \\ &\quad + \sum_{i=1}^{N_{ML}} \sum_{j=1}^{N_{Li}} \sum_{k=1}^{N_{SLij}} \sum_{l=1}^{N_{MTAijk}} \left[NU_{ijkl} * N_{MC} * \left(BMC_{avg} + C_{ijk} \right) \right] \quad (3.13) \\ &\quad + \sum_{q=1}^{N_P} \sum_{X=1}^{N_{MFq}} BMF_{Xq} \end{aligned}$$

3.3.3 สมการวิเคราะห์ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยทั้งหมดที่สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบ

กำหนดให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$BT_{MLi->MLa}$ แทน ผลรวมของขนาดจดหมายเฉลี่ยที่สื่อสารระหว่าง Mainlist Server เครื่องที่ i ไปยัง Mainlist Server เครื่องที่ a (ที่ไม่ใช่เครื่องที่ i) ผ่านเครือข่ายของระบบ มีหน่วยเป็น ไบต์ต่อระบบทั้งหมด

$BT_{MLi->SLijk}$ แทน ผลรวมของขนาดจดหมายเฉลี่ยที่สื่อสารระหว่าง Sublist Server เครื่องที่ k ในลำดับชั้นที่ j ที่เป็นสมาชิกของ Mainlist Server เครื่องที่ i ผ่านเครือข่ายของระบบ มีหน่วยเป็น ไบต์ต่อระบบทั้งหมด

$BT_{Serverijk->MTAijkl}$ แทน ผลรวมของขนาดจดหมายเฉลี่ยที่สื่อสารระหว่าง MTA ที่เป็นสมาชิกของ Sublist Server เครื่องที่ k ในลำดับชั้นที่ j ของ Mainlist Server เครื่องที่ i ผ่านเครือข่ายของระบบ มีหน่วยเป็น ไบต์ต่อระบบทั้งหมด

BT_{Cache} แทน ผลรวมของขนาดจดหมายเฉลี่ยต่อการร้องขอ full mail ที่สื่อสารระหว่างเครื่องของสมาชิกกับพร็อกซี่เซิร์ฟเวอร์ผ่านเครือข่ายของระบบ มีหน่วยเป็น ไบต์ต่อระบบทั้งหมด

BT_{HML} แทน ผลรวมของขนาดจดหมายเฉลี่ยที่สื่อสารผ่านเครือข่ายทั้งระบบ มีหน่วยเป็น ไบต์ต่อระบบทั้งหมด

จะได้ว่า ผลรวมของขนาดจดหมายเฉลี่ยที่สื่อสารระหว่าง Mainlist Server เครื่องที่ i ไปยัง Mainlist Server เครื่องที่ a (ที่ไม่ใช่เครื่องที่ i) ผ่านเครือข่ายของระบบ เท่ากับ

$BT_{MLi->MLa}$ = (จำนวน Mainlist Server ทั้งหมด) **ลบด้วย** (Mainlist Server ตัวมันเอง) **คูณกับ** (ผลรวมของขนาดจดหมายแบบ full mail เฉลี่ยจำนวน N_{MF} ฉบับที่ส่งเข้ามาในระบบ)

$$BT_{ML_i \to ML_a} = (N_{ML} - 1) * \sum_{X=1}^{N_{MF}} BMF_X \tag{3.14}$$

จากสมการที่ (3.4) ดังนั้น

$$BT_{ML_i \to ML_a} = (N_{ML} - 1) * N_{MF} * BMF_{avg} \tag{3.15}$$

จะได้ว่า ผลรวมของขนาดจดหมายเฉลี่ยที่สื่อสารระหว่าง Sublist Server ในลำดับชั้นที่ j ที่เป็นสมาชิกของ Mainlist Server เครื่องที่ i เท่ากับ

$BT_{MLi->Slij}$ = ผลรวมของขนาดจดหมายแบบ short mail จำนวน N_{MC} ฉบับ **รวมกับ** เฮดเดอร์ของจดหมายที่เพิ่มขึ้นที่สื่อสารระหว่าง Sublist Server ทั้งหมดในลำดับชั้นที่ j และทุกชั้นของ Mainlist Server เครื่องที่ i จนกระทั่งครบทุก Mainlist Server

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$BT_{ML_i \rightarrow SL_{ij}} = \sum_{i=1}^{N_{ML}} \sum_{j=1}^{N_{Lj}} \left[N_{SL_{ij}} * \sum_{X=1}^{N_{MC}} \left(BMC_X + C_{ij} \right) \right] \tag{3.16}$$

จากสมการที่ (3.5) ดังนั้น

$$BT_{ML_i \rightarrow SL_{ij}} = \sum_{i=1}^{N_{ML}} \sum_{j=1}^{N_{Lj}} \left[N_{SL_{ij}} * N_{MC} * \left(BMC_{avg} + C_{ij} \right) \right] \tag{3.17}$$

จะได้ว่า ผลรวมของขนาดจดหมายเฉลี่ยที่สื่อสารระหว่าง MTA ที่เป็นสมาชิกของ Sublist Server เครื่องที่ k ในลำดับชั้นที่ j ของ Mainlist Server เครื่องที่ i ผ่านเครือข่ายของระบบ เท่ากับ

$BT_{Serverijk \rightarrow MTAijk}$ = ผลรวมของขนาดจดหมายแบบ short mail จำนวน N_{MC} ฉบับ รวมกับ เฮดเดอร์ของจดหมายที่เพิ่มขึ้นที่สื่อสารระหว่าง MTA ทั้งหมดที่เป็นสมาชิกของ Sublist Server เครื่องที่ k ในลำดับชั้นที่ j และทุกชั้นของ Mainlist Server เครื่องที่ i จนกระทั่งครบทุก Mainlist Server

$$BT_{Server_{ijk} \rightarrow MTA_{ijk}} = \sum_{i=1}^{N_{ML}} \sum_{j=1}^{N_{Lj}} \sum_{k=1}^{N_{SLij}} \left[N_{MTA_{ijk}} \sum_{X=1}^{N_{MC}} \left(BMC_X + C_{ijk} \right) \right] \tag{3.18}$$

จากสมการที่ (3.5) ดังนั้น

$$BT_{Server_{ijk} \rightarrow MTA_{ijk}} = \sum_{i=1}^{N_{ML}} \sum_{j=1}^{N_{Lj}} \sum_{k=1}^{N_{SLij}} \left[N_{MTA_{ijk}} * N_{MC} * \left(BMC_{avg} + C_{ijk} \right) \right] \tag{3.19}$$

จะได้ว่า ผลรวมของขนาดจดหมายเฉลี่ยต่อการร้องขอ full mail ที่สื่อสารระหว่างเครื่องของสมาชิกกับพร๊อกซี่เซิร์ฟเวอร์ผ่านเครือข่ายของระบบ เท่ากับ

BT_{Cache} = [ความน่าจะเป็นที่จะพบ full mail ที่ร้องขอในแคชของพร๊อกซี่เซิร์ฟเวอร์ **คูณกับ** (ผลรวมของขนาดการร้องขอแต่ละฉบับที่สมาชิกส่งไปยังพร๊อกซี่เซิร์ฟเวอร์ **บวกกับ** ผลรวมของขนาดจดหมายแบบ full mail แต่ละฉบับที่พร๊อกซี่เซิร์ฟเวอร์ส่งกลับมาให้สมาชิกที่ร้องขอ)] **บวกกับ** [ความน่าจะเป็นที่จะไม่พบ full mail ที่ร้องขอในแคชของพร๊อกซี่เซิร์ฟเวอร์ **คูณกับ** 2 เท่าของ(ผลรวมของขนาดการร้องขอแต่ละฉบับที่สมาชิกส่งไปยังพร๊อกซี่เซิร์ฟเวอร์ + ผลรวมของขนาดจดหมายแบบ full mail แต่ละฉบับที่พร๊อกซี่เซิร์ฟเวอร์ส่งกลับมาให้สมาชิกที่ร้องขอ)]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ ที่ต้องคิด 2 เท่า เพราะหากไม่พบ full mail ในแคช พร๊อกซี่เซิร์ฟเวอร์ต้องร้องขอไปยัง Mainlist Server อีกครั้งหนึ่ง

$$BT_{Cache} = P*\left[\sum_{X=1}^{N_R} BMR_X + \sum_{X=1}^{N_R} BMF_X\right] + \left[(1-P)*2\left(\sum_{X=1}^{N_R} BMR_X + \sum_{X=1}^{N_R} BMF_X\right)\right] \quad (3.20)$$

จากสมการที่ (3.4) และ (3.6) ดังนั้น

$$BT_{Cache} = P*\left[N_R*\left(BMR_{avg} + BMF_{avg}\right)\right] + \left[(1-P_1)*2\left(N_R*\left(BMR_{avg} + BMF_{avg}\right)\right)\right] \quad (3.21)$$

เพราะฉะนั้น ผลรวมของขนาดจดหมายเฉลี่ยที่สื่อสารผ่านเครือข่ายทั้งระบบ เท่ากับ ผลรวมขนาดจดหมายเฉลี่ยที่สื่อสารระหว่าง Mainlist Server เครื่องที่ i ไปยัง Mainlist Server เครื่องที่ a (ที่ไม่ใช่เครื่องที่ i) ผ่านเครือข่ายของระบบ **บวกกับ** ผลรวมของขนาดจดหมายเฉลี่ยที่สื่อสารระหว่าง Sublist Server ในลำดับชั้นที่ j ที่เป็นสมาชิกของ Mainlist Server เครื่องที่ i ผ่านเครือข่ายของระบบ **บวกกับ** ผลรวมของขนาดจดหมายเฉลี่ยที่สื่อสารระหว่าง MTA ที่เป็นสมาชิกของ Sublist Server เครื่องที่ k ในลำดับชั้นที่ j ของ Mainlist Server เครื่องที่ i ผ่านเครือข่ายของระบบ **บวกกับ** ผลรวมของขนาดจดหมายเฉลี่ยต่อการร้องขอ full mail ที่สื่อสารระหว่างเครื่องของสมาชิกกับพร๊อกซี่เซิร์ฟเวอร์ผ่านเครือข่ายของระบบ

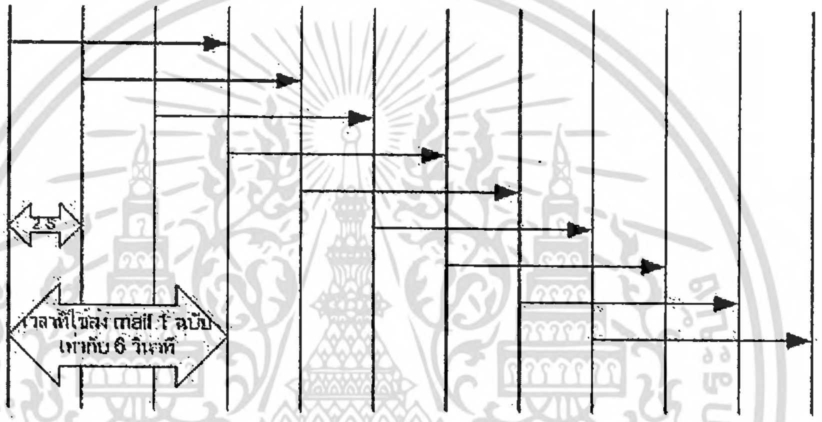
$$\begin{aligned} BT_{HML} &= BT_{ML_i \to ML_a} + BT_{ML_i \to SL_{ij}} + BT_{Server_k \to MTA_{ijk}} + BT_{Cache} \\ &= N_{MF}*(N_{ML}-1)*BMF_{avg} \\ &+ \sum_{i=1}^{N_{ML}}\sum_{j=1}^{N_{L_j}}\left[N_{SL_{ij}}*N_{MC}*\left(BMC_{avg}+C_{ij}\right)\right] \\ &+ \sum_{i=1}^{N_{ML}}\sum_{j=1}^{N_{L_j}}\sum_{k=1}^{N_{SL_{ij}}}\left[N_{MTA_{ijk}}*N_{MC}*\left(BMC_{avg}+C_{ijk}\right)\right] \\ &+ P*\left[N_R*\left(BMR_{avg}+BMF_{avg}\right)\right] + \left[(1-P)*2\left(N_R*\left(BMR_{avg}+BMF_{avg}\right)\right)\right] \end{aligned} \quad (3.22)$$

3.3.4 สมการวิเคราะห์เวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการส่งจดหมายไปยังสมาชิกทุกคนของระบบ

เวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ส่งจดหมายไปยังสมาชิกทุกคนของระบบ เป็นเวลาที่เกิดจากการส่งจดหมายแบบต่อเนื่องกัน เมื่อจดหมายถูกส่งออกจากเครื่องเซิร์ฟเวอร์แล้ว จดหมายจะถูกส่งต่อไปให้เครื่องปลายทางแต่ละเครื่อง นับเวลาตั้งแต่เริ่มส่งจดหมายจนกระทั่งเครื่องปลายทางเครื่องสุดท้ายได้รับจดหมาย จากการพิจารณาจะเห็นว่า ระบบใช้เวลาในการส่งที่เลื่อมล้ำ (Pipeline) กันอยู่ตามกลไกของระบบการส่งจดหมาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นเวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ส่งจดหมายไปยังสมาชิกทุกคนของระบบ สามารถหาได้จากผลรวมของเวลาเฉลี่ยที่มากที่สุด (Worst Case) นับตั้งแต่เริ่มส่งจดหมายฉบับแรกไปจนกระทั่งสมาชิกทุกคนได้รับจดหมายครบทุกฉบับ คิดจาก จำนวนจดหมายที่เข้ามาในระบบและช่วงเวลาระยะห่างของการส่งจดหมายแต่ละฉบับ รวมทั้งช่วงเวลาที่มีจดหมายถูกส่งแบบเลื่อมล้ำกันเป็นจำนวนเท่าใด ยกตัวอย่างดังรูปที่ 3.9 กำหนดให้ มีจดหมายถูกส่งจากเซิร์ฟเวอร์ทั้งหมด 9 ฉบับ จดหมายแต่ละฉบับมีขนาดเท่ากันและใช้เวลาส่งห่างกัน 2 วินาที เวลาเฉลี่ยที่เซิร์ฟเวอร์ใช้ในการส่งจดหมาย 1 ฉบับถึงสมาชิกในระบบ 6 วินาที จะได้ว่า ในช่วงเวลา 2 วินาทีมีจดหมายสูงสุด 6/2 = 3 ฉบับที่ถูกส่งพร้อมกันได้



รูปที่ 3.9 ตัวอย่างการส่งจดหมายของระบบตามช่วงเวลา

จากกราฟสามารถหาสมการที่ใช้คำนวณเวลาได้ ดังนี้

ช่วงเวลาระยะห่างของการส่งจดหมายแต่ละฉบับของเซิร์ฟเวอร์ **คูณกับ** (จำนวนจดหมายทั้งหมดที่ต้องส่ง **ลบ** (จำนวนจดหมายสูงสุดที่ส่งได้ของช่วงเวลาระยะห่าง - 1)) **บวกด้วย** จำนวนจดหมายทั้งหมดที่ต้องส่ง **คูณกับ** สองเท่าของ (จำนวนจดหมายสูงสุดที่ส่งได้ของช่วงเวลาระยะห่าง -1))

กำหนดให้

$T_{pipline}$ แทน เวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ส่งจดหมายไปยังสมาชิกทุกคนของระบบ มีหน่วยเป็น วินาที

T_{period} แทน ช่วงเวลาเฉลี่ยที่เซิร์ฟเวอร์ใช้ในการส่งจดหมายแต่ละฉบับห่างกันเท่าใด มีหน่วยเป็น วินาที

N_M แทน จำนวนจดหมายทั้งหมดที่เซิรฟเวอร์ต้องส่ง มีหน่วยเป็น ฉบับ

N_H แทน จำนวนจดหมายสูงสุดที่ส่งได้ระหว่างช่วงเวลาของระยะห่างของการส่งจดหมายแต่ละฉบับ มีหน่วยเป็น วินาที

จากสมการข้างต้น จะได้ว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$T_{pipeline} = T_{period}\left(N_M - (N_H - 1)\right) + T_{period}\left(2 * (N_H - 1)\right) \quad (3.23)$$

กำหนดให้

T_{Header} แทน ผลรวมของเวลาเฉลี่ยที่ Mainlist Server ใช้ในการแปลงเฮดเดอร์ของจดหมายแบบ full mail เป็น short mail และเก็บ full mail ลง mail storage มีหน่วยเป็น วินาที

$T_{MLi->MLa}$ แทน ผลรวมของเวลาเฉลี่ยมากที่สุดที่ใช้ส่งจดหมายระหว่าง Mainlist Server เครื่องที่ i ไปยัง Mainlist Server เครื่องที่ a (ที่ไม่ใช่เครื่องที่ i) ผ่านเครือข่ายของระบบที่ขนาดแบนด์วิธ $BW_{ML->ML}$ มีหน่วยเป็น วินาที

$T_{MLi->SLij}$ แทน ผลรวมของเวลาเฉลี่ยมากที่สุดที่ใช้ส่งจดหมายระหว่าง Sublist Server ในลำดับชั้นที่ j ที่เป็นสมาชิกของ Mainlist Server เครื่องที่ i ผ่านเครือข่ายของระบบที่ขนาดแบนด์วิธ $BW_{MLi->SLij}$ มีหน่วยเป็น วินาที

$T_{Serverk->MTAijk}$ แทน ผลรวมของเวลาเฉลี่ยที่ใช้ส่งจดหมายระหว่าง MTA ที่เป็นสมาชิกของ Sublist Server เครื่องที่ k ในลำดับชั้นที่ j ของ Mainlist Server เครื่องที่ i ผ่านเครือข่ายของระบบที่ขนาดแบนด์วิธ $BW_{Serverk->MTAijk}$ มีหน่วยเป็น วินาที

$T_{MTAl->Uijkl}$ แทน ผลรวมของเวลาเฉลี่ยที่ใช้ส่งจดหมายระหว่างสมาชิกของ MTA เครื่องที่ l ที่เป็นสมาชิกของ Sublist Server เครื่องที่ k ในลำดับชั้นที่ j ของ Mainlist Server เครื่องที่ i ผ่านเครือข่ายของระบบที่ขนาดแบนด์วิธ $BW_{MTAl->Uijkl}$ มีหน่วยเป็น วินาที

T_{HML_send} แทน เวลาเฉลี่ยมากที่สุดที่ใช้ส่งจดหมายถึงสมาชิกของระบบ มีหน่วยเป็น วินาที

จะได้ว่า ผลรวมของเวลาเฉลี่ยที่ Mainlist Server แต่ละเครื่องใช้ในการแปลงเฮดเดอร์ของจดหมายแบบ full mail เป็น short mail และเก็บ full mail ลง mail storage เท่ากับ

T_{Header} = จำนวน Mainlist Server ทั้งหมดของระบบ คูณกับ ผลรวมของเวลาที่ใช้แปลงเฮดเดอร์ของจดหมายแบบ full mail เป็น short mail และเก็บ full mail ลง mail storage

$$T_{Header} = N_{ML} * \sum_{X=1}^{N_{MF}} TH_X \quad (3.24)$$

จากสมการที่ (3.7) ดังนั้น

$$T_{Header} = N_{ML} * N_{MF} * TH_{avg} \quad (3.25)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะได้ว่า ผลรวมของเวลาเฉลี่ยที่ Mainlist Server เครื่องที่ i ใช้ส่ง full mail ไปยัง Mainlist Server เครื่องที่ a (ที่ไม่ใช่เครื่องที่ i) ของระบบที่ขนาดแบนด์วิธเป็น $BW_{ML\text{->}ML}$ เท่ากับ

$T_{MLi\text{->}MLa}$ = ผลรวมของขนาดจดหมายเฉลี่ยที่สื่อสารระหว่าง Mainlist Server เครื่องที่ i ไปยัง Mainlist Server เครื่องที่ a (ที่ไม่ใช่เครื่องที่ i) ผ่านเครือข่ายของระบบ หารด้วยขนาดแบนด์วิธระหว่าง Mainlist Server เครื่องที่ i กับ Mainlist Server ตัวอื่น ๆ (ที่ไม่ใช่เครื่องที่ i) ที่ใช้รับส่งจดหมายในขณะนั้น

จากสมการที่ (3.15) และ (3.23) ดังนั้น

$$T_{ML_i \to ML_a} = T_{period}\left[N_{MF} - \left(\frac{\dfrac{N_{MF} * (N_{ML}-1) * BMF_{avg}}{BW_{ML_i \to ML_a}}}{T_{period}} - 1\right)\right] + T_{period}\left[2\left(\frac{\dfrac{N_{MF} * (N_{ML}-1) * BMF_{avg}}{BW_{ML_i \to ML_a}}}{T_{period}} - 1\right)\right] \quad (3.26)$$

จะได้ว่า ผลรวมของเวลาเฉลี่ยที่ใช้ส่งจดหมายระหว่าง Sublist Server ในลำดับชั้นที่ j ที่เป็นสมาชิกของ Mainlist Server เครื่องที่ i ผ่านเครือข่ายของระบบที่ขนาดแบนด์วิธ $BW_{ML\text{->}SL}$ เท่ากับ

$T_{MLi\text{->}SLij}$ = ผลรวมของขนาดจดหมายแบบ short mail จำนวน N_{MC} ฉบับรวมกับเฮดเดอร์ของจดหมายที่เพิ่มขึ้นที่สื่อสารระหว่าง Sublist Server ทั้งหมดในลำดับชั้นที่ j และทุกชั้นของ Mainlist Server เครื่องที่ i จนกระทั่งครบทุก Mainlist Server หารด้วยแบนด์วิธระหว่าง Sublist Server ในลำดับชั้นที่ j ที่เป็นสมาชิกของ Mainlist Server เครื่องที่ i ที่ใช้รับส่งจดหมายในขณะนั้น

จากสมการที่ (3.17) และ (3.23) จะได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$T_{ML_i \to SL_{ij}} = T_{period}\left[N_{MC} - \left(\frac{\sum_{i=1}^{N_{ML}}\sum_{j=1}^{N_{Lj}}\left[\frac{N_{SL_{ij}} * N_{MC} * \left(BMC_{avg} + C_{ij}\right)}{BW_{ML_i \to SL_{ij}}}\right]}{T_{period}} - 1\right)\right] + T_{period}\left[2\left(\frac{\sum_{i=1}^{N_{ML}}\sum_{j=1}^{N_{Lj}}\left[\frac{N_{SL_{ij}} * N_{MC} * \left(BMC_{avg} + C_{ij}\right)}{BW_{ML_i \to SL_{ij}}}\right]}{T_{period}} - 1\right)\right] \quad (3.27)$$

จะได้ว่า ผลรวมของเวลาเฉลี่ยที่ใช้ส่งจดหมายระหว่าง MTA ที่เป็นสมาชิกของ Sublist Server เครื่องที่ k ในลำดับชั้นที่ j ของ Mainlist Server เครื่องที่ i ผ่านเครือข่ายของระบบที่ขนาดแบนด์วิธ $BW_{Server\text{->}MTA}$ เท่ากับ

$T_{Serverk\text{->}MTAijk}$ = ผลรวมของขนาดจดหมายเฉลี่ยที่สื่อสารระหว่าง MTA ที่เป็นสมาชิกของ Sublist Server เครื่องที่ k ในลำดับชั้นที่ j ของ Mainlist Server เครื่องที่ i ผ่านเครือข่ายของระบบ **หารด้วย** แบนด์วิธระหว่าง MTA ที่เป็นสมาชิกของ Sublist Server เครื่องที่ k ในลำดับชั้นที่ j ของ Mainlist Server เครื่องที่ i ที่ใช้รับส่งจดหมายในขณะนั้น

จากสมการที่ (3.19) และ (3.23) จะได้

$$T_{Server_{ijk} \to MTA_{ijk}} = T_{period}\left[N_{MC} - \left(\frac{Y}{T_{period}} - 1\right)\right] + T_{period}\left[2\left(\frac{Y}{T_{period}} - 1\right)\right] \quad (3.28)$$

เมื่อ $$Y = \sum_{i=1}^{N_{ML}}\sum_{j=1}^{N_{Lj}}\sum_{k=1}^{N_{SLij}}\left[\frac{N_{MTA_{ijk}} * N_{MC} * \left(BMC_{avg} + C_{ijk}\right)}{BW_{Server_{ijk} \to MTA_{ijk}}}\right]$$

จะได้ว่า ผลรวมของเวลาเฉลี่ยที่ใช้ส่งจดหมายระหว่างสมาชิกของ MTA เครื่องที่ l ที่เป็นสมาชิกของ Sublist Server เครื่องที่ k ในลำดับชั้นที่ j ของ Mainlist Server เครื่องที่ i ผ่านเครือข่ายของระบบที่ขนาดแบนด์วิธ $BW_{MTAl\text{->}Uijkl}$ เท่ากับ

$T_{MTAl\text{->}Uijkl}$ = ผลรวมของขนาดจดหมายเฉลี่ยที่สื่อสารระหว่าง MTA ที่เป็นสมาชิกของ Sublist Server เครื่องที่ k ในลำดับชั้นที่ j ของ Mainlist Server เครื่องที่ i ผ่านเครือข่ายของระบบ **หารด้วย** แบนด์วิธระหว่าง MTA ที่เป็นสมาชิกของ Sublist

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Server เครื่องที่ k ในลำดับชั้นที่ j ของ Mainlist Server เครื่องที่ i ที่ใช้รับส่งจดหมายในขณะนั้น

จากสมการที่ (3.23) จะได้

$$T_{MTA_l \to U_{ijkl}} = T_{period}\left[N_{MC} - \left(\left(\frac{Z}{T_{period}}\right) - 1\right)\right] + T_{period}\left[2\left(\left(\frac{Z}{T_{period}}\right) - 1\right)\right] \quad (3.29)$$

เมื่อ $Z = \sum_{i=1}^{N_{ML}} \sum_{j=1}^{N_{L_j}} \sum_{k=1}^{N_{SL_{ij}}} \sum_{l=1}^{N_{MTA_{ijkl}}} \left[\frac{N_{U_{ijkl}} * N_{MC} * \left(BMC_{avg} + C_{ijk}\right)}{BW_{Server_{ijk} \to MTA_{ijk}}}\right]$

เพราะฉะนั้น ผลรวมของเวลาเฉลี่ยมากที่สุดที่ใช้ส่งจดหมายถึงสมาชิกทุกคนของระบบ **เท่ากับ** ผลรวมของเวลาเฉลี่ยที่ Mainlist Server ใช้ในการแปลงเฮดเดอร์ของจดหมายแบบ full mail เป็น short mail และเก็บ full mail ลง mail storage **บวกกับ** ผลรวมของเวลาเฉลี่ยมากที่สุดที่ใช้ส่งจดหมายระหว่าง Mainlist Server เครื่องที่ i ไปยัง Mainlist Server เครื่องที่ a (ที่ไม่ใช่เครื่องที่ i) ผ่านเครือข่ายของระบบที่ขนาดแบนด์วิธ $BW_{ML\text{->}ML}$ **บวกกับ** ผลรวมของเวลาเฉลี่ยมากที่สุดที่ใช้ส่งจดหมายระหว่าง Sublist Server ในลำดับชั้นที่ j ที่เป็นสมาชิกของ Mainlist Server เครื่องที่ i ผ่านเครือข่ายของระบบที่ขนาดแบนด์วิธ $BW_{MLi\text{->}SLij}$ **บวกกับ** ผลรวมของเวลาเฉลี่ยที่ใช้ส่งจดหมายระหว่าง MTA ที่เป็นสมาชิกของ Sublist Server เครื่องที่ k ในลำดับชั้นที่ j ของ Mainlist Server เครื่องที่ i ผ่านเครือข่ายของระบบที่ขนาดแบนด์วิธ $BW_{Serverk\text{->}MTAijk}$

$$\begin{aligned} T_{HML_send} = {} & N_{ML} * N_{MF} * TH_{avg} \\ & + T_{period}\left[N_{MF} - \left(\frac{R}{T_{period}} - 1\right)\right] + T_{period}\left[2\left(\frac{R}{T_{period}} - 1\right)\right] \\ & + T_{period}\left[N_{MC} - \left(\left(\frac{S}{T_{period}}\right) - 1\right)\right] + T_{period}\left[2\left(\left(\frac{S}{T_{period}}\right) - 1\right)\right] \\ & + T_{period}\left[N_{MC} - \left(\left(\frac{T}{T_{period}}\right) - 1\right)\right] + T_{period}\left[2\left(\left(\frac{T}{T_{period}}\right) - 1\right)\right] \\ & + T_{period}\left[N_{MC} - \left(\left(\frac{U}{T_{period}}\right) - 1\right)\right] + T_{period}\left[2\left(\left(\frac{U}{T_{period}}\right) - 1\right)\right] \end{aligned} \quad (3.30)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ

$$R = \frac{N_{MF} * (N_{ML} - 1) * BMF_{avg}}{BW_{ML_i \to ML_a}}$$

$$S = \sum_{i=1}^{N_{ML}} \sum_{j=1}^{N_{L_j}} \left[\frac{N_{SL_{ij}} * N_{MC} * \left(BMC_{avg} + C_{ij}\right)}{BW_{ML_i \to SL_{ij}}} \right]$$

$$T = \sum_{i=1}^{N_{ML}} \sum_{j=1}^{N_{L_j}} \sum_{k=1}^{N_{SL_{ij}}} \left[\frac{N_{MTA_{ijk}} * N_{MC} * \left(BMC_{avg} + C_{ijk}\right)}{BW_{Server_{ijk} \to MTA_{ijk}}} \right]$$

$$U = \sum_{i=1}^{N_{ML}} \sum_{j=1}^{N_{L_j}} \sum_{k=1}^{N_{SL_{ij}}} \sum_{l=1}^{N_{MTA_{ijkl}}} \left[\frac{N_{U_{ijkl}} * N_{MC} * \left(BMC_{avg} + C_{ijk}\right)}{BW_{Server_{ijk} \to MTA_{ijk}}} \right]$$

3.3.5 สมการวิเคราะห์เวลารวมเฉลี่ยทั้งหมดที่ใช้ในการอ่านจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบ

ผลรวมของเวลาเฉลี่ยที่ใช้อ่านจดหมายของสมาชิกในระบบ หาได้จาก ผลรวมของเวลาเฉลี่ยที่มากที่สุด (worst case) ของการอ่านจดหมายแต่ละฉบับของระบบเท่านั้น เนื่องจากสมาชิกแต่ละคนอาจอยู่คนละสถานที่กันทำให้แบนด์วิธที่ใช้ในการอ่านจดหมายแตกต่างกันได้

กำหนดให้

T_{fetch_HML} แทน ผลรวมของเวลาเฉลี่ยที่ใช้ดึงจดหมาย (ผ่านโปรโตคอล POP/IMAP) ระหว่างเครื่องของสมาชิกกับเครื่องที่เก็บ mailbox ของสมาชิกแต่ละคนของระบบที่ขนาดแบนด์วิธ $BW_{U\text{->}MTA}$ มีหน่วยเป็น วินาที

T_{cache_HML} แทน ผลรวมของเวลาเฉลี่ยที่ใช้ต่อการร้องขอ full mail จนกระทั่งสมาชิกได้รับจดหมายนั้นระหว่างเครื่องของสมาชิกกับพร็อกซี่เซิร์ฟเวอร์ของระบบที่ขนาดแบนด์วิธ $BW_{U\text{->}P}$ มีหน่วยเป็น วินาที

T_{HML_read} แทน ผลรวมของเวลาเฉลี่ยมากที่สุดทั้งหมดที่สมาชิกใช้ในการอ่านจดหมาย มีหน่วยเป็น วินาที

จะได้ว่า ผลรวมของเวลาเฉลี่ยมากที่สุดที่ใช้ดึงจดหมาย (ผ่านโปรโตคอล POP/IMAP) จาก mailbox ของสมาชิกทั้งหมดของระบบ เท่ากับ

T_{fetch_HML} = ผลรวมของขนาดจดหมายเฉลี่ยทั้งหมดที่อยู่ใน mailbox ของสมาชิกในระบบ **หารด้วย** ขนาดแบนด์วิธระหว่างเครื่องที่สมาชิกใช้อ่านจดหมายกับ MTA ที่เก็บ mailbox ของสมาชิกในระบบ

$$T_{fetch_HML} = \frac{\sum_{X=1}^{N_{MC}} BMC_X}{BW_{U \to MTA}} \qquad (3.31)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการที่ (3.5) ดังนั้น

$$T_{fetch_HML} = \frac{N_{MC} * BMC_{avg}}{BW_{U \to MTA}} \quad (3.32)$$

จะได้ว่า ผลรวมของเวลาเฉลี่ยที่ใช้ต่อการร้องขอ full mail จนกระทั่งสมาชิกได้รับจดหมายนั้นระหว่างเครื่องของสมาชิกกับพร๊อกซี่เซิร์ฟเวอร์ของระบบที่ขนาดแบนด์วิธ $BW_{U->P}$ เท่ากับ

T_{cache_HML} = [ความน่าจะเป็นที่จะพบ full mail ที่ร้องขอในแคชของพร๊อกซี่เซิร์ฟเวอร์ **คูณกับ** ((ผลรวมของขนาดการร้องขอแต่ละฉบับที่สมาชิกส่งไปยังพร๊อกซี่เซิร์ฟเวอร์ **บวกกับ** ผลรวมของขนาดจดหมายแบบ full mail แต่ละฉบับที่พร๊อกซี่เซิร์ฟเวอร์ส่งกลับมาให้สมาชิกที่ร้องขอ) **หารด้วย** แบนด์วิธระหว่างพร๊อกซี่เซิร์ฟเวอร์กับเครื่องที่สมาชิกใช้ร้องขอจดหมายแบบ full mail ในขณะนั้น)] **บวกกับ** [ความน่าจะเป็นที่จะไม่พบ full mail ที่ร้องขอในแคชของพร๊อกซี่เซิร์ฟเวอร์ **คูณกับ** 2 เท่าของ((ผลรวมของขนาดการร้องขอแต่ละฉบับที่สมาชิกส่งไปยังพร๊อกซี่เซิร์ฟเวอร์ + ผลรวมของขนาดจดหมายแบบ full mail แต่ละฉบับที่พร๊อกซี่เซิร์ฟเวอร์ส่งกลับมาให้สมาชิกที่ร้องขอ) **หารด้วย** แบนด์วิธระหว่างพร๊อกซี่เซิร์ฟเวอร์กับเครื่องที่สมาชิกใช้ร้องขอจดหมายแบบ full mail ในขณะนั้น)]

หมายเหตุ ที่ต้องคิด 2 เท่า เพราะหากไม่พบ full mail ในแคช พร๊อกซี่เซิร์ฟเวอร์ต้องร้องขอไปยัง Mainlist Server อีกครั้งหนึ่ง

$$T_{Cache_HML} = P * \left[\frac{\sum_{X=1}^{N_R} BMR_X + \sum_{X=1}^{N_R} BMF_X}{BW_{U \to P}} \right] + \left[(1-P) * 2 * \left(\frac{\sum_{X=1}^{N_R} BMR_X + \sum_{X=1}^{N_R} BMF_X}{BW_{U \to P}} \right) \right] \quad (3.33)$$

จากสมการที่ (3.6) ดังนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$T_{Cache_HML} = P*\left[\frac{N_R*\left(BMR_{avg}+BMF_{avg}\right)}{BW_{U\rightarrow P}}\right] + \left[(1-P)*2*\left(\frac{N_R*\left(BMR_{avg}+BMF_{avg}\right)}{BW_{U\rightarrow P}}\right)\right] \quad (3.34)$$

เพราะฉะนั้น ผลรวมของเวลาเฉลี่ยทั้งหมดที่สมาชิกใช้ในการอ่านจดหมาย **เท่ากับ** ผลรวมเวลาเฉลี่ยที่ใช้ดึงจดหมาย (ผ่านโปรโตคอล POP/IMAP) ระหว่างเครื่องของสมาชิกกับเครื่องที่เก็บ mailbox ของสมาชิกแต่ละคนของระบบที่ขนาดแบนด์วิธ $BW_{U\text{->}MTA}$ **บวกกับ** ผลรวมของเวลาเฉลี่ยที่ใช้ต่อการร้องขอ full mail จนกระทั่งสมาชิกได้รับจดหมายนั้นระหว่างเครื่องของสมาชิกกับพร๊อกซี่เซิร์ฟเวอร์ของระบบที่ขนาดแบนด์วิธ $BW_{U\text{->}P}$

จากสมการที่ (3.33) และ (3.34) จะได้ว่า

$$\begin{aligned} T_{HML_read} &= T_{fetch_HML} + T_{Cache_HML} \\ &= \left(\frac{N_{MC}*BMC_{avg}}{BW_{U\rightarrow MTA}}\right) + P*\left[\frac{N_R*\left(BMR_{avg}+BMF_{avg}\right)}{BW_{U\rightarrow P}}\right] \\ &\quad + \left[(1-P)*2*\left(\frac{N_R*\left(BMR_{avg}+BMF_{avg}\right)}{BW_{U\rightarrow P}}\right)\right] \end{aligned} \quad (3.35)$$

3.4 สมการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการทำงานของระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม)

สมการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการทำงานของระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) มีดังนี้

3.4.1 ข้อกำหนดเบื้องต้น

กำหนดให้

N_{MTA} แทน จำนวน MTA ทั้งหมดของระบบ มีหน่วยเป็น เครื่องต่อระบบทั้งหมด

N_{MTAi} แทน จำนวน MTA เครื่องที่ i ของเครื่องเซิร์ฟเวอร์ส่วนกลาง มีหน่วยเป็น เครื่องต่อระบบทั้งหมด

N_U แทน จำนวนสมาชิกทั้งหมดของระบบ มีหน่วยเป็น คนต่อระบบทั้งหมด

NU_i แทน จำนวนสมาชิกทั้งหมดของ MTA เครื่องที่ i ของเครื่องเซิร์ฟเวอร์ส่วนกลาง มีหน่วยเป็น คนต่อเครื่อง

$$N_U = \sum_{i=1}^{N_{MTAi}} NU_i \quad (3.36)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8 N_{MF} แทน จำนวนของจดหมายแบบ full mail ทั้งหมดที่ถูกส่งเข้ามาในระบบ มีหน่วยเป็น ฉบับต่อระบบทั้งหมด

BMF_X แทน ขนาดของจดหมายแบบ full mail ฉบับที่ x ที่ถูกส่งเข้ามาในระบบ มีหน่วยเป็น ไบต์ต่อฉบับ

BMF_{avg} แทน ขนาดของจดหมายแบบ full mail เฉลี่ยต่อฉบับที่ถูกส่งเข้ามายังระบบ มีหน่วยเป็น ไบต์ต่อระบบทั้งหมด

$$BMF_{avg} = \frac{1}{N_{MF}} \sum_{X=1}^{N_{MF}} BMF_X \tag{3.37}$$

C_i แทน ค่าคงที่ของเฮดเดอร์ของจดหมายที่เพิ่มขึ้นเมื่อจดหมายฉบับนั้นถูกส่งผ่านMTA เครื่องที่ i มีหน่วยเป็น ไบต์ต่อฉบับ

BW_{MTA} แทน ความเร็วของสายสัญญาณ (Bandwidth) ระหว่างเครื่องเซิร์ฟเวอร์ส่วนกลางกับ MTA ที่เป็นสมาชิกที่ใช้รับส่งจดหมายในขณะนั้นของเครือข่าย มีหน่วยเป็น บิตต่อวินาที (bps)

$BW_{U->MTA}$ แทน ความเร็วของสายสัญญาณ (Bandwidth) ระหว่าง MTA ที่เก็บ mailbox ของสมาชิกกับเครื่องที่สมาชิกใช้ดึงจดหมายในขณะนั้นของเครือข่าย มีหน่วยเป็น บิตต่อวินาที (bps)

3.4.2 สมการวิเคราะห์ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยทั้งหมดที่ถูกเก็บในระบบ

กำหนดให้

BS_{old} แทน ผลรวมของขนาดจดหมายเฉลี่ยทั้งหมดที่ถูกเก็บของทั้งระบบ มีหน่วยเป็น ไบต์ต่อระบบทั้งหมด

จะได้ว่า ผลรวมของขนาดจดหมายเฉลี่ยทั้งหมดที่ถูกเก็บของทั้งระบบ เท่ากับ

BS_{old} = จำนวนสมาชิกทั้งหมดของระบบ **คูณด้วย** ผลรวมของขนาดจดหมายแบบ full mail เฉลี่ยจำนวน N_{MF} ฉบับที่ถูกส่งเข้ามายังระบบ **บวกด้วย** เฮดเดอร์ของจดหมายที่เพิ่มเข้ามา

$$BS_{old} = \sum_{i=1}^{N_{MTA}} \left[N_{U_i} * \sum_{x=1}^{N_{MF}} \left(BMF_X + C_i \right) \right] \tag{3.38}$$

จากสมการที่ (3.37) ดังนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$BS_{old} = \sum_{i=1}^{N_{MTA}} \left[N_{U_i} * N_{MF} * \left(BMF_{avg} + C_i \right) \right] \qquad (3.39)$$

3.4.3 สมการวิเคราะห์ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยทั้งหมดที่สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบ

กำหนดให้

BT_{old} แทน ผลรวมของขนาดจดหมายเฉลี่ยที่สื่อสารผ่านเครือข่ายทั้งระบบ มีหน่วยเป็น ไบต์ต่อระบบทั้งหมด

จะได้ว่า ผลรวมของขนาดจดหมายเฉลี่ยที่สื่อสารระหว่างเครื่องเซิร์ฟเวอร์ส่วนกลางไปยัง MTA ทุกเครื่องผ่านเครือข่ายของระบบ เท่ากับ

BT_{old} = จำนวน MTA ทั้งหมดของระบบ **คูณกับ** ผลรวมของขนาดจดหมายแบบ full mail เฉลี่ยจำนวน N_{MF} ฉบับที่ส่งไปยัง MTA ที่เป็นสมาชิกของระบบแต่ละเครื่อง

$$BT_{old} = \sum_{i=1}^{N_{MTA}} \left[N_{MTA_i} * \sum_{x=1}^{N_{MF}} \left(BMF_X + C_i \right) \right] \qquad (3.40)$$

จากสมการที่ (3.37) ดังนั้น

$$BT_{old} = \sum_{i=1}^{N_{MTA}} \left[N_{MTA_i} * N_{MF} * \left(BMF_X + C_i \right) \right] \qquad (3.41)$$

3.4.4 สมการวิเคราะห์เวลารวมเฉลี่ยทั้งหมดที่ใช้ในการส่งจดหมายไปยังสมาชิกทุกคนของระบบ

เวลารวมเฉลี่ยทั้งหมดที่ใช้ส่งจดหมายไปยังสมาชิกทุกคนของระบบ หาได้จาก เวลาเฉลี่ยที่มากที่สุด (Worst Case) ของการส่งจดหมายไปจนกระทั่งสมาชิกทุกคนได้รับจดหมายครบทุกฉบับ ดูตัวอย่างจากหัวข้อ 3.3.4 และสมการที่ (3.29)

กำหนดให้

T_{old_send} แทน เวลาเฉลี่ยมากที่สุดที่ใช้ในการส่งจดหมายไปยัง mailbox ของสมาชิกทุกคนของระบบที่ขนาดแบนด์วิธ BW_{MTA} มีหน่วยเป็น วินาที

จะได้ว่า ผลรวมของเวลาเฉลี่ยทั้งหมดที่ใช้ในการส่งจดหมายถึงสมาชิกทุกคนในระบบ เท่ากับ

T_{old_send} = ผลรวมทั้งหมดของขนาดจดหมายแบบ full mail เฉลี่ยที่สื่อสารระหว่าง MTA ที่เป็นสมาชิกของระบบ **หารด้วย** แบนด์วิธระหว่าง MTA ที่เป็นสมาชิกของระบบกับเครื่องเซิร์ฟเวอร์ส่วนกลางที่ใช้ส่งจดหมายในขณะนั้น

จากสมการที่ (3.23) และ (3.41) จะได้ว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$T_{old_send} = T_{period}\left[N_{MF} - \left(\frac{V}{T_{period}} - 1\right)\right] + T_{period}\left[2\left(\frac{V}{T_{period}} - 1\right)\right] + T_{period}\left[N_{MF} - \left(\frac{W}{T_{period}} - 1\right)\right] + T_{period}\left[2\left(\frac{W}{T_{period}} - 1\right)\right] \quad (3.42)$$

เมื่อ

$$V = \sum_{i=1}^{N_{MTA}}\left[\frac{N_{MTA} * N_{MF} * \left(BMF_{avg} + C_i\right)}{BW_{MTA}}\right]$$

$$W = \sum_{i=1}^{N_{MTA}}\left[\frac{N_{U_i} * N_{MF} * \left(BMF_{avg} + C_i\right)}{BW_{MTA}}\right]$$

3.4.5 สมการวิเคราะห์เวลารวมเฉลี่ยทั้งหมดที่ใช้ในการอ่านจดหมายผ่านเครือข่าย

ผลรวมของเวลาเฉลี่ยที่ใช้อ่านจดหมายของสมาชิกในระบบ หาได้จาก ผลรวมของเวลาเฉลี่ยที่มากที่สุด (worst case) ของการอ่านจดหมายของสมาชิกในระบบเท่านั้น เนื่องจากสมาชิกแต่ละคนอาจอยู่คนละสถานที่กันทำให้แบนด์วิธที่ใช้ในการอ่านจดหมายแตกต่างกันได้

กำหนดให้

T_{old_read} แทน ผลรวมของเวลาเฉลี่ยมากที่สุดที่ใช้อ่านจดหมาย (ผ่านโปรโตคอล POP/IMAP) ระหว่างเครื่องของสมาชิกกับเครื่องที่เก็บ mailbox ของสมาชิกแต่ละคนของระบบที่ขนาดแบนด์วิธ $BW_{U\text{->}MTA}$ มีหน่วยเป็น วินาที

จะได้ว่า ผลรวมของเวลาเฉลี่ยมากที่สุดที่สมาชิกใช้ในการอ่านจดหมาย เท่ากับ

T_{old_read} = ผลรวมทั้งหมดของขนาดจดหมายแบบ full mail เฉลี่ยที่สื่อสารระหว่าง MTA ที่เป็นสมาชิกของ ของระบบ **หารด้วย** แบนด์วิธระหว่าง MTA ที่เก็บ mailbox ของสมาชิกกับเครื่องที่สมาชิกใช้ดึงจดหมายในขณะนั้น

$$T_{old_read} = \sum_{x=1}^{N_{MF}} \frac{BMF_X}{BW_{U \to MTA}} \quad (3.43)$$

จากสมการที่ (3.37) ดังนั้น

$$T_{old_read} = \frac{N_{MF} * BMF_{avg}}{BW_{U \to MTA}} \quad (3.44)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 สมการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการทำงานของระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมล

สมการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการทำงานของระบบเวบลิงค์เมล มีดังนี้

3.5.1 ข้อกำหนดเบื้องต้น

กำหนดให้

N_{MTA} แทน จำนวน MTA ทั้งหมดของระบบ มีหน่วยเป็น เครื่องต่อระบบทั้งหมด

N_{MTAi} แทน จำนวน MTA เครื่องที่ i ของเครื่องเซิร์ฟเวอร์ส่วนกลาง มีหน่วยเป็น เครื่องต่อระบบทั้งหมด

N_U แทน จำนวนสมาชิกทั้งหมดของระบบ มีหน่วยเป็น คนต่อระบบทั้งหมด

NU_i แทน จำนวนสมาชิกทั้งหมดของ MTA เครื่องที่ i ของเครื่องเซิร์ฟเวอร์ส่วนกลาง มีหน่วยเป็น คนต่อเครื่อง

$$N_U = \sum_{i=1}^{N_{MTA_i}} NU_i \tag{3.45}$$

N_{MF} แทน จำนวนของจดหมายแบบ full mail ทั้งหมดที่ถูกส่งเข้ามาในระบบ มีหน่วยเป็น ฉบับต่อระบบทั้งหมด

N_{MC} แทน จำนวนของจดหมายแบบ short mail ทั้งหมดที่ส่งไปยังสมาชิกของระบบ มีหน่วยเป็น ฉบับต่อระบบทั้งหมด

N_R แทน จำนวนการร้องขออ่าน full mail ทั้งหมดของสมาชิกในระบบ มีหน่วยเป็น ฉบับต่อระบบทั้งหมด

BMF_X แทน ขนาดของจดหมายแบบ full mail ฉบับที่ x ที่ถูกส่งเข้ามาในระบบ มีหน่วยเป็น ไบต์ต่อฉบับ

BMC_X แทน ขนาดของจดหมายแบบ short mail ฉบับที่ x ที่ส่งไปยังสมาชิกของระบบ มีหน่วยเป็น ไบต์ต่อฉบับ

BMR_X แทน ขนาดของจดหมายที่ร้องขอ full mail ฉบับที่ x ที่ส่งไปยังพร็อกซี่เซิร์ฟเวอร์ของระบบ มีหน่วยเป็น ไบต์ต่อฉบับ

BMF_{avg} แทน ขนาดของจดหมายแบบ full mail เฉลี่ยต่อฉบับที่ถูกส่งเข้ามายังระบบ มีหน่วยเป็น ไบต์ต่อระบบทั้งหมด

BMC_{avg} แทน ขนาดของจดหมายแบบ short mail เฉลี่ยต่อฉบับที่ส่งไปยังสมาชิกของระบบ มีหน่วยเป็น ไบต์ต่อระบบทั้งหมด

BMR_{avg} แทน ขนาดของจดหมายเฉลี่ยต่อฉบับที่ร้องขอ full mail ไปยังพร็อกซี่เซิร์ฟเวอร์ของระบบ มีหน่วยเป็น ไบต์ต่อระบบทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$BMF_{avg} = \frac{1}{N_{MF}} \sum_{X=1}^{N_{MF}} BMF_X \quad (3.46)$$

$$BMC_{avg} = \frac{1}{N_{MC}} \sum_{X=1}^{N_{MC}} BMC_X \quad (3.47)$$

$$BMR_{avg} = \frac{1}{N_R} \sum_{X=1}^{N_R} BMR_X \quad (3.48)$$

N_P แทน จำนวนพร๊อกซี่เซิร์ฟเวอร์ทั้งหมดของระบบ มีหน่วยเป็น เครื่องต่อระบบทั้งหมด

N_{MFq} แทน จำนวนของจดหมายแบบ full mail ทั้งหมดที่ถูกเก็บในพร๊อกซี่เซิร์ฟเวอร์เครื่องที่ q ของระบบ มีหน่วยเป็น ฉบับต่อระบบทั้งหมด

BMF_{Xq} แทน ขนาดของจดหมายแบบ full mail ฉบับที่ x ที่ถูกส่งจากพร๊อกซี่เซิร์ฟเวอร์เครื่องที่ q ของระบบ มีหน่วยเป็น ไบต์ต่อฉบับ

C_i แทน ค่าคงที่ของเฮดเดอร์ของจดหมายที่เพิ่มขึ้นเมื่อจดหมายฉบับนั้นถูกส่งผ่านMTA เครื่องที่ i มีหน่วยเป็น ไบต์ต่อฉบับ

P แทน ความน่าจะเป็นของการพบ full mail ฉบับที่ร้องขอในแคชของพร๊อกซี่เซิร์ฟเวอร์

BW_{MTA} แทน ความเร็วของสายสัญญาณ (Bandwidth) ระหว่างเครื่องเซิร์ฟเวอร์ส่วนกลางกับ MTA ที่เป็นสมาชิกที่ใช้รับส่งจดหมายในขณะนั้นของเครือข่าย มีหน่วยเป็น บิตต่อวินาที (bps)

$BW_{U\text{->}MTA}$ แทน ความเร็วของสายสัญญาณ (Bandwidth) ระหว่าง MTA ที่เก็บ mailbox ของสมาชิกกับเครื่องที่สมาชิกใช้ดึงจดหมายในขณะนั้นของเครือข่าย มีหน่วยเป็น บิตต่อวินาที (bps)

$BW_{U\text{->}P}$ แทน ความเร็วของสายสัญญาณ (Bandwidth) ระหว่างพร๊อกซี่เซิร์ฟเวอร์กับเครื่องที่สมาชิกใช้ร้องขอจดหมายแบบ full mail ในขณะนั้นของเครือข่าย มีหน่วยเป็น บิตต่อวินาที (bps)

$BW_{P\text{->}ML}$ แทน ความเร็วของสายสัญญาณ (Bandwidth) ระหว่างพร๊อกซี่เซิร์ฟเวอร์ที่ร้องขอจดหมายแบบ full mail กับเครื่องเซิร์ฟเวอร์ส่วนกลางของเครือข่าย มีหน่วยเป็น บิตต่อวินาที (bps)

3.5.2 สมการวิเคราะห์ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยทั้งหมดที่ถูกเก็บในระบบ

กำหนดให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$BS_{Storage}$ แทน ผลรวมของขนาดจดหมายเฉลี่ยทุกฉบับที่เก็บอยู่ใน Storage ของเซิร์ฟเวอร์ส่วนกลางของระบบ มีหน่วยเป็น ไบต์ต่อระบบทั้งหมด

BS_{web_U} แทน ผลรวมของขนาดจดหมายเฉลี่ยทุกฉบับที่เก็บอยู่ใน mailbox ของสมาชิกทุกคนของระบบ มีหน่วยเป็น ไบต์ต่อระบบทั้งหมด

BS_{web_cache} แทน ผลรวมของขนาดจดหมายเฉลี่ยทุกฉบับที่เก็บในแคชของพร๊อกซี่เซิร์ฟเวอร์ของระบบมีหน่วยเป็น ไบต์ต่อระบบทั้งหมด

BS_{web} แทน ผลรวมของขนาดจดหมายเฉลี่ยทั้งหมดที่ถูกเก็บของทั้งระบบ มีหน่วยเป็น ไบต์ต่อระบบทั้งหมด

จะได้ว่า ผลรวมของขนาดจดหมายเฉลี่ยทุกฉบับที่เก็บอยู่ใน Storage ของเซิร์ฟเวอร์ส่วนกลางของระบบ เท่ากับ

$BS_{storage}$ = ผลรวมขนาดของจดหมายแบบ full mail เฉลี่ยจำนวน N_{MF} ฉบับที่ถูกส่งเข้ามายังระบบ

$$BS_{storage} = \sum_{X=1}^{N_{MF}} BMF_X \tag{3.49}$$

จากสมการที่ (3.46) ดังนั้น

$$BS_{storage} = N_{MF} * BMF_{avg} \tag{3.50}$$

จะได้ว่า ผลรวมของขนาดจดหมายเฉลี่ยทุกฉบับที่เก็บอยู่ใน mailbox ของสมาชิกทุกคนของระบบ เท่ากับ

BS_{web_U} = จำนวนสมาชิกทุกคนในระบบ **คูณด้วย** ผลรวมขนาดจดหมายแบบ short mail เฉลี่ยจำนวน N_{MC} ฉบับที่ถูกส่งไปยังสมาชิกของระบบ **บวกด้วย** เฮดเดอร์ของจดหมายที่เพิ่มเข้ามาเมื่อจดหมายผ่านเซิร์ฟเวอร์

$$BS_{web_U} = \sum_{i=1}^{N_{MTA}} \left[N_{U_i} * \sum_{x=1}^{N_{MF}} \left(BMC_X + C_i \right) \right] \tag{3.51}$$

จากสมการที่ (3.47) ดังนั้น

$$BS_{web_U} = \sum_{i=1}^{N_{MTA}} \left[N_{U_i} * N_{MC} * \left(BMC_{avg} + C_i \right) \right] \tag{3.52}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะได้ว่า ผลรวมของขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยทุกฉบับที่เก็บในแคชของพร็อกซี่เซิร์ฟเวอร์ของระบบ เท่ากับ

BS_{web_cache} = ผลรวมของขนาดจดหมายแบบ full mail เฉลี่ยจำนวน N_{MF} ฉบับที่ถูกเก็บในแคช ของ พร็อกซี่เซิร์ฟเวอร์เครื่องที่ q ของระบบ

$$BS_{web_cache} = \sum_{q=1}^{N_P} \sum_{x=1}^{N_{MF_q}} BMF_{xq} \tag{3.53}$$

เพราะฉะนั้น ผลรวมของขนาดจดหมายเฉลี่ยทั้งหมดที่ถูกเก็บของทั้งระบบ เท่ากับ

BS_{web} = ผลรวมของขนาดจดหมายเฉลี่ยทุกฉบับที่เก็บอยู่ใน Storage ของเซิร์ฟเวอร์ส่วนกลางของระบบ **บวกกับ** ผลรวมของขนาดจดหมายทุกฉบับที่เก็บอยู่ใน mailbox ของสมาชิกทุกคนของระบบ **บวกกับ** ผลรวมของขนาดจดหมายแบบ full mail เฉลี่ยจำนวน N_{MF} ฉบับที่ถูกเก็บในแคชของพร็อกซี่เซิร์ฟเวอร์เครื่องที่ q ของระบบ

$$\begin{aligned} BS_{web} &= BS_{storage} + BS_{web_U} + BS_{web_cache} \\ &= \left(N_{MF} * BMF_{avg}\right) + \sum_{i=1}^{N_{MTA}} \left[N_{U_i} * N_{MC} * \left(BMC_{avg} + C_i\right)\right] + \sum_{q=1}^{N_P} \sum_{X=1}^{N_{MF_q}} BMF_{Xq} \end{aligned} \tag{3.54}$$

3.5.3 สมการวิเคราะห์ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยทั้งหมดที่สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบ

กำหนดให้

$BT_{Server\text{->}MTA}$ แทน ผลรวมของขนาดจดหมายเฉลี่ยที่สื่อสารระหว่าง MTA ที่เป็นสมาชิกของเครื่องเซิร์ฟเวอร์ส่วนกลางผ่านเครือข่ายของระบบ มีหน่วยเป็น ไบต์ต่อระบบทั้งหมด

BT_{web_cache} แทน ผลรวมของขนาดจดหมายเฉลี่ยต่อการร้องขอ full mail ที่สื่อสารระหว่างเครื่องของสมาชิกกับพร็อกซี่เซิร์ฟเวอร์ผ่านเครือข่ายของระบบ มีหน่วยเป็นไบต์ต่อระบบทั้งหมด

BT_{web} แทน ผลรวมของขนาดจดหมายเฉลี่ยที่สื่อสารผ่านเครือข่ายทั้งระบบ มีหน่วยเป็นไบต์ต่อระบบทั้งหมด

จะได้ว่า ผลรวมของขนาดจดหมายเฉลี่ยที่สื่อสารระหว่าง MTA ที่เป็นสมาชิกของเครื่องเซิร์ฟเวอร์ส่วนกลางผ่านเครือข่ายของระบบ เท่ากับ

$BT_{Server\text{->}MTA}$ = จำนวน MTA ทั้งหมดของระบบ **คูณกับ** ผลรวมของขนาดจดหมายแบบ short mail จำนวน N_{MC} ฉบับที่ถูกส่งให้สมาชิกของระบบ **บวกด้วย** เฮดเดอร์ของจดหมายที่เพิ่มเข้ามาเมื่อจดหมายผ่านเซิร์ฟเวอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$BT_{Server \rightarrow MTA} = \sum_{i=1}^{N_{MTA}} \left[N_{MTA} * \sum_{X=1}^{N_{MC}} \left(BMC_X + C_i \right) \right] \tag{3.55}$$

จากสมการที่ (3.47) ดังนั้น

$$BT_{Server \rightarrow MTA} = \sum_{i=1}^{N_{MTA}} \left[N_{MTA} * N_{MC} * \left(BMC_{avg} + C_i \right) \right] \tag{3.56}$$

จะได้ว่า ผลรวมของขนาดจดหมายเฉลี่ยต่อการร้องขอ full mail ที่สื่อสารระหว่างเครื่องของสมาชิกกับพร็อกซี่เซิร์ฟเวอร์ผ่านเครือข่ายของระบบ เท่ากับ

BT_{web_cache} = [ความน่าจะเป็นที่จะพบ full mail ที่ร้องขอในแคชของพร็อกซี่เซิร์ฟเวอร์ **คูณกับ** (ผลรวมของขนาดการร้องขอแต่ละฉบับที่สมาชิกส่งไปยังพร็อกซี่เซิร์ฟเวอร์ **บวกกับ** ผลรวมของขนาดจดหมายแบบ full mail แต่ละฉบับที่พร็อกซี่เซิร์ฟเวอร์ส่งกลับมาให้สมาชิกที่ร้องขอ)] **บวกกับ** [ความน่าจะเป็นที่จะไม่พบ full mail ที่ร้องขอในแคชของพร็อกซี่เซิร์ฟเวอร์ **คูณกับ** 2 เท่าของ(ผลรวมของขนาดการร้องขอแต่ละฉบับที่สมาชิกส่งไปยังพร็อกซี่เซิร์ฟเวอร์ + ผลรวมของขนาดจดหมายแบบ full mail แต่ละฉบับที่พร็อกซี่เซิร์ฟเวอร์ส่งกลับมาให้สมาชิกที่ร้องขอ)]

หมายเหตุ ที่ต้องคิด 2 เท่า เพราะหากไม่พบ full mail ในแคช พร็อกซี่เซิร์ฟเวอร์ต้องร้องขอไปยัง Mainlist Server อีกครั้งหนึ่ง

$$BT_{web_cache} = P * \left[\sum_{X=1}^{N_R} BMR_X + \sum_{X=1}^{N_R} BMF_X \right] + \left[2(1-P) * \left(\sum_{X=1}^{N_R} BMR_X + \sum_{X=1}^{N_R} BMF_X \right) \right] \tag{3.57}$$

จากสมการที่ (3.47) ดังนั้น

$$\begin{aligned} BT_{web_cache} &= P * \left[N_R * \left(BMR_{avg} + BMF_{avg} \right) \right] \\ &\quad + \left[2(1-P) * \left(N_R * \left(BMR_{avg} + BMF_{avg} \right) \right) \right] \end{aligned} \tag{3.58}$$

เพราะฉะนั้น ผลรวมของขนาดจดหมายเฉลี่ยทั้งหมดที่สื่อสารผ่านเครือข่ายทั้งระบบ **เท่ากับ** ผลรวมของขนาดจดหมายเฉลี่ยที่สื่อสารระหว่าง MTA ที่เป็นสมาชิกของเครื่องเซิร์ฟเวอร์ส่วนกลางของระบบ **บวกกับ** ผลรวมของขนาดจดหมายเฉลี่ยต่อการร้องขอ full mail ที่สื่อสารระหว่างเครื่องของสมาชิกกับพร็อกซี่เซิร์ฟเวอร์ผ่านเครือข่ายของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$BT_{web} = BT_{Server \to MTA} + BT_{web_cache}$$
$$= \sum_{i=1}^{N_{MTA}} \left[N_{MTA} * N_{MC} * \left(BMC_{avg} + C_i \right) \right]$$
$$+ P * \left[N_R * \left(BMR_{avg} + BMF_{avg} \right) \right] + \left[2(1-P) * \left(N_R * \left(BMR_{avg} + BMF_{avg} \right) \right) \right] \quad (3.59)$$

3.5.4 สมการวิเคราะห์เวลารวมเฉลี่ยทั้งหมดที่ใช้ในการส่งจดหมายไปยังสมาชิกทุกคนของระบบ

เวลารวมเฉลี่ยทั้งหมดที่ใช้ส่งจดหมายไปยังสมาชิกทุกคนของระบบ หาได้จาก เวลาเฉลี่ยที่มากที่สุด (Worst Case) ของการส่งจดหมายไปจนกระทั่งสมาชิกทุกคนได้รับจดหมายครบทุกฉบับ ดูตัวอย่างจากหัวข้อ 3.3.4 และสมการที่ (3.29)

กำหนดให้

T_{web_send} แทน เวลาเฉลี่ยมากที่สุดที่ใช้ในการส่งจดหมายไปยัง mailbox ของสมาชิกทุกคนของระบบที่ขนาดแบนด์วิธ BW_{MTA} มีหน่วยเป็น วินาที

จะได้ว่า ผลรวมของเวลาเฉลี่ยทั้งหมดที่ใช้ในการส่งจดหมายถึงสมาชิกทุกคนในระบบ เท่ากับ

T_{web_send} = ผลรวมทั้งหมดของขนาดจดหมายแบบ full mail เฉลี่ยที่สื่อสารระหว่าง MTA ที่เป็นสมาชิกของระบบ **หารด้วย** แบนด์วิธระหว่าง MTA ที่เป็นสมาชิกของระบบกับเครื่องเซิร์ฟเวอร์ส่วนกลางที่ใช้ส่งจดหมายในขณะนั้น

จากสมการที่ (3.23) และ (3.47) ดังนั้น

$$T_{web_send} = T_{period}\left[N_{MC} - \left(\frac{X}{T_{period}} - 1\right)\right] + T_{period}\left[2\left(\frac{X}{T_{period}} - 1\right)\right]$$
$$+ T_{period}\left[N_{MC} - \left(\frac{Y}{T_{period}} - 1\right)\right] + T_{period}\left[2\left(\frac{Y}{T_{period}} - 1\right)\right] \quad (3.60)$$

เมื่อ

$$X = \sum_{i=1}^{N_{MTA}} \left[\frac{N_{MTA} * N_{MC} * \left(BMC_{avg} + C_i \right)}{BW_{MTA}} \right]$$
$$Y = \sum_{i=1}^{N_{MTA}} \left[\frac{N_{Uij} * N_{MC} * \left(BMC_{avg} + C_i \right)}{BW_{MTA}} \right]$$

3.5.5 สมการวิเคราะห์เวลารวมเฉลี่ยทั้งหมดที่ใช้ในการอ่านจดหมายของระบบ

ผลรวมของเวลาเฉลี่ยที่ใช้อ่านจดหมายของสมาชิกในระบบ หาได้จาก ผลรวมของเวลาเฉลี่ยที่มากที่สุด (worst case) ของการอ่านจดหมายแต่ละฉบับของระบบเท่านั้น เนื่องจากสมาชิกแต่ละคนอาจอยู่คนละสถานที่กันทำให้แบนด์วิธที่ใช้ในการอ่านจดหมายแตกต่างกันได้

กำหนดให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

T_{fetch_web} แทน ผลรวมของเวลาเฉลี่ยที่ใช้ดึงจดหมาย (ผ่านโปรโตคอล POP/IMAP) ระหว่างเครื่องของสมาชิกกับเครื่องที่เก็บ mailbox ของสมาชิกแต่ละคนของระบบที่ขนาดแบนด์วิธ $BW_{U\text{->}MTA}$ มีหน่วยเป็น วินาที

T_{cache_web} แทน ผลรวมของเวลาเฉลี่ยที่ใช้ต่อการร้องขอ full mail จนกระทั่งสมาชิกได้รับจดหมายนั้นระหว่างเครื่องของสมาชิกกับพร็อกซี่เซิร์ฟเวอร์ของระบบที่ขนาดแบนด์วิธ $BW_{U\text{->}P}$ มีหน่วยเป็น วินาที

T_{web_read} แทน ผลรวมของเวลาเฉลี่ยมากที่สุดทั้งหมดที่สมาชิกใช้ในการอ่านจดหมาย มีหน่วยเป็น วินาที

จะได้ว่า ผลรวมของเวลาเฉลี่ยมากที่สุดที่ใช้ดึงจดหมาย (ผ่านโปรโตคอล POP/IMAP) จาก mailbox ของสมาชิกทั้งหมดของระบบ เท่ากับ

T_{fetch_web} = ผลรวมของขนาดจดหมายเฉลี่ยทั้งหมดที่อยู่ใน mailbox ของสมาชิกในระบบ **หารด้วย** ขนาดแบนด์วิธระหว่างเครื่องที่สมาชิกใช้อ่านจดหมายกับ MTA ที่เก็บ mailbox ของสมาชิกในระบบ

$$T_{fetch_web} = \frac{\sum_{X=1}^{N_{MC}} BMC_X}{BW_{U \to MTA}} \tag{3.61}$$

จากสมการที่ (3.46) ดังนั้น

$$T_{fetch_web} = \frac{N_{MC} * BMC_{avg}}{BW_{U \to MTA}} \tag{3.62}$$

จะได้ว่า ผลรวมของเวลาเฉลี่ยที่ใช้ต่อการร้องขอ full mail จนกระทั่งสมาชิกได้รับจดหมายนั้นระหว่างเครื่องของสมาชิกกับพร็อกซี่เซิร์ฟเวอร์ของระบบที่ขนาดแบนด์วิธ $BW_{U\text{->}P}$ เท่ากับ

T_{cache_web} = [ความน่าจะเป็นที่จะพบ full mail ที่ร้องขอในแคชของพร็อกซี่เซิร์ฟเวอร์ **คูณกับ** ((ผลรวมของขนาดการร้องขอแต่ละฉบับที่สมาชิกส่งไปยังพร็อกซี่เซิร์ฟเวอร์ **บวกกับ** ผลรวมของขนาดจดหมายแบบ full mail แต่ละฉบับที่พร็อกซี่เซิร์ฟเวอร์ส่งกลับมาให้สมาชิกที่ร้องขอ) **หารด้วย** แบนด์วิธระหว่างพร็อกซี่เซิร์ฟเวอร์กับเครื่องที่สมาชิกใช้ร้องขอจดหมายแบบ full mail ในขณะนั้น)] **บวกกับ** [ความน่าจะเป็นที่จะไม่พบ full mail ที่ร้องขอในแคชของพร็อกซี่เซิร์ฟเวอร์ **คูณกับ** 2 เท่าของ((ผลรวมของขนาดการร้องขอแต่ละฉบับที่สมาชิกส่งไปยังพร็อกซี่เซิร์ฟเวอร์ + ผลรวมของขนาดจดหมายแบบ full mail แต่ละฉบับที่พร็อกซี่เซิร์ฟเวอร์ส่งกลับมาให้สมาชิกที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ร้องขอ) **หารด้วย** แบนด์วิธระหว่างพร๊อกซี่เซิร์ฟเวอร์กับเครื่องที่สมาชิกใช้ร้องขอจดหมายแบบ full mail ในขณะนั้น)]

หมายเหตุ ที่ต้องคิด 2 เท่า เพราะหากไม่พบ full mail ในแคช พร๊อกซี่เซิร์ฟเวอร์ต้องร้องขอไปยัง Mainlist Server อีกครั้งหนึ่ง

$$T_{Cache_web} = P*\left[\frac{\sum_{X=1}^{N_R} BMR_X + \sum_{X=1}^{N_R} BMF_X}{BW_{U\to P}}\right] + \left[(1-P)*2*\left(\frac{\sum_{X=1}^{N_R} BMR_X + \sum_{X=1}^{N_R} BMF_X}{BW_{U\to P}}\right)\right] \quad (3.63)$$

จากสมการที่ (3.44) และ (3.46) ดังนั้น

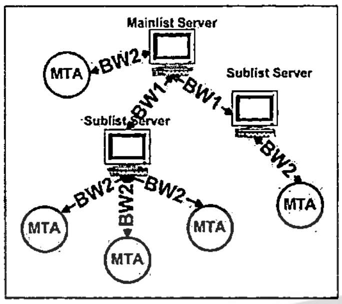
$$T_{Cache_web} = P*\left[\frac{N_R*(BMR_{avg}+BMF_{avg})}{BW_{U\to P}}\right] + \left[(1-P)*2*\left(\frac{N_R*(BMR_{avg}+BMF_{avg})}{BW_{U\to P}}\right)\right] \quad (3.64)$$

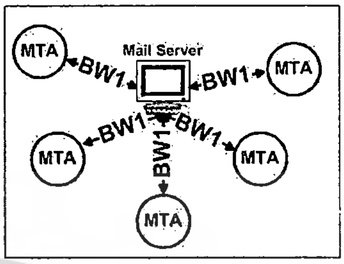
เพราะฉะนั้น ผลรวมของเวลาเฉลี่ยทั้งหมดที่สมาชิกใช้ในการอ่านจดหมาย **เท่ากับ** ผลรวมเวลาเฉลี่ยที่ใช้ดึงจดหมาย (ผ่านโปรโตคอล POP/IMAP) ระหว่างเครื่องของสมาชิกกับเครื่องที่เก็บ mailbox ของสมาชิกแต่ละคนของระบบที่ขนาดแบนด์วิธ $BW_{U\text{->}MTA}$ **บวกกับ** ผลรวมของเวลาเฉลี่ยที่ใช้ต่อการร้องขอ full mail จนกระทั่งสมาชิกได้รับจดหมายนั้นระหว่างเครื่องของสมาชิกกับพร๊อกซี่เซิร์ฟเวอร์ของระบบที่ขนาดแบนด์วิธ $BW_{U\text{->}P}$

$$\begin{aligned} T_{web_read} &= T_{fetch_web} + T_{Cache_web} \\ &= \left(\frac{N_{MC}*BMC_{avg}}{BW_{U\to MTA}}\right) + P*\left[\frac{N_R*(BMR_{avg}+BMF_{avg})}{BW_{U\to P}}\right] \\ &\quad + \left[(1-P)*2*\left(\frac{N_R*(BMR_{avg}+BMF_{avg})}{BW_{U\to P}}\right)\right] \end{aligned} \quad (3.65)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 ตัวอย่างการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการทำงานเบื้องต้นของระบบเมลลิงลิสต์แบบต่าง ๆ ด้วยสมการ





รูปที่ 3.10 โครงสร้างระบบเมลลิงลิสต์แบบลำดับชั้น ระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) และแบบเวบลิงค์เมล สำหรับคำนวณสมการ

3.6.1 ระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้น

ออกแบบให้มี 2 ลำดับชั้น มี Mainlist Server ทำหน้าที่เป็นรูทของระบบ 1 เครื่องและที่ Mainlist Server มีสมาชิกเป็น MTA และ Sublist Server โดยมี MTA อยู่ 1 MTA และมี Sublist Server 2 เซิร์ฟเวอร์ ให้ Sublist Server เครื่องแรก มีสมาชิก 1 MTA ส่วนอีก Sublist Server ให้มีสมาชิกจำนวน 3 MTA และที่ MTA แต่ละเครื่องกำหนดให้มีสมาชิก 2 คน/1 MTA (รวมทั้งระบบ 10 คน) และให้สายเชื่อมต่อสัญญาณระหว่าง Mainlist Server กับ Sublist Server เป็นขนาดแบนด์วิธที่ 1 (512 Kbps) สายเชื่อมต่อสัญญาณระหว่าง Mainlist Server กับ MTA และ Sublist Server กับ MTA เป็นขนาดแบนด์วิธที่ 2 (10 Mbps) ดังรูปที่ 3.10 (ด้านซ้าย)

3.6.2 ระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) และระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมล

กำหนดให้มีเครื่องเซิร์ฟเวอร์ส่วนกลางจำนวน 1 เซิร์ฟเวอร์ และมีสมาชิกเป็น MTA จำนวน 5 MTA ในแต่ละ MTA มีสมาชิก 2 คน (รวมทั้งระบบ 10 คน) สายสัญญาณเชื่อมต่อระหว่างเซิร์ฟเวอร์ส่วนกลางกับ MTA เป็นขนาดแบนด์วิธที่ 1 (512 Kbps) ดังรูปที่ 3.10 (ด้านขวา)

จากการวิเคราะห์สมการประสิทธิภาพการทำงานของระบบเมลลิงลิสต์แบบต่าง ๆ ข้างต้นทำให้สามารถเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบอย่างคร่าว ๆ ได้

สมมุติให้

N_U แทน จำนวนสมาชิกในระบบทั้งหมด 10 คน

N_{MC} แทน จำนวนจดหมายที่ถูกแปลงเป็น short mail ทั้งหมด 10 ฉบับ

N_{MF} แทน จำนวนจดหมายที่ถูกส่งแบบ full mail ทั้งหมด 10 ฉบับ

BMF_{avg} แทน ขนาดจดหมายเฉลี่ยแบบ full mail ฉบับละ 85 KB

BMC_{avg} แทน ขนาดจดหมายเฉลี่ยแบบ short mail ฉบับละ 4 KB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BMR_{avg} แทน ขนาดจดหมายเฉลี่ยที่ใช้ในการร้องขอพร็อกซี่เซิร์ฟเวอร์ (Request) เพื่ออ่านจดหมาย ฉบับละ 25 ไบต์

C แทน ค่าคงที่ของเฮดเดอร์จดหมายที่เพิ่มขึ้นเมื่อจดหมายผ่านเซิร์ฟเวอร์ฉบับละ 500 ไบต์

P แทน ความน่าจะเป็นของการพบ full mail ฉบับที่ร้องขอในแคชของพร๊อกซี่เซิร์ฟเวอร์เท่ากับ 1

ระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นมีโครงสร้าง 2 ชั้น ประกอบด้วย

N_{ML} แทน จำนวน Mainlist Server ทั้งหมด 1 เครื่องต่อระบบทั้งหมด

N_{SL} แทน จำนวน Sublist Server ทั้งหมด 2 เครื่องต่อระบบทั้งหมด

N_P แทน จำนวนพร๊อกซี่เซิร์ฟเวอร์ ทั้งหมด 1 เครื่องต่อระบบทั้งหมด

TH_{avg} แทน เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการแปลงจดหมายและเก็บจดหมายลง Mail Storage เป็นวินาที

Mainlist Server มีสมาชิกจำนวน 1 MTA ในแต่ละ MTA มีสมาชิก 2 คน

Sublist Server มีสมาชิกจำนวน 4 MTA ในแต่ละ MTA มีสมาชิก 2 คน

3.6.3 เปรียบเทียบขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยทั้งหมดที่ถูกเก็บในระบบ

ต้องการทดสอบประสิทธิภาพของระบบ โดยแทนค่าต่าง ๆ ดังนี้

<u>ระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้น</u>

กำหนดให้ พร็อกซี่เซิร์ฟเวอร์ของระบบยังไม่มีการเก็บจดหมายฉบับใด ๆ ที่ส่งเข้ามายังระบบไว้เลย

จากสมการที่ (3.13) จะได้ว่า

$$\begin{aligned} BS_{HML} &= (N_{ML} * N_{MF} * BMF_{avg}) \\ &\quad + \sum_{i=1}^{N_{ML}} \sum_{j=1}^{N_{Li}} \sum_{k=1}^{N_{SLij}} \sum_{l=1}^{N_{MTAijk}} \left[NU_{ijkl} * N_{MC} * (BMC_{avg} + C_{ijk}) \right] + \sum_{q=1}^{N_P} \sum_{X=1}^{N_{MFq}} BMF_{Xq} \\ &= (1*10*85000) \\ &\quad + \left[(4*2*10*(4000+(500*2))) + (1*2*10*(4000+500)) \right] + 0 \\ &= 850000 + 490000 \\ &= 1340KB \end{aligned} \tag{3.66}$$

<u>ระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม)</u>

จากสมการที่ (3.39) จะได้ว่า

$$\begin{aligned} BS_{old} &= \sum_{i=1}^{N_{MTA}} \left[N_{U_i} * N_{MC} * (BMF_{avg} + C_i) \right] \\ &= 5*2*10*(85000+500) \\ &= 8550000 \\ &= 8550KB \end{aligned} \tag{3.67}$$

<u>ระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมล</u>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดให้ พร็อกซี่เซิร์ฟเวอร์ของระบบยังไม่มีการเก็บจดหมายฉบับใด ๆ ที่ส่งเข้ามายังระบบไว้เลย

จากสมการที่ (3.54) จะได้ว่า

$$BS_{web} = \left(N_{MF} * BMF_{avg}\right) + \sum_{i=1}^{N_{MTA}}\left[N_{U_i} * N_{MC} * \left(BMC_{avg} + C_i\right)\right] + \sum_{q=1}^{N_P}\sum_{X=1}^{N_{MF_q}} BMF_{Xq}$$
$$= (10*85000) + [5*2*10*(4000+500)] + 0$$
$$= 850000 + 450000 \tag{3.68}$$
$$= 1300000$$
$$= 1300KB$$

ตัวเลขจากการคำนวณค่าเฉลี่ยขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยทั้งหมดที่เก็บในระบบ พบว่า ระบบเมล ลิงลิสต์ (เดิม) มีขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยทั้งหมดในระบบมากที่สุด รองลงมาเป็นระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมล ตามลำดับ ซึ่งมีขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยทั้งหมดที่เก็บในระบบใกล้เคียง

3.6.4 เปรียบเทียบขนาดจดหมายรวมทั้งหมดที่สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบ

ต้องการทดสอบประสิทธิภาพของระบบ โดยแทนค่าต่าง ๆ ดังนี้

<u>ระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้น</u>

จากสมการที่ (3.22) จะได้ว่า

$$BT_{HML} = N_{MF} * (N_{ML} - 1) * BMF_{avg} + \sum_{i=1}^{N_{ML}}\sum_{j=1}^{N_{Lj}}\left[N_{SL_{ij}} * N_{MC} * \left(BMC_{avg} + C_{ij}\right)\right]$$
$$+ \sum_{i=1}^{N_{ML}}\sum_{j=1}^{N_{Lj}}\sum_{k=1}^{N_{SLij}}\left[N_{MTA_{ijk}} * N_{MC} * \left(BMC_{avg} + C_{ijk}\right)\right]$$
$$+ P * \left[N_R * \left(BMR_{avg} + BMF_{avg}\right)\right] + \left[(1-P) * 2\left(N_R * \left(BMR_{avg} + BMF_{avg}\right)\right)\right]$$
$$= (10*(1-1)*85000) + [2*10*(4000+500) + (36*2)]$$
$$+ [(4*10*(4000+(500*2)+(36*2))) + (1*10*(4000+500+(36*2)))] \tag{3.69}$$
$$+ 1*[10*(25+85000)] + 0$$
$$= 91440 + 202880 + 45720 + 850250$$
$$= 1190290$$
$$\approx 1190KB$$

<u>ระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม)</u>

จากสมการที่ (3.41) จะได้ว่า

$$BT_{old} = \sum_{i=1}^{N_{MTA}}\left[N_{MTA} * N_{MF} * \left(BMF_{avg} + C_i\right)\right]$$
$$= 5*10*(85000+500+(36*2)) \tag{3.70}$$
$$= 4278600$$
$$\approx 4279KB$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>ระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมล</u>

กำหนดให้ ความน่าจะเป็นที่พบจดหมายที่ร้องขอในแคชของพร็อกซี่เซิร์ฟเวอร์ เท่ากับ 1

จากสมการที่ (3.59) จะได้ว่า

$$\begin{aligned} BT_{web} &= \sum_{i=1}^{N_{MTA}} \left[N_{MTA} * N_{MC} * \left(BMC_{avg} + C_i\right)\right] \\ &\quad + P * \left[N_R * \left(BMR_{avg} + BMF_{avg}\right)\right] + \left[2(1-P) * \left(N_R * \left(BMR_{avg} + BMF_{avg}\right)\right)\right] \\ &= \left(5 * 10 * (4000 + 500 + (36 * 2))\right) + \left[1 * \left(10 * (25 + 85000)\right)\right] + 0 \\ &= 228600 + 850250 \\ &= 1078850 \\ &\approx 1079KB \end{aligned} \tag{3.71}$$

ตัวเลขจากการคำนวณค่าเฉลี่ยขนาดจดหมายรวมทั้งหมดที่เก็บในระบบ พบว่า ระบบเมล ลิงลิสต์ (เดิม) มีขนาดจดหมายเฉลี่ยทั้งหมดที่สื่อสารผ่านเครือข่ายในระบบสูง รองลงมาเป็นระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมล และระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้น

3.6.5 เปรียบเทียบเวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการส่งจดหมายไปยังสมาชิกทุกคนของระบบ

ต้องการทดสอบประสิทธิภาพของระบบ โดยแทนค่าต่าง ๆ ดังนี้

<u>ระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้น</u>

เพื่อความเข้าใจที่ง่ายขึ้น เรากำหนดให้ เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการแปลงจดหมายและเก็บจดหมายลง Mail Storage เป็น 0 วินาที เวลาเฉลี่ยระยะห่างในการส่งจดหมายแต่ละฉบับ 1 วินาที และจำนวนจดหมายสูงสุดที่ส่งได้ระหว่าง Mainlist Server ถึง Mainlist Server อีกตัวหนึ่ง 2 ฉบับ จำนวนจดหมายสูงสุดที่ส่งได้ระหว่าง Mainlist Server ถึง Sublist Server ที่เป็นสมาชิก 3 ฉบับ จำนวนจดหมายสูงสุดที่ส่งได้ระหว่าง Sublist Server ถึง MTA ที่เป็นสมาชิก 4 ฉบับ จำนวนจดหมายสูงสุดที่ส่งได้ระหว่าง MTA ถึง mailbox ของสมาชิก 5 ฉบับ

จากสมการที่ (3.30) จะได้ว่า

$$\begin{aligned} T_{HML_send} &= 0 + 0 + 0 + 1[10 - (2-1)] + 1[2(2-1)] + 1[10 - (3-1)] + 1[2(3-1)] \\ &\quad + 1[10 - (4-1)] + 1[2(4-1)] \\ &= 9 + 2 + 8 + 4 + 7 + 6 \\ &= 36S \end{aligned} \tag{3.72}$$

<u>ระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม)</u>

จากสมการที่ (3.42) จะได้ว่า

$$\begin{aligned} T_{old_send} &= 1[10 - (3-1)] + 1[(3-1)] + 1[10 - (4-1)] + 1[(4-1)] \\ &= 8 + 4 + 7 + 6 \\ &= 25S \end{aligned} \tag{3.73}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>ระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมล</u>

จากสมการที่ (3.60) จะได้ว่า

$$
\begin{aligned}
T_{web_send} &= 1[10-(3-1)]+1[(3-1)]+1[10-(4-1)]+1[(4-1)] \\
&= 8+4+7+6 \qquad (3.74) \\
&= 25S
\end{aligned}
$$

ระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) ใช้เวลารวมเฉลี่ยในการส่งจดหมายถึงสมาชิกของระบบนานกว่าแบบโครงสร้างลำดับชั้นและแบบเวบลิงค์เมลมาก ระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นใช้เวลารวมเฉลี่ยในการส่งจดหมายถึงสมาชิกของระบบเร็วที่สุด ส่วนระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมลใช้เวลารวมเฉลี่ยในการส่งจดหมายถึงสมาชิกของระบบมากกว่าแบบโครงสร้างลำดับชั้น

3.6.6 เปรียบเทียบเวลารวมทั้งหมดที่ใช้ในการอ่านจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบ

ต้องการทดสอบประสิทธิภาพของระบบ โดยแทนค่าต่าง ๆ ดังนี้

<u>ระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้น</u>

กำหนดให้ ความน่าจะเป็นที่พบจดหมายที่ร้องขอในแคชของพร๊อกซี่เซิร์ฟเวอร์ เท่ากับ 1

จากสมการที่ (3.35) จะได้ว่า

$$
\begin{aligned}
T_{HML_read} &= \left(\frac{N_{MC} * BMC_{avg}}{BW_{U\to MTA}}\right) + P*\left[\frac{N_R*\left(BMR_{avg}+BMF_{avg}\right)}{BW_{U\to P}}\right] \\
&\quad + \left[(1-P)*2*\left(\frac{N_R*\left(BMR_{avg}+BMF_{avg}\right)}{BW_{U\to P}}\right)\right] \\
&= \left(\frac{10*4000}{64000}\right)+\left[\frac{10*(25+85000)}{1250000}\right] \qquad (3.75) \\
&= 0.625+0.6802 \\
&= 1.3052S
\end{aligned}
$$

<u>ระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม)</u>

จากสมการที่ (3.44) จะได้ว่า

$$
\begin{aligned}
T_{old_read} &= \frac{N_{MF} * BMF_{avg}}{BW_{U\to MTA}} \\
&= \frac{10*85000}{64000} \qquad (3.76) \\
&= 13.28125S
\end{aligned}
$$

<u>ระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมล</u>

จากสมการที่ (3.65) จะได้ว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$T_{web_read} = \left(\frac{N_{MC} * BMC_{avg}}{BW_{U \to MTA}}\right) + P * \left[\frac{N_R * \left(BMR_{avg} + BMF_{avg}\right)}{BW_{U \to P}}\right]$$

$$+ \left[(1-P) * 2 * \left(\frac{N_R * \left(BMR_{avg} + BMF_{avg}\right)}{BW_{U \to P}}\right)\right] \quad (3.77)$$

$$= \left(\frac{10 * 4000}{64000}\right) + \left[\frac{10 * (25 + 85000)}{1250000}\right] + 0$$

$$= 1.3025S$$

ระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) ใช้เวลารวมเฉลี่ยในการอ่านจดหมายมากที่สุด ในขณะที่ระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและแบบเวบลิงค์เมลใช้เวลารวมเฉลี่ยในการอ่านจดหมายเท่ากัน เนื่องจากใช้กลไกของพร็อกซี่เซิร์ฟเวอร์ที่สภาพแวดล้อมในการอ่านจดหมายเหมือนกัน

3.6.7 สรุปการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการทำงานเบื้องต้นจากสมการ

เมื่อกำหนดให้สภาพแวดล้อมของระบบเท่ากัน จากการคำนวณสมการข้างต้นแสดงให้เห็นว่า ระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นมีขนาดจดหมายที่เก็บในระบบน้อยกว่าระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) มาก และมีขนาดจดหมายมากกว่าระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมลอยู่เล็กน้อย

ส่วนขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยทั้งหมดที่สื่อสารบนเครือข่ายของระบบนั้น ระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นจะมีขนาดมากกว่าระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมลไม่มากนัก และน้อยกว่าระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) มาก

จากผลลัพธ์ของสมการ ระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นใช้เวลาในการส่งจดหมายถึงสมาชิกในระบบน้อยกว่าระบบเมลลิงลิสต์อีกทั้งสองแบบมาก รองลงมาเป็นระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมล และระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) ใช้เวลามากที่สุด ตามลำดับ

เวลารวมเฉลี่ยทั้งหมดในการอ่านจดหมายของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและระบบเมลลิงลิสต์แบบเวลลิงค์เมลใช้เวลาเท่ากัน และน้อยกว่าระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) มาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การทดลองและการประเมินผล

จุดประสงค์ของงานวิจัยเน้นการวัดขนาดจดหมายที่ส่งระหว่างเครือข่าย วัดปริมาณเนื้อที่ของระบบที่ใช้จัดเก็บจดหมายจากเมลลิงลิสต์ และเวลาในการส่งจดหมายจนกระทั่งสมาชิกของเมลลิงลิสต์ทั้งหมดได้รับจดหมายนั้น โดยการทดลองสร้างระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) ระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมลขึ้นมาจริง ทำการทดลองทั้งหมดโดยส่งจดหมายขนาดต่าง ๆ เก็บข้อมูลที่ได้จากการทดลองระบบ นำมาวิเคราะห์ด้วยสมการ แสดงผลเป็นกราฟแท่งและกราฟเส้นเพื่อมองภาพรวมได้ชัดเจนขึ้น

สำหรับการทดลองนี้ ทำการจำลองระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นขึ้นมาใช้งานจริงจำนวน 3 ลิสต์ เก็บผลการทดลองที่ได้จากระบบแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย จากนั้นนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับเมลลิงลิสต์ (เดิม) และแบบเวบลิงค์เมล เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพการทำงานของระบบเมลลิงลิสต์แต่ละประเภท

4.1 สภาพแวดล้อมของการทดลอง

ส่วนประกอบด้านฮาร์ดแวร์

- CPU AMD Intel Celeron 333 MHz (1 เครื่อง)
- Ram 128 MB
- Hardisk 40 GB
- CPU AMD Athlon 1000 MHz (1เครื่อง)
- Ram 128 MB
- Hardisk 20 GB
- CPU Cyric 300 MHz (3 เครื่อง)
- Ram 182 MB
- Hardisk 3.2 GB
- Ethernet Lan Card 10/100 Mbps
- Hub 10/100 Mbps

ส่วนประกอบด้านซอฟต์แวร์

- Linux Red Hat 7.3
- Sendmail 8.12.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Majordomo 1.94.5
- Squid 2.4.STABLE7
- Perl 5.8.0
- Cbq 0.7.3

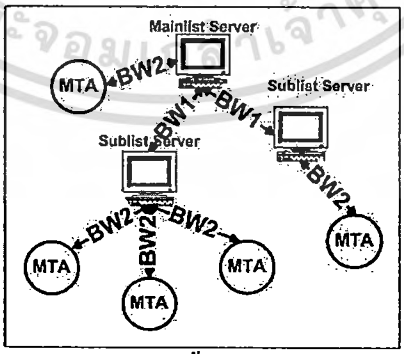
4.2 ออกแบบการทดลอง

กำหนดให้ระบบเมลลิงลิสต์ทั้ง 3 แบบมีสภาพแวดล้อมที่เหมือนกัน ดังนี้

1) จำนวนและขนาดจดหมายที่เข้ามาในระบบเท่ากัน
2) จำนวน MTA ในระบบเท่ากัน
3) จำนวนสมาชิกในแต่ละ MTA เท่ากัน
4) จำนวนสมาชิกรวมทั้งระบบเท่ากัน

4.2.1 ระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้น

ออกแบบให้มี 2 ลำดับชั้น มี Mainlist Server ทำหน้าที่เป็นรูทของระบบ 1 เครื่องและที่ Mainlist Server มีสมาชิกเป็น MTA และ Sublist Server โดยมี MTA อยู่ 1 MTA และมี Sublist Server 2 เซิร์ฟเวอร์ ให้ Sublist Server เครื่องแรก มีสมาชิก 1 MTA ส่วนอีก Sublist Server ให้มีสมาชิกจำนวน 3 MTA และที่ MTA แต่ละเครื่องกำหนดให้มีสมาชิก (Subscriber) 10 คน/1 MTA (รวมทั้งระบบ 50 คน) และให้สายเชื่อมต่อสัญญาณระหว่าง Mainlist Server กับ Sublist Server เป็นขนาดแบนด์วิธที่ 1 (512 Kbps, 1 Mbps และ 2 Mbps ตามลำดับ) สายเชื่อมต่อสัญญาณระหว่าง Mainlist Server กับ MTA และ Sublist Server กับ MTA เป็นขนาดแบนด์วิธที่ 2 (10 Mbps) ดังรูป

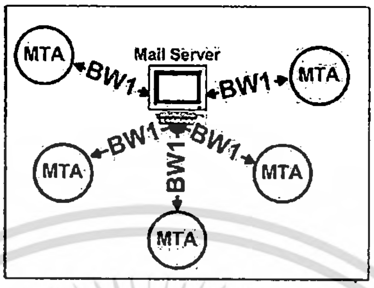


รูปที่ 4.1 โครงสร้างระบบเมลลิงลิสต์แบบลำดับชั้นสำหรับการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) และระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมล

กำหนดให้มีเมลเซิร์ฟเวอร์ส่วนกลางจำนวน 1 เซิร์ฟเวอร์ และมีสมาชิกเป็น MTA จำนวน 5 MTA ในแต่ละ MTA มีสมาชิก (Subscriber) 10 คน (รวมทั้งระบบ 50 คน) สายสัญญาณเชื่อมต่อระหว่างเซิร์ฟเวอร์ส่วนกลางกับ MTA เป็นขนาดแบนด์วิธที่ 1 (512 Kbps, 1 Mbps และ 2 Mbps ตามลำดับ) ดังรูป



รูปที่ 4.2 โครงสร้างระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) และแบบเวบลิงค์เมลสำหรับการทดลอง

4.3 การทดลองปรับเปลี่ยนขนาดจดหมายและแบนด์วิธของเครือข่าย

4.3.1 ทดลองปรับค่าแบนด์วิธที่ 1 ของเครือข่ายเป็น 512 Kbps

1) วัดขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่เก็บอยู่ในระบบ

คำนวณขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยทั้งหมดที่เก็บอยู่ในระบบ เมื่อจดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 4 KBเท่ากัน จำนวนสมาชิกของระบบเป็น 10, 20, 30, 40 และ 50 คน ตามลำดับ และจำนวนจดหมายที่เข้ามาในระบบทั้งหมด 10 ฉบับเท่ากัน

ตัวอย่าง การคำนวณหาขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยทั้งหมดที่เก็บอยู่ในระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้น ระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) และระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมล ดังสมการที่ (3.66) (3.67) และ (3.68) ตามลำดับ โดยแทนค่าต่าง ๆ ของการทดลองลงในสมการ

ทดลองทำการวัดค่าขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่เก็บอยู่ในระบบ ในขณะที่จำนวนจดหมายและขนาดจดหมายที่ส่งเข้ามาในระบบเท่า ๆ กัน (10 ฉบับ)

ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองและจากการคำนวณสมการ ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่ถูกเก็บอยู่ในระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและแบบเวบลิงค์เมล เมื่อจดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 4 KB และจำนวนสมาชิกของระบบเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Storage (KB)				
Subscriber	Web Link Equation	Web Link Experiment	HML Equation	HML Experiment
10	450	523	490	539
20	900	1046	980	1079
30	1350	1570	1470	1618
40	1800	2093	1960	2158
50	2250	2619	2450	2700

ตารางที่ 4.2 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลอง ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่ถูกเก็บอยู่ในระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นแบบเวบลิงค์เมล เมื่อจดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 20 KB และจำนวนสมาชิกของระบบเพิ่มขึ้น

Storage (KB)		
Subscriber	Web Link Experiment	HML Experiment
10	2169	2185
20	4338	4370
30	6506	6556
40	8675	8741
50	10848	10929

ตารางที่ 4.3 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลอง ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่ถูกเก็บอยู่ในระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและแบบเวบลิงค์เมล เมื่อจดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 50 KB และจำนวนสมาชิกของระบบเพิ่มขึ้น

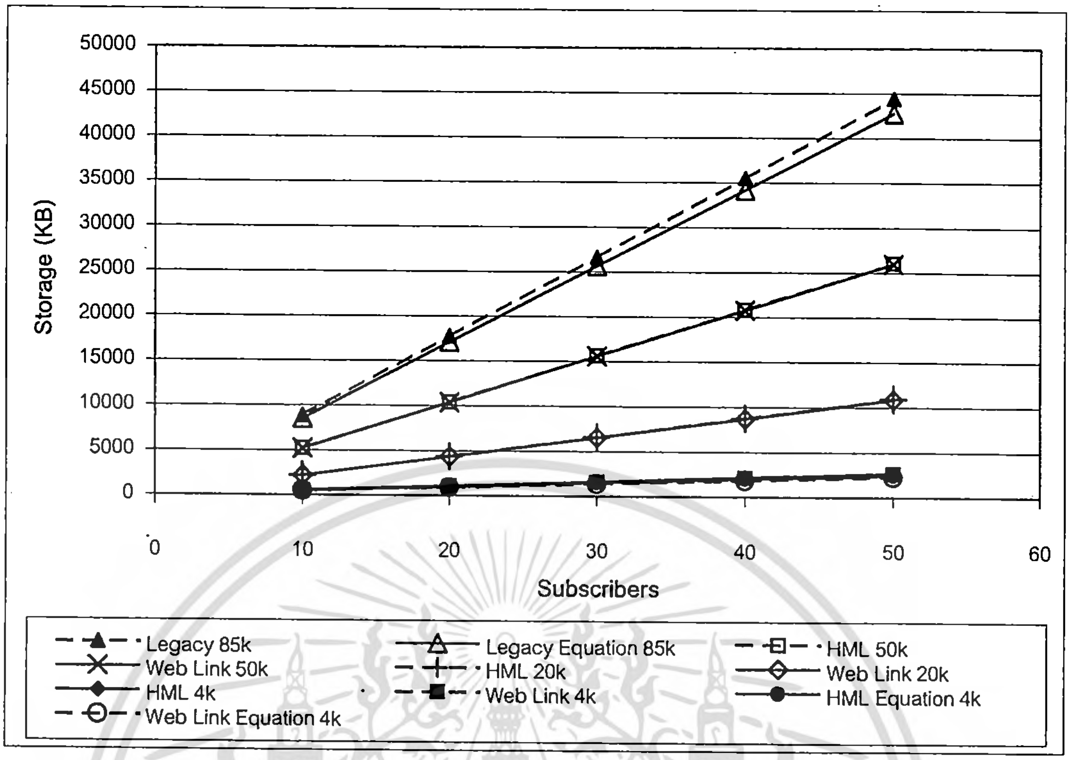
Storage (KB)		
Subscriber	Web Link Experiment	HML Experiment
10	5188	5204
20	10376	10408
30	15564	15613
40	20752	20817
50	25943	26024

ตารางที่ 4.4 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองและจากการคำนวณสมการ ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่ถูกเก็บอยู่ในระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) เมื่อจดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 85 KB และจำนวนสมาชิกของระบบเพิ่มขึ้น

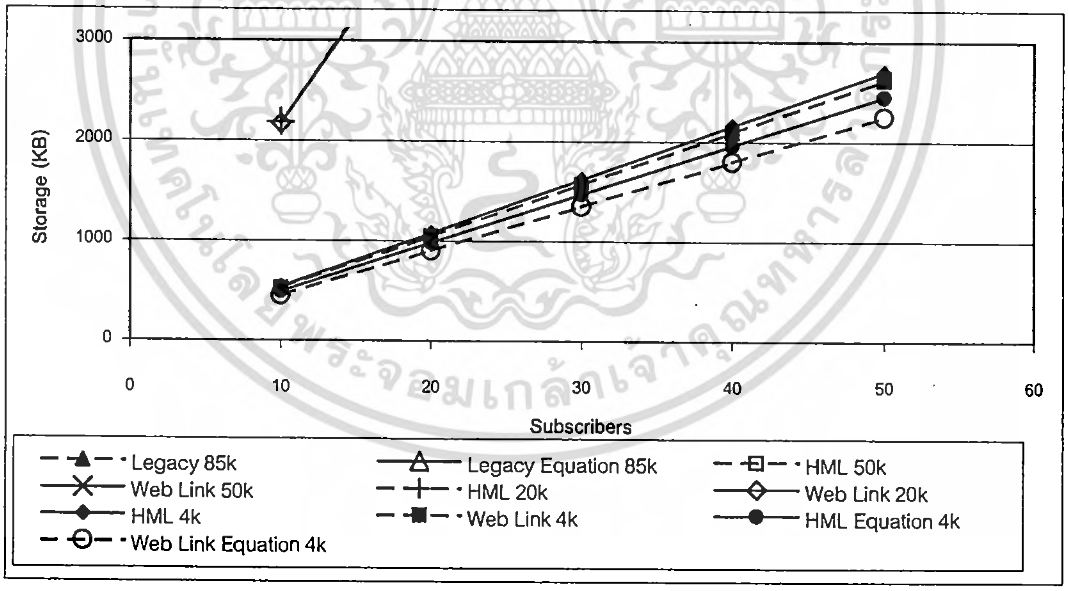
Storage (KB)		
Subscriber	Legacy Equation	Legacy Experiment
10	8550	8879
20	17100	17758
30	25650	26637
40	34200	35517
50	42750	44396

จากตารางต่าง ๆ ข้างต้น นำข้อมูลที่ได้จากผลการทดลองมาเขียนเป็นกราฟเส้นเพื่อดูแนวโน้มของข้อมูลได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่ถูกเก็บในระบบ



รูปที่ 4.4 ขยายรูปที่ 4.3 ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่ถูกเก็บในระบบ

วิเคราะห์ผลการทดลอง

เปรียบเทียบขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่เก็บอยู่ในระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้น ระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมลและระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) ในเงื่อนไขดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>เมื่อจำนวนจดหมายที่เข้ามาในระบบเท่ากัน</u>

ระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) มีขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่เก็บอยู่ในระบบมากกว่าระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมลมากอย่างเห็นได้ชัดเจน เนื่องจากจดหมายที่ส่งให้สมาชิกแต่ละคนเป็นจดหมายแบบ full mail ในขณะที่ระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและแบบเวบลิงค์เมลส่งจดหมายแบบ short mail ให้กับสมาชิก

ระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นมีขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่เก็บอยู่ในระบบมากกว่าระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมลเล็กน้อย เนื่องจากต้องส่งผ่านเซิร์ฟเวอร์จำนวนมากกว่า (ตามโครงสร้างของระบบ) ทำให้เฮดเดอร์ของจดหมายมีขนาดมากขึ้น

<u>เมื่อจำนวนจดหมายที่เข้ามาในระบบเพิ่มขึ้น</u>

ระบบเมลลิงลิสต์ทั้ง 3 แบบมีขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่เก็บอยู่ในระบบเพิ่มมากขึ้นตามจำนวนจดหมายที่เข้ามาในระบบ โดยอัตราการเพิ่มขึ้นแปรผันตามจำนวนจดหมายที่เข้ามาในระบบ เนื่องจากจำนวนฉบับที่ถูกส่งเข้ามาในระบบเพิ่มขึ้นทำให้จำนวนจดหมายแบบ short mail ใน mailbox ของสมาชิกแต่ละคนเพิ่มขึ้น แม้ว่าจดหมายแต่ละฉบับจะมีขนาดเล็กมากแต่เมื่อมีจำนวนมากก็ทำให้ขนาดเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย

<u>เมื่อจำนวนสมาชิกในระบบเพิ่มขึ้น</u>

ระบบเมลลิงลิสต์ทั้ง 3 แบบมีขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่เก็บอยู่ในระบบเพิ่มมากขึ้นด้วย โดยระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมลมีอัตราการเพิ่มขึ้นต่ำกว่าระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) มาก (ดูได้จากความชันของกราฟ) เนื่องจากระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) ส่งจดหมายแบบ full mail เมื่อจำนวนสมาชิกในระบบเพิ่มมากขึ้น ขนาดจดหมายรวมทั้งระบบก็มากขึ้นเป็นทวีคูณ

ในขณะที่ระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมลมีขนาดจดหมายเพิ่มขึ้นใกล้เคียงกันมาก ชนิดที่แทบจะไม่มีความแตกต่างกันเลย โดยระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นมีขนาดจดหมายมากกว่าอยู่เล็กน้อย เนื่องจากขนาดเฮดเดอร์ของดหมายที่เพิ่มขึ้นจากการส่งจดหมายผ่านเซิร์ฟเวอร์มากขึ้นตามโครงสร้างของระบบ

2) หาขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบ

คำนวณขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบ เมื่อจดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 4 KBเท่ากัน จำนวนสมาชิกของระบบเป็น 10, 20, 30, 40 และ 50 คน ตามลำดับ และจำนวนจดหมายที่เข้ามาในระบบทั้งหมด 10 ฉบับเท่ากัน

ตัวอย่าง การคำนวณหาขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้น ระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) และระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมล ได้ดังสมการที่ (3.69) (3.70) และ (3.71) ตามลำดับ โดยแทนค่าต่าง ๆ ของการทดลองลงในสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดลองทำการวัดค่าขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบ ในขณะที่จำนวนจดหมายและขนาดจดหมายที่ส่งเข้ามาในระบบเท่า ๆ กัน (10 ฉบับ)

ตารางที่ 4.5 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองและจากการคำนวณสมการ ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและแบบเวบลิงค์เมล เมื่อจดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 4 KB และจำนวนสมาชิกของระบบเพิ่มขึ้น

Traffic (KB)				
Subscriber	Web Link Equation	Web Link Experiment	HML Equation	HML Experiment
10	229	245	340	389
20	232	252	345	396
30	236	259	350	401
40	239	269	355	414
50	243	278	360	420

ตารางที่ 4.6 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลอง ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและแบบเวบลิงค์เมล เมื่อจดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 20KB และจำนวนสมาชิกของระบบเพิ่มขึ้น

Traffic (KB)		
Subscriber	Web Link Experiment	HML Experiment
10	938	1396
20	946	1412
30	954	1428
40	962	1447
50	970	1461

ตารางที่ 4.7 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลอง ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและแบบเวบลิงค์เมล เมื่อจดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 50KB และจำนวนสมาชิกของระบบเพิ่มขึ้น

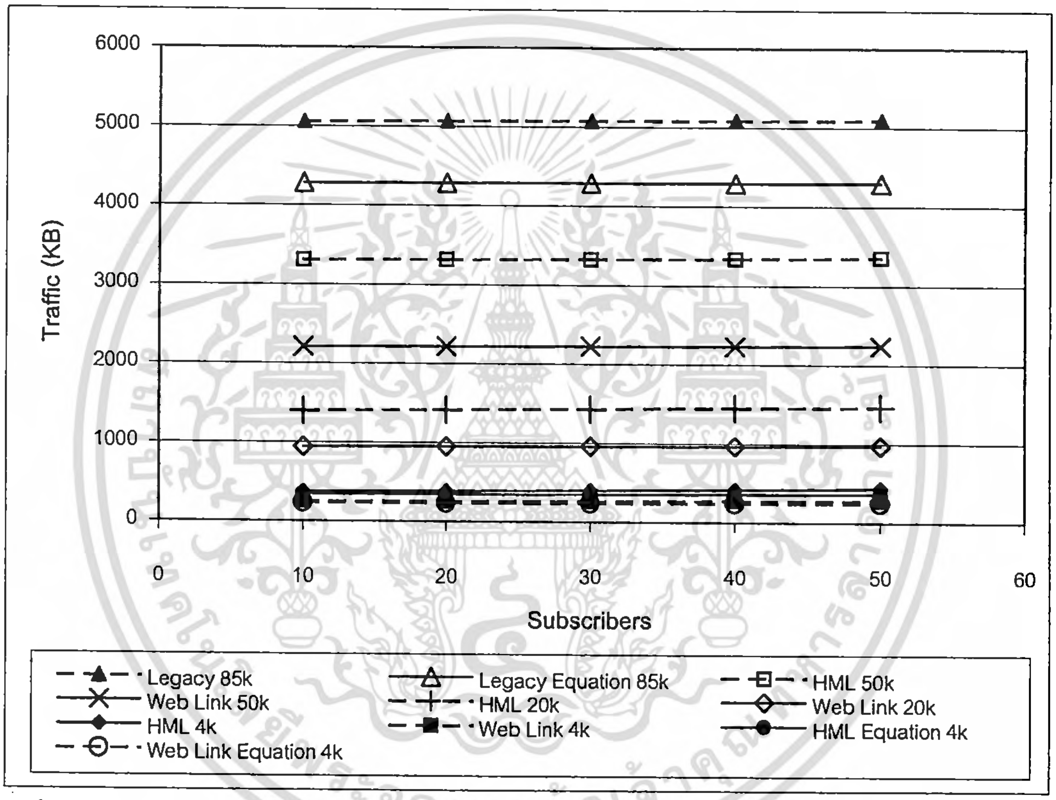
Traffic (KB)		
Subscriber	Web Link Experiment	HML Experiment
10	2206	3308
20	2214	3316
30	2222	3326
40	2230	3340
50	2238	3356

ตารางที่ 4.8 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองและจากการคำนวณสมการ ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) เมื่อจดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 85 KB และจำนวนสมาชิกของระบบเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Traffic (KB)		
Subscriber	Legacy Equation	Legacy Experiment
10	4279	5054
20	4282	5063
30	4286	5071
40	4289	5079
50	4293	5087

จากตารางที่ 4.8 นำค่าที่ได้จากผลการทดลองมาเขียนเป็นกราฟเส้นเพื่อดูแนวโน้มของข้อมูลได้ดังนี้



รูปที่ 4.5 ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบ

9 วิเคราะห์ผลการทดลอง

เปรียบเทียบขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้น ระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมลและระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) ในเงื่อนไข ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อจำนวนจดหมายที่เข้ามาในระบบเท่ากัน

ระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) มีขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบมากกว่าระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมลในปริมาณที่มากอย่างเห็นได้ชัดเจน เนื่องจากจดหมายรวมเฉลี่ยที่สื่อสารผ่านเครือข่ายแต่ละเซิร์ฟเวอร์มาจากการส่งจดหมายแบบ full mail เสมอ

ระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นมีขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบมากกว่าระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมลในปริมาณไม่มากนัก เนื่องจากขนาดเฮดเดอร์ของจดหมายแบบ short mail ที่เพิ่มขึ้นในการส่งจดหมายผ่านเซิร์ฟเวอร์ต่าง ๆ ตามโครงสร้างของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นที่การส่งจดหมายแต่ละครั้งต้องผ่านเซิร์ฟเวอร์จำนวนมากกว่าระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมล

เมื่อจำนวนจดหมายที่เข้ามาในระบบเพิ่มขึ้น

ยิ่งจำนวนจดหมายที่เข้ามาในระบบเพิ่มมากขึ้นเท่าใด จะเห็นว่า อัตราการเพิ่มขึ้นของขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่ใช้สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบจะแตกต่างกันมากขึ้นเท่านั้น

ทดลองส่งจดหมายขนาด 20 KB ของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมล จากกราฟจะเห็นว่าขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมลมีปริมาณน้อยกว่าระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นไม่มากนัก แต่ถ้าเปลี่ยนขนาดจดหมายเป็น 50 KB จะเห็นว่าขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมลมีปริมาณน้อยกว่าระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นมากขึ้น (ดูจากระยะห่างของกราฟทั้งสอง) เนื่องจากขนาดจดหมายของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นที่เพิ่มขึ้นจากการผ่านเซิร์ฟเวอร์มากกว่าระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมลตามโครงสร้างของระบบ รวมทั้งเฮดเดอร์ของจดหมายที่เพิ่มขึ้นด้วย

เมื่อจำนวนสมาชิกในระบบเพิ่มขึ้น

ระบบเมลลิงลิสต์ทั้ง 3 แบบมีขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบเพิ่มขึ้นเล็กน้อยมาก (แทบจะไม่เพิ่มขึ้นเลย) เนื่องจากการส่งจดหมายจากเซิร์ฟเวอร์หนึ่งไปอีกเซิร์ฟเวอร์หนึ่งหรือจากเซิร์ฟเวอร์หนึ่งไปยัง MTA เป็นการส่งจดหมายเพียงหนึ่งฉบับเสมอ การที่จำนวนสมาชิกเพิ่มขึ้นแต่ไม่เพิ่มจำนวน MTA จึงไม่ทำให้ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบเพิ่มมากขึ้นแต่อย่างใด และแม้ว่าขนาดแบนด์วิธของทั้งสองระบบจะมีส่วนที่ไม่เท่ากันแต่ก็ไม่มีผลกับขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบ

3) หาค่าเวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการส่งจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบ

คำนวณเวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการส่งจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบ เมื่อจดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 4 KB เท่ากัน จำนวนสมาชิกของระบบเป็น 10, 20, 30, 40 และ 50 คน ตามลำดับ และจำนวนจดหมายที่เข้ามาในระบบทั้งหมด 10 ฉบับเท่ากัน

ตัวอย่าง การคำนวณหาเวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการส่งจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้น ระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) และระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมล ได้ดังสมการที่ (3.72) (3.73) และ (3.74) ตามลำดับ โดยแทนค่าต่าง ๆ ของการทดลองลงในสมการ

ทดลองทำการหาค่าเวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการส่งจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบในขณะที่จำนวนจดหมายและขนาดจดหมายที่ส่งเข้ามาในระบบเท่า ๆ กัน (10 ฉบับ)

ตารางที่ 4.9 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองและจากการคำนวณสมการ เวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการส่งจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมล เมื่อจดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 4 KB และจำนวนสมาชิกของระบบเพิ่มขึ้น

	Time (s)			
Subscriber	Web Link Equation	Web Link Experiment	HML Equation	HML Experiment
10	3.515	25	2.171	20
20	6.112	29	3.652	21
30	10.748	34	4.756	25
40	13.371	38	6.184	26
50	16.884	45	7.703	30

ตารางที่ 4.10 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลอง เวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการส่งจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและแบบเวบลิงค์เมล เมื่อ จดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 20 KB และจำนวนสมาชิกของระบบเพิ่มขึ้น

	Time (s)	
Subscriber	Web Link Experiment	HML Experiment
10	72	42
20	72	41
30	73	46
40	74	45
50	81	51

ตารางที่ 4.11 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลอง เวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการส่งจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและแบบเวบลิงค์เมล เมื่อ จดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 50 KB และจำนวนสมาชิกของระบบเพิ่มขึ้น

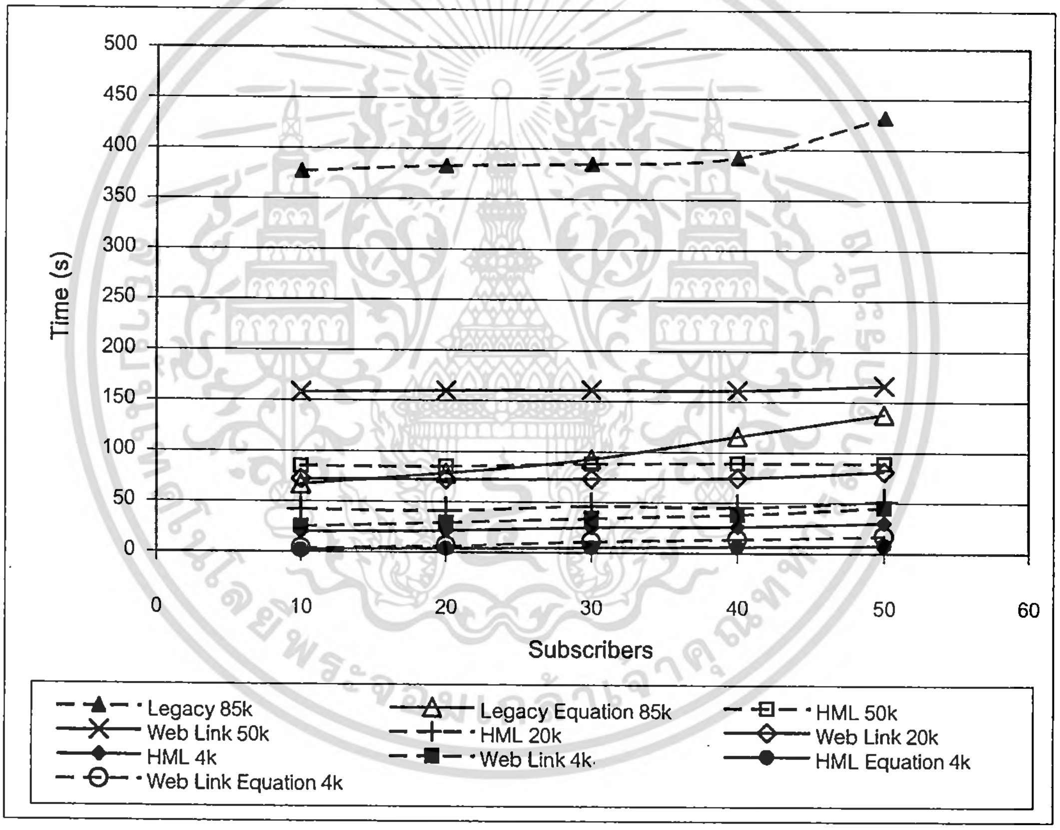
	Time (s)	
Subscriber	Web Link Experiment	HML Experiment
10	158	85
20	160	85
30	161	88
40	161	89
50	166	89

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลอง เวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการส่งจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและแบบเวบลิงค์เมล เมื่อ จดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 85 KB และจำนวนสมาชิกของระบบเพิ่มขึ้น

	Time (s)	
Subscriber	**Legacy Equation**	**Legacy Experiment**
10	66.772	377
20	78.123	383
30	92.398	385
40	115.405	392
50	137.696	432

จากตารางที่ 4.12 นำค่าที่ได้จากการทดลองมาเขียนเป็นกราฟเส้นเพื่อดูแนวโน้มของข้อมูลได้ดังนี้



รูปที่ 4.6 เวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการส่งจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบ

10 วิเคราะห์ผลการทดลอง

เปรียบเทียบเวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการส่งจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้น ระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมลและระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) ในเงื่อนไขดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>เมื่อจำนวนจดหมายที่เข้ามาในระบบเท่ากัน</u>

ระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) มีเวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการส่งจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบมากกว่าระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมลมากอย่างเห็นได้ชัดเจน เนื่องจากจดหมายที่ส่งถึงสมาชิกแต่ละคนเป็นจดหมายแบบ full mail และขนาดแบนด์วิธที่ส่งได้มีความเร็วต่ำ

ระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นมีเวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการส่งจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบน้อยกว่าระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมล เนื่องจากระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมลต้องส่งจดหมายถึงสมาชิกด้วยแบนด์วิธต่ำเหมือนกันทั้งหมด (512 Kbps) แม้ว่าจดหมายที่ส่งจะเป็นแบบ short mail ก็ตาม ทำให้ต้องใช้เวลารวมเฉลี่ยนานกว่าจดหมายจะไปถึงสมาชิกครบทุกคน ส่วนระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นมีการจัดวางโครงสร้างเอื้ออำนวยต่อการทำงานของระบบเมลลิงลิสต์ และอาศัยความแตกต่างของขนาดแบนด์วิธภายในเครือข่าย (LAN) ที่มีความเร็วสูง (10 Mbps) และแบนด์วิธภายนอก (WAN) ที่มีความเร็วต่ำ (512 Kbps) เข้ามาช่วยให้การส่งจดหมายถึงสมาชิกทุกคนในระบบสามารถทำได้เร็วขึ้น

<u>เมื่อจำนวนจดหมายที่เข้ามาในระบบเพิ่มขึ้น</u>

เวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการส่งจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบจะเพิ่มมากขึ้นตามจำนวนของจดหมายที่เพิ่มมากขึ้นด้วย

ทดลองส่งจดหมายขนาด 20 KB และ 50 KB ของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมล จากกราฟจะเห็นว่าทั้งสองระบบใช้เวลารวมเฉลี่ยในการส่งจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบแตกต่างกัน โดยระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมลใช้เวลามากกว่าระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้น เนื่องจากระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นมีขนาดแบนด์วิธที่แตกต่างกัน 2 แบบ (512 Kbps และ 10 Mbps) แต่ระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) และระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมลมีขนาดแบนด์วิธเดียวตลอดและเป็นแบนด์วิธที่ต่ำกว่า (512 Kbps) จึงใช้เวลารวมเฉลี่ยในการส่งจดหมายถึงสมาชิกทุกคนในระบบมากกว่า

<u>เมื่อจำนวนสมาชิกในระบบเพิ่มขึ้น</u>

ระบบเมลลิงลิสต์ทั้ง 3 แบบใช้เวลารวมเฉลี่ยในการส่งจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบเพิ่มขึ้นเมื่อจำนวนสมาชิกในระบบเพิ่มมากขึ้น (เปรียบเทียบกันด้วยขนาดจดหมายที่เท่ากัน) โดยที่ระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นใช้เวลาน้อยที่สุด รองลงมาเป็นระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมล และระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากโครงสร้างของระบบทำให้ขนาดแบนด์วิธที่ใช้แตกต่างกัน แม้ว่าจะส่งจดหมายแบบ short mail ที่มีขนาดเท่ากันก็ตาม อีกทั้งระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) ต้องส่งจดหมายแบบ full mail ถึงสมาชิกทุกคนจึงทำให้ต้องใช้เวลามากขึ้นอีก

4) หาค่าเวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการอ่านจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบ

คำนวณเวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการอ่านจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบ เมื่อจดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 4 KB เท่ากัน จำนวนสมาชิกของระบบเป็น 10, 20, 30, 40 และ 50 คน ตามลำดับ และจำนวนจดหมายที่เข้ามาในระบบทั้งหมด 10 ฉบับเท่ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

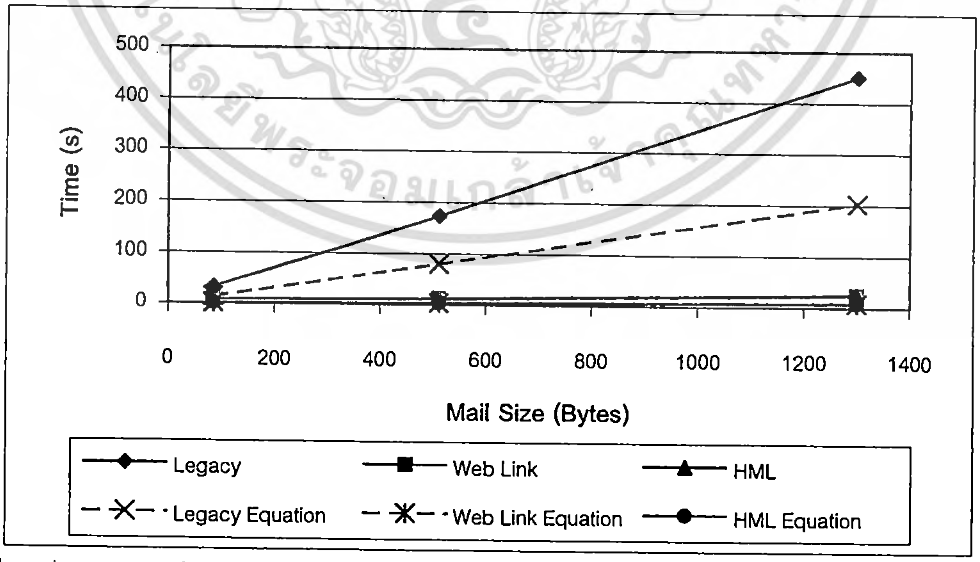
ตัวอย่าง การคำนวณหาเวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการอ่านจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้น ระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) และระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมล ได้ดังสมการที่ (3.75) (3.76) และ (3.77) ตามลำดับ โดยแทนค่าต่าง ๆ ของการทดลองลงในสมการ

ทดลองทำการหาค่าเวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการอ่านจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบในขณะที่จำนวนจดหมายและขนาดจดหมายที่ส่งเข้ามาในระบบเท่า ๆ กัน (10 ฉบับ)

ตารางที่ 4.13 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองและการคำนวณสมการ หาค่าเวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการอ่านจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้น ระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมลและระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) เมื่อจดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 85 KB, 512 KB และ 1.3 MB ตามลำดับ

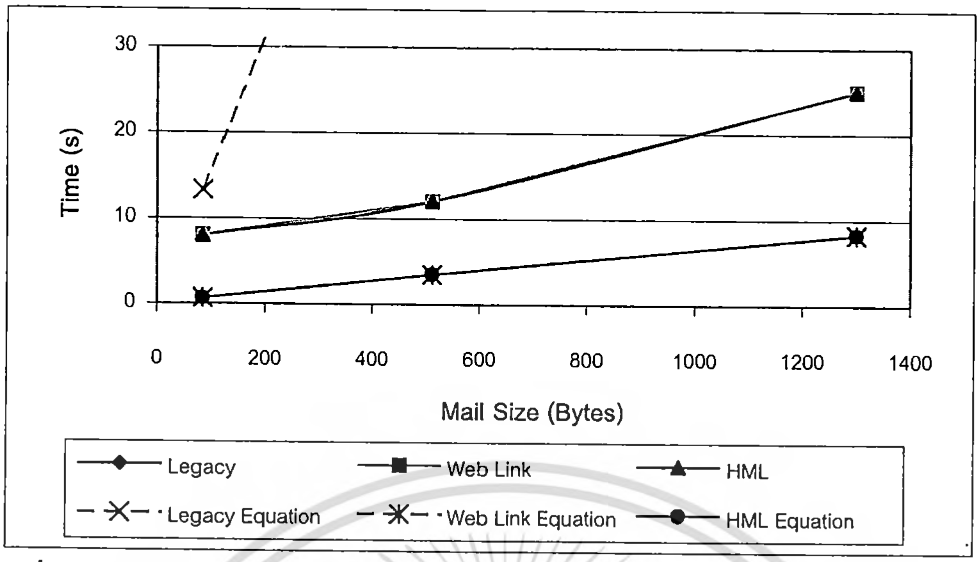
	Retrieve Time (s)					
Mail Size (KB)	Legacy Experiment	WebMail Experiment	HML Experiment	Legacy Equation	WebMail Equation	HML Equation
85	32.000	8.000	8.000	13.281	0.625	0.625
512	174.000	12.000	12.000	80.000	3.475	3.475
1300	451.000	25.000	25.000	203.125	8.292	8.292

จากตารางที่ 4.13 และตารางที่ 4.14 นำค่าที่ได้จากการทดลองมาเขียนเป็นกราฟเส้นเพื่อดูแนวโน้มของข้อมูลได้ดังนี้



รูปที่ 4.7 เวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการอ่านจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 ขยายรูปที่ 4.7 เวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการอ่านจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบ

11 วิเคราะห์ผลการทดลอง

เปรียบเทียบเวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการอ่านจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้น ระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมลและระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) ในเงื่อนไขดังนี้

<u>เมื่อจำนวนจดหมายที่เข้ามาในระบบเท่ากัน</u>

ระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมลใช้เวลารวมเฉลี่ยในการอ่านจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบเท่ากัน และระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) ใช้เวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการอ่านจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบมากกว่าทั้ง 2 ระบบมากอย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากขนาดจดหมายที่เก็บอยู่ใน mailbox ของสมาชิกในระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) มีขนาดใหญ่มากเพราะมีแต่จดหมายแบบ full mail ในขณะที่ระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและแบบเวบลิงค์เมลมีเพียงจดหมายแบบ short mail ภายใน mailbox เท่านั้น ดังนั้นเวลาที่ใช้ในการดึงจดหมายจาก mailbox มายังเครื่องคอมพิวเตอร์ที่สมาชิกใช้งานอยู่จึงต้องใช้เวลานานกว่า แม้ว่าระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและแบบเวบลิงค์เมลจะต้องเสียเวลาในการร้องขอจดหมายแบบ full mail จากพร็อกซี่อีกครั้งก็ตาม

<u>เมื่อจำนวนจดหมายที่เข้ามาในระบบเพิ่มขึ้น</u>

จากกราฟจะเห็นได้ว่า เวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการอ่านจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์ทั้ง 3 แบบเพิ่มมากขึ้นตามจำนวนของจดหมายที่เพิ่มมากขึ้น โดยระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) ใช้เวลามากที่สุด ส่วนระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและแบบเวบลิงค์เมลใช้เวลาในการอ่านจดหมายเพิ่มขึ้นในอัตราที่เท่ากัน เนื่องจากใช้กลไกของพร็อกซี่เซิร์ฟเวอร์ในการร้องขอจดหมายแบบ full mail มาอ่านเหมือนกัน

4.3.2 ทดลองปรับค่าแบนด์วิธที่ 1 ของเครือข่ายเป็น 1 Mbps

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) หาขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่เก็บอยู่ในระบบ

คำนวณขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยทั้งหมดที่เก็บอยู่ในระบบ เมื่อจดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 4 KBเท่ากัน จำนวนสมาชิกของระบบเป็น 10, 20, 30, 40 และ 50 คน ตามลำดับ และจำนวนจดหมายที่เข้ามาในระบบทั้งหมด 10 ฉบับเท่ากัน

ตัวอย่าง การคำนวณหาขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยทั้งหมดที่เก็บอยู่ในระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้น ระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) และระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมล ดังสมการที่ (3.66) (3.67) และ (3.68) ตามลำดับ โดยแทนค่าต่าง ๆ ของการทดลองลงในสมการ

ทดลองทำการวัดค่าขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่เก็บอยู่ในระบบ ในขณะที่จำนวนจดหมายและขนาดจดหมายที่ส่งเข้ามาในระบบเท่า ๆ กัน (10 ฉบับ)

ตารางที่ 4.14 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองและจากการคำนวณสมการ ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่ถูกเก็บอยู่ในระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นแบบเวบลิงค์เมล เมื่อจดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 4 KB และจำนวนสมาชิกของระบบเพิ่มขึ้น

	Storage (KB)			
Subscriber	Web Link Equation	Web Link Experiment	HML Equation	HML Experiment
10	450	523	490	539
20	900	1046	980	1079
30	1350	1570	1470	1618
40	1800	2093	1960	2158
50	2250	2618	2450	2700

ตารางที่ 4.15 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลอง ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่ถูกเก็บอยู่ในระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและแบบเวบลิงค์เมล เมื่อจดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 20 KB และจำนวนสมาชิกของระบบเพิ่มขึ้น

	Storage (KB)	
Subscriber	Web Link Experiment	HML Experiment
10	2169	2185
20	4338	4370
30	6507	6556
40	8676	8741
50	10847	10929

ตารางที่ 4.16 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลอง ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่ถูกเก็บอยู่ในระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและแบบเวบลิงค์เมล เมื่อจดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 50 KB และจำนวนสมาชิกของระบบเพิ่มขึ้น

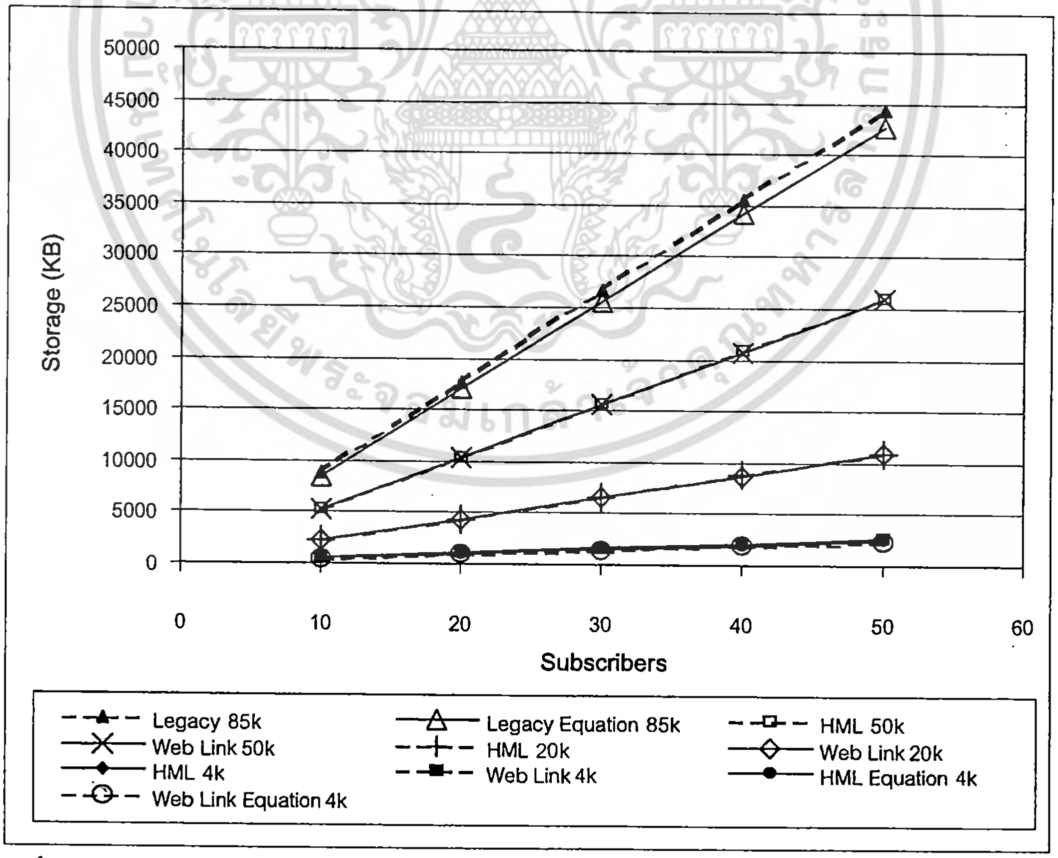
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Storage (KB)		
Subscriber	Web Link Experiment	HML Experiment
10	5188	5204
20	10376	10408
30	15564	15613
40	20752	20817
50	25943	26024

ตารางที่ 4.17 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองและจากการคำนวณสมการ ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่ถูกเก็บอยู่ในระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) เมื่อจดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 85 KB และจำนวนสมาชิกของระบบเพิ่มขึ้น

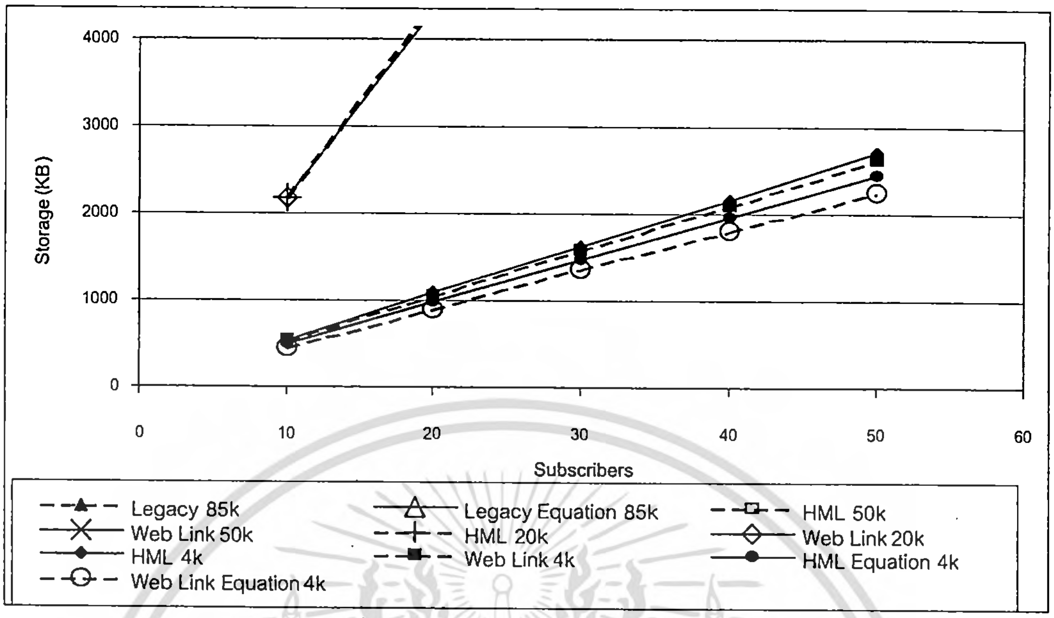
Storage (KB)		
Subscriber	Legacy Equation	Legacy Experiment
10	8550	8876
20	17100	17753
30	25650	26629
40	34200	35506
50	42750	44385

จากตารางที่ 4.17 นำค่าที่ได้จากการทดลองมาเขียนเป็นกราฟเส้นเพื่อดูแนวโน้มของข้อมูลได้ดังนี้



รูปที่ 4.9 ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่เก็บในระบบทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 ขยายรูปที่ 4.9 ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่เก็บในระบบทั้งหมด

12 วิเคราะห์ผลการทดลอง

เปรียบเทียบขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่เก็บอยู่ในระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้น ระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมลและระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) ในเงื่อนไขดังนี้

<u>เมื่อจำนวนจดหมายที่เข้ามาในระบบเท่ากัน</u>

ระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) มีขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่เก็บอยู่ในระบบมากกว่าระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมลมากอย่างเห็นได้ชัดเจน เนื่องจากจดหมายที่ส่งให้สมาชิกแต่ละคนเป็นจดหมายแบบ full mail ในขณะที่ระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและแบบเวบลิงค์เมลส่งจดหมายแบบ short mail ให้กับสมาชิก

ระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นมีขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่เก็บอยู่ในระบบมากกว่าระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมลเล็กน้อย เนื่องจากต้องส่งผ่านเซิร์ฟเวอร์จำนวนมากกว่า (ตามโครงสร้างของระบบ) ทำให้เฮดเดอร์ของจดหมายมีขนาดมากขึ้น

<u>เมื่อจำนวนจดหมายที่เข้ามาในระบบเพิ่มขึ้น</u>

ระบบเมลลิงลิสต์ทั้ง 3 แบบมีขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่เก็บอยู่ในระบบเพิ่มมากขึ้นตามจำนวนจดหมายที่เข้ามาในระบบ โดยอัตราการเพิ่มขึ้นแปรผันตามจำนวนจดหมายที่เข้ามาในระบบ เนื่องจากจำนวนฉบับที่ถูกส่งเข้ามาในระบบเพิ่มขึ้นทำให้จำนวนจดหมายแบบ short mail ใน mailbox ของสมาชิกแต่ละคนเพิ่มขึ้น แม้ว่าจดหมายแต่ละฉบับจะมีขนาดเล็กมากแต่เมื่อมีจำนวนมากก็ทำให้ขนาดเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>เมื่อจำนวนสมาชิกในระบบเพิ่มขึ้น</u>

ระบบเมลลิงลิสต์ทั้ง 3 แบบมีขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่เก็บอยู่ในระบบเพิ่มมากขึ้นด้วย โดยระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมลมีอัตราการเพิ่มขึ้นต่ำกว่าระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) มาก (ดูได้จากความชันของกราฟ) เนื่องจากระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) ส่งจดหมายแบบ full mail เมื่อจำนวนสมาชิกในระบบเพิ่มมากขึ้น ขนาดจดหมายรวมทั้งระบบก็มากขึ้นเป็นทวีคูณ

ในขณะที่ระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมลมีขนาดจดหมายเพิ่มขึ้นใกล้เคียงกันมาก ชนิดที่แทบจะไม่มีความแตกต่างกันเลย โดยระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นมีขนาดจดหมายมากกว่าอยู่เล็กน้อย เนื่องจากขนาดเฮดเดอร์ของดหมายที่เพิ่มขึ้นจากการส่งจดหมายผ่านเซิร์ฟเวอร์มากขึ้นตามโครงสร้างของระบบ

2) วัดขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบ

คำนวณขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบ เมื่อจดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 4 KBเท่ากัน จำนวนสมาชิกของระบบเป็น 10, 20, 30, 40 และ 50 คน ตามลำดับ และจำนวนจดหมายที่เข้ามาในระบบทั้งหมด 10 ฉบับเท่ากัน

ตัวอย่าง การคำนวณหาขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้น ระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) และระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมล ได้ดังสมการที่ (3.69) (3.70) และ (3.71) ตามลำดับ โดยแทนค่าต่าง ๆ ของการทดลองลงในสมการ

ทดลองทำการวัดค่าขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบ ในขณะที่จำนวนจดหมายและขนาดจดหมายที่ส่งเข้ามาในระบบเท่า ๆ กัน (10 ฉบับ)

ตารางที่ 4.18 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองและจากการคำนวณสมการ ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและแบบเวบลิงค์เมล เมื่อจดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 4 KB และจำนวนสมาชิกของระบบเพิ่มขึ้น

Traffic (KB)				
Subscriber	**Web Link Equation**	**Web Link Experiment**	**HML Equation**	**HML Experiment**
10	229	245	340	369
20	232	252	345	384
30	236	259	350	400
40	239	269	355	417
50	243	278	360	433

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.19 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลอง ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและแบบเวบลิงค์เมล เมื่อจดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 20 KB และจำนวนสมาชิกของระบบเพิ่มขึ้น

Traffic (KB)		
Subscriber	**Web Link Experiment**	**HML Experiment**
10	938	1396
20	946	1412
30	954	1428
40	962	1443
50	970	1461

ตารางที่ 4.20 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลอง ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและแบบเวบลิงค์เมล เมื่อจดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 50 KB และจำนวนสมาชิกของระบบเพิ่มขึ้น

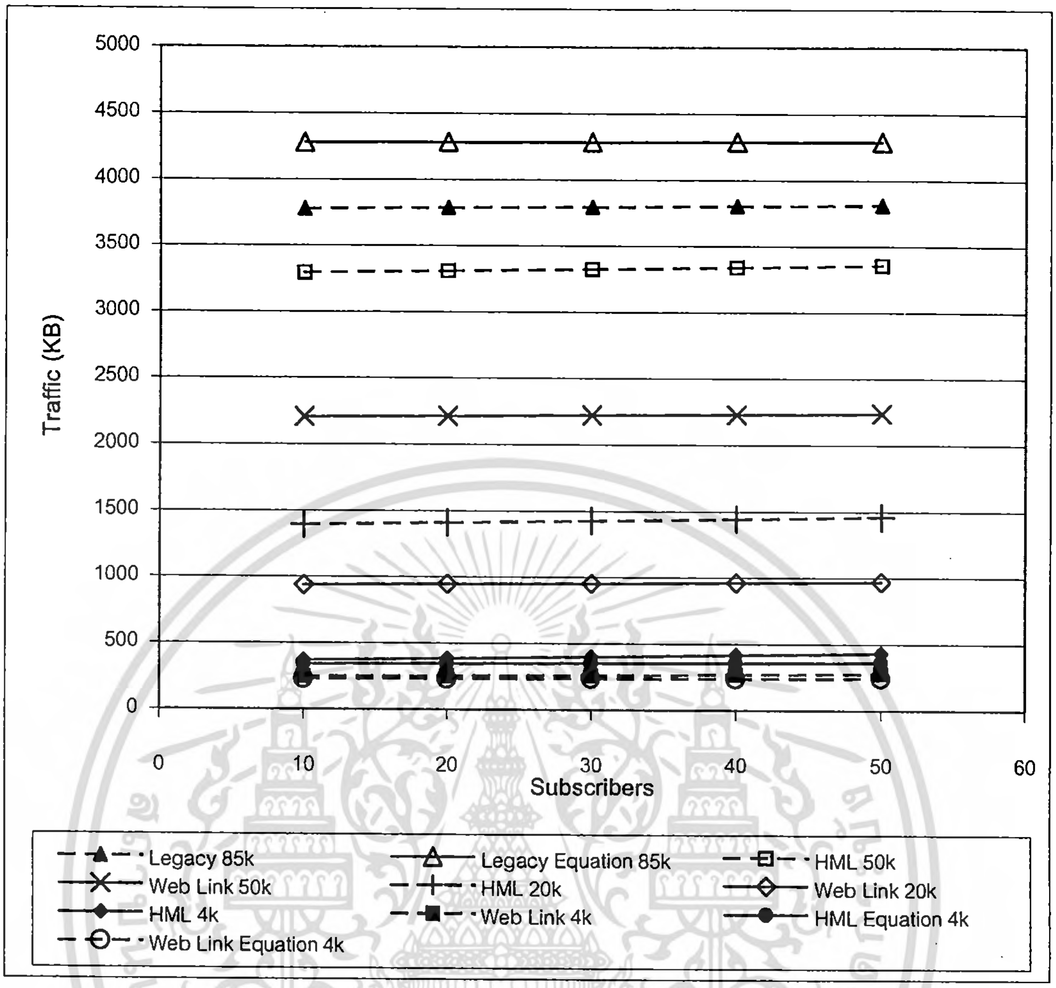
Traffic (KB)		
Subscriber	**Web Link Experiment**	**HML Experiment**
10	2206	3291
20	2214	3308
30	2222	3323
40	2230	3339
50	2238	3355

ตารางที่ 4.21 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองและจากการคำนวณสมการ ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) เมื่อจดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 85 KB

Traffic (KB)		
Subscriber	**Legacy Equation**	**Legacy Experiment**
10	4279	5055
20	4282	5064
30	4286	5071
40	4289	5079
50	4293	5087

จากตารางที่ 4.21 นำค่าที่ได้จากการทดลองมาเขียนเป็นกราฟเส้นเพื่อดูแนวโน้มของข้อมูลได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบทั้งหมด

13 วิเคราะห์ผลการทดลอง

เปรียบเทียบขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้น ระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมลและระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) ในเงื่อนไข ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>เมื่อจำนวนจดหมายที่เข้ามาในระบบเท่ากัน</u>

ระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) มีขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบมากกว่าระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมลในปริมาณที่มากอย่างเห็นได้ชัดเจน เนื่องจากจดหมายรวมเฉลี่ยที่สื่อสารผ่านเครือข่ายแต่ละเซิร์ฟเวอร์มาจากการส่งจดหมายแบบ full mail เสมอ

ระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นมีขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบมากกว่าระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมลในปริมาณไม่มากนัก เนื่องจากขนาดเฮดเดอร์ของจดหมายแบบ short mail ที่เพิ่มขึ้นในการส่งจดหมายผ่านเซิร์ฟเวอร์ต่าง ๆ ตามโครงสร้างของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นที่การส่งจดหมายแต่ละครั้งต้องผ่านเซิร์ฟเวอร์จำนวนมากกว่าระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมล

<u>เมื่อจำนวนจดหมายที่เข้ามาในระบบเพิ่มขึ้น</u>

ยิ่งจำนวนจดหมายที่เข้ามาในระบบเพิ่มมากขึ้นเท่าใด จะเห็นว่า อัตราการเพิ่มขึ้นของขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่ใช้สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบจะแตกต่างกันมากขึ้นเท่านั้น

ทดลองส่งจดหมายขนาด 20 KB ของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมล จากกราฟจะเห็นว่าขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมลมีปริมาณน้อยกว่าระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นไม่มากนัก แต่ถ้าเปลี่ยนขนาดจดหมายเป็น 50 KB จะเห็นว่าขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมลมีปริมาณน้อยกว่าระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นมากขึ้น (ดูจากระยะห่างของกราฟทั้งสอง) เนื่องจากขนาดจดหมายของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นที่เพิ่มขึ้นจากการผ่านเซิร์ฟเวอร์มากกว่าระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมลตามโครงสร้างของระบบ รวมทั้งเฮดเดอร์ของจดหมายที่เพิ่มขึ้นด้วย

<u>เมื่อจำนวนสมาชิกในระบบเพิ่มขึ้น</u>

ระบบเมลลิงลิสต์ทั้ง 3 แบบมีขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบเพิ่มขึ้นเล็กน้อยมาก (แทบจะไม่เพิ่มขึ้นเลย) เนื่องจากการส่งจดหมายจากเซิร์ฟเวอร์หนึ่งไปอีกเซิร์ฟเวอร์หนึ่งหรือจากเซิร์ฟเวอร์หนึ่งไปยัง MTA เป็นการส่งจดหมายเพียงหนึ่งฉบับเสมอ การที่จำนวนสมาชิกเพิ่มขึ้นแต่ไม่เพิ่มจำนวน MTA จึงไม่ทำให้ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบเพิ่มมากขึ้นแต่อย่างใด และแม้ว่าขนาดแบนด์วิธของทั้งสองระบบจะมีส่วนที่ไม่เท่ากันแต่ก็ไม่มีผลกับขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบ

3) หาค่าเวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการส่งจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบ

คำนวณเวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการส่งจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบ เมื่อจดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 4 KB เท่ากัน จำนวนสมาชิกของระบบเป็น 10, 20, 30, 40 และ 50 คน ตามลำดับ และจำนวนจดหมายที่เข้ามาในระบบทั้งหมด 10 ฉบับเท่ากัน

ตัวอย่าง การคำนวณหาเวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการส่งจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้น ระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) และระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมล ได้ดังสมการที่ (3.72) (3.73) และ (3.74) ตามลำดับ โดยแทนค่าต่าง ๆ ของการทดลองลงในสมการ

ทดลองทำการหาค่าเวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการส่งจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบ ในขณะที่จำนวนจดหมายและขนาดจดหมายที่ส่งเข้ามาในระบบเท่า ๆ กัน (10 ฉบับ)

ตารางที่ 4.22 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองและจากการคำนวณสมการ เวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการส่งจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและแบบเวบลิงค์เมล เมื่อจดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 4 KB และจำนวนสมาชิกของระบบเพิ่มขึ้น

	Time (s)			
Subscriber	Web Link Equation	Web Link Experiment	HML Equation	HML Experiment
10	1.7575	28	1.0855	19
20	3.056	29	1.826	18
30	5.374	39	2.378	22
40	6.6855	38	3.092	24
50	8.442	46	3.8515	34

ตารางที่ 4.23 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลอง เวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการส่งจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและแบบเวบลิงค์เมล เมื่อ จดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 20 KB และจำนวนสมาชิกของระบบเพิ่มขึ้น

	Time (s)	
Subscriber	Web Link Experiment	HML Experiment
10	39	25
20	46	26
30	46	31
40	54	33
50	57	38

ตารางที่ 4.24 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลอง เวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการส่งจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและแบบเวบลิงค์เมล เมื่อ จดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 50 KB และจำนวนสมาชิกของระบบเพิ่มขึ้น

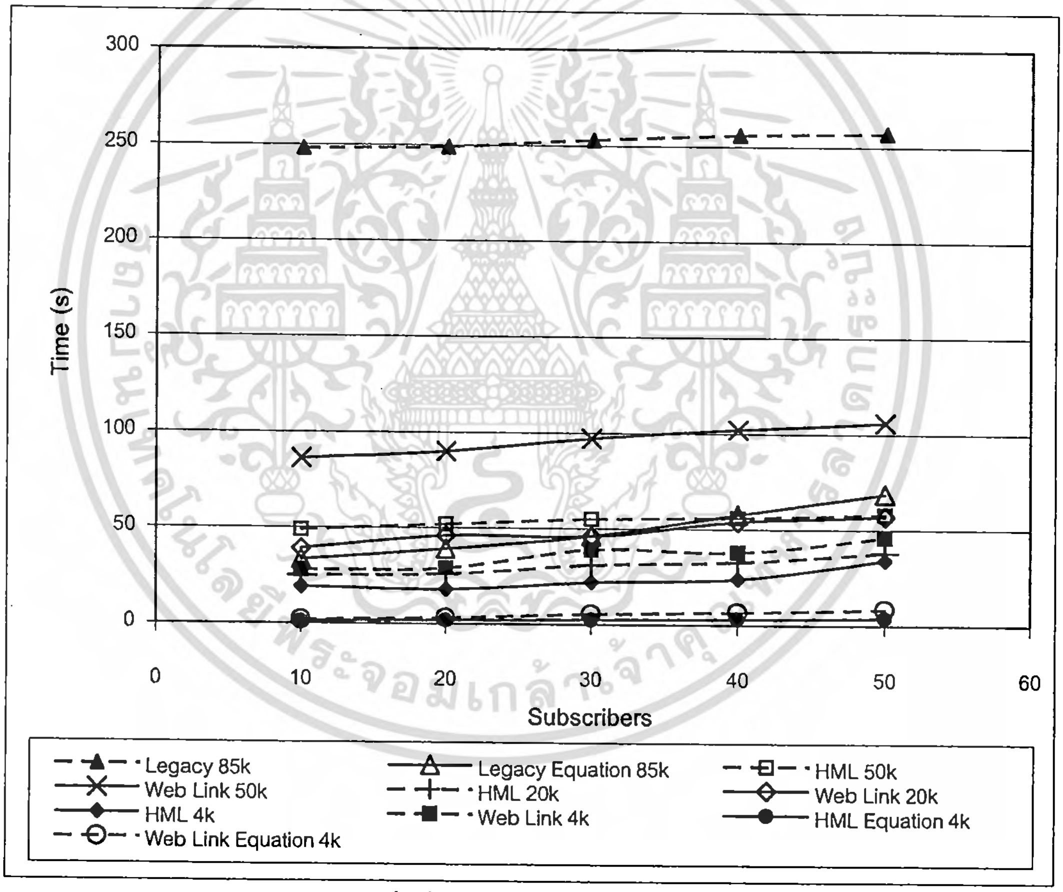
	Time (s)	
Subscriber	Web Link Experiment	HML Experiment
10	86	49
20	90	52
30	97	55
40	102	56
50	106	58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.25 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองและจากการคำนวณสมการ เวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการส่งจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) เมื่อจดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 85 KB

	Time (s)	
Subscriber	Legacy Equation	Legacy Experiment
10	33.386	248
20	39.0615	249
30	46.199	253
40	57.7025	256
50	68.848	257

จากตารางที่ 4.25 นำค่าที่ได้จากการทดลองมาเขียนเป็นกราฟเส้นเพื่อดูแนวโน้มของข้อมูลได้ดังนี้



รูปที่ 4.12 เวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการส่งจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

14 วิเคราะห์ผลการทดลอง

เปรียบเทียบเวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการส่งจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้น ระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมลและระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) ในเงื่อนไขดังนี้

<u>เมื่อจำนวนจดหมายที่เข้ามาในระบบเท่ากัน</u>

ระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) มีเวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการส่งจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบมากกว่าระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมลมากอย่างเห็นได้ชัดเจน เนื่องจากจดหมายที่ส่งถึงสมาชิกแต่ละคนเป็นจดหมายแบบ full mail และขนาดแบนด์วิธที่ส่งได้มีความเร็วต่ำ

ระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นมีเวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการส่งจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบน้อยกว่าระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมล เนื่องจากระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมลต้องส่งจดหมายถึงสมาชิกด้วยแบนด์วิธต่ำเหมือนกันทั้งหมด (512 Kbps) แม้ว่าจดหมายที่ส่งจะเป็นแบบ short mail ก็ตาม ทำให้ต้องใช้เวลารวมเฉลี่ยนานกว่าจดหมายจะไปถึงสมาชิกครบทุกคน ส่วนระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นมีการจัดวางโครงสร้างเอื้ออำนวยต่อการทำงานของระบบเมลลิงลิสต์ และอาศัยความแตกต่างของขนาดแบนด์วิธภายในเครือข่าย (LAN) ที่มีความเร็วสูง (10 Mbps) และแบนด์วิธภายนอก (WAN) ที่มีความเร็วต่ำ (512 Kbps) เข้ามาช่วยให้การส่งจดหมายถึงสมาชิกทุกคนในระบบสามารถทำได้เร็วขึ้น

<u>เมื่อจำนวนจดหมายที่เข้ามาในระบบเพิ่มขึ้น</u>

เวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการส่งจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบจะเพิ่มมากขึ้นตามจำนวนของจดหมายที่เพิ่มมากขึ้นด้วย

ทดลองส่งจดหมายขนาด 20 KB และ 50 KB ของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมล จากกราฟจะเห็นว่าทั้งสองระบบใช้เวลารวมเฉลี่ยในการส่งจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบแตกต่างกัน โดยระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมลใช้เวลามากกว่าระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้น เนื่องจากระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นมีขนาดแบนด์วิธที่แตกต่างกัน 2 แบบ (512 Kbps และ 10 Mbps) แต่ระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) และระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมลมีขนาดแบนด์วิธเดียวตลอดและเป็นแบนด์วิธที่ต่ำกว่า (512 Kbps) จึงใช้เวลารวมเฉลี่ยในการส่งจดหมายถึงสมาชิกทุกคนในระบบมากกว่า

<u>เมื่อจำนวนสมาชิกในระบบเพิ่มขึ้น</u>

ระบบเมลลิงลิสต์ทั้ง 3 แบบใช้เวลารวมเฉลี่ยในการส่งจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบเพิ่มขึ้นเมื่อจำนวนสมาชิกในระบบเพิ่มมากขึ้น (เปรียบเทียบกันด้วยขนาดจดหมายที่เท่ากัน) โดยที่ระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นใช้เวลาน้อยที่สุด รองลงมาเป็นระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมล และระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากโครงสร้างของระบบทำให้ขนาดแบนด์วิธที่ใช้แตกต่างกัน แม้ว่าจะส่งจดหมายแบบ short mail ที่มีขนาดเท่ากันก็ตาม อีกทั้งระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) ต้องส่งจดหมายแบบ full mail ถึงสมาชิกทุกคนจึงทำให้ต้องใช้เวลามากขึ้นอีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) หาค่าเวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการอ่านจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบ

คำนวณเวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการอ่านจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบ เมื่อจดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 4 KB เท่ากัน จำนวนสมาชิกของระบบเป็น 10, 20, 30, 40 และ 50 คน ตามลำดับ และจำนวนจดหมายที่เข้ามาในระบบทั้งหมด 10 ฉบับเท่ากัน

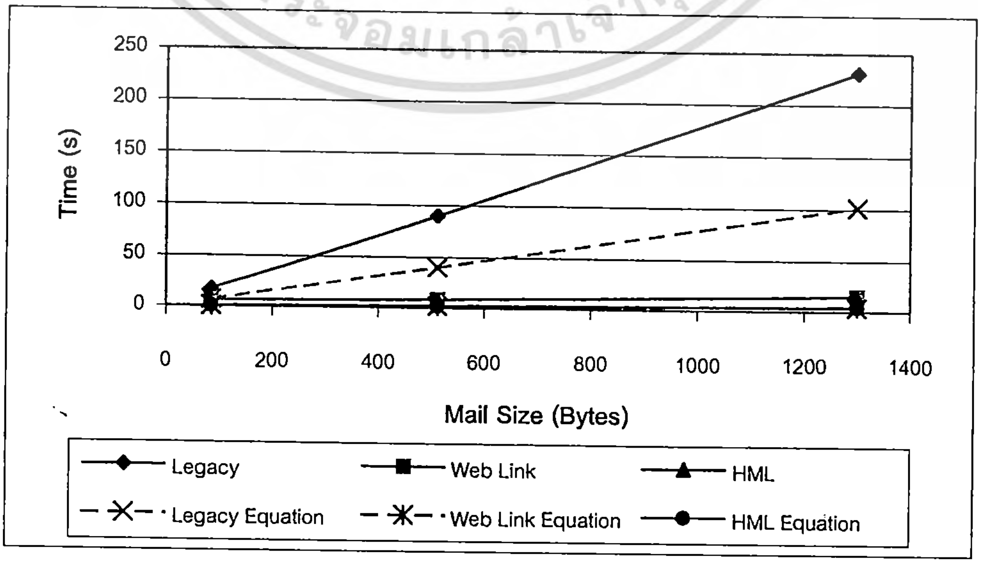
ตัวอย่าง การคำนวณหาเวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการอ่านจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้น ระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) และระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมล ได้ดังสมการที่ (3.75) (3.76) และ (3.77) ตามลำดับ โดยแทนค่าต่าง ๆ ของการทดลองลงในสมการ

ทดลองทำการหาค่าเวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการอ่านจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบในขณะที่จำนวนจดหมายและขนาดจดหมายที่ส่งเข้ามาในระบบเท่า ๆ กัน (10 ฉบับ)

ตารางที่ 4.26 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองและจากการคำนวณสมการ เวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการอ่านจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้น ระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมลและระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) เมื่อจดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 85 KB, 512 KB และ 1.3 MB ตามลำดับ

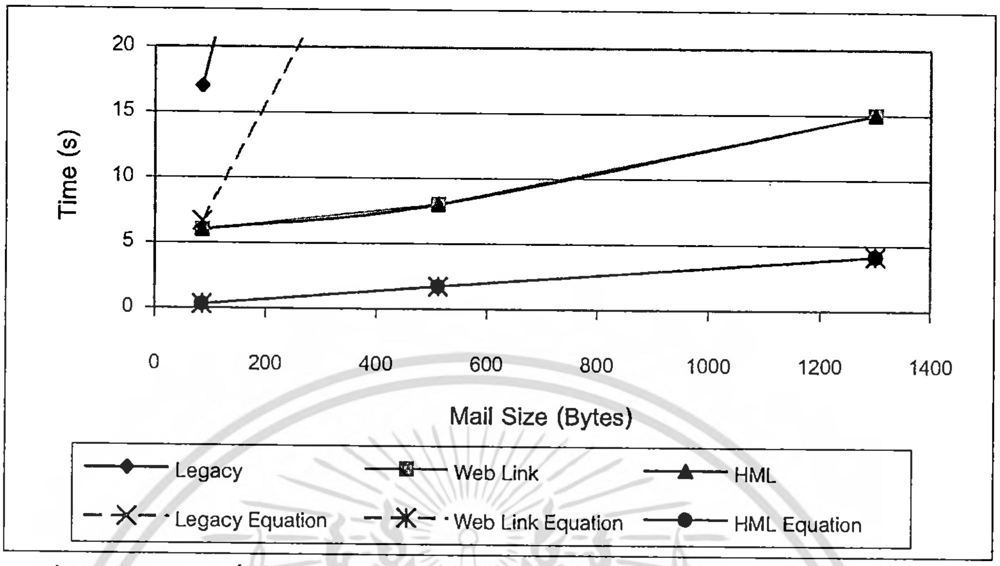
	Retrieve Time (s)					
Mail Size (KB)	Legacy Experiment	WebMail Experiment	HML Experiment	Legacy Equation	WebMail Equation	HML Equation
85	17	6	6	6.641	0.313	0.313
512	90	8	8	40.000	1.738	1.738
1300	231	15	15	101.563	4.146	4.146

จากตารางที่ 4.26 นำค่าที่ได้จากการทดลองมาเขียนเป็นกราฟเส้นเพื่อดูแนวโน้มของข้อมูลได้ดังนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.13 เวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการอ่านจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบ



รูปที่ 4.14 ขยายรูปที่ 4.13 เวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการอ่านจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบ

15 วิเคราะห์ผลการทดลอง

เปรียบเทียบเวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการอ่านจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้น ระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมลและระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) ในเงื่อนไขดังนี้

<u>เมื่อจำนวนจดหมายที่เข้ามาในระบบเท่ากัน</u>

ระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมลใช้เวลารวมเฉลี่ยในการอ่านจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบเท่ากัน และระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) ใช้เวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการอ่านจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบมากกว่าทั้ง 2 ระบบมากอย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากขนาดจดหมายที่เก็บอยู่ใน mailbox ของสมาชิกในระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) มีขนาดใหญ่มากเพราะมีแต่จดหมายแบบ full mail ในขณะที่ระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและแบบเวบลิงค์เมลมีเพียงจดหมายแบบ short mail ภายใน mailbox เท่านั้น ดังนั้นเวลาที่ใช้ในการดึงจดหมายจาก mailbox มายังเครื่องคอมพิวเตอร์ที่สมาชิกใช้งานอยู่จึงต้องใช้เวลานานกว่า แม้ว่าระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและแบบเวบลิงค์เมลจะต้องเสียเวลาในการร้องขอจดหมายแบบ full mail จากพร็อกซี่อีกครั้งก็ตาม

<u>เมื่อจำนวนจดหมายที่เข้ามาในระบบเพิ่มขึ้น</u>

จากกราฟจะเห็นได้ว่า เวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการอ่านจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์ทั้ง 3 แบบเพิ่มมากขึ้นตามจำนวนของจดหมายที่เพิ่มมากขึ้น โดยระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) ใช้เวลามากที่สุด ส่วนระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและแบบเวบลิงค์เมลใช้เวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการอ่านจดหมายเพิ่มขึ้นในอัตราที่เท่ากัน เนื่องจากใช้กลไกของพร็อกซี่เซิร์ฟเวอร์ในการร้องขอจดหมายแบบ full mail มาอ่านเหมือนกัน

4.3.3 ทดลองปรับค่าแบนด์วิธที่ 1 ของเครือข่ายเป็น 2 Mbps

1) หาขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่เก็บอยู่ในระบบ

คำนวณขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยทั้งหมดที่เก็บอยู่ในระบบ เมื่อจดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 4 KBเท่ากัน จำนวนสมาชิกของระบบเป็น 10, 20, 30, 40 และ 50 คน ตามลำดับ และจำนวนจดหมายที่เข้ามาในระบบทั้งหมด 10 ฉบับเท่ากัน

ตัวอย่าง การคำนวณหาขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยทั้งหมดที่เก็บอยู่ในระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้น ระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) และระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมล ดังสมการที่ (3.66) (3.67) และ (3.68) ตามลำดับ โดยแทนค่าต่าง ๆ ของการทดลองลงในสมการ

ทดลองทำการวัดค่าขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่เก็บอยู่ในระบบ ในขณะที่จำนวนจดหมายและขนาดจดหมายที่ส่งเข้ามาในระบบเท่า ๆ กัน (10 ฉบับ)

ตารางที่ 4.27 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองและจากการคำนวณสมการ ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่ถูกเก็บอยู่ในระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและแบบเวบลิงค์เมล เมื่อจดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 4 KB และจำนวนสมาชิกของระบบเพิ่มขึ้น

	Storage (KB)			
Subscriber	Web Link Equation	Web Link Experiment	HML Equation	HML Experiment
10	450	523	490	539
20	900	1046	980	1079
30	1350	1570	1470	1618
40	1800	2093	1960	2158
50	2250	2619	2450	2700

ตารางที่ 4.28 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลอง ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่ถูกเก็บอยู่ในระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและแบบเวบลิงค์เมล เมื่อจดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 20 KB และจำนวนสมาชิกของระบบเพิ่มขึ้น

	Storage (KB)	
Subscriber	Web Link Experiment	HML Experiment
10	2169	2185
20	4338	4370
30	6507	6556
40	8676	8741
50	10848	10929

ตารางที่ 4.29 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลอง ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่ถูกเก็บอยู่ในระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและแบบเวบลิงค์เมล เมื่อจดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 50 KB และจำนวนสมาชิกของระบบเพิ่มขึ้น

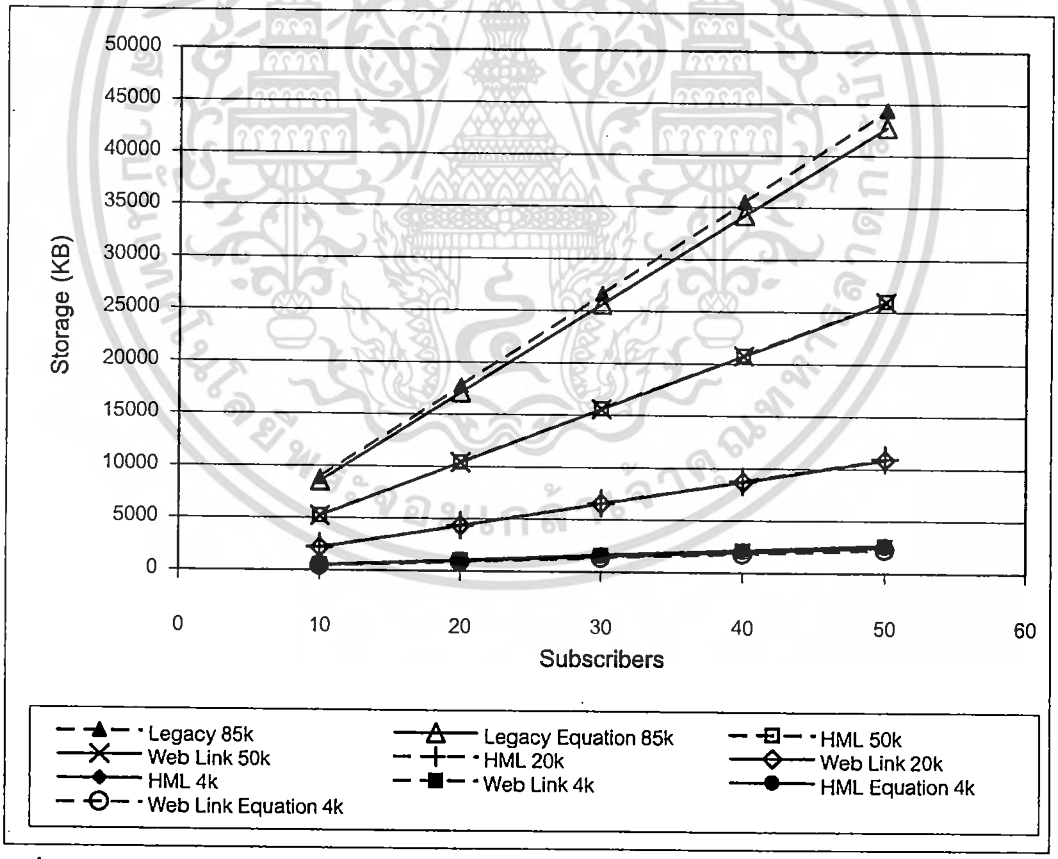
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Storage (KB)		
Subscriber	Web Link Experiment	HML Experiment
10	5188	5204
20	10376	10408
30	15564	15613
40	20752	20817
50	25943	26024

ตารางที่ 4.30 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองและจากการคำนวณสมการ ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่ถูกเก็บอยู่ในระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) เมื่อจดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 85 KB

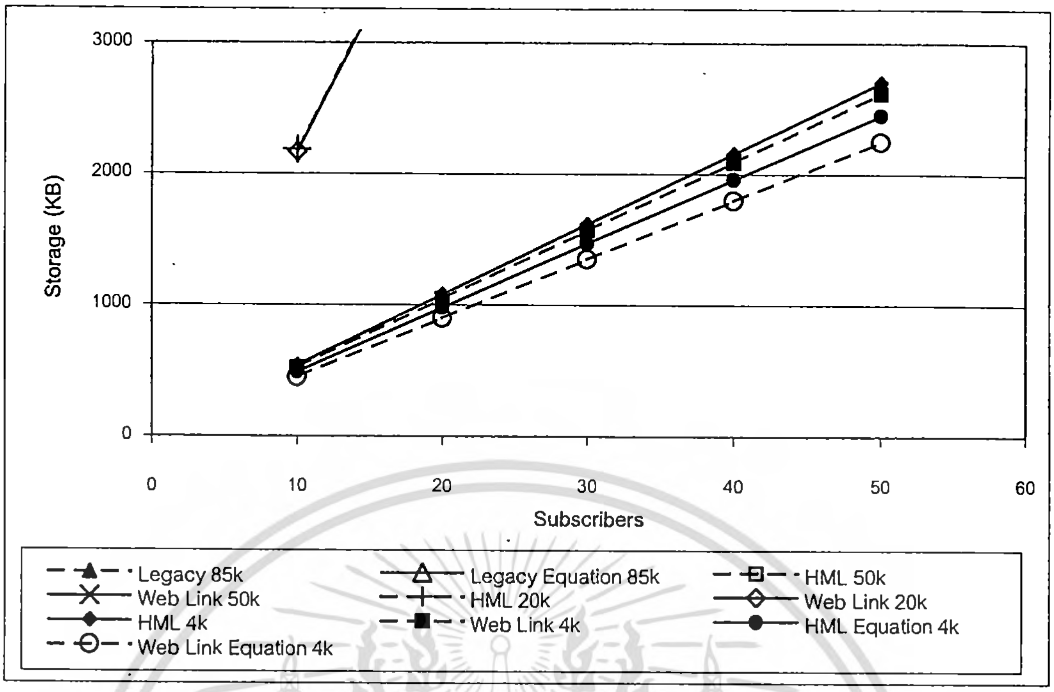
Storage (KB)		
Subscriber	Legacy Equation	Legacy Experiment
10	8550	8876
20	17100	17753
30	25650	26629
40	34200	35506
50	42750	44385

จากตารางที่ 4.30 นำค่าที่ได้จากการทดลองมาเขียนเป็นกราฟเส้นเพื่อดูแนวโน้มของข้อมูลได้ดังนี้



รูปที่ 4.15 ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่ถูกเก็บในระบบทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.16 ขยายรูปที่ 4.15 ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่ถูกเก็บในระบบทั้งหมด

16 วิเคราะห์ผลการทดลอง

เปรียบเทียบขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่เก็บอยู่ในระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้น ระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมลและระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) ในเงื่อนไขดังนี้

<u>เมื่อจำนวนจดหมายที่เข้ามาในระบบเท่ากัน</u>

ระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) มีขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่เก็บอยู่ในระบบมากกว่าระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมลมากอย่างเห็นได้ชัดเจน เนื่องจากจดหมายที่ส่งให้สมาชิกแต่ละคนเป็นจดหมายแบบ full mail ในขณะที่ระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและแบบเวบลิงค์เมลส่งจดหมายแบบ short mail ให้กับสมาชิก

ระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นมีขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่เก็บอยู่ในระบบมากกว่าระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมลเล็กน้อย เนื่องจากต้องส่งผ่านเซิร์ฟเวอร์จำนวนมากกว่า (ตามโครงสร้างของระบบ) ทำให้เฮดเดอร์ของจดหมายมีขนาดมากขึ้น

<u>เมื่อจำนวนจดหมายที่เข้ามาในระบบเพิ่มขึ้น</u>

ระบบเมลลิงลิสต์ทั้ง 3 แบบมีขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่เก็บอยู่ในระบบเพิ่มมากขึ้นตามจำนวนจดหมายที่เข้ามาในระบบ โดยอัตราการเพิ่มขึ้นแปรผันตามจำนวนจดหมายที่เข้ามาในระบบ เนื่องจากจำนวนฉบับที่ถูกส่งเข้ามาในระบบเพิ่มขึ้นทำให้จำนวนจดหมายแบบ short mail ใน mailbox ของสมาชิกแต่ละคนเพิ่มขึ้น แม้ว่าจดหมายแต่ละฉบับจะมีขนาดเล็กมากแต่เมื่อมีจำนวนมากก็ทำให้ขนาดเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>เมื่อจำนวนสมาชิกในระบบเพิ่มขึ้น</u>

ระบบเมลลิงลิสต์ทั้ง 3 แบบมีขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่เก็บอยู่ในระบบเพิ่มมากขึ้นด้วย โดยระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมลมีอัตราการเพิ่มขึ้นต่ำกว่าระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) มาก (ดูได้จากความชันของกราฟ) เนื่องจากระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) ส่งจดหมายแบบ full mail เมื่อจำนวนสมาชิกในระบบเพิ่มมากขึ้น ขนาดจดหมายรวมทั้งระบบก็มากขึ้นเป็นทวีคูณ

ในขณะที่ระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมลมีขนาดจดหมายเพิ่มขึ้นใกล้เคียงกันมาก ชนิดที่แทบจะไม่มีความแตกต่างกันเลย โดยระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นมีขนาดจดหมายมากกว่าอยู่เล็กน้อย เนื่องจากขนาดเฮดเดอร์ของดหมายที่เพิ่มขึ้นจากการส่งจดหมายผ่านเซิร์ฟเวอร์มากขึ้นตามโครงสร้างของระบบ

2) หาค่าขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบ

คำนวณขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบ เมื่อจดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 4 KBเท่ากัน จำนวนสมาชิกของระบบเป็น 10, 20, 30, 40 และ 50 คน ตามลำดับ และจำนวนจดหมายที่เข้ามาในระบบทั้งหมด 10 ฉบับเท่ากัน

ตัวอย่าง การคำนวณหาขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้น ระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) และระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมล ได้ดังสมการที่ (3.69) (3.70) และ (3.71) ตามลำดับ โดยแทนค่าต่าง ๆ ของการทดลองลงในสมการ

ทดลองทำการหาค่าขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบ ในขณะที่จำนวนจดหมายและขนาดจดหมายที่ส่งเข้ามาในระบบเท่า ๆ กัน (10 ฉบับ)

ตารางที่ 4.31 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองและจากการคำนวณสมการ ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและแบบเวบลิงค์เมล เมื่อจดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 4 KB และจำนวนสมาชิกของระบบเพิ่มขึ้น

	Traffic (KB)			
Subscriber	**Web Link Equation**	**Web Link Experiment**	**HML Equation**	**HML Experiment**
10	229	245	340	368
20	232	252	345	384
30	236	259	350	400
40	239	269	355	417
50	243	278	360	433

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.32 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลอง ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและแบบเวบลิงค์เมล เมื่อจดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 20 KB และจำนวนสมาชิกของระบบเพิ่มขึ้น

Traffic (KB)		
Subscriber	Web Link Experiment	HML Experiment
10	938	1396
20	946	1412
30	954	1428
40	962	1444
50	970	1462

ตารางที่ 4.33 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลอง ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและแบบเวบลิงค์เมล เมื่อจดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 50 KB และจำนวนสมาชิกของระบบเพิ่มขึ้น

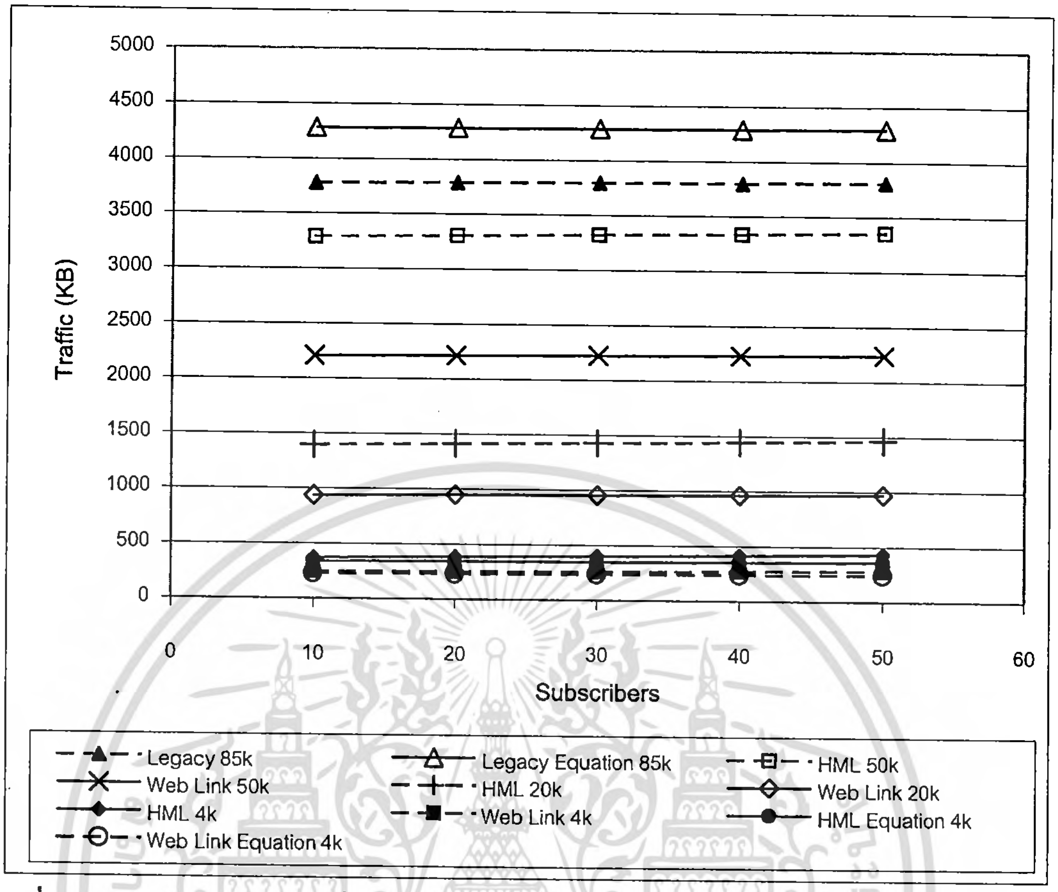
Traffic (KB)		
Subscriber	Web Link Experiment	HML Experiment
10	2205	2742
20	2213	2756
30	2221	2770
40	2229	2784
50	2238	2798

ตารางที่ 4.34 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองและจากการคำนวณสมการ ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) เมื่อจดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 85 KB

Traffic (KB)		
Subscriber	Legacy Equation	Legacy Experiment
10	4279	5054
20	4282	5062
30	4286	5070
40	4289	5078
50	4293	5087

จากตารางที่ 4.34 นำค่าที่ได้จากการทดลองมาเขียนเป็นกราฟเส้นเพื่อดูแนวโน้มของข้อมูลได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.17 ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบทั้งหมด

17 วิเคราะห์ผลการทดลอง

เปรียบเทียบขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้น ระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมลและระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) ในเงื่อนไข ดังนี้

<u>เมื่อจำนวนจดหมายที่เข้ามาในระบบเท่ากัน</u>

ระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) มีขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบมากกว่าระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมลในปริมาณที่มากอย่างเห็นได้ชัดเจน เนื่องจากจดหมายรวมเฉลี่ยที่สื่อสารผ่านเครือข่ายแต่ละเซิร์ฟเวอร์มาจากการส่งจดหมายแบบ full mail เสมอ

ระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นมีขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบมากกว่าระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมลในปริมาณไม่มากนัก เนื่องจากขนาดเฮดเดอร์ของจดหมายแบบ short mail ที่เพิ่มขึ้นในการส่งจดหมายผ่านเซิร์ฟเวอร์ต่าง ๆ ตามโครงสร้างของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นที่การส่งจดหมายแต่ละครั้งต้องผ่านเซิร์ฟเวอร์จำนวนมากกว่าระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมล

<u>เมื่อจำนวนจดหมายที่เข้ามาในระบบเพิ่มขึ้น</u>

ยิ่งจำนวนจดหมายที่เข้ามาในระบบเพิ่มมากขึ้นเท่าใด จะเห็นว่า อัตราการเพิ่มขึ้นของขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่ใช้สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบจะแตกต่างกันมากขึ้นเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดลองส่งจดหมายขนาด 20 KB ของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมล จากกราฟจะเห็นว่าขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมลมีปริมาณน้อยกว่าระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นไม่มากนัก แต่ถ้าเปลี่ยนขนาดจดหมายเป็น 50 KB จะเห็นว่าขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมลมีปริมาณน้อยกว่าระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นมากขึ้น (ดูจากระยะห่างของกราฟทั้งสอง) เนื่องจ·เกขนาดจดหมายของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นที่เพิ่มขึ้นจากการผ่านเซิร์ฟเวอร์มากกว่าระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมลตามโครงสร้างของระบบ รวมทั้งเฮดเดอร์ของจดหมายที่เพิ่มขึ้นด้วย

เมื่อจำนวนสมาชิกในระบบเพิ่มขึ้น

ระบบเมลลิงลิสต์ทั้ง 3 แบบมีขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบเพิ่มขึ้นเล็กน้อยมาก (แทบจะไม่เพิ่มขึ้นเลย) เนื่องจากการส่งจดหมายจากเซิร์ฟเวอร์หนึ่งไปอีกเซิร์ฟเวอร์หนึ่งหรือจากเซิร์ฟเวอร์หนึ่งไปยัง MTA เป็นการส่งจดหมายเพียงหนึ่งฉบับเสมอ การที่จำนวนสมาชิกเพิ่มขึ้นแต่ไม่เพิ่มจำนวน MTA จึงไม่ทำให้ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบเพิ่มมากขึ้นแต่อย่างใด และแม้ว่าขนาดแบนด์วิธของทั้งสองระบบจะมีส่วนที่ไม่เท่ากันแต่ก็ไม่มีผลกับขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบ

3) หาค่าเวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการส่งจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบ

คำนวณเวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการส่งจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบ เมื่อจดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 4 KB เท่ากัน จำนวนสมาชิกของระบบเป็น 10, 20, 30, 40 และ 50 คน ตามลำดับ และจำนวนจดหมายที่เข้ามาในระบบทั้งหมด 10 ฉบับเท่ากัน

ตัวอย่าง การคำนวณหาเวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการส่งจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้น ระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) และระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมล ได้ดังสมการที่ (3.72) (3.73) และ (3.74) ตามลำดับ โดยแทนค่าต่าง ๆ ของการทดลองลงในสมการ

ทดลองทำการวัดค่าปริมาณการจราจรรวมเฉลี่ยของเครือข่าย ในขณะที่จำนวนจดหมายและขนาดจดหมายที่ส่งเข้ามาในระบบเท่า ๆ กัน (10 ฉบับ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

18 **ตารางที่ 4.35** เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองและจากการคำนวณสมการ เวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ส่งจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและแบบเวบลิงค์เมล เมื่อจดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 4 KB และจำนวนสมาชิกของระบบเพิ่มขึ้น

Time (s)				
Subscriber	Web Link Equation	Web Link Experiment	HML Equation	HML Experiment
10	0.87875	22	0.54275	17
20	1.528	30	0.913	20
30	2.687	34	1.189	23
40	3.34275	40	1.546	27
50	4.221	43	1.92575	30

19 **ตารางที่ 4.36** เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลอง เวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ส่งจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและแบบเวบลิงค์เมล เมื่อจดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 20 KB และจำนวนสมาชิกของระบบเพิ่มขึ้น

Time (s)		
Subscriber	Web Link Experiment	HML Experiment
10	40	20
20	52	24
30	56	27
40	63	32
50	77	38

20 **ตารางที่ 4.37** เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลอง เวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ส่งจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและแบบเวบลิงค์เมล เมื่อจดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 50 KB และจำนวนสมาชิกของระบบเพิ่มขึ้น

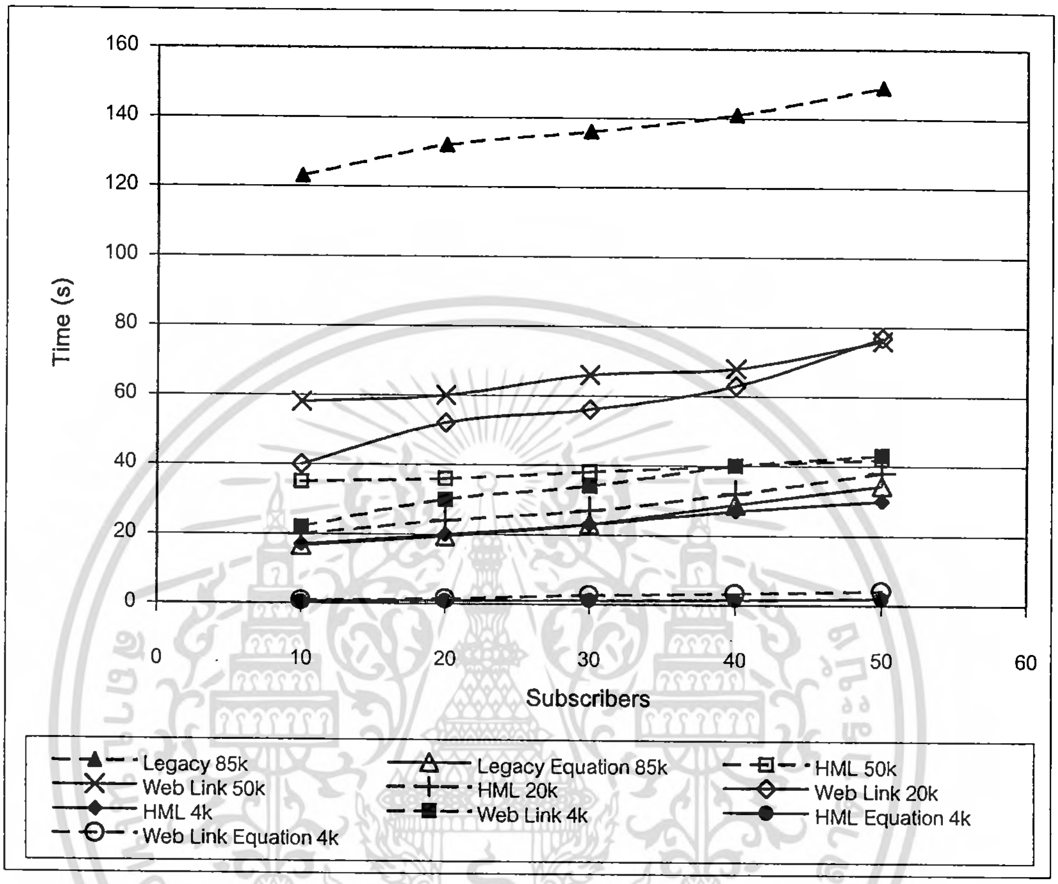
Time (s)		
Subscriber	Web Link Experiment	HML Experiment
10	58	35
20	60	36
30	66	38
40	68	40
50	76	42

21 **ตารางที่ 4.38** เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองและจากการคำนวณสมการ เวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ส่งจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) เมื่อจดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 85 KB

Time (s)		
Subscriber	Legacy Equation	Legacy Experiment
10	16.693	123
20	19.53075	132
30	23.0995	136
40	28.85125	141
50	34.424	149

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.38 นำค่าที่ได้จากการทดลองมาเขียนเป็นกราฟเส้นเพื่อดูแนวโน้มของข้อมูลได้ดังนี้



รูปที่ 4.18 เวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ส่งจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบ

22 วิเคราะห์ผลการทดลอง

เปรียบเทียบเวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการส่งจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้น ระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมลและระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) ในเงื่อนไขดังนี้

<u>เมื่อจำนวนจดหมายที่เข้ามาในระบบเท่ากัน</u>

ระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) มีเวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการส่งจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบมากกว่าระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมลมากอย่างเห็นได้ชัดเจน เนื่องจากจดหมายที่ส่งถึงสมาชิกแต่ละคนเป็นจดหมายแบบ full mail และขนาดแบนด์วิธที่ส่งได้มีความเร็วต่ำ

ระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นมีเวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการส่งจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบน้อยกว่าระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมล เนื่องจากระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมลต้องส่งจดหมายถึงสมาชิกด้วยแบนด์วิธต่ำเหมือนกันทั้งหมด (512 Kbps) แม้ว่าจดหมายที่ส่งจะเป็นแบบ short mail ก็ตาม ทำให้ต้องใช้เวลารวมเฉลี่ยนานกว่าจดหมายจะไปถึงสมาชิกครบทุกคน ส่วนระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีการจัดวางโครงสร้างเอื้ออำนวยต่อการทำงานของระบบเมลลิงลิสต์ และอาศัยความแตกต่างของขนาดแบนด์วิธภายในเครือข่าย (LAN) ที่มีความเร็วสูง (10 Mbps) และแบนด์วิธภายนอก (WAN) ที่มีความเร็วต่ำ (512 Kbps) เข้ามาช่วยให้การส่งจดหมายถึงสมาชิกทุกคนในระบบสามารถทำได้เร็วขึ้น

<u>เมื่อจำนวนจดหมายที่เข้ามาในระบบเพิ่มขึ้น</u>

เวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการส่งจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบจะเพิ่มมากขึ้นตามจำนวนของจดหมายที่เพิ่มมากขึ้นด้วย

ทดลองส่งจดหมายขนาด 20 KB และ 50 KB ของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมล จากกราฟจะเห็นว่าทั้งสองระบบใช้เวลารวมเฉลี่ยในการส่งจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบแตกต่างกัน โดยระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมลใช้เวลามากกว่าระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้น เนื่องจากระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นมีขนาดแบนด์วิธที่แตกต่างกัน 2 แบบ (512 Kbps และ 10 Mbps) แต่ระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) และระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมลมีขนาดแบนด์วิธเดียวตลอดและเป็นแบนด์วิธที่ต่ำกว่า (512 Kbps) จึงใช้เวลารวมเฉลี่ยในการส่งจดหมายถึงสมาชิกทุกคนในระบบมากกว่า

<u>เมื่อจำนวนสมาชิกในระบบเพิ่มขึ้น</u>

ระบบเมลลิงลิสต์ทั้ง 3 แบบใช้เวลารวมเฉลี่ยในการส่งจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบเพิ่มขึ้นเมื่อจำนวนสมาชิกในระบบเพิ่มมากขึ้น (เปรียบเทียบกันด้วยขนาดจดหมายที่เท่ากัน) โดยที่ระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นใช้เวลาน้อยที่สุด รองลงมาเป็นระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมล และระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากโครงสร้างของระบบทำให้ขนาดแบนด์วิธที่ใช้แตกต่างกัน แม้ว่าจะส่งจดหมายแบบ short mail ที่มีขนาดเท่ากันก็ตาม อีกทั้งระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) ต้องส่งจดหมายแบบ full mail ถึงสมาชิกทุกคนจึงทำให้ต้องใช้เวลามากขึ้นอีก

4) หาค่าเวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการอ่านจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบ

คำนวณเวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการอ่านจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบ เมื่อจดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 4 KB เท่ากัน จำนวนสมาชิกของระบบเป็น 10, 20, 30, 40 และ 50 คน ตามลำดับ และจำนวนจดหมายที่เข้ามาในระบบทั้งหมด 10 ฉบับเท่ากัน

ตัวอย่าง การคำนวณหาเวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการอ่านจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้น ระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) และระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมล ได้ดังสมการที่ (3.75) (3.76) และ (3.77) ตามลำดับ โดยแทนค่าต่าง ๆ ของการทดลองลงในสมการ

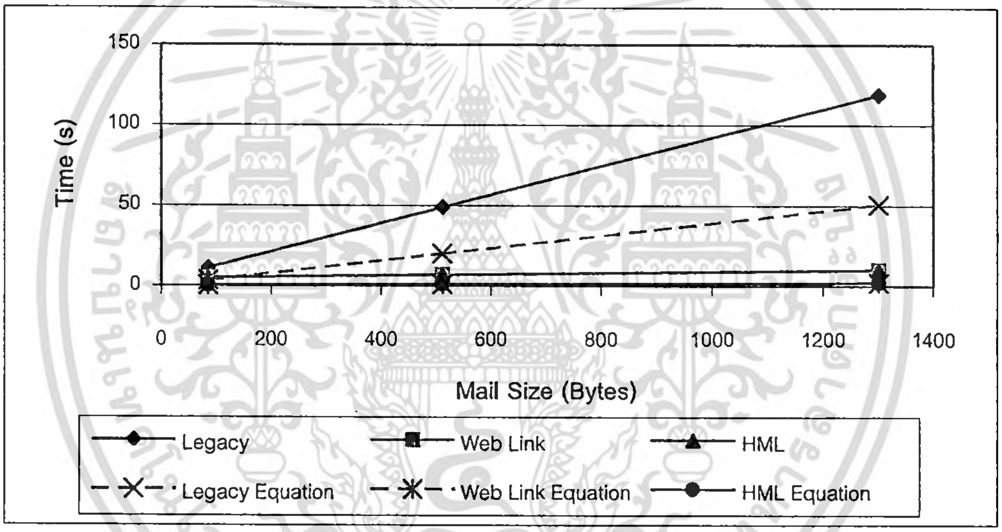
ทดลองทำการวัดเวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการส่งจดหมายถึงสมาชิกทุกคนที่อยู่ในระบบในขณะที่จำนวนจดหมายและขนาดจดหมายที่ส่งเข้ามาในระบบเท่า ๆ กัน (10 ฉบับ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.39 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองและจากการคำนวณสมการ เวลารวมเฉลี่ยที่ใช้อ่านจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้น ระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมลและระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) เมื่อจดหมายแต่ละฉบับมีขนาด 85KB, 512 KB และ 1.3 MB ตามลำดับ

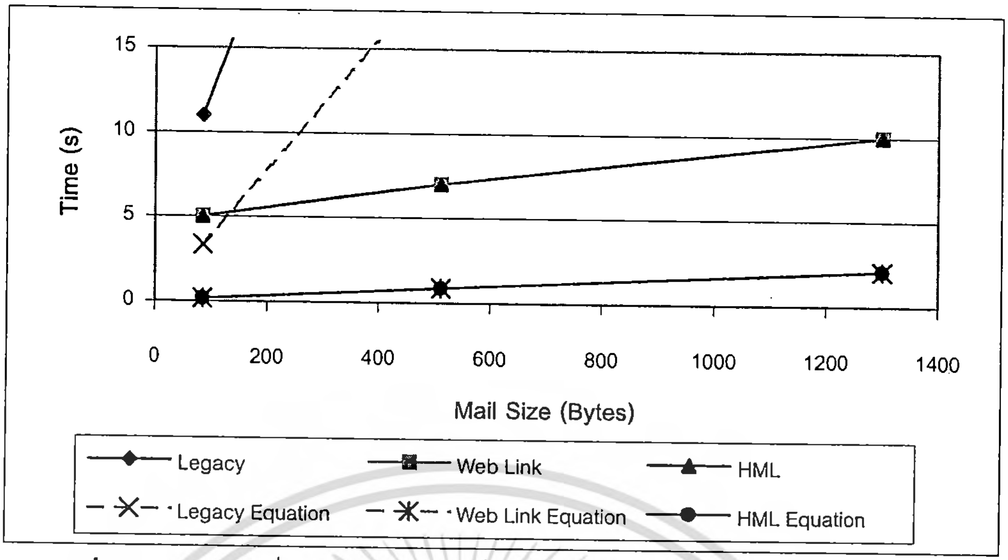
Retrieve Time (s)						
Mail Size (KB)	Legacy Experiment	WebMail Experiment	HML Experiment	Legacy Equation	WebMail Equation	HML Equation
85	11	5	5	3.320	0.156	0.156
512	49	7	7	20.000	0.869	0.869
1300	119	10	10	50.781	2.073	2.073

จากตารางที่ 4.39 นำค่าที่ได้จากการทดลองมาเขียนเป็นกราฟเส้นเพื่อดูแนวโน้มของข้อมูลได้ดังนี้



รูปที่ 4.19 เวลารวมเฉลี่ยที่ใช้อ่านจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.20 ขยายรูปที่ 4.19 เวลารวมเฉลี่ยที่ใช้อ่านจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบ

23 วิเคราะห์ผลการทดลอง

เปรียบเทียบเวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการอ่านจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้น ระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมลและระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) ในเงื่อนไขดังนี้

เมื่อจำนวนจดหมายที่เข้ามาในระบบเท่ากัน

ระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมลใช้เวลารวมเฉลี่ยในการอ่านจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบเท่ากัน และระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) ใช้เวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการอ่านจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบมากกว่าทั้ง 2 ระบบมากอย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากขนาดจดหมายที่เก็บอยู่ใน mailbox ของสมาชิกในระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) มีขนาดใหญ่มากเพราะมีแต่จดหมายแบบ full mail ในขณะที่ระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและแบบเวบลิงค์เมลมีเพียงจดหมายแบบ short mail ภายใน mailbox เท่านั้น ดังนั้นเวลาที่ใช้ในการดึงจดหมายจาก mailbox มายังเครื่องคอมพิวเตอร์ที่สมาชิกใช้งานอยู่จึงต้องใช้เวลานานกว่า แม้ว่าระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและแบบเวบลิงค์เมลจะต้องเสียเวลาในการร้องขอจดหมายแบบ full mail จากพร็อกซี่อีกครั้งก็ตาม

เมื่อจำนวนจดหมายที่เข้ามาในระบบเพิ่มขึ้น

จากกราฟจะเห็นได้ว่า เวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการอ่านจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์ทั้ง 3 แบบเพิ่มมากขึ้นตามจำนวนของจดหมายที่เพิ่มมากขึ้น โดยระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) ใช้เวลามากที่สุด ส่วนระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและแบบเวบลิงค์เมลใช้เวลาในการอ่านจดหมายเพิ่มขึ้นในอัตราที่เท่ากัน เนื่องจากใช้กลไกของพร็อกซี่เซิร์ฟเวอร์ในการร้องขอจดหมายแบบ full mail มาอ่านเหมือนกัน

4.3.4 ทดลองปรับเปลี่ยนค่าแบนด์วิธที่ 1 ตามขนาดจดหมายที่เข้ามายังระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) เปรียบเทียบขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่ถูกเก็บอยู่ในระบบ ตามการเปลี่ยนแปลงของแบนด์วิธที่ 1 เมื่อขนาดจดหมายที่เข้ามายังระบบเท่ากัน

ตารางที่ 4.40 เปรียบจดหมายขนาด 4 KB ของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและแบบเวบลิงค์เมล ด้วยแบนด์วิธขนาดต่าง ๆ

	Storage		
Bandwidth	**HML 4KB**	**Web Link Mail 4KB**	**Legacy 85KB**
512k	1618	1570	26637
1M	1618	1570	26637
2M	1618	1570	26637
10M	1618	1570	26637

ตารางที่ 4.41 เปรียบจดหมายขนาด 20 KB ของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและแบบเวบลิงค์เมล ด้วยแบนด์วิธขนาดต่าง ๆ

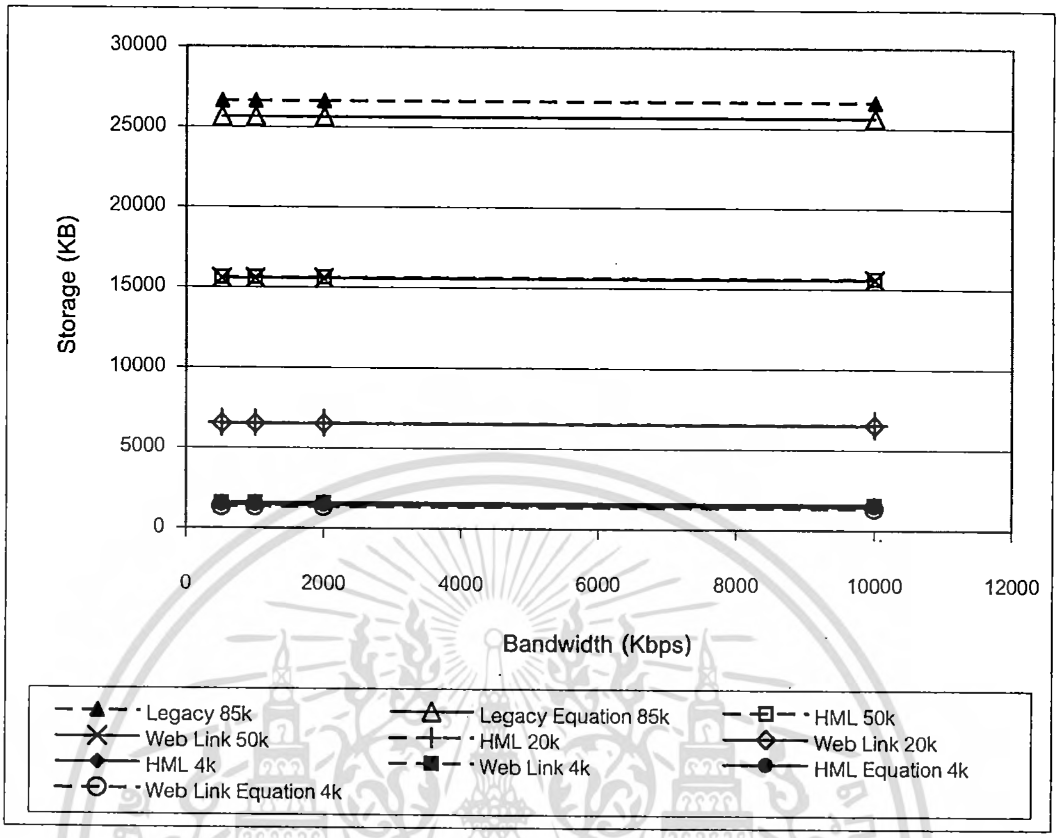
	Storage		
Bandwidth	**HML 20KB**	**Web Link Mail 20KB**	**Legacy 85KB**
512k	6556	6506	26637
1M	6556	6506	26637
2M	6556	6506	26637
10M	6556	6506	26637

ตารางที่ 4.42 เปรียบจดหมายขนาด 50 KB ของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและแบบเวบลิงค์เมล ด้วยแบนด์วิธขนาดต่าง ๆ

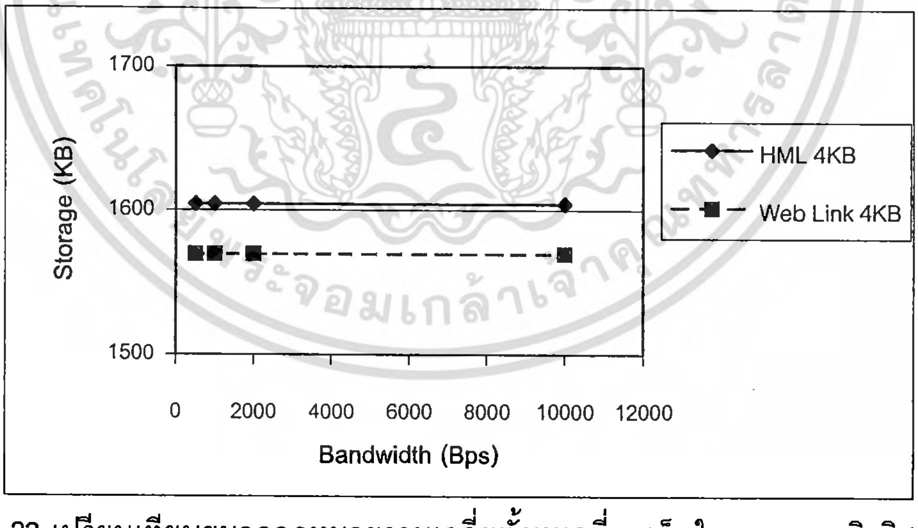
	Storage		
Bandwidth	**HML 50KB**	**Web Link Mail 50KB**	**Legacy 85KB**
512k	15613	15564	26637
1M	15613	15564	26637
2M	15613	15564	26637
10M	15613	15564	26637

นำค่าที่ได้จากตารางข้างต้นมาเขียนกราฟเส้นเพื่อดูแนวโน้มของผลการทดลองได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

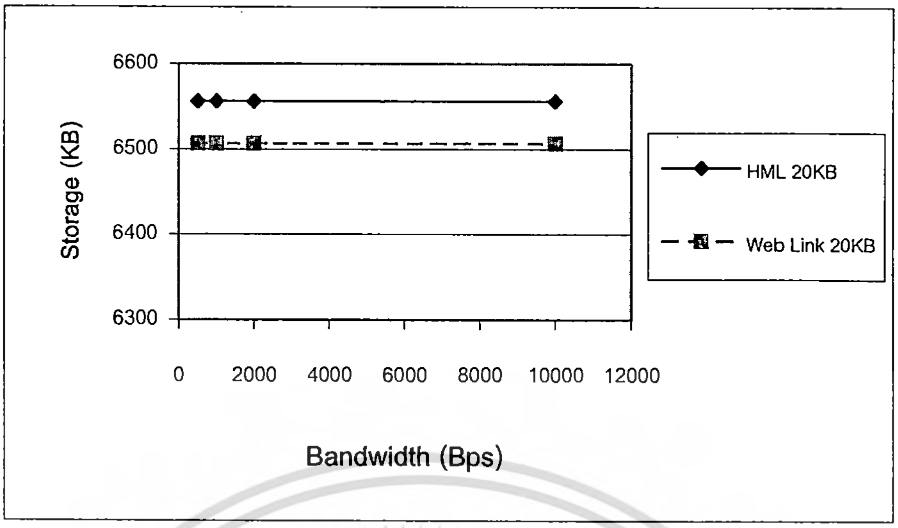


รูปที่ 4.21 ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่เก็บในระบบทั้งหมดที่แบนด์วิธขนาดต่าง ๆ

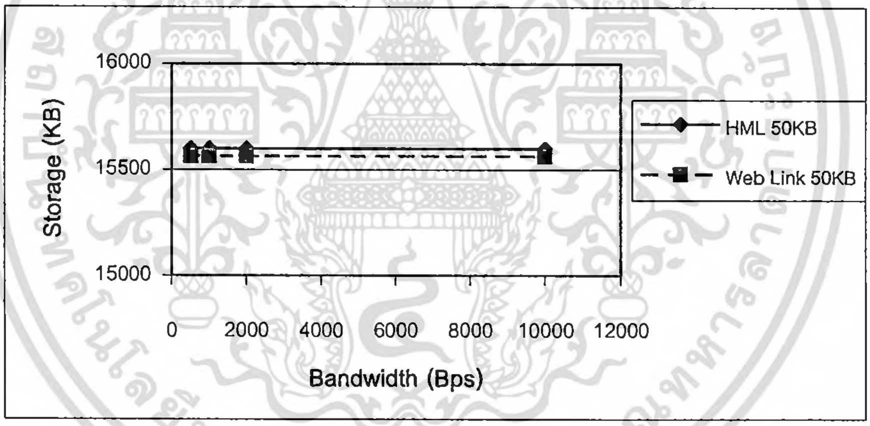


รูปที่ 4.22 เปรียบเทียบขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยทั้งหมดที่ถูกเก็บในระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและแบบเวบลิงค์เมลที่แบนด์วิธขนาดต่าง ๆ เมื่อจดหมายขนาด 4 KB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.23 เปรียบเทียบขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยทั้งหมดที่ถูกเก็บในระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและแบบเวบลิงค์เมลที่แบนด์วิธขนาดต่าง ๆ เมื่อจดหมายขนาด 20 KB



รูปที่ 4.24 เปรียบเทียบขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยทั้งหมดที่ถูกเก็บในระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและแบบเวบลิงค์เมลที่แบนด์วิธขนาดต่าง ๆ เมื่อจดหมายขนาด 50 KB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

24 วิเคราะห์การทดลอง

จากกราฟสังเกตเห็นว่า ขนาดของแบนด์วิธไม่มีผลกับขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่ถูกเก็บในระบบเมลลิงลิสต์ทั้ง 3 แบบ และถ้าขนาดจดหมายที่เข้ามายังระบบเพิ่มมากขึ้นมีผลให้ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่ถูกเก็บในระบบเมลลิงลิสต์เพิ่มมากขึ้นด้วย โดยระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นมีขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่ถูกเก็บในระบบมากกว่าระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมลเสมอ แต่หากเปรียบเทียบกับระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) แล้วจะน้อยกว่าเป็นปริมาณมากเสมอ

2) เปรียบเทียบขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบ ตามการเปลี่ยนแปลงของแบนด์วิธที่ 1 เมื่อขนาดจดหมายเท่ากัน

ตารางที่ 4.43 เปรียบจดหมายขนาด 4 KB ของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและแบบเวบลิงค์เมล ด้วยแบนด์วิธขนาดต่าง ๆ

Traffic (Bytes)			
Bandwidth (Kbps)	HML 4KB	Web Link Mail 4KB	Legacy 85KB
512	335	257	5071
1000	335	257	5071
2000	334	258	5070
10000	329	258	5053

ตารางที่ 4.44 เปรียบจดหมายขนาด 20 KB ของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและแบบเวบลิงค์เมล ด้วยแบนด์วิธขนาดต่าง ๆ

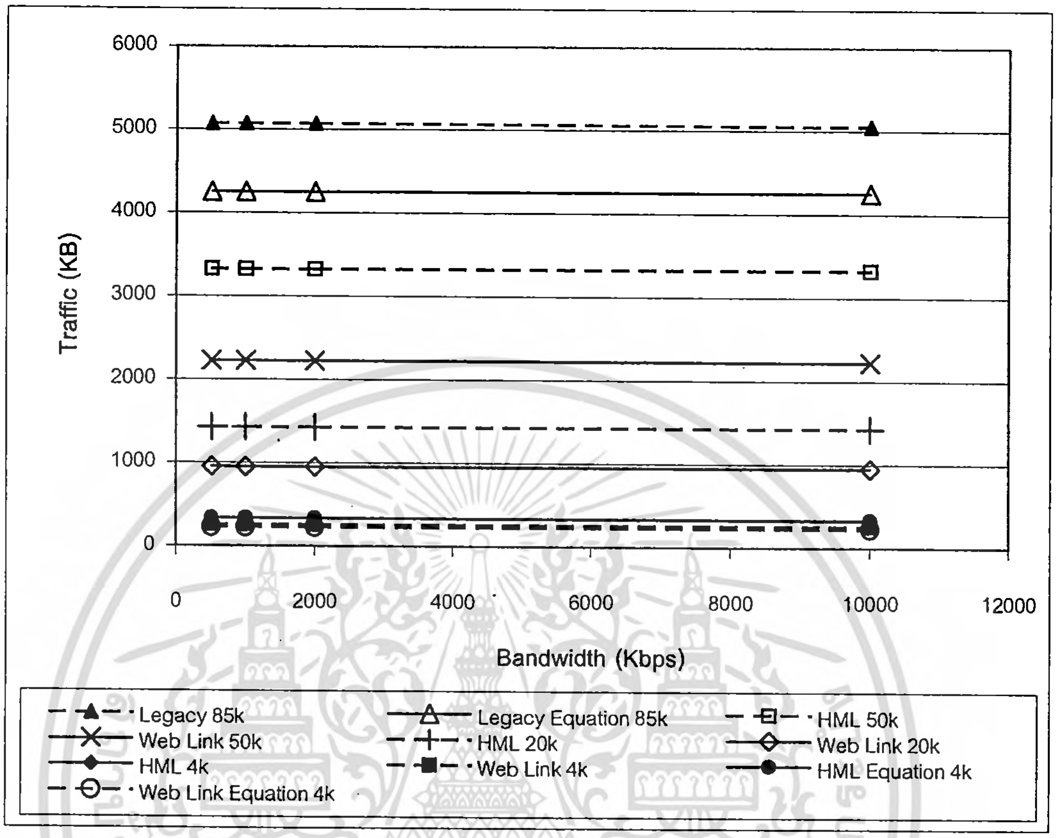
Traffic			
Bandwidth	HML 20KB	Web Link Mail 20KB	Legacy 85KB
512k	1428	954	5071
1M	1428	951	5071
2M	1428	951	5070
10M	1428	953	5053

ตารางที่ 4.45 เปรียบจดหมายขนาด 50 KB ของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและแบบเวบลิงค์เมล ด้วยแบนด์วิธขนาดต่าง ๆ

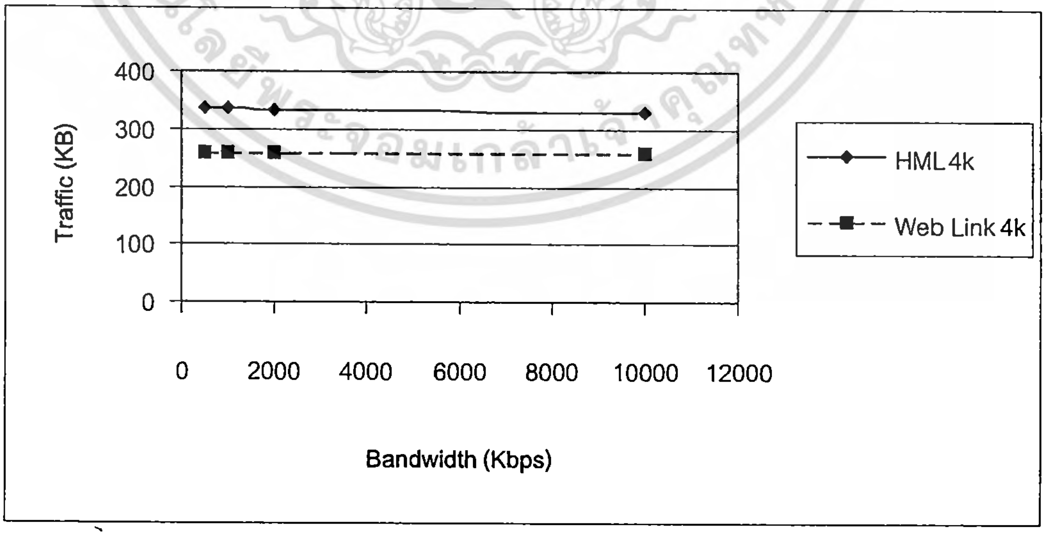
Traffic			
Bandwidth	HML 50KB	Web Link Mail 50KB	Legacy 85KB
512k	3326	2222	5071
1M	3323	2222	5071
2M	3323	2222	5070
10M	3323	2222	5053

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำค่าที่ได้จากตารางข้างต้นมาเขียนกราฟเส้นเพื่อดูแนวโน้มของผลการทดลองได้ดังนี้

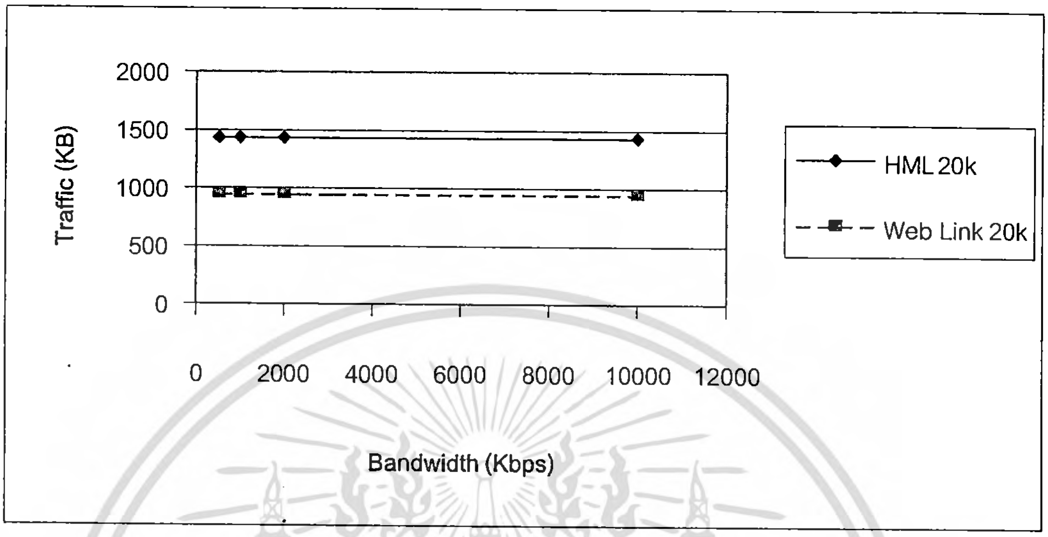


รูปที่ 4.25 ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบทั้งหมดที่แบนด์วิธขนาดต่าง ๆ เมื่อจดหมายขนาดเท่ากัน

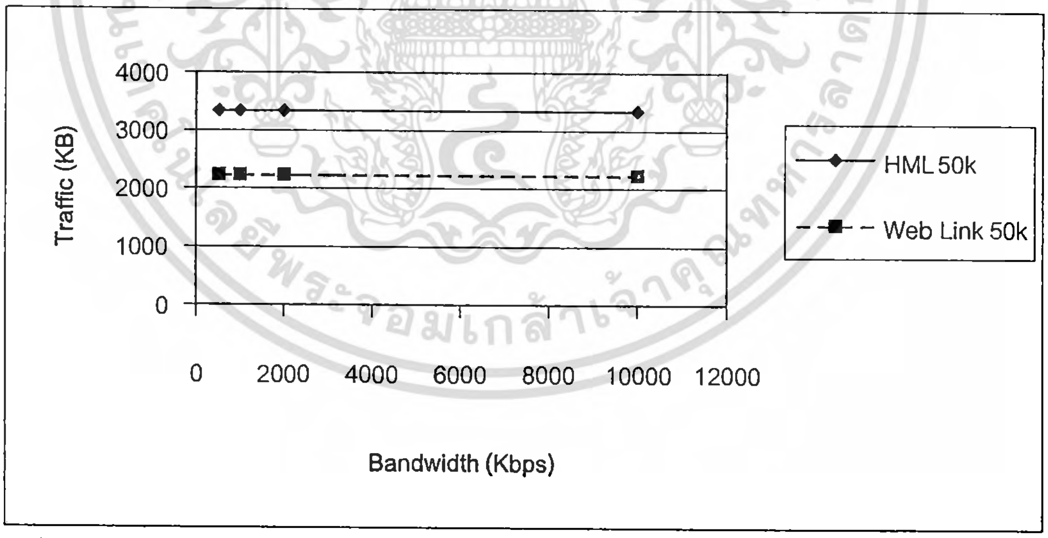


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.26 เปรียบเทียบขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยทั้งหมดที่สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและแบบเวบลิงค์เมลที่แบนด์วิธขนาดต่าง ๆ เมื่อจดหมายขนาด 4 KB



รูปที่ 4.27 เปรียบเทียบขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยทั้งหมดที่สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและแบบเวบลิงค์เมลที่แบนด์วิธขนาดต่าง ๆ เมื่อจดหมายขนาด 20 KB



รูปที่ 4.28 เปรียบเทียบขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยทั้งหมดที่สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและแบบเวบลิงค์เมลที่แบนด์วิธขนาดต่าง ๆ เมื่อจดหมายขนาด 50 KB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิเคราะห์การทดลอง

จากการทดลองข้างต้นสังเกตว่า ขนาดแบนด์วิธที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยทั้งหมดที่สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์ทั้ง 3 ค่อนข้างคงที่ และขนาดจดหมายที่เข้ามายังระบบที่เพิ่มขึ้นทำให้ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยทั้งหมดที่สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์ทั้ง 3 เพิ่มขึ้นเช่นกัน ซึ่งขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยทั้งหมดที่สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) มีปริมาณมากเมื่อเทียบกับอีก 2 ระบบ และขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยทั้งหมดที่สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและแบบเวบลิงค์เมลมีปริมาณใกล้เคียงกัน โดยระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นมีปริมาณมากกว่าระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมลไม่มากนัก

3) เปรียบเทียบเวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการส่งจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบ ตามการเปลี่ยนแปลงของแบนด์วิธที่ 1 เมื่อขนาดจดหมายเท่ากัน

ตารางที่ 4.46 เปรียบจดหมายขนาด 4 KB ของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมล ด้วยแบนด์วิธขนาดต่าง ๆ

	Time (s)		
Bandwidth (Kbps)	HML 4KB	Web Link Mail 4KB	Legacy 85KB
512	25	34	385
1000	22	34	253
2000	23	34	136
10000	20	29	68

ตารางที่ 4.47 เปรียบจดหมายขนาด 20 KB ของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมล ด้วยแบนด์วิธขนาดต่าง ๆ

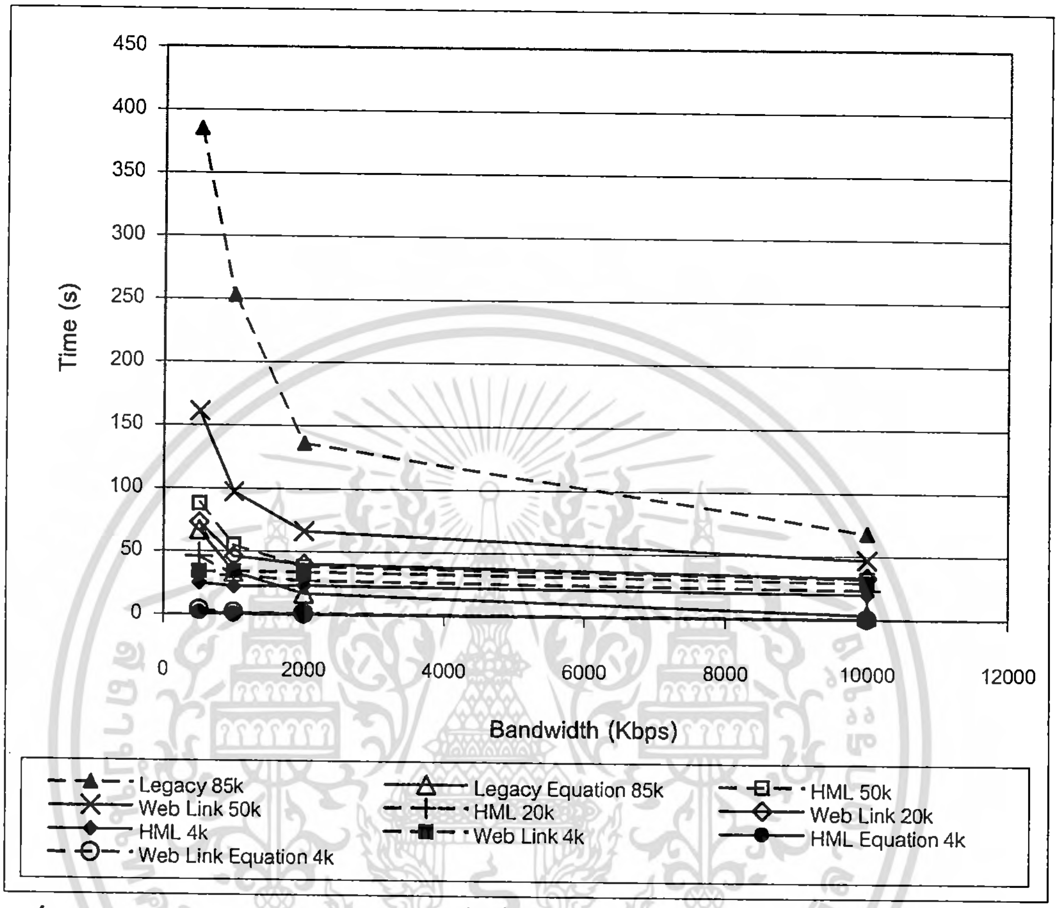
	Time (s)		
Bandwidth (Kbps)	HML 20KB	Web Link Mail 20KB	Legacy 85KB
512	46	73	385
1000	31	46	253
2000	27	40	136
10000	23	33	68

ตารางที่ 4.48 เปรียบจดหมายขนาด 50 KB ของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมล ด้วยแบนด์วิธขนาดต่าง ๆ

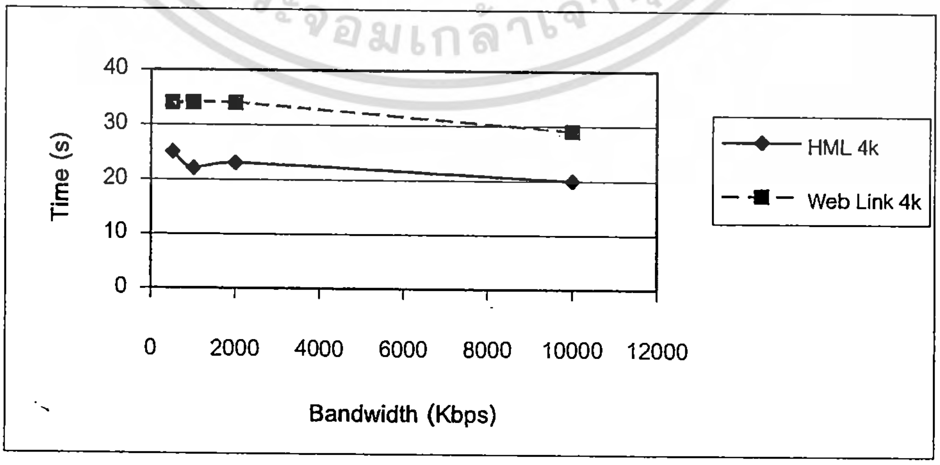
	Time (s)		
Bandwidth (Kbps)	HML 50KB	Web Link Mail 50KB	Legacy 85KB
512	88	161	385
1000	55	97	253
2000	38	66	136
10000	32	47	68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำค่าที่ได้จากตารางข้างต้นมาเขียนกราฟเส้นเพื่อดูแนวโน้มของผลการทดลองได้ดังนี้

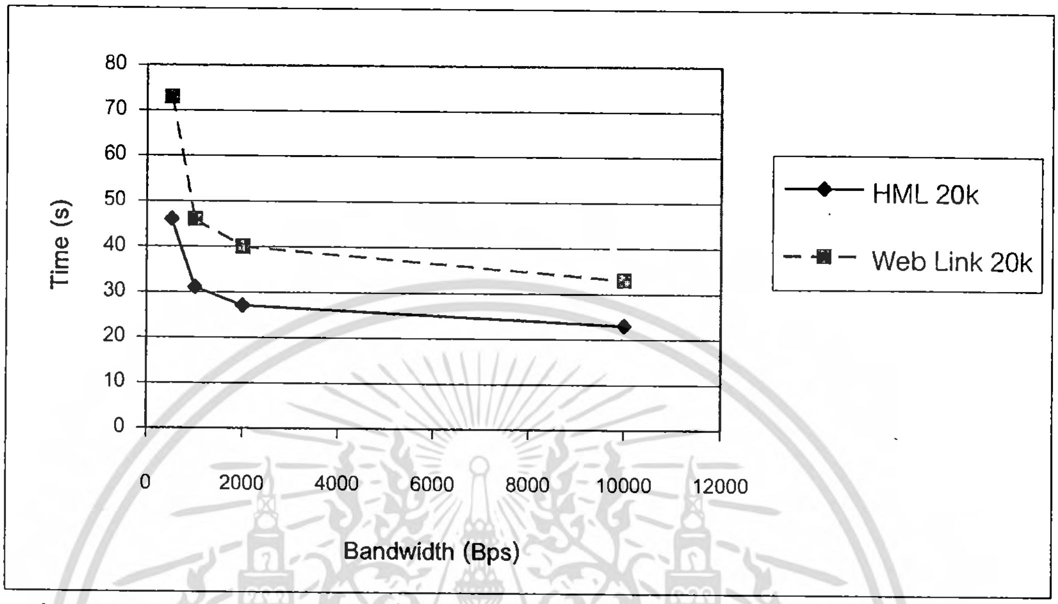


รูปที่ 4.29 เปรียบเทียบเวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการส่งจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบ ที่แบนด์วิธขนาดต่าง ๆ เมื่อจดหมายขนาดเท่ากัน

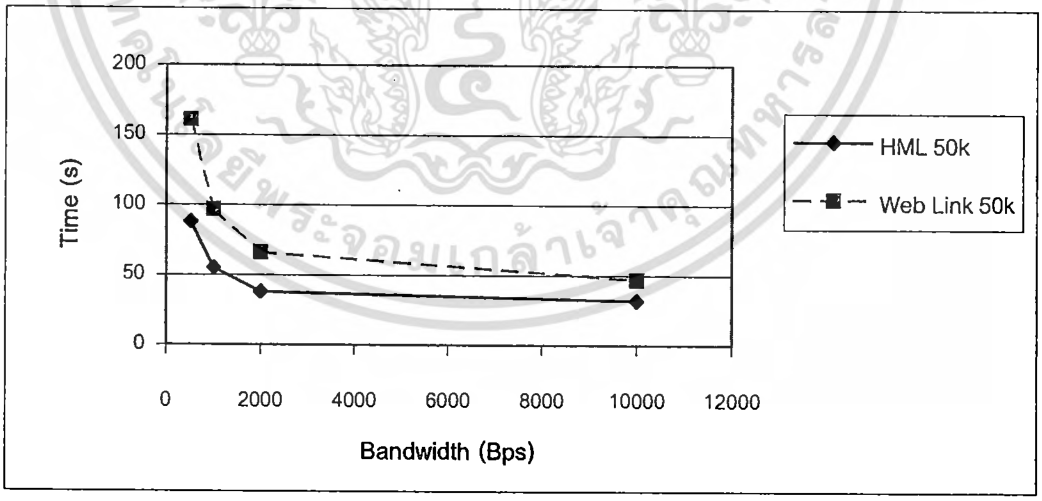


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.30 เปรียบเทียบเวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการส่งจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมลที่แบนด์วิธขนาดต่าง ๆ เมื่อจดหมายขนาด 4 KB



รูปที่ 4.31 เปรียบเทียบเวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการส่งจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมลที่แบนด์วิธขนาดต่าง ๆ เมื่อจดหมายขนาด 50 KB



รูปที่ 4.32 เปรียบเทียบเวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการส่งจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมลที่แบนด์วิธขนาดต่าง ๆ เมื่อจดหมายขนาด 50 KB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

25 วิเคราะห์การทดลอง

ระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นใช้เวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการส่งจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมลและระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) และใช้เวลาน้อยลงเรื่อย ๆ เมื่อขนาดแบนด์วิธเพิ่มขึ้นแต่อัตราการลดลงจะมีสัดส่วนที่น้อยลง ในขณะที่ขนาดจดหมายที่เข้ามาในระบบเท่ากัน ถ้าขนาดจดหมายที่เข้ามาในระบบเพิ่มขึ้นแล้วเวลาที่ใช้ในการส่งจดหมายผ่านเครือข่ายของระบบจะเพิ่มขึ้นด้วย

4.4 วิเคราะห์ผลการทดลอง

4.4.1 วิเคราะห์ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยทั้งหมดที่ถูกเก็บในระบบ

จากผลการทดลองที่ได้แสดงให้เห็นว่าระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) มีขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่ถูกเก็บในระบบมากที่สุด รองลงมาเป็นระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมลและระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นซึ่งมีปริมาณใกล้เคียงกันมาก ไม่ว่าจะทดลองปรับเปลี่ยนขนาดแบนด์วิธค่าต่าง ๆ ผลการทดลองที่ได้จะเป็นเช่นนี้เสมอ เนื่องจากระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) เป็นการส่งจดหมายทั้งฉบับแบบ full mail โดยไม่มีการแปลงจดหมายให้เป็นแบบ short mail ดังนั้นเมื่อจดหมายเหล่านั้นถูกเก็บอยู่ใน mailbox ของสมาชิกทุกคนทำให้มีขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่ถูกเก็บในระบบสูงมาก ยิ่งจำนวนสมาชิกของระบบมากขึ้นเท่าใดขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่ถูกเก็บในระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) ก็จะยิ่งเพิ่มขึ้นมากหลายเท่าตัว

ส่วนระบบเมลลิงลิสต์ แบบโครงสร้างลำดับชั้นและระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมลมีการแปลงจดหมายแบบ full mail ให้เป็นแบบ short mail ก่อนส่งไปยังสมาชิกทุกคนทำให้ขนาดของจดหมายเล็กลงมาก เมื่อจดหมายไปถึงยัง mailbox ของสมาชิกทุกคนจึงมีขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่ถูกเก็บในระบบต่ำ แต่ที่ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่ถูกเก็บในระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นสูงกว่าระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมลเล็กน้อยเป็นเพราะเฮดเดอร์ของจดหมายที่เพิ่มขึ้นจากการส่งจดหมายผ่านเซิร์ฟเวอร์เป็นจำนวนมากกว่าเนื่องจากการออกแบบโครงสร้างของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้น

การเปลี่ยนแปลงขนาดแบนด์วิธของเครือข่ายไม่ว่าจะลดลงหรือเพิ่มขึ้นก็ตาม ไม่ส่งผลให้ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่เก็บอยู่ในระบบทั้งหมดของระบบเมลลิงลิสต์แบบต่าง ๆ เปลี่ยนแปลงไป เพราะฉะนั้น ขนาดแบนด์วิธไม่มีผลกระทบต่อขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่ถูกเก็บในระบบ

เมื่อเปรียบเทียบผลที่ได้จากสมการและจากผลการทดลอง จะเห็นว่ามีความคลาดเคลื่อนจากกัน (แต่ไม่มากนัก) ค่าที่คลาดเคลื่อนนั้นอาจมีสาเหตุจากโอเวอร์เฮดด์ (over head) ที่เกิดขึ้นจากการส่งจดหมาย ขนาดของเฮดเดอร์ (header) ที่เพิ่มเข้ามาเมื่อจดหมายถูกส่งผ่านเซิร์ฟเวอร์นั้นหรืออาจเป็นค่าที่เกิดจากโปรแกรม MTA ก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2 วิเคราะห์ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยทั้งหมดที่สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบ

จากผลการทดลองที่ได้แสดงให้เห็นว่า ระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) มีขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบสูงกว่าแบบเวบลิงค์เมลและแบบโครงสร้างลำดับชั้นมาก เนื่องจากข้อมูลที่ใช้สื่อสารผ่านเครือข่ายมีปริมาณมากกว่าระบบอื่นเพราะเป็นการส่งจดหมายแบบ full mail ไม่ใช่แบบ short mail เหมือนระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมลและแบบโครงสร้างลำดับชั้น

ระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นมีขนาดจดหมายที่ใช้สื่อสารผ่านเครือข่ายมากกว่าระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมล เนื่องจากการออกแบบระบบทำให้จำนวนเซิร์ฟเวอร์ที่ต้องผ่านมีมากกว่า บวกกับปริมาณเฮดเดอร์ของจดหมายที่เพิ่มขึ้นเมื่อผ่านเซิร์ฟเวอร์แต่ละตัวด้วย

ยิ่งจำนวนสมาชิกของระบบเพิ่มมากขึ้นเท่าไหร่ขนาดจดหมายที่ใช้สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์ก็จะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ และเมื่อขนาดแบนด์วิธของเครือข่ายลดลง ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่สื่อสารผ่านเครือข่ายจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และเมื่อขนาดแบนด์วิธของเครือข่ายเพิ่มขึ้น ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยที่สื่อสารผ่านเครือข่ายจะลดลง เป็นผลให้กรณีที่แบนด์วิธภายนอกและภายในเครือข่ายมีความเร็วในการส่งข้อมูลใกล้เคียงกันมาก ระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและแบบเวบลิงค์เมล

เมื่อเปรียบเทียบผลที่ได้จากสมการและจากผลการทดลอง จะเห็นว่ามีความคลาดเคลื่อนจากกัน ยิ่งเมื่อขนาดจดหมายที่ใช้สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบเพิ่มมากขึ้น ผลที่ได้จากการคำนวณยิ่งแตกต่างจากผลที่ได้จากการทดลอง ทั้งนี้เป็นเพราะเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของความคลาดเคลื่อนแล้วจะมีความแตกต่างกันของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมลประมาณ 16 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนมีค่าคงที่ทำให้เมื่อขนาดจดหมายหรือสเกลเพิ่มขึ้น ผลลัพธ์ที่ได้ก็จะยิ่งแตกต่างกันมากขึ้นตามเปอร์เซ็นต์ด้วย ค่าความคลาดเคลื่อนนั้นอาจมีสาเหตุจากปัญหาคอขวดในการส่งจดหมายทำให้เกิดโอเวอร์เฮดด์ (over head) ขึ้น ขนาดของเฮดเดอร์ (header) ที่เพิ่มเข้ามาเมื่อจดหมายถูกส่งผ่านเซิร์ฟเวอร์นั้น หรืออาจเกิดจากโปรแกรม MTA ที่ใช้ส่งจดหมายก็ได้

4.4.3 วิเคราะห์เวลารวมเฉลี่ยทั้งหมดที่ใช้ส่งจดหมายไปยังสมาชิกทุกคนของระบบ

จากผลการทดลองที่ได้แสดงให้เห็นว่าระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นใช้เวลารวมเฉลี่ยในการส่งจดหมายให้แก่สมาชิกทุกคนในระบบน้อยกว่าระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมลและระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม)

เมื่อจำนวนจดหมายที่เข้ามายังระบบเพิ่มมากขึ้นทำให้เวลาที่ใช้ในการส่งจดหมายของระบบเมลลิงลิสต์ทั้ง 3 แบบมากขึ้นตามไปด้วย แต่อัตราการเพิ่มขึ้นของทั้ง 3 ระบบยังคงเท่าเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กล่าวคือ ระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นใช้เวลารวมเฉลี่ยในการส่งจดหมายให้แก่สมาชิกทุกคนในระบบน้อยที่สุด รองลงมาเป็นระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมลซึ่งใช้เวลาใกล้เคียงกัน สุดท้ายเป็นระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) และใช้เวลานานกว่า 2 ระบบแรกมาก

หากจำนวนสมาชิกของระบบเพิ่มมากขึ้นในขณะที่ขนาดของแบนด์วิธในเครือข่ายเท่าเดิม เวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการส่งจดหมายให้แก่สมาชิกทุกคนในระบบก็จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

เมื่อขนาดแบนด์วิธของเครือข่ายมีการเปลี่ยนแปลง เวลารวมเฉลี่ยในการส่งจดหมายให้แก่สมาชิกทุกคนของระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) และระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมลจะแปรผกผันกับขนาดแบนด์วิธ ยิ่งขนาดแบนด์วิธของเครือข่ายลดน้อยลงเท่าใดเวลารวมเฉลี่ยที่ใช้จะยิ่งเพิ่มมากขึ้นเท่านั้น แต่หากขนาดแบนด์วิธของเครือข่ายเพิ่มมากขึ้นเท่าใดเวลารวมเฉลี่ยที่ใช้จะยิ่งน้อยลง ในขณะที่ระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นใช้เวลารวมเฉลี่ยในการส่งจดหมายให้แก่สมาชิกทุกคนในระบบค่อนข้างคงที่

สำหรับระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้น ถ้าขนาดของแบนด์วิธภายนอกและภายในเครือข่ายมีขนาดใกล้เคียงกัน จะทำให้เวลารวมเฉลี่ยในการส่งจดหมายให้แก่สมาชิกทุกคนในระบบมีผลไม่แตกต่างจากระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมลน้อยมากหรืออาจจะมากกว่าในกรณีที่ขนาดแบนด์วิธเท่ากัน

เมื่อเปรียบเทียบผลที่ได้จากสมการและจากผลการทดลอง จะเห็นว่ามีความคลาดเคลื่อนจากกัน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะความคับคั่งของจดหมายที่ถูกส่งออกไปทำให้โปรแกรม MTA ต้องใช้เวลาในการจัดส่งจดหมายตามคิวอย่างเหมาะสม การใช้เวลาติดต่อกันระหว่างเซิร์ฟเวอร์ต้นทางและเซิร์ฟเวอร์ปลายทางในแต่ละครั้ง และถ้าจดหมายที่ต้องส่งมีขนาดใหญ่ก็อาจต้องเสียเวลาในการจัดการจดหมายนั้นมากกว่าจดหมายที่มีขนาดเล็ก อีกทั้งแบนด์วิธที่ใช้ก็มีผลต่อการส่งจดหมายด้วย เนื่องจากหากการจราจรบนเครือข่ายคับคั่งมากก็ต้องเสียเวลารอส่งจดหมายนานขึ้นซึ่งบางครั้งก็อยู่เหนือการควบคุม

4.4.4 วิเคราะห์เวลารวมเฉลี่ยทั้งหมดที่ใช้อ่านจดหมายของสมาชิกของระบบ

ระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นใช้เวลารวมเฉลี่ยในการอ่านจดหมายพอ ๆ กันกับระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมลแต่น้อยกว่าระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) เสมอ เมื่อเปรียบเทียบกันในขณะที่ขนาดแบนด์วิธและขนาดจดหมายเท่ากัน เนื่องจากระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและแบบเวบลิงค์เมลอาศัยการทำงานของพร็อกซี่เซิร์ฟเวอร์เข้ามาช่วยในการอ่านจดหมาย แต่ระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) ใช้การดึงจดหมายแบบ full mail จาก mailbox ของสมาชิกทั้งหมด ซึ่งหากว่าจดหมายเหล่านั้นเป็นจดหมายที่มีขนาดใหญ่และมีจำนวนมากก็จะยิ่งทำให้การอ่านจดหมายช้ายิ่งขึ้นอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและแบบเวบลิงค์เมลใช้เวลาในการอ่านจดหมายเท่า ๆ กัน เพราะใช้การส่งจดหมายแบบ short mail ให้แก่สมาชิก ดังนั้นสมาชิกจึงใช้เวลาในการอ่านจดหมายจาก mailbox ลดน้อยลงมากเมื่อเทียบกับระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) จากนั้นใช้กลไกการทำงานของพร็อกซี่มาช่วยอีกขั้นตอนหนึ่งจึงทำให้เกิดความรวดเร็วมากขึ้น

เมื่อเปรียบเทียบผลที่ได้จากสมการและจากผลการทดลอง จะเห็นว่ามีความคลาดเคลื่อน ค่าความคลาดเคลื่อนนั้นอาจมีสาเหตุจากแบนด์วิธของเครือข่ายทำให้เกิดความคับคั่งของการจราจรและต้องใช้เวลาจัดการบ้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปงานวิจัยระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้น

จากการศึกษาและทดลอง ระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นสามารถแก้ปัญหาของระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม)ได้ทั้งหมด และมีประสิทธิภาพการทำงานที่ดีกว่าระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) อย่างเห็นได้ชัด ทั้งในเรื่องของขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยทั้งหมดที่เก็บอยู่ในระบบ ขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยทั้งหมดที่ใช้สื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบ เวลารวมเฉลี่ยทั้งหมดที่ใช้ในการส่งจดหมายถึงสมาชิกทุกคนในระบบ และเวลารวมเฉลี่ยทั้งหมดที่ใช้ในการอ่านจดหมายของสมาชิก

การนำระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นมาประยุกต์ใช้น่าจะเหมาะสำหรับเครือข่ายอินเตอร์เน็ตในปัจจุบัน เนื่องจากเครือข่ายอินเตอร์เน็ตในปัจจุบันเป็นที่นิยมสูงทำให้มีความหนาแน่นของการจราจรมาก แม้ความเร็วของสายสัญญาณในการส่งข้อมูลจะสูงแต่แบนด์วิธที่เกิดขึ้นในเครือข่ายก็สูงตาม ทำให้ใช้เวลารวมเฉลี่ยในการส่งจดหมายให้แก่สมาชิกทุกคนในระบบเป็นไปได้ช้าลง ส่วนเครือข่ายภายในมีความเร็วของสายสัญญาณในการส่งข้อมูลสูงและมีผู้ใช้งานจำนวนน้อยกว่าทำให้การรับส่งข้อมูลเป็นไปได้อย่างรวดเร็ว ยิ่งเครือข่ายภายนอกระหว่างเซิร์ฟเวอร์ช้ามากเท่าไหร่ก็จะยิ่งมีผลทำให้ประสิทธิภาพของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นดีมากยิ่งขึ้น และเมื่อเรานำพร็อกซี่เซิร์ฟเวอร์เข้ามาช่วยในกระบวนการอ่านจดหมายยิ่งทำให้การอ่านจดหมายของสมาชิกเป็นไปอย่างรวดเร็วมากยิ่งขึ้น

5.1.1 เปรียบเทียบระหว่างระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม)

ระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) มักมีปัญหาในเรื่องการสิ้นเปลืองเนื้อที่ในการเก็บจดหมายของผู้ใช้แต่ละคนในระบบ เมื่อจำนวนสมาชิกในระบบเพิ่มขึ้นก็ยิ่งทำให้สิ้นเปลืองทรัพยากรมากขึ้นตามไปด้วย และถ้าขนาด mailbox ของสมาชิกไม่ได้เพิ่มขึ้นตามจำนวนจดหมายที่เข้ามามากขึ้นจะทำให้สมาชิกที่ไม่ค่อยมีเวลาตรวจสอบจดหมายใน mailbox ของตนบ่อยนักอาจจะพลาดการรับรู้ข่าวสารนั้น ซึ่งข่าวสารที่พลาดไปอาจเป็นข้อมูลสำคัญต่อสมาชิกมากแต่ข่าวสารที่อยู่ใน mailbox อาจเป็นข่าวสารที่สมาชิกไม่ค่อยสนใจก็ได้ ส่วนสมาชิกของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นจะเก็บเพียงแค่จดหมายบอกที่อยู่ของเนื้อความจริง ๆ เท่านั้น ข่าวสารใดที่สมาชิกอ่านหัวข้อแล้วเกิดความสนใจก็สามารถตามไปอ่านเนื้อความทั้งหมดได้อย่างสะดวก ข่าวสารใดไม่อยู่ในความสนใจก็ละเลยไป โดยจดหมายทั้งหมดที่เก็บอยู่ใน mailbox ของสมาชิกแต่ละคนไม่ได้ทำให้เกิดความสิ้นเปลืองทรัพยากรของระบบแต่อย่างใด

ขนาดจดหมายที่ใช้ในการสื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นมีปริมาณน้อยกว่าระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) มาก เนื่องจากข้อมูลที่ส่งไปยังสมาชิกแต่ละคนในระบบเป็นเพียงแค่ short mail เท่านั้น ไม่ใช่ full mail เหมือนกับระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม) ทำให้ลดปริมาณความหนาแน่นของการจราจรบนเครือข่ายลงได้

ระบบเมลลิงลิสต์มีการจัดกลุ่มของสมาชิกที่อยู่บนเครือข่ายเดียวกันไว้กลุ่มเดียวกัน และเครือข่ายภายในเหล่านั้นมักจะมีสายสัญญาณที่มีความเร็วสูงกว่าเครือข่ายภายนอก การส่งข้อมูลบนเครือข่ายภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นไปได้ช้าเนื่องจากแต่ละช่วงเวลาจะมีผู้ใช้งานเครือข่ายเป็นจำนวนมาก แต่การส่งข้อมูลบนเครือข่ายภายในเป็นไปอย่างรวดเร็วเนื่องจากมีปริมาณผู้ใช้งานน้อยกว่ามาก ทำให้เวลาที่ใช้ในการส่งข้อมูลของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นมีความรวดเร็วมากขึ้น และที่สำคัญคือขนาดของจดหมายที่ระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นใช้ส่งไปยังสมาชิกแต่ละคนมีขนาดเล็กกว่าด้วย ยิ่งทำให้เวลาทั้งหมดที่ใช้ในการส่งจดหมายของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นเป็นไปอย่างรวดเร็วมายิ่งขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับระบบเมลลิงลิสต์ (เดิม)

5.1.2 เปรียบเทียบระหว่างระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมล

แม้ว่าการส่งจดหมายถึงสมาชิกแต่ละคนของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นและระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมลจะเป็นการส่ง short mail เหมือนกัน แต่ระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นจะใช้เวลารวมเฉลี่ยในการส่งจดหมายถึงสมาชิกทุกคนภายในระบบได้รวดเร็วกว่า เนื่องจากอาศัยข้อได้เปรียบทางด้านสายสัญญาณส่งข้อมูลของเครือข่ายและการจัดการโครงสร้างของระบบเอื้ออำนวยให้การส่งข้อมูลเป็นไปอย่างรวดเร็ว ถ้าความเร็วในการส่งข้อมูลของเครือข่ายภายนอกและภายในมีความแตกต่างกันมากเท่าไหร่ (เครือข่ายภายนอกมีอัตราการส่งข้อมูลช้ามากและเครือข่ายภายในมีอัตราการส่งข้อมูลเร็วมาก) ยิ่งทำให้เวลาที่ใช้ส่งจดหมายไปยังสมาชิกทุกคนของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นมีประสิทธิภาพสูงกว่าระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมลมากยิ่งขึ้น และถ้าขนาดจดหมายที่ใช้ส่งมีขนาดใหญ่ขึ้นเท่าใดก็ยิ่งเป็นการตอกย้ำให้เห็นประสิทธิภาพของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นมากขึ้น เพราะเวลาที่ใช้ในการส่งจดหมายของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นจะยิ่งเป็นไปอย่างรวดเร็วมากขึ้นเท่านั้น

ส่วนขนาดจดหมายที่เก็บอยู่ในระบบทั้งสองมีขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยของทั้งระบบใกล้เคียงกันเป็นอย่างยิ่ง โดยระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นจะมีขนาดจดหมายรวมเฉลี่ยของระบบมากกว่าเล็กน้อย เนื่องจากเฮดเดอร์ของจดหมายแต่ละฉบับที่เกิดจากการผ่านเครื่องเซิร์ฟเวอร์ตามโครงสร้างของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นจนกระทั่งถึง MTA ของสมาชิกแต่ละคน ซึ่งในความเป็นจริงแล้วจดหมายแต่ละฉบับของระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมลน่าจะมีปริมาณเฮดเดอร์มากพอ ๆ กับระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้น

ในด้านของขนาดจดหมายที่ใช้ในการสื่อสารผ่านเครือข่ายของระบบนั้น ระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นจะมีขนาดจดหมายที่ใช้สื่อสารผ่านเครือข่ายมากกว่าระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมลแต่ก็อยู่ในปริมาณที่น้อยมาก ขนาดจดหมายที่มากขึ้นนี้เกิดจากการส่งจดหมายเพิ่มมากขึ้นระหว่างเครื่องเซิร์ฟเวอร์ในโครงสร้างลำดับชั้น

5.2 ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้น

จำนวนสมาชิกที่นำมาจัดกลุ่มในแต่ละเครือข่ายต้องมีจำนวนมากกว่า 2 คนขึ้นไป จึงจะทำให้ระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นมีประสิทธิภาพในการทำงานมากกว่าระบบเมลลิงลิสต์แบบเวบลิงค์เมล

เครื่องเซิร์ฟเวอร์ที่ทำหน้าที่เป็นรูทของระบบควรมีประสิทธิภาพสูง เพื่อลดเวลาในการจัดเก็บจดหมายลง mail storage และแปลงเนื้อความของจดหมาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควรพิจารณาถึงจำนวนลำดับชั้นของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นกับจำนวนสมาชิกของระบบอย่างรอบคอบ เนื่องจากจำนวนของลำดับชั้นมีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของระบบ

การเพิ่มหรือลดจำนวนสมาชิกของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นต้องให้ผู้ดูแลระบบคอยจัดการแก้ไขไฟล์รายชื่อของสมาชิกเหล่านั้นเอง ระบบยังไม่สามารถจัดการกับจำนวนสมาชิกแบบอัตโนมัติได้

หากต้องการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้นยังต้องจัดการแบบแมนนวล ควรมีการพัฒนาให้ระบบสามารถเปลี่ยนแปลงได้อย่างอัตโนมัติ

ระบบเมลลิงลิสต์โครงสร้างแบบลำดับชั้นเหมาะสำหรับเครือข่ายภายนอกและเครือข่ายภายในที่มีความเร็วแตกต่างกันมาก ทำให้เวลารวมเฉลี่ยที่ใช้ในการส่งจดหมายถึงสมาชิกทุกคนในระบบเป็นไปอย่างรวดเร็วมากยิ่งขึ้น

สมการที่ใช้ในการคำนวณมีค่าความคลาดเคลื่อนค่อนข้างมาก เนื่องจากมีปัจจัยอีกหลายอย่างที่ยังไม่สามารถคำนวณออกมาได้อย่างแน่นอน จึงควรพิจารณาถึงสิ่งที่ทำให้เกิดผลกระทบอย่างรอบคอบด้วย โดยเฉพาะเวลาที่ใช้จัดการรับส่งจดหมายของโปรแกรม MTA แต่ละโปรแกรมมีการทำงานไม่เหมือนกัน จึงเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่สำคัญในการนำมาใช้คำนวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] Crocker, D. 1982. Standard for the Format of ARPA Internet Text Message. RFC 822.

[2] Freed N., Borenstein N. "Multipurpose Internet Mail Extensions (MIME) Part Two : Media Types". RFC 2046. Innosoft, First Virtual. 1996.

[3] Freed N., Moore K. "Definition of the External-Body Access-Type". RFC 2017. Innosoft, University of Tennessee.

[4] Jonathan B. Postel. 1982. Simple Mail Transfer Protocol. RFC 821.

[5] Sirbu, M. 1988. "A Content-Type Header field for Internet Message". RFC 1049.

[6] Soravit Boonmee. 2543. "Submailing List System". Master of Science Thesis, Computer Science and Information Technology. Science Faculty. King Mongkut Institue of Technology Lardkrabang.

[7] David Tansley. 2003. "LINUX & UNIX Shell Programming". Addison-Wesley.

[8] Wang J. 1999. "A Survey of Web Caching Schemes for the Internet". Computer Communication Review. Computer Science Cornell University.

[9] http://www.kernel.org

[10] http://www.catb.org/~esr/fetchmail/

[11] http://search.cpan.org/~vparseval/Mail-MboxParser-0.53/

[12] http://www.sendmail.org/faq/

[13] http://www.linux.com/howtos/Bandwidth-Limiting-HOWTO/faq.shtml

[14] http://squid.visolve.com/

[15] http://thaicert.nectec.or.th/paper/firewall/iptables.php

[16] http://www.linux.com/howtos/Bandwidth-Limiting-HOWTO/faq.shtml

[17] http://www.greatcircle.com/majordomo/majordomo-faq.html

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

โปรแกรมจัดการระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้น

โปรแกรมนี้ติดตั้งบนเครื่องที่ทำหน้าที่เป็น Mainlist Server ของระบบเมลลิงลิสต์แบบโครงสร้างลำดับชั้น เมื่อมีจดหมายเข้ามายังระบบจะเป็นการเรียกโปรแกรมขึ้นมาทำงานโดยอัตโนมัติ

```
#!/usr/bin/perl

use Mail::MboxParser;
use Mail::Mailer;

####################################
#    Declare Variable
####################################

$path = "/temp/mbox";

my $inp = \*STDIN;
my $mb = Mail::MboxParser->new($inp);

while (my $msg = $mb->next_message)
{
  $suj = $msg->header->{subject} || '<No text message>';  #get subject
  $id = $msg->header->{'message-id'};                      #get message-id
  $mid = &find_message_id($id);
#  $body_att = $msg->get_entity_body(1);                    #get body part1 : text
  $msg->store_all_attachments(path => $path.$mid, store_only => '.');
}
&send_mail;



####################
sub find_message_id
{
       my $input = $_[0];                    #keep message-id from STDIN
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        my $ms_id;

        if ($input =~ /<(.*)@/)                 #cut string
        {
          $ms_id = $1;
          return $ms_id;
        }



        else
        {
          return;
        }
}


####################
sub send_mail
{
##### use Mail::Mailer
        my $type = 'sendmail';   #Call sendmail program
        my $mailprog =  Mail::Mailer->new($type);          #Make mail

        #mail headers to use in the message, example 1
        %headers = (
                        'To'=>'mono@hml.dipac.it.kmitl.ac.th',
                                        'From'=>'HML_Root',
                        'Subject'=>"$suj : $suj"
          );
        $mailprog->open(\%headers);                     #Fill mail header
        print $mailprog "http://161.246.49.50/suchada/mail/$mid/
                        Click URL to read your message and attach file.\n
        $mailprog->close;
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

บทความทางวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์

N. Suchada and A. Khunkitti. "A New Hierarchical Based Approach Mailing List System" The 2003 International Conference on Information and Communication Technologies (ICT2003). April 8-10, 2003 Bang Na Campus Assumption University, Bangkok, Thailand.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้